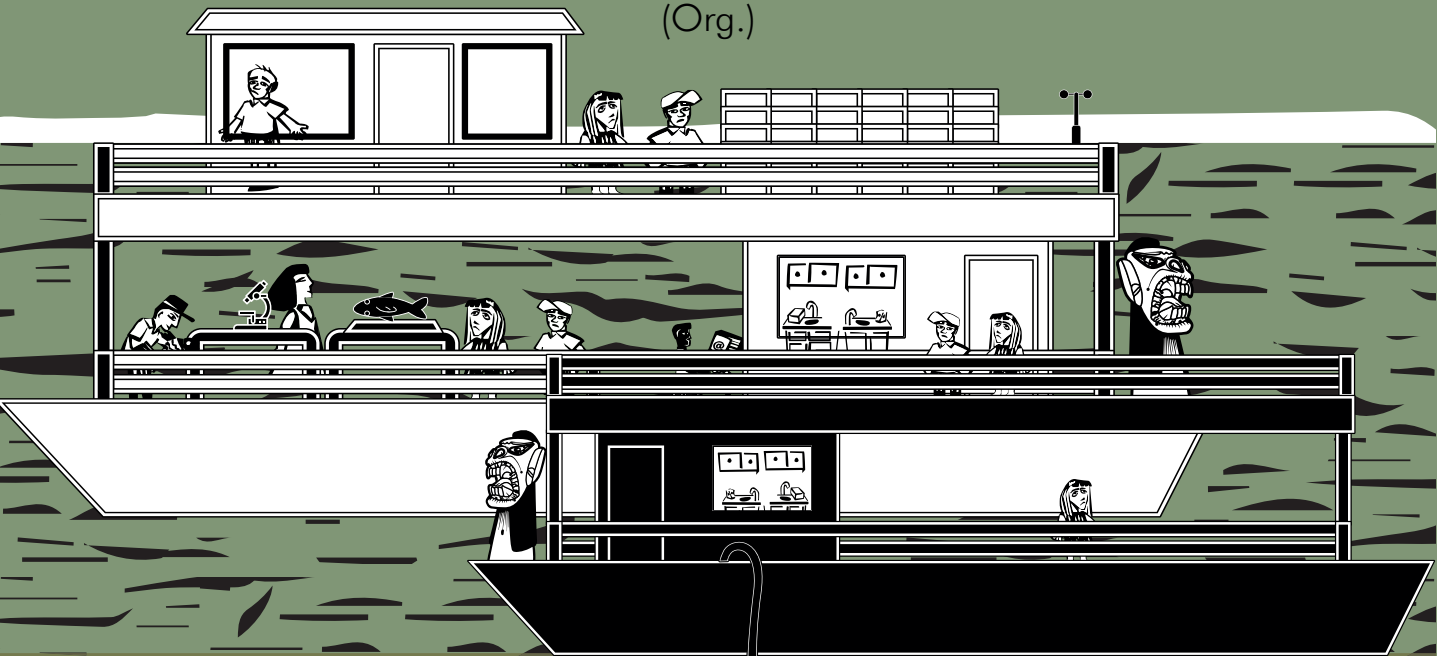




EXPEDIÇÃO
CIENTÍFICA
BAIXO SÃO FRANCISCO

Emerson Carlos Soares | José Vieira Silva | Themis Jesus Silva

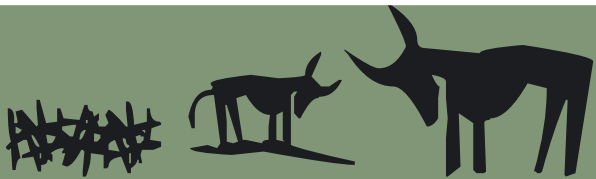
(Org.)



O Baixo São Francisco

Características Ambientais e Sociais

Volume II



Edufal

Emerson Carlos Soares
José Vieira Silva
Themis Jesus Silva
(Org.)

**O BAIXO SÃO FRANCISCO:
CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E
SOCIAIS**

VOLUME II

 **Edufal**
Editora da Universidade Federal de Alagoas

MACEIÓ-AL
2022

AGRADECIMENTOS

A Equipe das Expedições Científicas do São Francisco agradece:

A Ufal, CBHSF, MCTI, Codevasf, Semarh-AL e Fapeal, pelo investimento em ciência e pesquisas no Rio São Francisco;

Ao Grande Rafa Navas, querido “Rafinha”, um dos organizadores das expedições que nos deixou tão precocemente, nosso carinho especial a este grande ser humano, que nos fez acreditar ser possível transformar a vida das pessoas, nosso muito obrigado.

Ao atual presidente e ao ex-presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica de São Francisco, José Maciel Nunes de Oliveira e Anivaldo Miranda.

Aos pescadores Rodrigo, Márcio e Victor;

Aos cozinheiros Antônio e Jairo;

Aos tripulantes das barcas Maravilhosa e Magnífica;

Ao Marcos, piloto da lancha da Codevasf;

A Antônio Fon e à Equipe de Fotografia, pelos ajustes fotográficos dos peixes;

A Mozart Bispo, Vanildo Oliveira, Maráisa Feitosa e Hanna Francycelle, pela ajuda nas imagens dos peixes e na preparação da estrutura para a recepção dos exemplares;

A Sérgio Marinho, da Codevasf, imagens de peixes cedidas;

A Pedreira Triunfo (Marcos), Arigool e Tanto Expresso (Paulo), além da Agência Peixe Vivo (Manoel, Rubia, Thiago, Berenice e Célia Fróes) e à Fundepes (Laila e Taciana), pela organização, pelo apoio às ações e pela confecção da marca de nosso trabalho;

Agradecimento especial à Equipe da Reitoria (nossos reitores Josealdo Tonholo e Eliane Cavalcanti); à Proginst (Jarman); ao DCF (Cléo) e ao Ceca (Karina), todos da Ufal;

Agradecimentos especiais às doutoras Joana Girard e Sônia Costa e ao Giordano, do MCTI;

Ao ex-secretário interino de Meio Ambiente de Alagoas, Pedro Brito, e ao ex-superintendente de Recursos Hídricos Aberonaldo, ambos da Semarh-AL;

Ao Mestre do Rio, Antônio Jackson Borges Lima, por conceder-nos o privilégio de utilizar o Comendador do Rio para nossas pesquisas, bem como pelo apoio de sua tripulação;

Ao Sr. Everaldo Fernandes da Silva, por suas informações sobre embarcações naufragadas;

À Universidade Federal de Sergipe (UFS) e ao seu Laboratório de Topografia Aplicada (Labtop), pelo apoio no processamento das imagens do capítulo sobre geoprocessamento;

A todos/as os/as coordenadores/as de Saúde Bucal, funcionários das escolas e gestores dos municípios por onde a Expedição fez passagem, gratidão por todo o acolhimento e dedicação para a realização deste trabalho;

À equipe da TV Gazeta, nas pessoas de Amorim Neto e Aldo Corrêa;

Aos prefeitos de: Piranhas – Tiago Freitas; Pão de Açúcar – Jorge Dantas; Traipu – Lucas Santos; São Brás – Klinger Quirino; Propriá – Valberto Lima; Igreja Nova – Vera Dantas; e Penedo – Ronaldo Lopes

Agradecimento especial aos secretários Jorge Mcfly e Eduardo Clemente, e Patrícia Brasil e André Leal, todos de Piranhas;

A todos/as os/as que fazem parte das instituições participantes da Expedição Científica do Baixo São Francisco, pela experiência incrível e pela confiança.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Reitor

Josealdo Tonholo

Vice-reitora

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

Diretor da Edufal

José Ivamilson Silva Barbalho

Conselho Editorial Edufal

José Ivamilson Silva Barbalho (Presidente)

Fernanda Lins de Lima (Secretária)

Amaro Hélio Leite da Silva

Anderson de Alencar Menezes

Bruno César Cavalcanti

Cícero Pérciles de Oliveira Carvalho

Cristiane Cyrino Estevão

Flávio Augusto de Aguiar Moraes

Janayna da Silva Ávila

Juliana Roberta Theodoro de Lima

Marcos Paulo de Oliveira Sobral

Mário Jorge Jucá

Murilo Cavalcante Alves

Rachel Rocha de Almeida Barros

Victor Sarmento Souto

Walter Matias Lima

Coordenação editorial

Fernanda Lins

Projeto gráfico: Janielly Almeida

Diagramação: Janielly Almeida

Revisão ortográfica e Normalização (ABNT): Carol Almeida Ribeiro

Imagem da Capa: Eduardo Lúcio dos Santos e Emily Valentim

Montagem da Capa: Mariana Lessa e Janielly Almeida

Catálogo na fonte

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca Central

Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 - 1767

B164 O Baixo São Francisco [recurso eletrônico] : características ambientais e sociais / Emerson Carlos Soares, José Vieira Silva, Themis Jesus Silva, organizadores. – Maceió, AL: EDUFAL; 2022.
v.2 (483 p.) : il.

E-book.

Inclui bibliografias.

ISBN: 978-65-5624-107-4

Expedição Científica Baixo São Francisco

1. São Francisco, Rio. 2. Meio ambiente. 3. Expedições científicas.
I. Soares, Emerson Carlos. II. Silva, José Vieira. III. Silva, Themis Jesus.

CDU: 910.4

Direitos desta edição reservados à

Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas

Av. Lourival Melo Mota, s/n - Campus A. C. Simões

CIC - Centro de Interesse Comunitário

Cidade Universitária, Maceió/AL Cep.: 57072-970

Contatos: www.edufal.com.br | contato@edufal.com.br | (82) 3214-1111/1113

Editora afiliada



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO: <i>O programa das expedições científicas do São Francisco</i>	07
PREFÁCIO	09
PREFÁCIO	11
CAPÍTULO 1 - <i>Ictiofauna do Baixo São Francisco</i>	12
CAPÍTULO 2 - <i>Avaliação do Estado de Saúde de Peixes do Baixo São Francisco: Um Estudo Histopatológico</i>	46
CAPÍTULO 3 - <i>Monitoramento dos Aspectos Reprodutivos dos Peixes do Rio São Francisco</i>	68
CAPÍTULO 4 - <i>Distribuição de Mercúrio em Peixes de Diferentes Níveis Tróficos do Baixo São Francisco</i>	84
CAPÍTULO 5 - <i>Biomonitoramento Ambiental Utilizando Peixes Coletados nas III e IV Expedições Científicas do São Francisco</i>	99
CAPÍTULO 6 - <i>Avaliação Microbiológica de Pescados Comercializados em Feiras Livres de Oito Municípios do Baixo São Francisco, Alagoas, Brasil</i>	122
CAPÍTULO 7 - <i>Monitoramento Acústico Passivo (Map) do Rio São Francisco</i>	136
CAPÍTULO 8 - <i>Atividade Pesqueira no Baixo São Francisco: III e IV Expedições</i>	153
CAPÍTULO 9 - <i>Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe)</i>	179
CAPÍTULO 10 - <i>Monitoramento de Pesticidas no Baixo São Francisco</i>	198
CAPÍTULO 11 - <i>Avaliação do Teor de Óleos e Graxas no Baixo São Francisco</i>	221
CAPÍTULO 12 - <i>A Salinidade da Água no Baixo São Francisco</i>	235

CAPÍTULO 13 – <i>Estrutura Fitossociológica e Densidade Populacional do Caranguejo-Uçá no Bosque de Mangue da Foz do Rio São Francisco</i>	249
CAPÍTULO 14 – <i>A Carta Arqueológica Subaquática do Baixo São Francisco: Contribuições da Arqueologia de Ambientes Aquáticos às Expedições Científicas do Rio São Francisco</i>	265
CAPÍTULO 15 – <i>Áreas Ciliares do Baixo São Francisco: Fragmentos Florestais e Fauna Associada</i>	291
CAPÍTULO 16 – <i>Diagnóstico do Aspecto Cênico da Paisagem com Ênfase nos Recursos Naturais na Região do Baixo São Francisco a partir de Imagens Obtidas por Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant)</i>	314
CAPÍTULO 17 – <i>Perfil Mineralógico e da Fertilidade dos Solos da Região do Baixo São Francisco: Análise Preliminar</i>	341
CAPÍTULO 18 – <i>Uso e Ocupação dos Solos da Bacia e Caracterização Hidroambiental</i>	355
CAPÍTULO 19 – <i>Testagens em RT-qPCR para Rastreamento da Covid-19 em Municípios Ribeirinhos Localizados no Baixo São Francisco</i>	373
CAPÍTULO 20 – <i>Perfil e Ações de Promoção de Saúde Bucal nas Comunidades Ribeirinhas da Região do Baixo São Francisco</i>	393
CAPÍTULO 21 – <i>Indicações Geográficas na Região do Baixo São Francisco: Prospecção de Campo para Avaliação do Potencial para Novos Reconhecimentos, com Destaque para a Ilha do Ferro</i>	415
CAPÍTULO 22 – <i>Fossas Agroecológicas para o Tratamento de Efluentes Sanitários em Escolas Municipais do Baixo São Francisco</i>	434
CAPÍTULO 23 – <i>Ações de Comunicação na 4ª Expedição: Estratégias e Resultados</i>	447
SOBRE OS AUTORES	471

APRESENTAÇÃO

O Programa das Expedições Científicas do São Francisco

O Programa surgiu com o objetivo de bioprospectar, conhecer e divulgar a situação do Baixo São Francisco quanto aos aspectos sociais de comunidades ribeirinhas, comunidades de pescadores, situação da pesca, identificar os impactos e a qualidade da água do rio, a ictiofauna, problemas ocasionados pelo represamento, assoreamento, desmatamento, avaliar os poluentes presentes no ambiente aquático e o uso de agrotóxicos e os efeitos da cunha salina sobre as comunidades ribeirinhas e o ambiente, para propor ações mitigadoras por meio de programas de educação ambiental e ações prático-científicas.

O intuito do projeto é alavancar, na região, uma nova atividade participativa, por intermédio do conhecimento, através do monitoramento dos principais indicadores sociais e econômicos e dos impactos ambientais, assegurando a qualidade e a segurança alimentar. Tem também o enfoque de chamar a atenção para a situação do rio e seus problemas e divulgá-los para os principais órgãos de fomento e governantes, propondo ações para reduzir os impactos e a degradação da qualidade ambiental.

Avaliando a necessidade de gerar políticas públicas embasadas em dados científicos, as expedições científicas propõem a elaboração de grande diagnóstico e a definição de políticas públicas de modo participativo e multidisciplinar sobre a situação econômica, social e ambiental da região do Baixo São Francisco, observando os impactos da pesca, poluição aquática, desmatamento e assoreamento, patologias e parasitologia de peixes e crustáceos, índices de metais pesados e pesticidas e sua influência na qualidade do pescado e da água, determinando o perfil socioeconômico, qualificando a situação da saúde das populações ribeirinhas, adotando medidas de educação ambiental efetivas e caracterizando o manejo de diversas culturas intensivas sobre a qualidade da água para, com isso, efetivar um programa de biomonitoramento ambiental da calha principal do Rio São Francisco, utilizando tecnologias de ponta para a determinação de um padrão ambiental, com o intuito de propor ações mitigadoras para os ecossistemas existentes na região em estudo.

As Expedições Científicas no Baixo São Francisco tiveram início em 2018, quando, durante cinco dias, cerca de 40 pesquisadores trabalharam em várias temáticas, como: educação ambiental, pesca, socioeconomia, ictiofauna, análise de água e de metais pesados, assoreamento, dentre outras, em cinco municípios do Baixo São Francisco (Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu), culminando na publicação de um diagnóstico referente a 2018, e, em junho de 2019, a publicação de um artigo científico sobre os dados dessa primeira edição.

Em 2019, foi realizada a II Expedição Científica, com 50 pesquisadores e técnicos de 16 instituições que, durante 10 dias, trabalharam nos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio-Propriá, Igreja Nova, Penedo-Neópolis, Piaçabuçu e na foz do São Francisco. Esta expedição teve por objetivo principal estudar todo o Baixo São Francisco, coletando informações e dados para, de posse dos resultados, propor ações para reduzir os problemas no rio.

Em 2020, mesmo diante da pandemia da Covid-19, o trabalho foi realizado com 53 pesquisadores, em 30 áreas. O projeto e as pesquisas desenvolvidas consolidaram de vez as expedições e mostraram que é possível fazer ciência sem que nenhum pesquisador ou tripulante adoça, tornando-se o Programa das Expedições Científicas do São Francisco, como consequência, o maior evento prático científico do Brasil.



Em 2021, a exemplo dos anos anteriores, a Expedição Científica fez um trabalho em 35 linhas de pesquisa, com cerca de 66 pesquisadores, contemplando: Saúde bucal, oncologia, parasitoses e fisioterapia, qualidade de água e contaminantes; Pesca, ictiofauna, biodiversidade, tecnologia do pescado, reprodução de peixes; Tecnologias sociais e ambientais (certificação orgânica, manejo do solo, educação ambiental, doação de kits e jogos escolares às escolas rurais, doação de minitratores para associações, doação de *notebooks* e *dashboards* para ações de educação ambiental, doação de PEV para coleta seletiva); Geoprocessamento, assoreamento, mata, Propriedade Intelectual, turismo de base comunitária, extração de produtos de plantas nativas da Caatinga, arqueologia subaquática e topologia do rio. Os municípios contemplados em 2021 foram: Piranhas-AL, Pão de Açúcar-AL, Traipu-AL, São Brás-AL, Propriá-SE, Igreja Nova-AL, Penedo-AL, Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE. Além de seu caráter científico, a iniciativa ampliou as ações sociais com comunidades.

As pesquisas são realizadas *in loco* e nos diversos laboratórios, oriundas de esforços, fomento, apoio e ações de instituições como Universidade Federal de Alagoas (Ufal), Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Tabuleiros Costeiros, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf)-5SR, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas (Emater), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Rondônia (Unir), Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (Semarh-AL), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), TV Gazeta de Alagoas, Pedreira Triunfo, Agência Peixe Vivo, Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa (Fundepes).

Os Organizadores



PREFÁCIO

Palavra do Reitor da Universidade Federal de Alagoas (Ufal)

Expedição – segundo o dicionário, este substantivo feminino traduz o “ato ou efeito de expedir, de enviar, de fazer com que algo chegue a seu destino; despacho, remessa”. Ou seja, fazer algo chegar aonde tem que estar. Mas, via de regra, o termo também é usado para atingir locais longínquos, que dificilmente são acessados ou cujo caminho é extenuante ou difícil... Mas o mesmo dicionário traz, ainda, uma segunda definição: “presteza de execução; diligência, prontidão”, que caracteriza a capacidade de dedicação e entrega do ator envolvido numa missão.

Perdoe-me o dicionário, mas eu prefiro usar uma definição que envolve o conceito misto das duas acima expostas, que vai muito além da compilação que contém as palavras de uma língua, apresentando seu significado, sua utilização, etimologia, sinônimos, antônimos ou tradução. Prefiro a definição expressa por aqueles que tiveram uma experiência realmente experimentada e vivida. Assim, atrevo-me a atribuir um significado específico para as Expedições Científicas do Rio São Francisco: “a capacidade de fazer chegar a cada rincão ribeirinho o especial olhar da ciência e do conhecimento, através de olhos e mentes generosos e dedicados”. Talvez não seja a melhor definição, até porque meus olhos viram apenas uma pequena parte da generosidade do time da Expedição em ação e da alegria dos ribeirinhos de receberem a Universidade.

A Expedição é complexa por si, pois tenta entender o que já foi um dia, o que é hoje e o que vai ser o amanhã de uma das bacias hidrográficas mais importantes do mundo. Para tal, tem que mobilizar conhecimento multidisciplinar e de alta qualidade; tem que mobilizar infraestrutura; tem que sensibilizar gente.

Falamos, aqui, de generosidade, dos cientistas e de avidez pela ciência raramente apresentada àquela gente. Falamos, aqui, da importância de conhecer e reconhecer o território. Falamos, aqui, da necessidade de preservação do que sobrou e da recomposição de um ambiente que foi duramente castigado pelo uso indiscriminado. Falamos, aqui, de água de beber e água para irrigar. Falamos, aqui, de comida boa, de cultura, de flora e de fauna. Falamos, aqui, de desenvolvimento e de dignidade humana.

A Expedição cuida de conhecer, mas cuida também de propor e atuar no hoje. Iniciativa inédita e inovadora, ousada e focada. Cientistas interagindo com as águas, com a terra, com os ares e com a gente. População e pesquisadores de mãos dadas nos barcos e em terra. Juntos, conhecendo e agindo para tentar devolver um pouco da dignidade àquele Rio que leva o nome do Santo do Desapego.

A Universidade Federal de Alagoas tem, nas Expedições, uma atividade institucionalizada e prioritária, que agrega equipes multi e interdisciplinares, resultando em pesquisa de qualidade, atividades de extensão impactantes e uma interação com o território jamais vista. Se o Rio São Francisco é de todo o país, é aqui – na divisa entre Alagoas e Sergipe – que o Velho Chico ganha o mundo. Cabe à Ufal, às Universidades e Instituições parceiras conhecê-lo mais.

Os relatos que vamos encontrar neste livro vão muito além da questão ambiental. Passam pela Saúde, pela Cultura e pela Geopolítica. Passam pelos hábitos de nossa gente, passam pela comida e pela produção da agricultura familiar, passam pela pesca e pelo cultivo,



passam pela religiosidade e pela arquitetura. Passam por tanta gente e por tantos lugares como só o Rio da Integração Nacional poderia fazer... Conhecer e respeitar o Rio São Francisco é mais que ato de generosidade. É cidadania.

Vivas à Expedição!

Vivas aos nossos Expedicionários!

Josealdo Tonholo

Reitor da Universidade Federal de Alagoas



PREFÁCIO

Palavra do Presidente do Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF)

Não há como buscar soluções para os problemas que assolam o Velho Chico sem o conhecimento científico. É a ciência a única ferramenta capaz de, através de uma série de pesquisas e experimentos, comprovar teorias, suposições e hipóteses. O São Francisco passa por um processo avançado de degradação, o que nós, leigos, conseguimos ver a olho nu. E, quando dizemos isso, referimo-nos não apenas ao meio ambiente, mas às populações que vivem às suas margens e que dele tiram o seu sustento, diretamente atingidas, seja por problemas de salinização das águas, seja por poluentes lançados no rio que afetam os peixes, alimento dessas comunidades, dentre outros fatores.

Mas o que fazer para frear esse processo?

A Universidade Federal de Alagoas promove, desde 2018, a Expedição Científica do Baixo São Francisco. O intuito do projeto é alavancar, na região, uma nova atividade participativa por intermédio do conhecimento e do monitoramento dos principais indicadores sociais e econômicos e dos impactos ambientais, assegurando a qualidade e a segurança alimentar. O grande foco é chamar a atenção para a situação do rio e seus problemas e divulgá-los para os principais órgãos de fomento e governantes, propondo ações para mitigar os impactos e a degradação da qualidade ambiental.

Da mesma forma, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) tem como meta implantar e desenvolver uma gestão capaz de assegurar, de forma racional e justa, os usos múltiplos, a preservação do ecossistema e o bem-estar do povo que mora no vale.

Então, nada mais justo do que unir as duas causas. Enquanto a Academia busca, em suas pesquisas, as causas e consequências de tamanha destruição, o Comitê, abastecido dessas informações, constrói planos, executa obras e promove educação ambiental, buscando a mitigação para as adversidades que atingem o nosso Rio da Integração Nacional.

De certa forma, ao acompanharmos os acontecimentos mais relevantes ligados ao Rio São Francisco, podemos elaborar um quadro da própria evolução histórica, econômica e social do Brasil. Esta obra traduz-se em uma verdadeira contribuição científica e cultural, autêntica fonte de consultas sobre o assunto. Por meio de um texto leve, informativo, ricamente ilustrado com gravuras, mapas e fotografias, o livro delinea um amplo panorama da situação do Rio São Francisco, em seu baixo curso, nos dias de hoje.

A Expedição do Baixo São Francisco é um grande orgulho para nós; iniciou-se com o apoio do CBHSF e, hoje, tem vários outros apoiadores e parceiros. Como diz o Mestre do Rio, nosso querido membro do Comitê e expedicionário: “é que o Velho Chico ganhou filhos dedicados e preocupados com sua saúde”.

Avante, Expedicionários! O Velho Chico e o seu povo contam com vocês.

José Maciel Nunes de Oliveira

Presidente do Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF)



CAPÍTULO 1 - ICTIOFAUNA DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Emerson Carlos Soares¹

José Milton Barbosa²

Vinícius Augusto Dias-Filho³

Resumo: O Baixo São Francisco, nos últimos anos (2013 a 2018), passou por eventos severos de estiagem e de diminuição de vazões, em particular na Hidroelétrica de Xingó, com efeitos bastante impactantes na região. A diminuição do volume de água prejudicou o abastecimento das lagoas marginais, com retenção de sedimentos e baixa turbidez da água, responsável por diminuir a acuracidade visual por espécies predadoras. Adicionalmente, ocorreu impacto sobre as migrações reprodutivas realizadas pelas espécies reofilicas nativas e, como efeito adicional, acúmulo de poluentes, assoreamento, desmatamento, uso de métodos de pesca não permitidos e competição com espécies exóticas, contribuindo para a depleção dos estoques pesqueiros. Objetivando caracterizar a fauna de peixes no baixo curso do rio, foram realizados levantamentos durante as quatro Expedições Científicas do São Francisco, de 2018 a 2021, com destaque para os anos 2019 e 2020. As coletas foram feitas por malhadeiras e tarrafas de malha 30 a 50 mm e redes de arrasto de praias de malha 10 a 20 mm (entre nós opostos), nos municípios alagoanos de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, e dos sergipanos Propriá, Neópolis e Brejo Grande. Foram capturados cerca de 400 exemplares, classificados em nível taxonômico, englobando ordem, gênero e espécie, quando possível. A ictiofauna foi estabelecida através dos critérios de frequência de captura, importância e relatos de pescadores e devidamente reportada em documentos ou reportagens na mídia. Foram identificadas cerca de 49 espécies, pertencentes a 11 ordens e 25 famílias, com predomínio dos Characiformes, seguidos dos Cichliformes, Siluriformes e Perciformes, correspondendo a 76% dos indivíduos amostrados.

Palavras-chave: Baixo São Francisco. Vazão. Peixes.

Introdução: o Baixo São Francisco, a prática das vazões na Hidrelétrica de Xingó e os impactos no ecossistema

O Baixo São Francisco localiza-se em ambiente árido, onde a água é a principal força motriz das comunidades rurais. Os municípios localizados no entorno do Baixo São Francisco produzem, principalmente, de cana-de-açúcar (34.000 ha) e arroz (1.590 ha) (IBGE, 2014). Por outro lado, Nascimento e Oliveira (2016) observaram que as áreas dedicadas às pastagens predominam, com cerca de 58,37% do total, enquanto a classe agrícola ocupa 15,77%.

A vegetação nativa corresponde a 10,96%, sendo dispersa por toda a área, em pequenos fragmentos. Sabe-se que parte destas culturas utilizam pesticidas como base para o manejo; entretanto, não existem informações a respeito dos principais princípios ativos utilizados e dos impactos na qualidade da água e suas consequências para a vida aquática.

1 Professor associado IV, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (Laqua), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (Ceca), Universidade Federal de Alagoas (Ufal). emerson.soares@ceca.ufal.br.

2 Professor adjunto, Campus São Cristovão, Universidade Federal de Sergipe (UFS). jmiltonb11@gmail.com

3 Chefe do Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Itiúba, Codevasf/5SR.

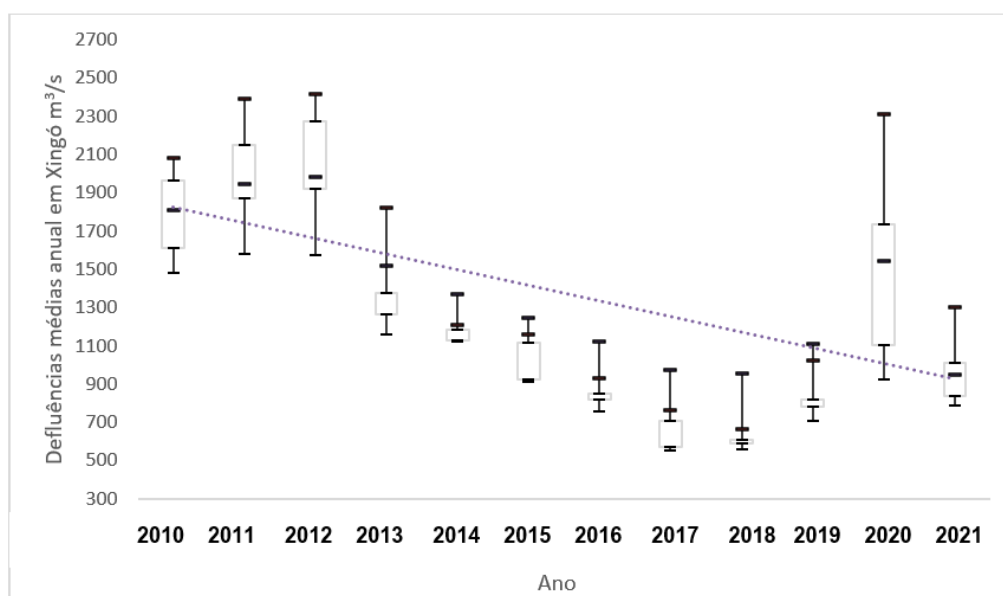


O regime de vazões do Rio São Francisco, nessa região, é regido pelos reservatórios localizados nas partes mais altas da bacia, como as barragens de Três Marias, Sobradinho e Itaparica. Desta forma, a U. H. de Xingó, cujas defluências foram reduzidas nos últimos anos, impactou severamente o baixo curso do Velho Chico (CHESF, 2017). A menor capacidade depurativa do rio, resultado de vazões mais baixas ao longo de períodos mais longos, contribuiu significativamente para a manutenção de poluentes em concentrações prejudiciais à biota, consumo e irrigação de culturas (MEDEIROS *et al.*, 2016). Para se ter uma ideia, a vazão do Rio São Francisco, a partir de Xingó, foi reduzida drasticamente nos últimos 12 anos (2010 a 2021): $1.800 \pm 214 \text{ m}^3/\text{s}$ em 2010 e $1991 \pm 221 \text{ m}^3/\text{s}$ em 2011, declinando para $637 \pm 37 \text{ m}^3/\text{s}$ e $601 \pm 29 \text{ m}^3/\text{s}$ em 2017 e 2018, anos mais críticos para o baixo curso do rio (Figura 1).

Depois destes episódios problemáticos na climatologia em torno da bacia, ocorreram negociações sobre a política de vazões e houve certa flexibilização com a criação da Resolução ANA nº 2.081/2017, que, de alguma forma, veio aumentar as facilidades para a redução do volume de água praticado pelo ONS no Baixo São Francisco.

Após graves períodos de estiagem (2013 a 2018), houve uma pequena recuperação na bacia, com incremento das vazões a partir de 2020, atingindo $1.441 \pm 444 \text{ m}^3/\text{s}$, e em 2022, onde foram praticados valores médios de $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ nos meses de janeiro a março. Certamente, estas pequenas melhoras no fluxo de água após a U. H. de Xingó deverão contribuir para a reprodução da ictiofauna nativa nos próximos anos, com efeito imediato na diminuição da salinidade e da intrusão salina no município de Piaçabuçu que, nos anos 2018 e 2019, atingiu 16 km a partir do estuário em direção ao continente, com valores acima de 5 ppm, o que, de certa forma, possibilitou o avanço de espécies marinhas e eurialinas nos municípios de Piaçabuçu, Brejo Grande, Penedo, Neópolis e Igreja Nova.

Figura 1 - Boxplot (quartis, mediana e limites inferior e superior, com linha de tendência) sobre as vazões defluentes médias na Usina Hidrelétrica de Xingó, onde os valores do Eixo X são relacionados aos anos 2010 a 2021.



Fonte: SOARES (2022).

O avanço da cunha salina sobre o rio trouxe impactos significativos para os ecossistemas e para a população local, com provável aumento da concentração de poluentes, interferência negativa em atividades econômicas, como a pesca e a rizicultura, e pode inviabilizar, em último caso, a utilização das águas para fins de abastecimento humano. Possivelmente, os efeitos desta salinização estão promovendo alterações na biota local, com aumento da competição entre espécies, diminuição dos estoques pesqueiros, desaparecimento de algumas espécies de peixes e crustáceos e o surgimento de outros afeitos a ambientes salinizados (SOARES *et al.*, 2011; MEDEIROS *et al.*, 2016; BARBOSA *et al.*, 2017; RODRIGUEZ *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2020a; 2020b; CRUZ *et al.*, 2020).

Como observado, esse cenário com sinais de piora nos últimos anos arrefeceu entre 2020 e 2021 e, em 2022, devido ao fenômeno mais acentuado da La Niña, nos meses de janeiro a abril, grandes volumes de chuvas em pelo menos 15 grandes afluentes proporcionaram aumento das vazões na calha principal do Rio São Francisco, localizada na região do Alto São Francisco, com médias próximas de 10.000 m³/s.

Contudo, mesmo com a melhora do quadro pluviométrico em 2020, as vazões praticadas na Hidrelétrica de Xingó mantiveram-se estáveis e até com diminuição do fluxo de água em 2021, somente melhorando com as cheias provocadas nos primeiros meses de 2022 e com as garantias que os reservatórios de Três Marias e Sobradinho estariam com 100% de seu volume, o que veio a ocorrer no mês de abril de 2022.

Entretanto, o quadro climático e as incertezas dos modelos devido às mudanças do clima em nível global certamente passarão por políticas públicas que priorizem uma gestão da água mais bem distribuída e eficiente para todos os usuários. No caso dos que não têm voz, como a biota aquática e o ecossistema, medidas que visem à recomposição, ao manejo e à gestão dos estoques de peixes nativos reofílicos e que dependem do aumento do volume de água dependerão da sensibilidade dos tomadores de decisão e da qualidade dos dados para nortear as escolhas em fóruns e reuniões dos usuários da água do “Velho Chico”.

Por outro lado, a acelerada exploração de recursos naturais, com a remoção de mata ciliar em rios tributários, o aumento do uso de agroquímicos e o baixo nível de tratamento de esgoto urbano nos municípios da região, com impactos agravados pela ocorrência de longos períodos de seca, contribuem para o aumento dos processos erosivos no solo, acelerando a depleção dos estoques pesqueiros e de espécies nativas, prejudicando os indicadores de preservação ambiental regional (MORAIS FILHO, 2014; APARECIDO *et al.*, 2016).

A ictiofauna do Baixo São Francisco

A ictiofauna na região do baixo curso do Rio São Francisco é influenciada por uma série de fatores. Dentre estes, destacam-se o ritmo das vazões da Hidrelétrica de Xingó, cada vez mais artificiais e de menor volume, com interferência das políticas de flexibilizações, por intermédio de portarias e instruções normativas que visam à geração de energia elétrica, à transposição e à irrigação.

Adicionalmente, a supressão da vegetação ciliar, a vulnerabilidade do solo e as alterações dos parâmetros físico-químicos da água e, juntamente com o assoreamento, mudanças hidrológicas (sistema lótico para lântico), aumento de poluentes, pressão pesqueira e disputa de territórios proporcionada pelas espécies exóticas e marinhas e de hábito alimentar carnívoro, bem como a ausência de planejamento urbano nas margens do rio, com a especulação imobiliária, trazem danos irreparáveis para as espécies nativas (SOARES *et al.*, 2020a; FIGUEIREDO *et al.*, 2020).



Essas mudanças que atingem as lagoas marginais (berçários naturais de espécies nativas) e as regiões mais próximas à foz, com o aumento da cunha salina, modificam a paisagem e alteram os nichos tróficos, transformando o habitat e o tipo de água e tendo consequências diretas no ecossistema, por meio de mudanças na velocidade do fluxo, na produtividade e na disponibilidade de habitats, que tendem a selecionar espécies mais adaptadas às mudanças ambientais, podendo acelerar os processos de extinção local (FIGUEIREDO *et al.*, 2020; CRUZ *et al.*, 2020).

Quanto à diversidade ictiofaunística no baixo curso do rio, apesar das limitações de estudos sobre a ictiofauna, Marques (1995) trabalhou na região da várzea da Marituba, observando cerca de 21 espécies, com destaque para alguns indivíduos, como curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*), piaú (*Megaleporinus obtusidens*), pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), piranha (*Pygocentrus piraya*), traíra (*Hoplias* sp.), robalo (*Centropomus parallelus*) e surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*).

Costa *et al.* (2003), em seus estudos, delimitaram a ocorrência de 33 espécies nos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco, com destaque para os piaús (*Megaleporinus* sp. e *Schizodon* sp.) e as carapebas (*Eugerres brasilianus*).

Soares *et al.* (2011), estudando a microrregião de Penedo-AL (Baixo São Francisco), observaram a ocorrência de 22 espécies em 2007, 18 espécies em 2008 e 17 espécies em 2009, das quais cerca de cinco representaram, em média, 80% da biomassa do pescado desembarcado, com destaque para a família Prochilodontidae, representada pela xira ou curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*), espécie endêmica da bacia, com percentual médio de 40,0%, seguida da família Anostomidae, tendo os piaús (*Megaleporinus reinhardt* e *Megaleporinus obtusidens*), com 22,0%, alternando-se entre um representante da família Engraulidae, a pilombeta (*Anchoviella vaillanti*), com 7% em 2007 e 18% em 2008, e dois representantes da família Centropomidae, o robalo (*Centropomus undecimalis* e *C. parallelus*), com média de 10% para os três anos analisados, sendo a segunda espécie a mais comum.

Sampaio *et al.* (2015), analisando a região estuarina do Rio São Francisco, afirmaram que a ictiofauna era composta, predominantemente, por indivíduos em ecofase jovem, de espécies migrantes. Nestes estudos, foram determinados 44 Famílias e 117 táxons: 113 na categoria espécie e quatro na categoria gênero, sendo 44% marinhas-estuarinas (M-E), 41% dulciaquícolas (D) e 15% marinhas (M).

Nos estudos de Soares *et al.* (2020a), na planície fluviomarinha do Rio São Francisco (microrregião de Penedo e foz), foram coletados, aproximadamente, 3.700 indivíduos pertencentes a 82 táxons, estando 80 classificados em nível de espécie, sendo descritos 54 novos registros (NR) de espécies para a Bacia do Rio São Francisco, todas associadas aos estuários ou de origem marinha. Nestes mesmos estudos, trabalhando em 8 municípios do Baixo São Francisco, foi relatado o empobrecimento de exemplares nativos na composição das capturas, com 17 espécies coletadas, constatando o desaparecimento das curimatãs-pacus (*P. argenteus*) e pilombetas (*Anchoviella* sp.).

Já Figueiredo *et al.* (2020) registraram 37 espécies, 7 ordens e 15 famílias, sendo 20 espécies nativas de água doce, 7 introduzidas e 10 marinhas, e a ordem Characiformes a mais representativa.

Dados do início da década de 2010 indicavam a curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae) e o piaú *Megaleporinus obtusidens* (Anostomidae,



Characiformes) como espécies mais abundantes (BARBOSA; SOARES, 2009; SOARES *et al.*, 2011); entretanto, relatos de pescadores locais sugerem que, desde 2015, estas populações vêm declinando e estes indivíduos que, juntos, chegaram a representar cerca de 55% das capturas na microrregião de Penedo, possivelmente não estejam entre as cinco principais espécies comercializadas (SOARES *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2020a).

Desenvolvimento

Os peixes foram capturados por dois pescadores em duas embarcações com motor de 5 Hp, com o uso de malhadeiras com 100 metros e tarrafas de 6 metros, ambas de malha 30 a 50 mm entre nós opostos e redes de arrasto de 10 metros com malha de 10 a 20 mm entre nós opostos, com faina diária de 6 horas. Os exemplares foram coletados sob licença Sisbio (MMA/ICMBio, nº. 75591-2).

Os peixes capturados foram identificados, quando possível, em nível de ordem, família, gênero e espécie e, posteriormente, fixados em formol a 10% e após 48 horas fixados em álcool 70%. A identificação das espécies não realizadas no barco-laboratório e a confirmação das demais foram feitas no Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas (Laqua/Ufal) e no Laboratório de Ictiologia (LI/UFS), com auxílio de bibliografia especializada.

Foi possível capturar e identificar cerca de 49 espécies de peixes pertencentes a 25 famílias, com predomínio de 11 ordens, entre as quais os Characiformes representaram 30%, seguidos dos Cichliformes, com 20%; Siluriformes, com 16%; Perciformes, com 10%, e o restante divididos entre Clupeiformes, Mugiliformes, Carangiformes, Gobiiformes, Pleuronectiformes, Gymnotiformes e Atheriniformes.

O panorama, em que seis espécies representam cerca de 70% das capturas, não mudou com relação aos estudos de Soares *et al.* (2011; 2020a; 2020b), com destaque para: pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), pacu (*Metynnis maculatus*), piau-branco ou piau-de-vara (*Schizodon knerii*), piau-três-pintas (*Megaleporinus obtusidens*) e tucunarés (*Cichla* sp.).

Nos estudos de 2020 e 2021, foram catalogados menos exemplares eurialinos e marinhos na planície fluviomarina do São Francisco, localizada na microrregião de Penedo e Piaçabuçu, em Alagoas, e Neópolis e Brejo Grande, em Sergipe, possivelmente pelo aumento das vazões ao longo do ano, em relação aos dois anos anteriores, o que proporcionou uma diminuição da cunha salina.

Prevalecem volumes de capturas maiores de espécies carnívoras, sendo algumas destas não nativas da bacia. As espécies catalogadas abaixo foram caracterizadas de acordo com a frequência de aparecimento, de pelo menos duas vezes nas capturas dos apetrechos de pesca utilizados na expedição científica, ou citadas em capturas ocasionais de pescadores e documentadas. Possivelmente, temos cerca de quatro espécies novas ainda não descritas pela ciência e/ou citadas em outras bacias, e não no Baixo São Francisco.



1- Nome comum na região: arenque; manjubinha; manjuba

Ordem: Clupeiformes

Família: Engraulidae

Nome científico: *Lycengraulis grossidens* (SPIX; AGASSIZ, 1829)

Distribuição: Atlântico Oeste, Amazonas, Paraná e pequenos rios

Hábitos alimentares: pequenos peixes, copépodos, larvas de insetos e crustáceos

Habitat: marinho, água doce, estuarino e anádromo

Importância na região: mediana

Incidência na região: alta



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.

2- Nome comum na região: pilombeta-branca; anchova

Ordem: Clupeiformes

Família: Engraulidae

Nome científico: *Anchoviella lepidentostole* (FOWLER, 1911)

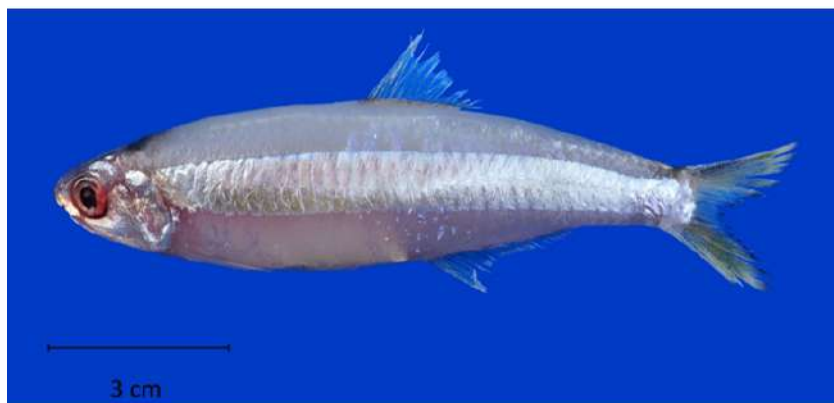
Distribuição: Atlântico Oeste, Amazonas, Paraná e pequenos rios

Hábitos alimentares: pequenos crustáceos e invertebrados

Habitat: marinho, água doce, estuarina e anádromo

Importância na região: alta

Incidência na região: estoques em declínio; menos de 10 indivíduos capturados nas campanhas científicas de 2018 a 2021



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.



3- Nome comum na região: pilombeta-pau

Ordem: Clupeiformes

Família: Engraulidae

Nome científico: *Anchoviella sanfranciscana* (BARBOSA; GOMES DA SILVA; DA ROCHA; ARAÚJO; CARVALHO, 2017)

Distribuição: América do Sul, estuário do São Francisco

Hábitos alimentares: pequenos crustáceos e invertebrados

Habitat: água doce, estuarina e pelágico

Importância na região: mediana

Incidência na região: estoques em declínio; menos de 10 indivíduos capturados nas campanhas científicas de 2018 a 2021.



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.

4- Nome comum na região: piaba-do-rabo-vermelho

Ordem: Characiformes

Família: Characidae

Nome científico: *Astyanax cf. lacustris* (LÜTKEN, 1875)

Distribuição: água doce, América do Sul

Hábitos alimentares: pequenos crustáceos e invertebrados

Habitat: água doce, bentopelágico tropical

Importância na região: baixa

Incidência na região: estoques em observação; foram capturados menos de 20 exemplares nas campanhas científicas de 2018 a 2021



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



5- Nome comum na região: piaba-do-rabo-amarelo

Ordem: Characiformes

Família: Characidae

Nome científico: *Astyanax cf. bimaculatus* (LINNAEUS, 1758)

Distribuição: água doce, América do Sul, Amazonas, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: pequenos crustáceos e invertebrados

Habitat: água doce, bentopelágico subtropical

Importância na região: baixa

Incidência na região: estoques em observação; foram capturados menos de 20 exemplares nas campanhas científicas de 2018 a 2021



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

6- Nome comum na região: piaba

Ordem: Characiformes

Família: Characidae

Nome científico: *Serrapinnus piaba* (LÜTKEN, 1875)

Distribuição: água doce, América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: onívoros, pequenos invertebrados com tendência à herbivoria

Habitat: água doce, bentopelágico

Importância na região: baixa

Incidência na região: presença constante nas capturas



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



7- Nome comum na região: piaba

Ordem: Characiformes

Família: Characidae

Nome científico: *Moenkhausia costae* (STEINDACHNER, 1907)

Distribuição: água doce, América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: onívoro

Habitat: água doce, bentopelágico subtropical

Importância na região: baixa

Incidência na região: presença constante nas capturas.



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

8- Nome comum na região: piaba; curimba; aragu

Ordem: Characiformes

Família: Curimatidae

Nome científico: *Curimatella cf. lepidura* (EIGENMANN; EIGENMANN, 1889)

Distribuição: água doce, América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: detritívoro-iliófago

Habitat: água doce, bentopelágico; preferência por ambientes lânticos, como lagoas

Importância na região: baixa

Incidência na região: presença constante nas capturas



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



9- Nome comum na região: peixe-cachorro; lambiá

Ordem: Characiformes

Família: Acestrorhynchidae

Nome científico: *Acestrorhynchus lacustris* (LÜTKEN, 1875)

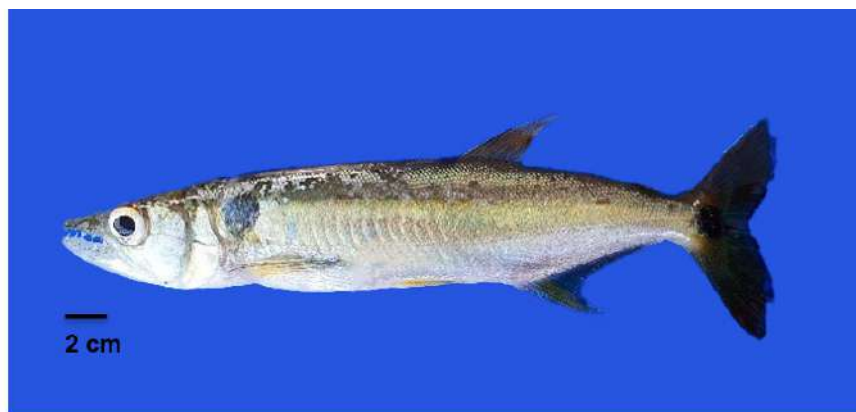
Distribuição: água doce, tropical, América do Sul, Bacia do São Francisco e Paraná

Hábitos alimentares: carnívoro, piscívoro

Habitat: água doce; preferência por ambientes lênticos

Importância na região: baixa

Incidência na região: não foi comum seu aparecimento nas capturas



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

10- Nome comum na região: traíra

Ordem: Characiformes

Família: Erythrinidae

Nome científico: *Hoplias microcephalus* (AGASSIZ, 1829)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco, região tropical

Hábitos alimentares: carnívoro, piscívoro

Habitat: água doce, bentopelágico, preferência por ambientes lênticos

Importância na região: alta

Incidência na região: comum nas capturas



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



11- Nome comum na região: matrinxã; matrinchã

Ordem: Characiformes

Família: Bryconidae

Nome científico: *Brycon gouldingi* (LIMA, 2004)

Distribuição: América do Sul, Bacia do Tocantins, região tropical

Hábitos alimentares: onívoro, alimenta-se de frutas e insetos

Habitat: água doce, bentopelágico

Importância na região: baixa

Incidência na região: não muito comum nas capturas; contudo, em 2021, foram capturados acima de 30 exemplares juvenis



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

12- Nome comum na região: piaui; piapara

Ordem: Characiformes

Família: Anostomidae

Nome científico: *Megaleporinus reinhardt* (LÜTKEN, 1835)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: onívoro

Habitat: água doce, bentopelágico subtropical, médio migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: muito comum nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



13- Nome comum na região: piau-branco

Ordem: Characiformes

Família: Anostomidae

Nome científico: *Schizodon knerii* (STEINDACHNER, 1875)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: onívoro

Habitat: água doce; distribui-se em locais com abundância de vegetação aquática; médio migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: muito comum nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

14- Nome comum na região: curimatã-pacu; xira; bambá

Ordem: Characiformes

Família: Prochilodontidae

Nome científico: *Prochilodus argenteus* (SPIX; AGASSIZ, 1829)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: detritívora

Habitat: água doce; distribui-se em locais com abundância de vegetação aquática; médio migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: espécie altamente afetada pela mudanças das vazões; nas últimas campanhas, foram encontrados menos de 10 exemplares



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf.



15- Nome comum na região: pacu-disco

Ordem: Characiformes

Família: Serrasalmidae

Nome científico: *Metynnis maculatus* (KNER, 1858)

Distribuição: América do Sul, Bacia do Amazonas, Paraguai e São Francisco

Hábitos alimentares: onívoro; alimenta-se de frutas, sementes, algas e pequenos crustáceos

Habitat: água doce, pelágico tropical, migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: espécie comum em desembarques pesqueiros e capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

16- Nome comum na região: piranha-preta; piranha

Ordem: Characiformes

Família: Serrasalmidae

Nome científico: *Pygocentrus piraya* (CUVIER, 1819)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: carnívoro, piscívoro

Habitat: água doce, pelágico tropical

Importância na região: alta

Incidência na região: espécie comum em desembarques pesqueiros e capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



17- Nome comum na região: pirambeba; piranha-branca

Ordem: Characiformes

Família: Serrasalminidae

Nome científico: *Serrasalmus brandtii* (LÜTKEN, 1875)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: carnívoro, piscívoro

Habitat: água doce, bentopelágico tropical

Importância na região: mediana

Incidência na região: espécie comum em desembarques pesqueiros e capturas; responsável pelos ataques a banhistas no Baixo São Francisco



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

18- Nome comum na região: sarapó

Ordem: Gymnotiformes

Família: Sternopygidae

Nome científico: *Eigenmannia trilineata* (LÓPEZ; CASTELLO, 1966)

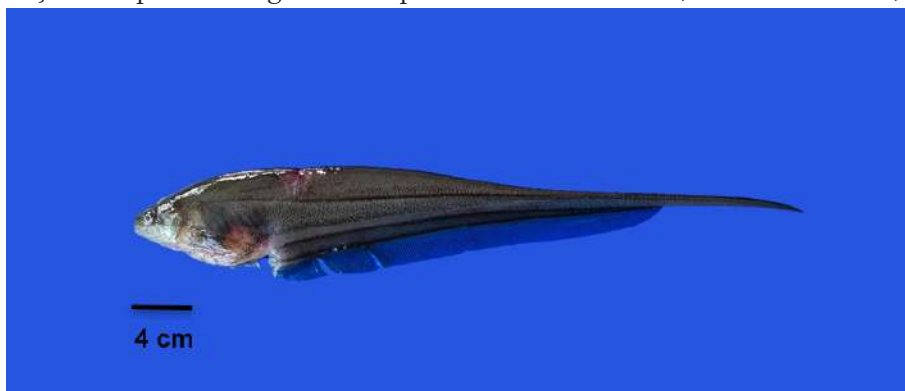
Distribuição: América do Sul, Bacia do Paraguai-Paraná

Hábitos alimentares: onívoro, com tendência a carnívoro, alimentando-se de microcrustáceos e insetos

Habitat: água doce, bentopelágico subtropical; encontrados desde em pequenos córregos a grandes rios

Importância na região: baixa

Incidência na região: começou a aparecer nas capturas a partir de 2020 e, após algumas análises e identificações, chegou-se à espécie. Mais estudos serão realizados para efeitos de confirmação. É o primeiro registro da espécie no São Francisco (baixo curso do rio)



Fonte: SOARES, 2020; 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



19- Nome comum na região: pirá; pirá-tamanduá

Ordem: Siluriformes

Família: Pimelodidae

Nome científico: *Conorhynchos conirostris* (VALENCIENNES, 1840)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: piscívoro, moluscos, vermes, larvas de insetos e outros invertebrados

Habitat: água doce, demersal, tropical

Importância na região: alta

Incidência na região: alguns exemplares foram capturados por pescadores após peixamentos feitos pela Codevasf; entretanto, a espécie está extinta no baixo curso do rio e não foi encontrada pelas expedições científicas



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf.

20- Nome comum na região: pacamon; pacamão

Ordem: Siluriformes

Família: Pseudopimelodidae

Nome científico: *Lophiosilus alexandri* (STEINDACHNER, 1876)

Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: piscívoro

Habitat: água doce, demersal, tropical

Importância na região: alta

Incidência na região: não muito frequente nas capturas na região; menos de 15 exemplares foram capturados nas quatro campanhas (2018-2021)



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf.



21- Nome comum na região: mandi; mandi-amarelo; mandin

Ordem: Siluriformes

Família: Pimelodidae

Nome científico: *Pimelodus maculatus* (LACEPÈDE, 1803)

Distribuição: América do Sul, Bacias do São Francisco e Paraná

Hábitos alimentares: onívoro, invertebrados terrestres e aquáticos, larvas de insetos e caramujos

Habitat: água doce, ambientes lóticos e lênticos, subtropical

Importância na região: mediana

Incidência na região: não muito frequente nas capturas; menos de 10 exemplares. Através dos peixamentos da Codevasf, a espécie vem sendo mais presente nas capturas



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf. Região dorsal do mandi.



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf. Região dorsal do mandi.



22- Nome comum na região: surubim; pintado

Ordem: Siluriformes

Família: Pimelodidae

Nome científico: *Pseudoplatystoma corruscans* (SPIX; AGASSIZ, 1829)

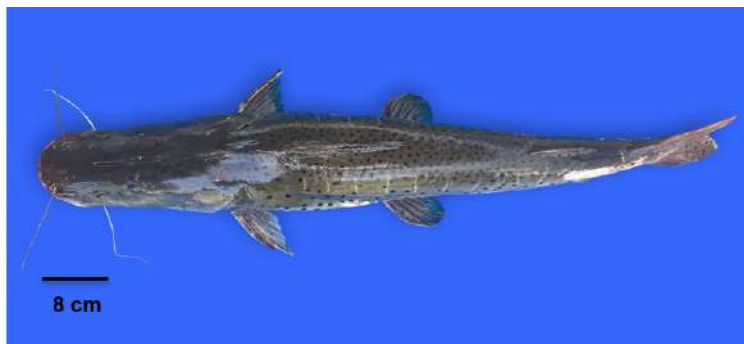
Distribuição: América do Sul, Bacias do São Francisco e Paraná

Hábitos alimentares: carnívoro, piscívoro

Habitat: água doce, demersal, subtropical, grande migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: extinto no Baixo São Francisco; nunca foram encontrados exemplares nas expedições científicas. Houve somente algum relato de pescador que encontrou um ou outro indivíduo



Fonte: SOARES; MARINHO; DIAS-FILHO, 2022. Base de Itiúba-Codevasf. Região dorsal do surubim.

23- Nome comum na região: cascudo; cari; acari; chupa-pedra

Ordem: Siluriformes

Família: Loricariidae

Nome científico: *Hypostomus* sp. (LACEPÈDE, 1803)

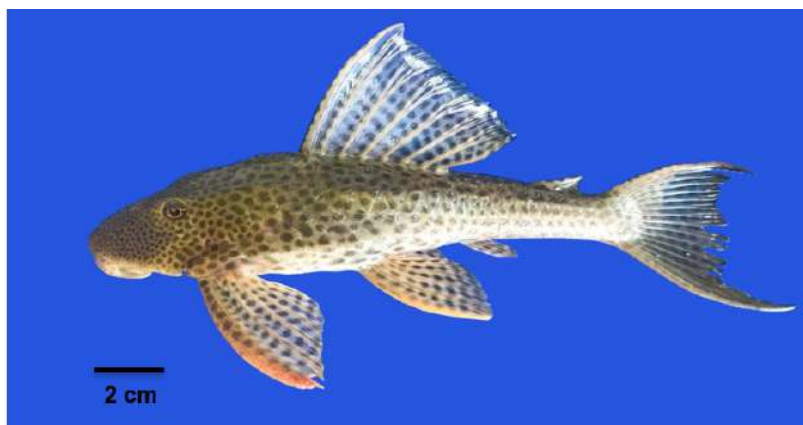
Distribuição: América do Sul

Hábitos alimentares: iliófago com dieta bem diversificada, composta por algas, detritos, larvas de insetos, microcrustáceos, restos de matéria animal e vegetal

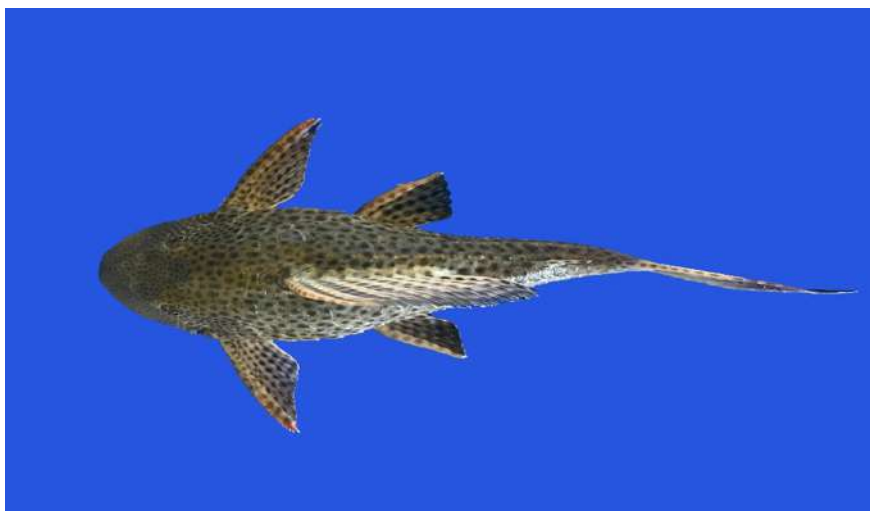
Habitat: água doce, lótico ou lântico, bentônico

Importância na região: baixa

Incidência na região: 2 exemplares capturados; possivelmente, trata-se de uma espécie nova, que se encontra em análises através de estudos ictiológicos para caracterização



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



Região dorsal

24- Nome comum na região: cascudo; cari; acari; chupa-pedra

Ordem: Siluriformes

Família: Loricariidae

Nome científico: *Hypostomus* sp. (LACEPÈDE, 1803)

Distribuição: América do Sul

Hábitos alimentares: iliófago com dieta bem diversificada, composta por algas, detritos, larvas de insetos, microcrustáceos, restos de matéria animal e vegetal

Habitat: água doce, lótico ou lântico, bentônico

Importância na região: baixa

Incidência na região: 3 exemplares capturados; possivelmente, trata-se de uma espécie nova, que se encontra em análises através de estudos ictiológicos para caracterização



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.





Região dorsal

25- Nome comum na região: cascudo; cari; acari; chupa-pedra

Ordem: Siluriformes

Família: Loricariidae

Nome científico: *Pterygoplichthys etentaculatus* (SPIX; AGASSIZ, 1829)

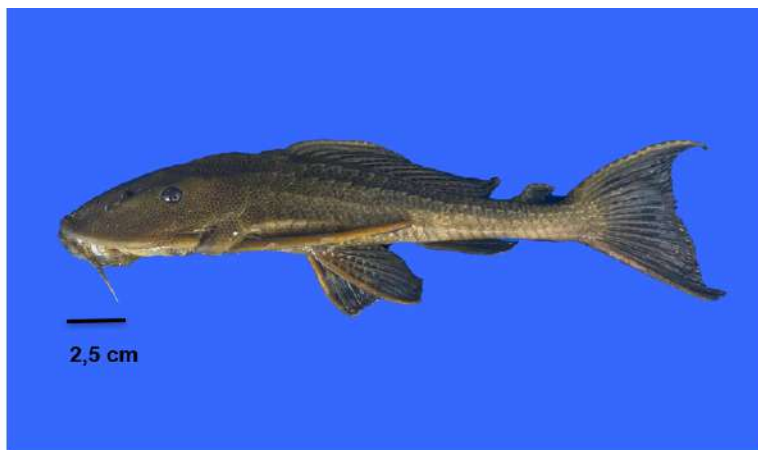
Distribuição: América do Sul, bacia do São Francisco.

Hábitos alimentares: iliófago, com dieta bem diversificada, composta por algas, detritos, larvas de insetos, microcrustáceos, restos de matéria animal e vegetal

Habitat: água doce, lótico ou lântico, demersal

Importância na região: baixa

Incidência na região: constante nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



26- Nome comum na região: caboje

Ordem: Siluriformes

Família: Callichthyidae

Nome científico: *Callichthys callichthys* (LINNAEUS, 1758)

Distribuição: América do Sul até o Norte da Argentina; Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: de hábito noturno, alimenta-se de peixes, restos de matéria vegetal, larvas de insetos e microcrustáceos

Habitat: água doce, lótico ou lântico, de ambiente com pouca oxigenação

Importância na região: baixa

Incidência na região: Não são constantes nas capturas da região



Fonte: SOARES; OLIVEIRA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

27- Nome comum na região: camurupim, camurim, tarpão

Ordem: Elopiformes

Família: Megalopidae

Nome científico: *Megalops atlanticus* (VALENCIENNES, 1847)

Distribuição: Oceano Atlântico, Bermudas, Açores, Sul da França e Atlântico Sul, do Norte a Sul do Brasil; Bacia do São Francisco, subtropical

Hábitos alimentares: de hábito noturno, alimenta-se de peixes, restos de matéria vegetal, larvas de insetos e microcrustáceos

Habitat: água doce, marinha, estuarina e regiões costeiras de 0 a 40 metros de profundidade

Importância na região: mediana e para pesca esportiva

Incidência na região: não são comuns nas capturas, mas sempre citados pela mídia, por chamar atenção devido ao seu porte



Fonte: SOARES; BISPO, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



28- Nome comum na região: peixe-rei

Ordem: Atheriniformes

Família: Atherinopsidae

Nome científico: *Atherinella brasiliensis* (QUOY; GAIMARD, 1825)

Distribuição: Oceano Atlântico Central; Norte e Nordeste do Brasil

Hábitos alimentares: matéria vegetal, pequenos peixes e invertebrados bentônicos e crustáceos

Habitat: marinho, estuarino, bentopelágico tropical

Importância na região: mediana

Incidência na região: aparecem nas capturas da região fluviomarina de Penedo e Piaçabuçu (Alagoas); Neópolis e Brejo Grande (Sergipe)



Fonte: SOARES; FEITOSA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

29- Nome comum na região: xaréu

Ordem: Carangiformes

Família: Carangidae

Nome científico: *Caranx latus* (AGASSIZ, 1831)

Distribuição: Oceano Atlântico; das Bermudas, Golfo do México a São Paulo (Brasil)

Hábitos alimentares: peixes, camarões e invertebrados

Habitat: marinho, estuarino, eurialino, água doce, costeiro, subtropical

Importância na região: mediana

Incidência na região: aparecem nas capturas da região fluviomarina entre Penedo e Piaçabuçu (Alagoas) e Neópolis e Brejo Grande (Sergipe)



Fonte: SOARES; FEITOSA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



30- Nome comum na região: xaréu

Ordem: Carangiformes

Família: Carangidae

Nome científico: *Caranx cf. crysos* (MITCHILL, 1815)

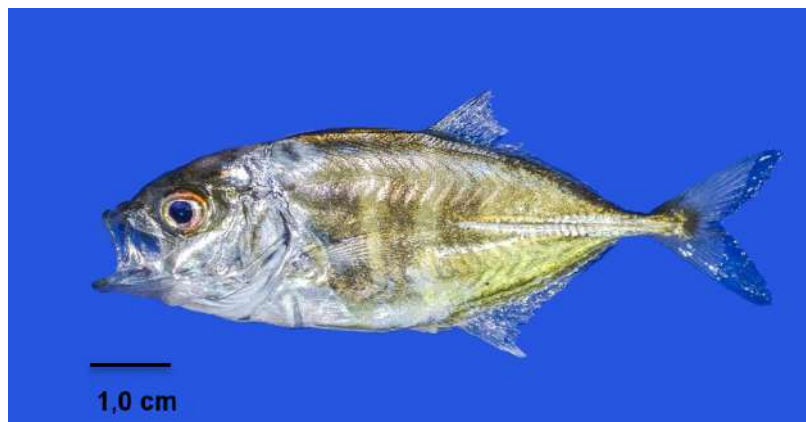
Distribuição: Oceano Atlântico; das Bermudas, Golfo do México a São Paulo (Brasil)

Hábitos alimentares: peixes, camarões e invertebrados

Habitat: marinho, estuarino, eurialino, água doce, costeiro, subtropical

Importância na região: baixa

Incidência na região: aparecem nas capturas da região fluviomarinha entre Penedo e Piaçabuçu



Fonte: SOARES; FEITOSA, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

31- Nome comum na região: acará

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Geophagus brasiliensis* (QUOY; GAIMARD, 1824)

Distribuição: América do Sul, do Norte ao Sul do Brasil

Hábitos alimentares: onívoro, insetos, gastrópodes e microcrustáceos

Habitat: água doce, estuarino, bentopelágico, tropical, realiza migrações

Importância na região: baixa

Incidência na região: não muito constante nas capturas, mas nas coletas de 2020 e 2021 foram encontrados mais de 10 exemplares



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



32- Nome comum na região: acará

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Cichlasoma cf. sanctifranciscense* (KULLANDER, 1983)

Distribuição: América do Sul, do Nordeste ao Sul do Brasil, Bacia do Rio Paraná e São Francisco

Hábitos alimentares: oportunista, onívoro com tendências carnívoras; alimenta-se de matéria vegetal, pequenos peixes e microcrustáceos

Habitat: água doce, ambientes lóticos e lênticos, subtropical

Importância na região: baixa

Incidência na região: não muito constante nas capturas; três exemplares encontrados em 2020 e 2021



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

33- Nome comum na região: acará; cará

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Australoheros mattosi* (OTTONI, 2012)

Distribuição: América do Sul, Rio São Francisco, Rio Paraopeba

Hábitos alimentares: generalistas e oportunistas, preferindo artrópodes aquáticos, larvas de dípteros e gastrópodos

Habitat: água doce, pelágico, tropical.

Importância na região: baixa

Incidência na região: não muito constante nas capturas; quatro exemplares encontrados em 2020 e 2021



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

34- Nome comum na região: acará; cará-boi; apaiarí; oscar

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Astronotus ocellatus* (AGASSIZ, 1831)

Distribuição: América do Sul, Rio Amazonas, Rio São Francisco, açudes do Nordeste

Hábitos alimentares: carnívoro, alimentando-se de pequenos peixes, vermes, insetos, camarões

Habitat: água doce, bentopelágico, tropical

Importância na região: mediana, espécie exótica à Bacia do São Francisco.

Incidência na região: constante nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

35- Nome comum na região: tilápia; tilápia-do-nilo

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758)

Distribuição: África, Américas, Ásia; disseminada em todo o mundo

Hábitos alimentares: juvenis, alimentam-se de fitoplâncton e algas bênticas; amplia seu espectro com hábito onívoro, alimentando-se de larvas de insetos e detritos

Habitat: água doce, suporta ambientes estuarinos, bentopelágico; efetua migrações; subtropical

Importância na região: alta, exótica à Bacia do São Francisco

Incidência na região: comum nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



36- Nome comum na região: tucunaré

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Cichla monoculus* (AGASSIZ, 1831)

Distribuição: América do Sul, Rio Solimões-Amazonas, Rio Negro, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: piscívoro, peixes, camarões

Habitat: água doce, bentopelágico, tropical

Importância na região: alta, espécie exótica à Bacia do São Francisco

Incidência na região: muito comum nas capturas



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco

37- Nome comum na região: tucunaré

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Cichla kelberi* (KULLANDER; FERREIRA, 2006)

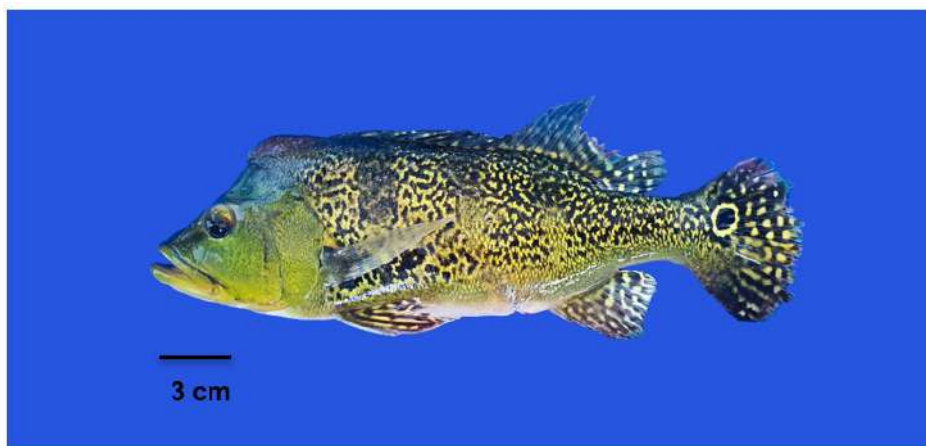
Distribuição: América do Sul; Brasil; Rio Solimões-Amazonas

Hábitos alimentares: piscívoro; peixes, camarões

Habitat: água doce, bentopelágico, tropical

Importância na região: baixa; espécie exótica à Bacia do São Francisco

Incidência na região: não muito comum nas capturas; apenas dois exemplares capturados



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



38- Nome comum na região: tucunaré

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Cichla* sp.

Distribuição: América do Sul; Brasil; Rio Solimões-Amazonas

Hábitos alimentares: piscívoro; peixes, camarões

Habitat: água doce, bentopelágico, tropical

Importância na região: baixa, espécie exótica à Bacia do São Francisco

Incidência na região: em observação; apenas um exemplar capturado. Assemelha-se ao *C. monoculus* e ao *C. nigro maculata*



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

39- Nome comum na região: jacundá

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Nome científico: *Crenicichla lepidota* (HECKEL, 1840)

Distribuição: América do Sul; Rio Paraná; Rio Paraguai; Guaporé

Hábitos alimentares: insetos, peixes e crustáceos

Habitat: água doce, bentopelágico

Importância na região: baixa; espécie exótica à Bacia do São Francisco

Incidência na região: mais de 15 exemplares capturados em 2020 e 2021



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



40- Nome comum na região: carapeba

Ordem: Perciformes

Família: Gerreidae

Nome científico: *Eugerres brasilianus* (CUVIER, 1830)

Distribuição: Atlântico Centro-Oeste, América do Norte (EUA) e América do Sul – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: generalista, oportunista, alimenta-se de anfípodas, poliquetas, vermes, detritos, material animal e vegetal

Habitat: águas estuarinas, água marinhas, água doce, migrador eurialino

Importância na região: alta

Incidência na região: mais de 10 exemplares capturados em 2020 e 2021



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

41- Nome comum na região: carapeba; carapicu

Ordem: Perciformes

Família: Gerreidae

Nome científico: *Eucinostomus melanopterus* (BLEEKER, 1863)

Distribuição: Costa da África, Atlântico Oeste (EUA) e América do Sul – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: alimenta-se de anfípodas, poliquetas, vermes, detritos, material animal e vegetal

Habitat: águas estuarinas, demersal, água marinhas, água doce, migrador eurialino (anfídromo)

Importância na região: baixa

Incidência na região: não muito comum; sete exemplares capturados em 2020 e 2021



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.



42- Nome comum na região: carapeba; tinga

Ordem: Perciformes

Família: Gerreidae

Nome científico: *Diapterus auratus* (RANZANI, 1842)

Distribuição: Atlântico Oeste (EUA) (Golfo do México e Flórida) e América do Sul – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: alimenta-se de invertebrados no fundo, vermes, detritos, material animal e vegetal

Habitat: águas estuarinas e costeiras, encontrado em água doce eventualmente

Importância na região: alta

Incidência na região: não muito comum; 10 exemplares capturados em 2020 e 202



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.

43- Nome comum na região: robalo; camurim

Ordem: Perciformes

Família: Centropomidae

Nome científico: *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1792)

Distribuição: Atlântico Oeste (EUA) (Golfo do México e Flórida), Caribe e América do Sul – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: alimenta-se de peixes e crustáceos

Habitat: águas estuarinas e costeiras, água doce, migrador eurialino (anfídromo)

Importância na região: alta

Incidência na região: comum no estuário do São Francisco



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



44- Nome comum na região: robalo-peba; camurim

Ordem: Perciformes

Família: Centropomidae

Nome científico: *Centropomus paralellus* (POEY, 1860)

Distribuição: Atlântico Oeste (EUA) (Golfo do México e Flórida), Caribe e América do Sul – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: alimenta-se de peixes e crustáceos

Habitat: águas estuarinas e costeiras, água doce, migrador eurialino (anfídromo)

Importância na região: alta

Incidência na região: comum no estuário do São Francisco



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.

45- Nome comum na região: tainha

Ordem: Mugiliformes

Família: Mugilidae

Nome científico: *Mugil curema* (VALENCIENNES, 1836)

Distribuição: Atlântico Leste e Oeste, Pacífico Oeste – Brasil, regiões estuarinas e costeiras

Hábitos alimentares: alimenta-se de organismos plactônicos e filamentos de algas

Habitat: águas estuarinas e costeiras, água doce (não muito comum)

Importância na região: mediana

Incidência na região: comum no estuário do São Francisco



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.



46- Nome comum na região: amoré; gobi-de-rio

Ordem: Gobiiformes

Família: Gobiidae

Nome científico: *Awaous tajasica* (LICHTENSTEIN, 1822)

Distribuição: América do Sul – Brasil: Nordeste, Sudeste e Sul

Hábitos alimentares: onívoro, com tendência à herbivoria

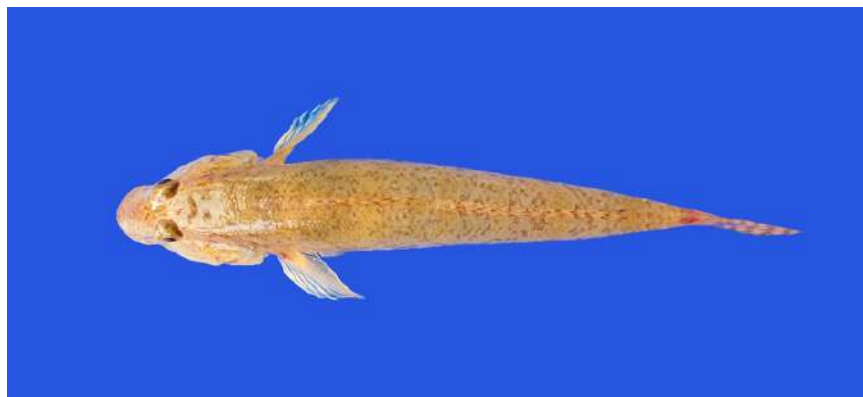
Habitat: água doce e estuarina, demersal

Importância na região: baixa

Incidência na região: apenas dois exemplares capturados em 2 anos, com um dos exemplares capturado a 95 km do estuário



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



Região dorsal.



47- Nome comum na região: amoreia

Ordem: Gobiiformes

Família: Eleotridae

Nome científico: *Guavina guavina* (VALENCIENNES, 1837)

Distribuição: Atlântico Oeste, dos Estados Unidos ao Brasil

Hábitos alimentares: onívoro, com tendência à herbivoria

Habitat: água doce, marinha, costeira e estuarina, demersal, migrador

Importância na região: baixa

Incidência na região: apenas três exemplares capturados em 2 anos



Fonte: BARBOSA *et al.*, 2022.

48- Nome comum na região: solha

Ordem: Pleuronectiformes

Família: Cyclopsettidae

Nome científico: *Syacium papillosum* (LINNAEUS, 1758)

Distribuição: Atlântico Oeste, dos Estados Unidos ao Brasil

Hábitos alimentares: alimenta-se de pequenos peixes e invertebrados

Habitat: marinho e estuarino

Importância na região: baixa

Incidência na região: apenas cinco exemplares capturados em 2 anos



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



49- Nome comum na região: piau-três-pintas

Ordem: Characiformes

Família: Anostomidae

Nome científico: *Megaleporinus obtusidens* (VALENCIENNES, 1837)

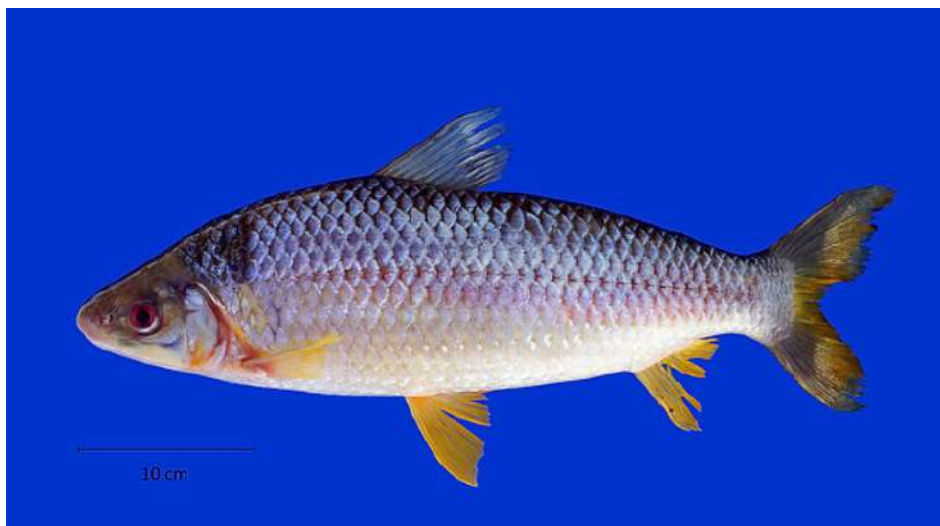
Distribuição: América do Sul, Bacia do São Francisco

Hábitos alimentares: onívoro

Habitat: água doce, bentopelágico subtropical, médio migrador

Importância na região: alta

Incidência na região: muito comum nas capturas



Fonte: ATLAS DA MACROFAUNA DE SERGIPE, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

🐟 O pirá e o surubim são duas espécies extintas no Baixo São Francisco, apesar de terem sido citadas neste capítulo;

🐟 Encontram-se em processo de extinção ou depleção de seus estoques, as espécies: pacamã, curimatã-pacu e pilombeta;

🐟 Três espécies de peixes (*Hypostomus* sp. e *Cichla* sp.) estão sendo avaliadas e indicam ser espécies novas;

🐟 A criação das áreas de proteção e conservação, como as lagoas marginais (unidade-modelo), regida por acordos de pesca (isenta, em certo período, por atividades ligadas à pesca) e com a colaboração dos agentes ambientais voluntários (da própria comunidade) e a fiscalização ambiental (órgão do poder público, MPF, Oemas, Ibama, etc.) sendo reforçadas pelo monitoramento da qualidade da água e dos peixes (universidades e institutos de pesquisas), além destes ambientes serem isentos de esgotos (prefeitura municipal) e agroquímicos (restrição de uso nas margens destes ambientes), pode ser uma alternativa para os peixamentos de espécies nativas (Codevasf), a fim de repovoar o Baixo São Francisco. Para isso, os pulsos de inundação previstos em legislação devem ser articulados com os usuários da água e, principalmente, com o Órgão Nacional do Sistema Elétrico (ONS), tornando-se medida efetiva para a preservação da biota aquática.

REFERÊNCIAS

APARECIDO, C.F.F. *et al.* Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v.21, n.2, p.239-256, 2016.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C.S. Perfil da ictiofauna do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luís, v.4, n.1, p.155-172, 2009.

BARBOSA, J.M. *et al.* Perfil da ictiofauna da Bacia do Rio São Francisco. **ActaFish**, v.5, n.1, p.70-90, 2017.

BARBOSA, J.M. *et al.* Evolução da atividade agrossilvipastoril na região e Brejo Grande, Estado de Sergipe: carcinicultura. **Agroflorestalis News**, v.3, n.1, p.52-60, 2018.

BARBOSA, J.M. *et al.* **Catálogo de pescado de Sergipe e adjacências**. Aracaju, 2022. DOI: 10.46732/978-65-00-40745-7.

BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. 3.ed. Brasília: Editora Câmara dos Deputados/Codevasf, 1988. 115p.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF). Redução temporária da vazão mínima do Rio São Francisco para 550 m³/s, a partir da UHE Sobradinho. **45º Relatório Mensal de Acompanhamento**. Companhia Hidrelétrica do São Francisco, 2017.

COSTA, F.J.C. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do Rio São Francisco ANA/GEF/Pnuma/OEA. Subprojeto 1.3 – Recomposição da ictiofauna reofílica do Baixo São Francisco. **Resumo Executivo do Relatório Final**. Canindé de São Francisco (SE): Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó, 2003.

CRUZ M.A.S. *et al.* Salinidade da água na região do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco**: características ambientais e sociais. Maceió: Edufal, 2020. p.349-364.

FIGUEIREDO, A.V.A.; AGRA-FILHO, S.S.; SANTOS, A.C.A. A regulação da vazão e seus efeitos sobre os atributos ecológicos da ictiofauna: o caso do baixo curso do Rio São Francisco. **Revista de Estudos Ambientais** [on-line], v.2, n.2, p.6-21, 2020.

MEDEIROS, P.R.P. *et al.* Interannual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.28, n.5, 2016.

MORAIS FILHO, J.Z. **O assoreamento nos lagos Igapó I e II na cidade de Londrina-PR**. 2014. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RODRIGUES, M.L. Biologia populacional da carapeba listrada, *Eugerres brasilianus* (CUVIER, 1830), próximo à foz do Rio São Francisco (Brasil). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, p.152-163, 2017.



SAMPAIO, C.L.S.; PAIVA, A.C.P.; SOARES, E.C. Peixes, pesca e pescadores do Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil. In: SOUZA, E.M.; SÁ, M.F.P. (Orgs.). **A pesca artesanal no Baixo São Francisco**: atores, recursos, conflitos. 2015. p.105-148.

SOARES, E.C. *et al.* Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Baixo São Francisco, Alagoas. **Biotemas** (UFSC), Florianópolis, v.24, p.61-67, 2011.

SOARES, E.C. *et al.* Potential of carapeba *Eugerres brasilianus* for production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, p.718-725, 2016.

SOARES, E.C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian Journal of Development**, v.6, p.3047-3064, 2020b.

SOARES E.C. *et al.* A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco**: características ambientais e sociais. Maceió: Edufal, 2020a. p.129-152.



CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SAÚDE DE PEIXES DO BAIXO SÃO FRANCISCO: UM ESTUDO HISTOPATOLÓGICO

Priscylla Costa Dantas¹

Lucas de Oliveira Arruda²

Lívia Almeida de Souza³

Resumo: O Baixo São Francisco é uma mesorregião da bacia hidrográfica de mesmo nome que compreende os Estados de Alagoas e Sergipe, onde residem 1,5 milhão de habitantes, dos quais cerca de 440 mil fazem parte da população ribeirinha. As áreas agrícolas extensas e o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento diretamente no corpo d'água contribuem para a degradação da qualidade hídrica do Baixo. Apesar disso, das águas do Baixo São Francisco provêm espécies de grande importância na alimentação humana e alvo de pesca intensiva. A contaminação originada das atividades antrópicas pode liberar nas águas diversos compostos químicos com potencial citotóxico que causam eutrofização e intoxicação para a comunidade aquática. O efeito destes poluentes nos peixes vem sendo estudado, no Baixo São Francisco, através de análises histopatológicas do fígado e das brânquias, pois investigações sobre esses órgãos-alvo são indispensáveis para a compreensão de intoxicações celulares nas espécies que habitam a região. Foram analisadas histologicamente amostras de tecidos de *Cichla monoculus* (tucunaré), *Metynnis maculatus* (pacu), *Serrasalmus brandtii* (pirambeba), *Astronotus ocellatus* (oscar), *Pygocentruspiraya* (piranha-vermelha) e *Schizodon knerii* (piauí-branco) coletadas em oito municípios da região do Baixo São Francisco durante as Expedições de 2020 e 2021. O diagnóstico histopatológico mostrou que, em 100% das amostras analisadas, os peixes possuíam algum tipo de alteração patológica, seja no fígado ou nas brânquias. Foram encontradas várias categorias de inflamação aguda e crônica e alterações degenerativas, como necrose, hemorragia e infiltração de leucócitos, além de respostas proliferativas, como hiperplasia e hipertrofia celular e aneurismas. Apesar das análises realizadas nos dois anos demonstrarem a presença de variadas lesões no fígado e nas brânquias dos peixes, os resultados mais severos foram apresentados nos espécimes coletados em 2020 – o que pode ser atribuído à maior vazão do rio, durante a Expedição de 2021, que influencia na diluição dos diversos agentes químicos estressantes presentes na água. As alterações encontradas nas espécies coletadas no Baixo São Francisco são semelhantes às evidenciadas em peixes submetidos à água antropizada; já substâncias potencialmente tóxicas podem acumular-se nos organismos aquáticos, levando à ocorrência de patologias nos órgãos. Os municípios com maiores índices de patologias em 2020 foram Piaçabuçu, Traipu e Porto Real do Colégio; em 2021, Pão de Açúcar, Piranhas e São Brás, respectivamente. Dentre todas as espécies estudadas, o tucunaré e a pirambeba foram as mais acometidas por patologias nos órgãos analisados, demonstrando o potencial dessas espécies como bioindicadores.

Palavras-chave: Histopatologia. Alteração Celular. Órgãos-Alvo. Contaminação.

1 Professora, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (Laqua), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (Ceca), Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

2 Graduando em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (Laqua), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (Ceca), Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

3 Graduanda em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (Laqua), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (Ceca), Universidade Federal de Alagoas (Ufal).



INTRODUÇÃO

A expansão demográfica e populacional, aliada ao crescente desenvolvimento industrial ocorrido nas últimas décadas, ocasionou impactos ambientais de diversos níveis nos ambientes aquáticos (INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO, 2012). Os rios localizados em áreas com alta urbanização estão entre os ecossistemas mais atingidos pela contaminação resultante das ações antrópicas (PAUL; MEYER, 2001). O impacto no meio aquático advém de diversas fontes poluidoras, como efluentes agrícolas, industriais e domésticos (LIEBEL; TOMOTAKE; OLIVEIRA RIBEIRO, 2013).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco possui 2.700 km de extensão, representando cerca de 8% do território brasileiro, sendo habitada por mais de 18 milhões de pessoas e dividida em Alto, Médio, Submédio e Baixo (CBHSF, 2014). O Baixo São Francisco é uma região que possui cerca de 214 km de extensão, percorrendo 86 municípios, tendo seu início no município de Paulo Afonso (BA), passando por Alagoas e Sergipe até a foz, onde deságua entre os municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE) (IBAMA, 2006).

Com uma área de aproximadamente 25.500km², o Baixo São Francisco é uma mesorregião da bacia hidrográfica de mesmo nome que compreende os Estados de Alagoas e Sergipe, onde residem 1,5 milhão de habitantes, dos quais cerca de 440 mil fazem parte da população ribeirinha (SOARES; VIEIRA; NAVAS, 2020).

Por se localizar no Semiárido nordestino, região de constantes conflitos, em especial sobre o uso da terra, muitas comunidades têm no rio sua principal fonte de subsistência. A região do Baixo apresenta grande importância ambiental e econômica, possuindo uma alta atividade agrícola, pesqueira e turística (BARBOSA; SOARES, 2009).

De acordo com Silva, Galvêncio e Almeida (2010), dentre as principais ações que contribuem para a degradação da qualidade hídrica do Baixo São Francisco estão a extensão de áreas agrícolas e ocupações irregulares situadas às margens do rio, assentamentos humanos, destruição de matas ciliares, especulação imobiliária e o não cumprimento de leis ambientais, demonstrando o total desrespeito do homem com a sustentabilidade dos recursos naturais.

Este cenário é agravado pelo uso descontrolado de agrotóxicos nas culturas existentes no entorno do rio (principalmente cana-de-açúcar e arroz), fertilizantes químicos que podem ser lixiviados e pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento diretamente no corpo d'água. Mesmo com a exploração do rio para as mais diversas finalidades, o baixo curso ainda é utilizado como meio de subsistência para as comunidades locais que sobrevivem da pesca.

Apesar da pesca ainda estar entre as atividades de subsistência mais importantes, segundo os dados de Soares (2020a), foi observado empobrecimento de algumas espécies nativas durante as coletas pelo baixo curso, sendo constatada a diminuição de curimatãs-pacus e pilombetas. Este fato pode ser explicado pelo lançamento de efluentes sem tratamento nos corpos d'água, causando a poluição hídrica da bacia (ANA, 2019).

Barbosa *et al.* (2017) afirmam que, ainda assim, das águas do Baixo São Francisco provêm espécies de grande importância para a alimentação humana e alvo de pesca intensiva. Dentre as espécies que se destacam, Soares *et al.* (2020b) citaram que as endêmicas pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) (Characiforme, Serrasalminidae) e pacu-prata (*Myleus micans*) (Characiforme, Serrasalminidae) e a nativa piau-branco (*Leporinus* sp.) (Characiforme, Anostomidae), além da introduzida tucunaré (*Cichla* sp.) (Perciforme, Cichlidae), estavam entre as mais capturadas durante a Expedição Científica de 2020, aparecendo, representativamente, em aproximadamente 70% dos peixes coletados.



A contaminação originada das atividades antrópicas próximas às margens do rio, como a que ocorre no Baixo São Francisco, pode liberar, nas águas, dezenas de milhares de compostos químicos com potencial citotóxico que atingem os corpos límnicos através de escoamento superficial, irrigação ou percolação no solo, causando eutrofização e intoxicação da comunidade aquática (MANRIQUE; FIGUEIREDO; MACHADO-NETO, 2013). O efeito destes poluentes na cadeia trófica, mais especificamente nos peixes, vem sendo estudado por Dantas *et al.* (2020; 2021) na região do Baixo São Francisco, através de análises histopatológicas.

A histopatologia possibilita o estudo de alterações celulares dos tecidos, sendo uma ótima ferramenta para identificar problemas em órgãos-alvo específicos, incluindo as brânquias e o fígado, que são responsáveis por funções vitais, como respiração, o acúmulo e a biotransformação de xenobióticos nos peixes (GERNHOFER *et al.*, 2001; DE LA TORRE; FERRARI; SALIBAN, 2005). Estas análises são consideradas técnicas abrangentes de biomonitoramento para avaliar a saúde do peixe e sua sobrevivência em ecossistemas aquáticos poluídos (DEORE; WAGH, 2012).

Biomarcadores histopatológicos vêm sendo utilizados, em estudos de campo, para avaliar o efeito tóxico dos poluentes no ambiente aquático e têm a capacidade de diferenciar lesões nos órgãos, induzidas por doenças e outros fatores do meio ambiente, daquelas provocadas pela exposição aos poluentes (SCHWAIGER *et al.*, 1997; COOMBS *et al.*, 2011).

As investigações histopatológicas estão entre as principais áreas com foco em pesquisas para a validação de marcadores de efeitos tóxicos de poluentes aquáticos em campo. Através desses estudos, é possível caracterizar os impactos de produtos químicos advindos da contaminação dos recursos hídricos nos tecidos (SCHWAIGER *et al.*, 1997; DANTAS *et al.*, 2021).

Com auxílio da histopatologia, é possível fornecer uma melhor avaliação tanto da saúde dos peixes, quanto dos efeitos da poluição, isso porque as mudanças histopatológicas integram o impacto de uma variedade de estressores (patógenos, compostos tóxicos e condições nutricionais e ambientais desfavoráveis). Além disso, biomarcadores histopatológicos são considerados marcadores confiáveis, pois incorporam fatores bióticos e da qualidade da água em uma visão holística sobre o *status* dos peixes e o estresse ambiental a que estão expostos (ZIMMERLI *et al.*, 2007; POLEKSIC *et al.*, 2010; DANTAS *et al.*, 2021).

Diante dos impactos causados pelas ações antropogênicas na região do Baixo São Francisco, onde organismos aquáticos estão expostos a contaminantes, esta pesquisa visou avaliar, através de análises histopatológicas das brânquias e do fígado, a relação direta entre a contaminação e os efeitos celulares e teciduais provocados por eles e, desta forma, fornecer subsídios para diagnósticos de impactos ambientais e quantificação dos danos causados nos peixes, além de levantar informações que possam gerar ações que reduzam os efeitos da atividade humana sobre a sanidade desses animais.

Processamento de tecidos para análises microscópicas

Durante as coletas realizadas na IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021, amostras de órgãos de peixes foram separadas para análises histopatológicas. No critério de escolha das espécies, tiveram prioridade as nativas de importância econômica para região e as exóticas que haviam sido capturadas e analisadas na III Expedição Científica do São Francisco, em 2020. Portanto, as análises presentes no trabalho são referentes às duas



Expedições (2020 e 2021), para que, desta forma, os resultados pudessem ser comparados e fosse possível identificar alguma alteração no intervalo de um ano.

Após a captura e a identificação, os peixes foram dissecados e os fígados e brânquias, fixados em formol a 10%; depois de 24 horas fixados em álcool 70%, seguiram para o Laboratório Aquicultura e Análise de Águas (Laqua) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (Ceca/Ufal), onde os estudos histológicos foram desenvolvidos. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em série alcoólica crescente a 80%, 90% e 99% e, em seguida, submetidas à resina de embebição (Leica Historesin – Embedding Kit), por 24 horas, em geladeira. O material foi transferido para moldes de polietileno (histomold) contendo resina de inclusão e mantido em temperatura ambiente até a polimerização. Os blocos foram cortados em secções de 5 µm de espessura, com auxílio de micrótomo rotativo com navalhas de aço inox. Os cortes foram corados com hematoxilina de Harris e eosina, e realizada a montagem das lâminas. Em seguida, o material foi fotografado em microscópio de luz com câmera digital e as fotomicrografias, analisadas.

Na Expedição realizada em 2020, foram coletadas amostras de 39 indivíduos de cinco espécies, em seis pontos da região do Baixo São Francisco. Na escolha das espécies a serem estudadas, foram incluídas a *Cichla monoculus* (tucunaré), *Metynnis maculatus* (pacu), *Serrasalmus brandtii* (pirambeba), *Astronotus ocellatus* (oscar) e *Pygocentrus piraya* (piranha-vermelha) coletadas nos municípios de Piranhas, Pão de açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Penedo e Piaçabuçu (Figura 1).

Em 2021, foram coletadas amostras de 80 indivíduos de quatro espécies, em sete pontos situados em municípios do Baixo São Francisco. As espécies escolhidas foram: *Cichla monoculus* (tucunaré), *Metynnis maculatus* (pacu), *Serrasalmus brandtii* (pirambeba) e *Schizodon knerii* (piauí-branco) (Figura 2), coletadas nos municípios de Piranhas, Pão de açúcar, Traipu, São Brás, Propriá, Penedo e Piaçabuçu.

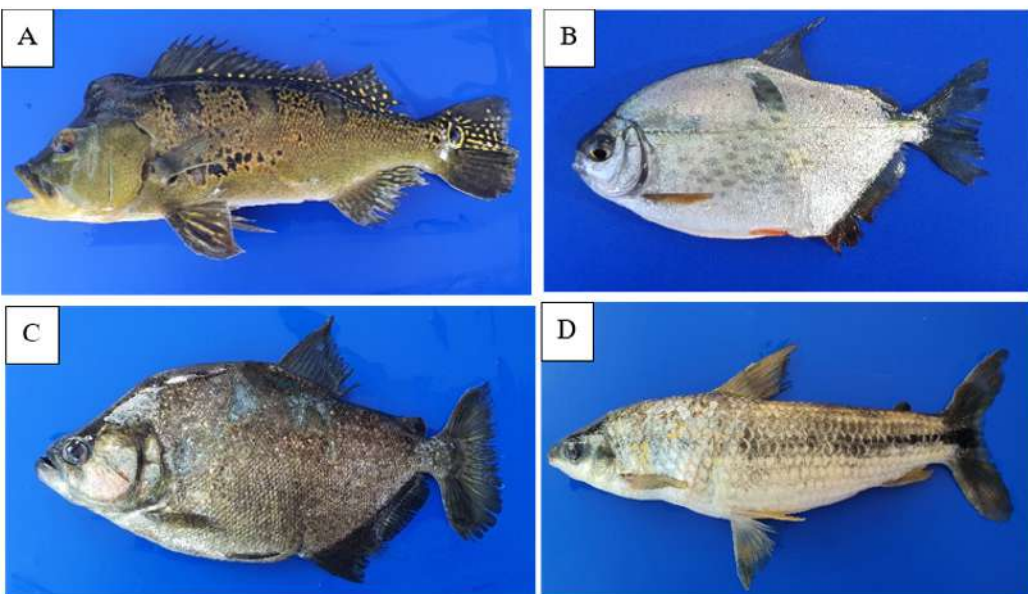


Figura 1 - Espécies escolhidas para a realização da análise histopatológica da III Expedição (2020): A) tucunaré; B) piau-três-pintas; C) pacu; D) pirambeba; E) oscar; F) piranha-vermelha



Fonte: SOARES, 2020. Expedições Científicas do São Francisco.

Figura 2 - Espécies escolhidas para a realização das análises histopatológicas da IV Expedição (2021): A) tucunaré; B) pacu; C) pirambeba; D) piau-branco



Fonte: SOARES, 2021. Expedições Científicas do São Francisco.



Interpretação dos resultados

Na pesquisa com as amostras coletadas em 2020, foram analisadas três lâminas com cinco secções de 5µm de cada peixe, para cada espécie. Desta forma, foi analisado um total de 117 lâminas e 585 cortes histológicos.

Em 2021, foram analisadas quatro lâminas com quatro secções de 5µm de cada peixe, para cada espécie, resultando num total de 80 lâminas e 320 cortes histológicos. Para a descrição das alterações histopatológicas, foi utilizado o protocolo para avaliação de poluição aquática proposto e padronizado por Bernet *et al.* (1999). Segundo os autores, as lesões patológicas de cada órgão são classificadas de acordo com cinco **padrões de reação**: distúrbios circulatórios (padrão de reação 1), alterações regressivas (padrão de reação 2), alterações progressivas (padrão de reação 3), inflamação (padrão de reação 4) e neoplasma (padrão de reação 5).

Um **fato de importância** (w) variando de 1 (alteração mínima) a 3 (máxima importância) é atribuído a cada alteração, apontando sua importância patológica e sua relevância, que depende da forma como afeta a função do órgão e o grau de reversibilidade. Segundo o protocolo, os fatores são distribuídos como: 1- a alteração é facilmente reversível ao fim da exposição à substância tóxica. Possui importância patológica mínima; 2- a alteração é potencialmente reversível se a exposição ao agente causador for interrompida. Possui importância patológica moderada; 3- a lesão é grave, geralmente irreversível, levando à perda parcial ou total da função do órgão. Possui importância patológica acentuada.

Além disso, é utilizado o parâmetro **pontuação** (α), em que, a cada amostra, é atribuído um valor, que varia de 0 a 6, de acordo com a extensão ou ocorrência de cada alteração. O *score* (pontuação) sugerido pelos autores é: (0) sem alteração; (1-2) ocorrência leve; (3-4) ocorrência moderada; (5-6) ocorrência severa. A partir desses valores, foi possível obter o índice de alterações histopatológicas (IH) de cada amostra, através da multiplicação de w por α para cada alteração, bem como a soma do total de alterações para cada amostra.

Quando a análise foi realizada em apenas um órgão, foi utilizado o seguinte índice:

Índice do órgão (I org) – representa o grau de dano a um órgão. Um alto índice indica um alto grau de dano.

$$I \text{ org} = \sum_{pr} \sum_{alt} (a_{org \text{ pr } alt} \times w_{org \text{ pr } alt})$$

Onde: org = órgão (constante); pr = padrão de reação; alt = alteração; a = pontuação; w = fator de importância.

Quando vários órgãos foram examinados, outro índice pôde ser calculado:

Índice total (Tot-I) – representa uma medida geral do estado de saúde, baseada nas alterações histológicas.

$$Tot-I = \sum_{org} \sum_{pr} \sum_{alt} (a_{org \text{ pr } alt} \times w_{org \text{ pr } alt})$$

org pr alt



Após essa interpretação, foi desenvolvida uma tabela de trabalho própria para este estudo, com as principais alterações encontradas nos fígados e brânquias dos peixes, a partir da qual procedeu-se a análise dos órgãos. Com a quantificação das lesões, foi possível aplicar análises estatísticas para comparar os índices entre as diferentes espécies.

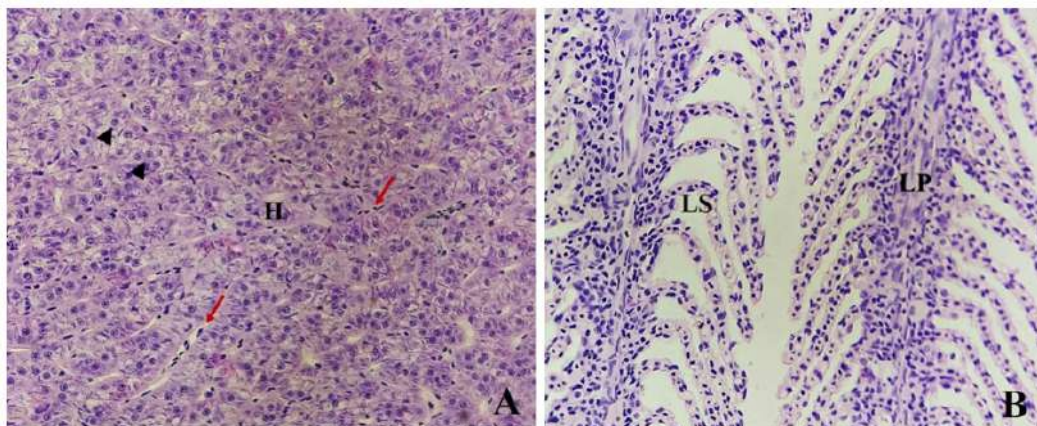
Foram calculados os índices individuais por órgão e o índice total de patologias por espécie. Para a avaliação destes resultados, os dados foram analisados estatisticamente, através do teste T com o auxílio do programa estatístico SigmaPlot 12.0, nos municípios que possuíam apenas duas espécies de peixes. Para os demais municípios, índices de lesões histopatológicas de fígado e brânquias foram comparados utilizando o teste Kruskal-Wallis com o auxílio do programa estatístico Assisat 7.7.

Análise histopatológica dos órgãos-alvo de peixes coletados no Baixo São Francisco e estrutura morfológica padrão do fígado e das brânquias dos peixes analisados

Em geral, a arquitetura do tecido hepático encontrado nos peixes analisados é semelhante ao das espécies de teleósteos, que possuem como característica cordões de hepatócitos com formato poligonal, núcleos centrais apresentando nucléolos proeminentes, dispostos em fileiras entre capilares sinusoides e vasos sanguíneos distribuídos irregularmente entre os hepatócitos, além de células de tecido pancreático exócrino, que apresentam arranjo acinar, caracterizando o hepatopâncreas, comum entre esses animais (GENTEN; TERWINGHE; DANGUY, 2009) (Figura 3A).

O padrão normal da arquitetura das brânquias está mostrado na Figura 3B. Observe-se o modelo descrito por Fanta *et al.* (2003), com arcos branquiais contendo o filamento primário, dispostos paralelamente, cada um composto por lamelas respiratórias (secundárias) alinhadas em ambos os lados, que representam a superfície de troca gasosa, como é comum nos teleósteos.

Figura 3 - Fotomicrografias da arquitetura com padrão normal dos tecidos dos peixes. A) tecido hepático (H) do pacu, com cordões de hepatócitos com aspecto normal, células poligonais com núcleo arredondado central (ponta de seta) e vasos sinusoides distinguíveis (seta vermelha); B) brânquias de pacu com lamelas primárias (LP) sem alterações, contendo lamelas secundárias (LS) dispostas em ambos os lados do filamento primário [Obj. 40x, HE]



Fonte: DANTAS, 2020.

Análise histopatológica da III Expedição Científica (2020)

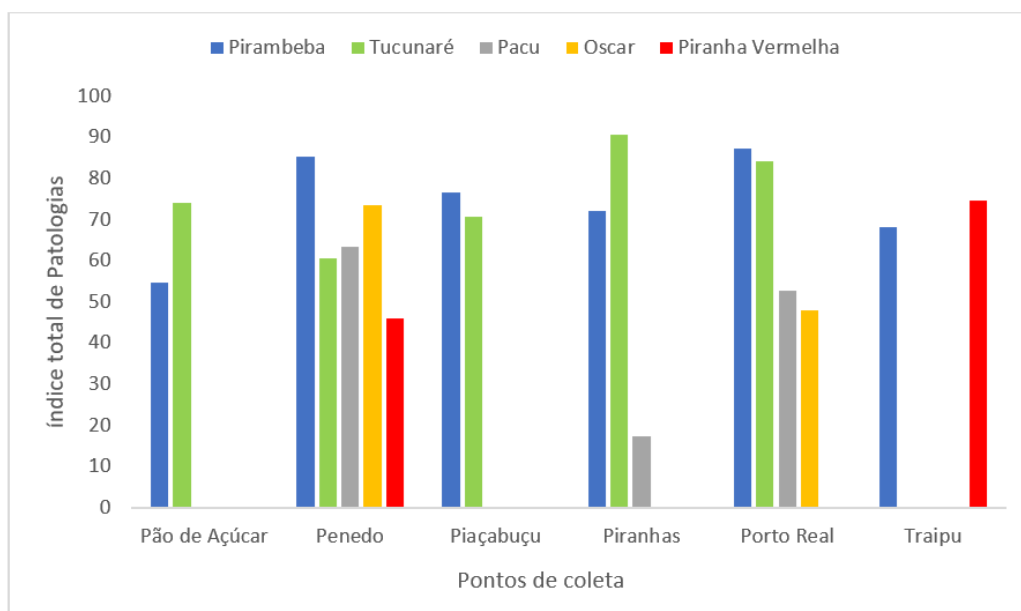
Os estudos histopatológicos revelaram diferenças nos tipos e na gravidade das lesões dos órgãos entre os peixes coletados nos seis municípios do Baixo São Francisco em 2020. Foi observado que, em 100% das amostras analisadas, os peixes possuíam algum tipo de alteração patológica, seja no fígado ou nas brânquias. O grau de severidade e a ocorrência das lesões totais nos órgãos foram mais pronunciados na pirambeba de Penedo (Figura 4A), no tucunaré coletado em Piranhas (Figuras 4B e 4C), na pirambeba (Figura 4D) e no tucunaré (Figura 4E) de Porto Real do Colégio, respectivamente, conforme evidenciado no Índice Total de Patologias (BERNET *et al.*, 1999) mostrado no Gráfico 1.

Alterações significativas comuns a várias espécies foram encontradas, como vacuolização e degeneração do citoplasma dos hepatócitos, infiltração de leucócitos no tecido pancreático, fusão lamelar, deslocamento do epitélio lamelar, necrose, entre outras. Estas alterações morfológicas podem ser induzidas pela presença de poluentes na água e acarretar prejuízos à habilidade dos peixes de realizar suas funções fisiológicas quando expostos a períodos curtos, levando à morte de indivíduos se houver longos períodos de exposição (JOBLING, 1995; MELETTI *et al.*, 2003).

O Baixo São Francisco é uma região bastante impactada pela poluição causada pelas descargas de esgotos domésticos das cidades que o margeiam. Além disso, sofre de problemas relacionados ao uso de agrotóxicos em lavouras ao longo das margens dos rios e ao descarte de efluentes de atividades industriais na água (SOARES *et al.*, 2020b).

Segundo Yamamoto *et al.* (2016), resíduos industriais podem liberar metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos nos rios. Estas substâncias, potencialmente tóxicas, podem acumular-se nos organismos aquáticos, levando à ocorrência de patologias nos órgãos.

Gráfico 1 - Comparação das alterações patológicas totais (fígado + brânquias) entre as espécies e os pontos de coleta, de acordo com o índice de patologias proposto por Bernet *et al.* (1999). Teste de Kruskal- Wallis com múltiplas comparações $p < 0,05$



Fonte: Priscylla Dantas (2020).

Dantas, Soares e Silva (2020) observaram que, na Expedição Científica de 2019, 93% dos peixes apresentaram lesões no fígado, dentre eles o tucunaré coletado em Piranhas e Traipu, a pirambeba coletada em Pão de Açúcar e o oscar coletado em Traipu; entretanto, a maioria de grau leve. Entre as alterações, houve predominância de vacuolização dos hepatócitos e infiltrado leucocitário. A necrose foi observada somente na espécie de oscar.

Em 2020, foi observado um aumento na ocorrência e na severidade de patologias por espécies analisadas em relação ao ano anterior: nas amostras coletadas, todos os peixes apresentaram lesões hepáticas, sendo identificada a necrose, tipo de lesão mais severa e irreversível, no tucunaré e no pacu de Piranhas, no tucunaré de Pão de Açúcar, Porto Real do Colégio e Piaçabuçu e na pirambeba de Penedo.

Nos tecidos hepáticos de peixes com início de necrose, os citoplasmas apresentam-se vacuolizados, com coloração pálida e núcleo deslocado da região central (PINHEIRO *et al.*, 2017). Este tipo de alteração celular é considerada reversível, pois as células agredidas mantêm-se vivas, apesar de sofrerem alterações funcionais e morfológicas, recuperando-se quando o estímulo agressor cessa (KUMAR; ABBAS; FAUSTO, 2015).

Banee *et al.* (2013) observaram vacuolização citoplasmática e degeneração dos hepatócitos em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) exposta a 0,2mL/L do inseticida organofosforado diazinon por 28 dias. Segundo Saraiva *et al.* (2015) e Vreys *et al.* (2019), as alterações histológicas mais encontradas em fígado de peixes expostos a pesticidas são degeneração vacuolar, perda do limite da célula, alteração da arquitetura do tecido e necrose. Todas essas hepatodistrofias foram evidenciadas nas análises dos peixes coletados no Baixo São Francisco.

Dentre todas as espécies analisadas, o tucunaré foi a que apresentou mais pontos de necrose severa em seu tecido (Figuras 4B, 4C e 4E), seguida da pirambeba (Figuras 4A e 4D), além de desarranjo da estrutura cordonal, demonstrando alteração na arquitetura do tecido hepático. Nesses peixes, puderam ser observados deformação e clareamento nuclear, degeneração do citoplasma, perda do limite celular, em geral associada à infiltração de leucócitos, demonstrando sinal de inflamação. Essas alterações morfológicas em conjunto caracterizam a necrose.

A análise microscópica do tecido hepático dos peixes revelou que todos os espécimes apresentaram mais de um sinal de alteração celular no órgão. Dentre as amostras analisadas, a severidade e a frequência das lesões no fígado foi maior na pirambeba coletada no município de Penedo, seguida do oscar de Penedo, do tucunaré coletado em Piranhas e também em Porto Real do Colégio. As principais alterações histopatológicas encontradas no fígado dos peixes estão resumidas na Tabela 1.

Em relação às alterações nas brânquias, também houve aumento na ocorrência dentre as espécies analisadas. Em 2019, 53% das espécies apresentaram alguma modificação branquial, prevalecendo a hiperplasia (DANTAS; SOARES; SILVA, 2020). Nos dados de 2020, dentre as cinco espécies analisadas, de todos os pontos, somente o pacu não apresentou alteração branquial severa. Apesar das alterações terem sido observadas em todas as amostras hepáticas e na maioria das amostras branquiais, e muitas espécies possuírem o índice total maior (Gráfico 1), muitas delas não diferiram estatisticamente entre si em relação ao índice dos órgãos.



Tabela 1 - Principais alterações observadas no fígado dos peixes amostrados e seus correspondentes fatores de importância (w) (BERNET *et al.*, 1999)

Característica examinada	Fator de importância (w)
Núcleo na periferia da célula	2
Perda do contorno celular	1
Deformação nuclear	2
Vacuolização citoplasmática	1
Degeneração do citoplasma	1
Rompimento celular	1
Infiltração leucocitária	2
Dilatação dos sinusoides	1
Necrose	3
Hiperemia	1

Fonte: Priscylla Dantas (2020).

Nas brânquias analisadas, as principais alterações observadas consistiram, principalmente, em hiperplasia das células epiteliais, com proliferação desordenada de células no espaço interlamelar que, em muitas espécies, ocasionou fusão lamelar completa ou incompleta das lamelas secundárias. As espécies mais afetadas por essas lesões foram o tucunaré coletado no município de Piranhas, a pirambeba coletada em Porto Real do Colégio, a piranha-vermelha coletada em Traipu (Figura 4F) e o tucunaré de Porto Real do Colégio. As principais alterações histopatológicas encontradas nas brânquias dos peixes estão resumidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais alterações observadas nas brânquias dos peixes e seus correspondentes fatores de importância (w) (Bernet *et al.*, 1999)

Característica examinada	Fator de importância (w)
Hipertrofia	1
Hiperplasia	2
Desarranjo lamelar	2
Fusão lamelar completa	2
Fusão lamelar incompleta	2
Deslocamento epitelial	1
Espessamento de tecido proliferativo	2
Aneurisma	1

Fonte: Priscylla Dantas (2020).

O deslocamento do tecido epitelial das lamelas secundárias (Figuras 4B e 4F) foi observado de forma severa nas espécies analisadas. Somente o pacu não apresentou patologia braquial (Figura 3B) ou esta foi observada apenas em grau leve. A alteração possui fator de importância (w) = 1, portanto, facilmente reversível no estágio em que foi observada nessa espécie.

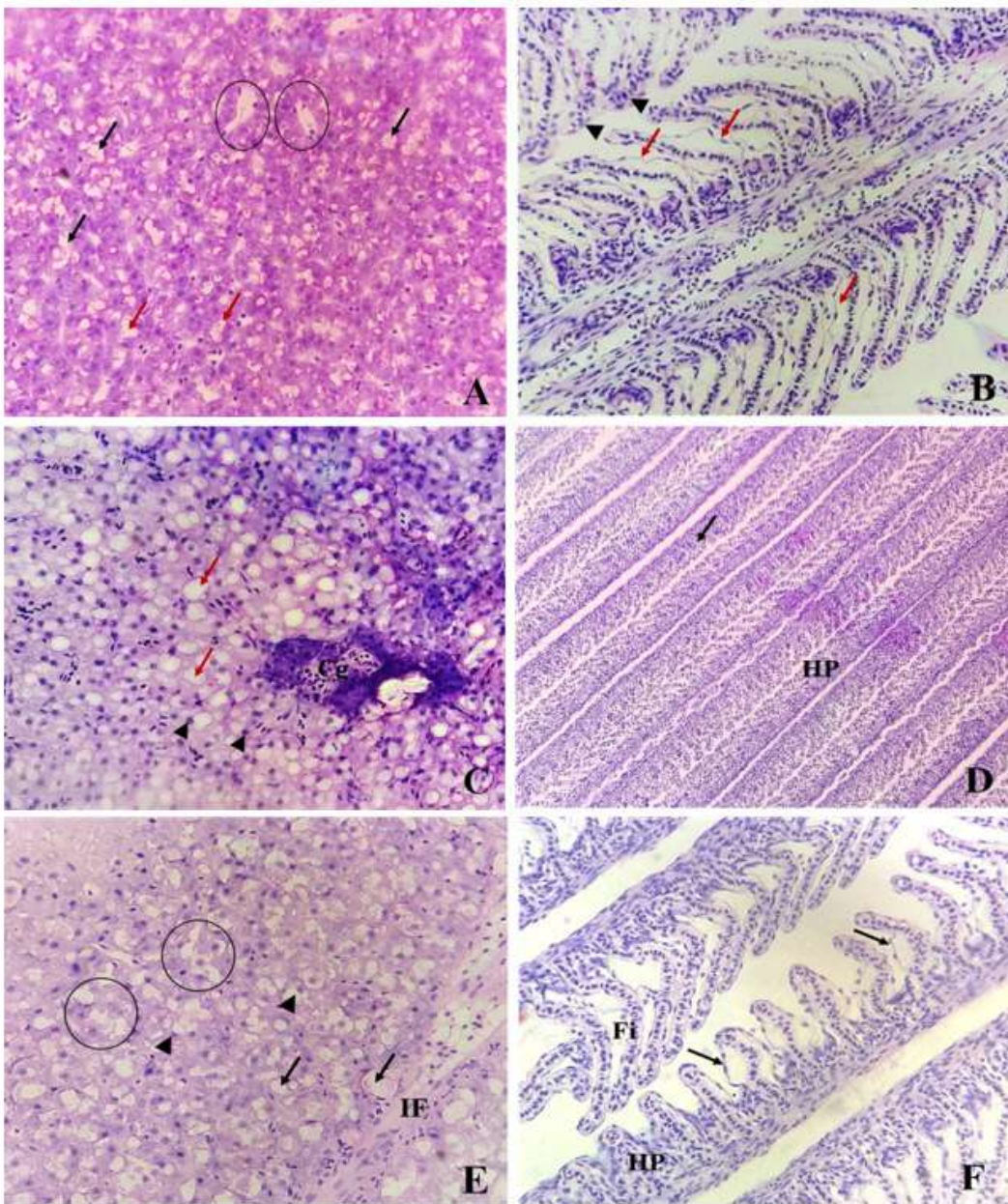
O levantamento do epitélio lamelar observado nos peixes analisados neste trabalho é considerado, por Thophon *et al.* (2003), como o primeiro sinal de patologia branquial e caracteriza-se pela elevação de uma lâmina contínua do epitélio de revestimento das lamelas para longe do sistema de células pilares, aumentando, assim, a distância entre o meio externo e o sangue, comprometendo a função respiratória do órgão.

As alterações nas brânquias das espécies coletadas no Baixo São Francisco foram comumente encontradas em peixes submetidos à água antropizada (PEREIRA *et al.*, 2020; SHAHID *et al.*, 2020; LASSEN, 2021). Vários autores propuseram diferentes funções às lesões, como Mallat (1985), que atribui um caráter protetor à fusão lamelar, uma vez que essa modificação diminui a superfície branquial. Porém, também pode diminuir a capacidade do órgão em realizar as trocas gasosas.

Mazon, Cerqueira e Fernandes (2002) afirmam que as alterações são respostas de defesa do tecido branquial que ajudam a barrar a entrada de substâncias tóxicas e podem auxiliar na prevenção dos danos causados pela exposição direta.



Figura 4 - Alterações patológicas encontradas nos peixes coletados no Baixo São Francisco (2020). A) pirambeba coletada em Penedo, apresentando dilatação dos vasos sinusoides (círculos), necrose multifocal (setas pretas) e hepatócitos com citoplasma mais claro e núcleo pálido (seta vermelha); B) tucunaré coletado em Piranhas com deslocamento do epitélio lamelar (setas vermelhas) e início de fusão no ápice das lamelas secundárias (cabeça de seta); C) tucunaré de Piranhas com alta vacuolização hepática (seta vermelha), congestão vascular (Cg) e núcleos na periferia da célula (cabeça de seta); D) pirambeba de Porto Real do Colégio com hiperplasia severa (HP) e fusão completa das lamelas (seta); E) tucunaré de Porto Real do Colégio com degeneração citoplasmática e perda do limite celular (círculos), núcleos na periferia da célula (cabeça de seta), vacuolização (seta) e infiltrado leucocitário (IF); F) piranha-vermelha de Traipu com deslocamento epitelial (seta) e fusão inicial das lamelas secundárias (Fi) [Obj. 40x: A, B, C, E, F; Obj. 10x: D, HE]



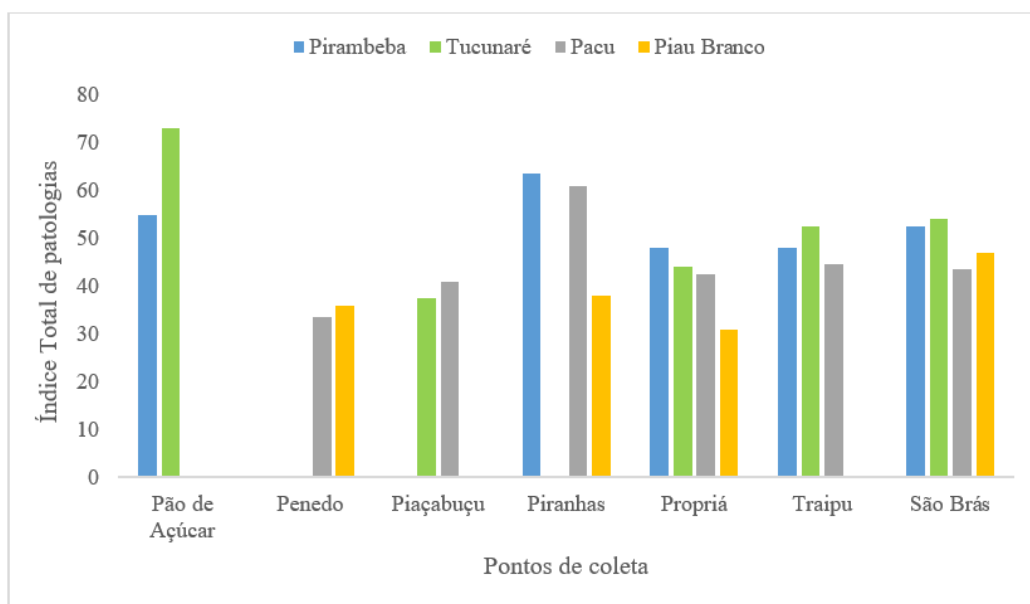
Fonte: DANTAS, 2020.

Análise histopatológica da IV Expedição Científica (2021)

As análises histopatológicas da IV Expedição Científica demonstraram a presença de variadas lesões no fígado e nas brânquias dos peixes. Contudo, os resultados foram menos severos que os apresentados em 2020. No diagnóstico de alterações, foram encontradas várias categorias de inflamação aguda e crônica e alterações degenerativas, como necrose, hemorragia e infiltração de leucócitos, além de respostas proliferativas, como hiperplasia e hipertrofia celular e aneurismas. Os tipos de alterações e fator de importância encontrados em 2021 foram semelhantes aos da Expedição Científica de 2020 e estão dispostos nas Tabelas 1 e 2.

Considerando as amostras de todos os peixes examinados, o tucunaré coletado em Pão de Açúcar, a pirambeba e o pacu coletados no município de Piranhas obtiveram os índices mais altos de patologia nos órgãos. Os espécimes de tucunaré coletados em Traipu e em Piaçabuçu também apresentaram lesões patológicas importantes, como degeneração citoplasmática, necrose hepática e pancreática e infiltração leucocitária. O Gráfico 2 apresenta as espécies que obtiveram índices de patologias mais altos entre as amostras analisadas em 2021.

Gráfico 2 - Comparação das alterações patológicas totais (fígado + brânquias) entre as espécies e os pontos de coleta, de acordo com o índice de patologias proposto por Bernet *et al.* (1999). Teste de Kruskal-Wallis com múltiplas comparações $p < 0,05$



Fonte: Priscylla Dantas (2021).

As análises da IV Expedição Científica evidenciaram que o tucunaré foi o peixe que demonstrou mais hepatodistrofias entre as espécies analisadas: os coletados em Pão de Açúcar apresentaram tecido pancreático com intensa vacuolização (Figura 5A); os espécimes coletados em Traipu demonstraram extensa área com necrose e desorganização estrutural dos hepatócitos (Figura 5C) e os coletados em Piaçabuçu possuíam infiltração de leucócitos no fígado (Figura 5E). Resultados semelhantes foram encontrados por Velma e Tchounwou (2010) no peixe dourado (*Carassius auratus*) exposto a cromo.

Os autores relatam que peixes expostos a substâncias tóxicas apresentam vacuolização por conta do acúmulo excessivo de gordura no citoplasma e que a ocorrência de degeneração

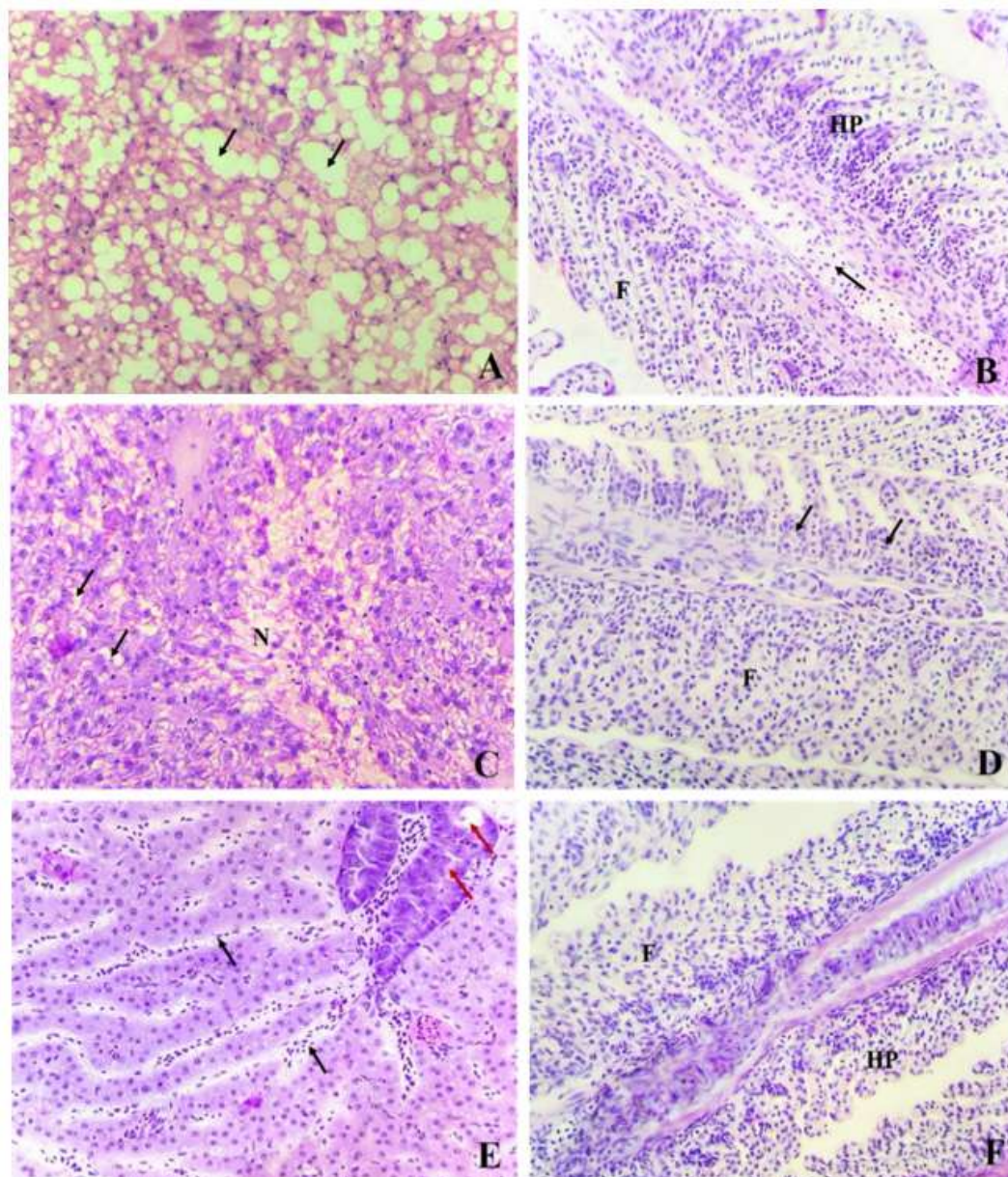
no fígado e no tecido pancreático e a necrose podem ser devidas ao acúmulo de leucócitos. A congestão dos vasos sanguíneos pode ocorrer devido à pressão do sangue exercida por substâncias tóxicas, resultando em hemorragia. As alterações encontradas nos peixes coletados no Baixo São Francisco também podem estar relacionadas à exposição a metais pesados, pois Soares *et al.* (2020b) demonstraram valores de arsênio e cromo acima do Limite Máximo Tolerado (LMT) em peixes capturados na região.

A degeneração vacuolar (ou esteatose) encontrada nos tucunarés (Figura 5A) caracterizou-se por clareamento citoplasmático, manutenção do núcleo para a periferia da célula e distorção arquitetural dos cordões de hepatócitos. De acordo com Kumar, Abbas e Fausto (2015), essa alteração é a primeira manifestação de quase todas as formas de dano celular e, em fase inicial, é considerada reversível e não letal. Contudo, em grau mais intenso, conduz à morte celular.

Em trabalho recente, Savassi *et al.* (2020) registraram alterações hepáticas, como vacuolização nos hepatócitos e hipertrofia nuclear em peixes coletados no Rio Paraopeba (MG), região que sofre pela contaminação por resíduos das indústrias de aço, da agricultura, de curtumes e esgoto (doméstico e industrial). Da mesma forma, Peixoto (2020) observou alterações histológicas em amostras de fígado de *Heptapterus mustelinus* que habitavam riachos situados em região de alto impacto agrícola (com intenso uso de agrotóxicos) que corroboram às apresentadas pelos peixes do Baixo São Francisco.



Figura 5 - Alterações patológicas encontradas nos órgãos dos peixes coletados no Baixo São Francisco (2021). A) tucunaré coletado em Pão de Açúcar apresentando fígado com alta degeneração vacuolar (setas); B) brânquias do tucunaré de Pão de Açúcar com hiperplasia severa (HP), fusão lamelar completa (F) e hemorragia no seio venoso central (seta); C) tucunaré de Traipu apresentando hepatócitos com degeneração citoplasmática (setas) e extensa área necrosada (N); D) pirambeba de Piranhas com proliferação celular (setas) e fusão lamelar completa (F) nas brânquias; E) tucunaré coletado em Piaçabuçu com evidente infiltração leucocitária (setas pretas) e necrose focal no tecido pancreático (setas vermelhas); F) hiperplasia (HP) severa nas lamelas branquiais do pacu coletado em Piranhas e fusão lamelar completa (F) [HE, Obj. 40x]



Fonte: DANTAS, 2021.

As lesões patológicas apresentadas neste estudo são semelhantes às encontradas por Haque *et al.* (2017) no fígado de três peixes teleosteos que habitavam tanques com presença de

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) advindos da descarga de efluentes industriais contendo óleo diesel. Os autores afirmam que essas patologias são alguns dos principais sinais de toxicidade ocasionada pelo HPA. Diante disso, os resultados encontrados nas espécies do Baixo São Francisco indicam que os peixes da região estão expostos a estressores químicos e poluentes tóxicos que provocam alterações patológicas graves.

A hiperplasia foi observada majoritariamente nas brânquias, de forma severa, nas espécies analisadas (Figuras 5B, 5D e 5F). De acordo com Erkem e Kolankaya (2000), a hiperplasia possui função de defesa ao aumentar a distância que as substâncias presentes na água têm que percorrer para alcançar a corrente sanguínea. É importante ressaltar que o processo hiperplásico observado nos peixes aqui analisados, causado pela proliferação descontrolada de células no espaço interlamelar (Figura 5D), pode levar as brânquias à fusão parcial ou completa, que compromete a passagem de água entre as lamelas e prejudica a respiração.

Nas brânquias do tucunaré coletado em Pão de Açúcar (Figura 5B), da pirambeba (Figura 5D) e do pacu (Figura 5F) capturados em Piranhas foi evidenciado processo hiperplásico severo, ocasionando fusão lamelar completa e alta proliferação celular por todo o filamento primário, semelhante às alterações encontradas nas espécies analisadas na III Expedição Científica, características que, segundo Velmurugan *et al.* (2020), são uma indicação marcante que mostra alterações inflamatórias e pré-inflamatórias induzidas por produtos químicos nos animais aquáticos. Já o descolamento do tecido epitelial e a hipertrofia foram lesões observadas em menor frequência nas amostras de 2021.

Dentre todas as espécies estudadas, o tucunaré e a pirambeba foram as mais acometidas por patologias nos órgãos analisados. Por serem espécies predadoras, seus hábitos alimentares permitem acumular valores de concentrações mais elevados que os encontrados nos indivíduos de que se alimentam, podendo reter todo o percentual de contaminantes acumulados ao longo da cadeia pelos peixes (MIRANDA, 2006; TAO *et al.*, 2012). Além disso, devido aos processos de bioacumulação a que estão submetidos, os efeitos dos compostos podem ser detectados dias ou semanas após os resíduos dos agrotóxicos terem desaparecido da água (STURM *et al.*, 1999), demonstrando o potencial dessas espécies como bioindicadores.

As espécies predadoras vêm sendo utilizadas como bioindicadores por diversos autores, como Silva *et al.* (2013), com o tucunaré (*Cichla ocellaris*); Grisolia, Rivero-Wendt e Barbosa (2009), com a espécie tucunaré-açu (*Cichla temensis*); Jesus *et al.* (2016) e Santos, Torres e Pinto (2020), com a pirambeba (*Serrasalmus brandtii*). Diante disso, tucunarés e pirambebas coletados no Baixo São Francisco possuem potencial de utilização como bioindicadores de qualidade ambiental, através de estudos dos marcadores histopatológicos, já que espécies localizadas no topo da cadeia alimentar são importantes bioacumuladores e biomagnificadores de poluentes organopersistentes.

Na avaliação comparativa do estado de saúde dos peixes entre os pontos de coleta, as análises demonstraram que, em 2020, os municípios de Piaçabuçu, Traipu e Porto Real do Colégio foram considerados os pontos com maiores índices de patologias; diferente do que ocorreu em 2021, em que os mais altos índices de alterações histopatológicas encontradas foram os pontos de coleta situados em Pão de Açúcar, Piranhas e São Brás, respectivamente.

Segundo Vasconcelos *et al.* (2020), os municípios do Baixo São Francisco alagoano sofrem com problemas com efluentes e alta carência de saneamento básico, com despejo de



esgotos *in natura* em vários pontos das margens do rio. Além disso, Soares *et al.* (2020b) afirmam que, especificamente no Baixo São Francisco, ocorrem práticas inadequadas de irrigação, fertilização do solo com agroquímicos e lançamento de efluentes sem tratamento diretamente na água.

Apesar das alterações pronunciadas e com diversos graus de severidade encontradas nas análises dos peixes da IV Expedição Científica (2021), esta ainda evidenciou menor índice de patologias quando comparada à III Expedição Científica (2020). Muitas das patologias encontradas são consideradas reversíveis ou moderadas e não afetam os tecidos associados ao funcionamento dos órgãos. Esse resultado pode ser atribuído ao aumento da vazão do rio durante a Expedição de 2021.

São inúmeros os problemas de degradação ambiental que acometem o Baixo São Francisco e estão diretamente relacionados ao aumento de patologias nos tecidos do fígado e nas brânquias dos peixes. A redução drástica da vazão que vem ocorrendo nos últimos anos ocasiona impactos significativos na capacidade de purificação do rio, uma vez que menores vazões por longos períodos contribuem significativamente para a manutenção das concentrações de poluentes (MEDEIROS *et al.*, 2016).

A III Expedição Científica foi realizada sob condição de menor vazão liberada no Baixo São Francisco, o que pode comprometer a qualidade da água e a saúde dos peixes, pois influencia na diluição dos diversos agentes químicos estressantes presentes nos efluentes domésticos, resíduos industriais, fertilizantes e agrotóxicos, arrastados para o corpo d'água. A comparação entre os resultados das Expedições de 2020 e 2021 demonstra que é necessária, no Baixo São Francisco, além da manutenção de um maior volume de água, a promoção um aumento considerável no tratamento de efluentes, pois, em casos de baixa vazão, o rio não tem água suficiente para diluir os efluentes lançados.

Associados ao problema de redução da vazão do rio estão a degradação da mata ciliar e o uso abusivo de agrotóxicos. De acordo com Soares *et al.* (2020b), nos municípios de Porto Real do Colégio, Penedo e Piaçabuçu ocorre a utilização de muitos insumos, como fertilizantes químicos solúveis, inseticidas, herbicidas e raticidas nas plantações localizadas às margens do rio. A lixiviação desses agroquímicos, principalmente em períodos chuvosos, tende a contaminar as águas superficiais e, em alguns casos, também as subterrâneas, caracterizando o rio como destino final de produtos químicos, o que pode levar à contaminação de nascentes (RAMOS, 2020).

Portanto, a soma desses fatores favorece o processo de degradação da qualidade da água e desencadeia alterações histopatológicas nos organismos aquáticos, podendo, inclusive, ser responsável pelo desaparecimento de várias espécies importantes ecológica e economicamente para a região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo levou a oito conclusões relevantes para a avaliação da sanidade dos peixes que habitam o Baixo São Francisco e dos muitos problemas que acometem a região:

1. Os peixes coletados na III Expedição Científica apresentaram maior ocorrência e severidade nas alterações patológicas no fígado e nas brânquias em relação às II e IV Expedições;
2. Os espécimes de tucunaré e pirambeba foram os que apresentaram índices e frequências mais elevados de patologias, o que os torna interessantes bioindicadores, por serem espécies bioacumuladoras e biomagnificadoras;



3. As patologias encontradas nos peixes são relacionadas à contaminação aquática decorrente de efluentes domésticos e industriais, agrotóxicos e fertilizantes a que os peixes estão expostos cronicamente;
4. Os municípios de Piaçabuçu, Traipu e Porto Real do Colégio foram considerados os pontos com maiores índices de patologias em 2020, enquanto, em 2021, os mais altos índices de alterações histopatológicas encontradas foram os pontos de coleta situados em Pão de Açúcar, Piranhas e São Brás, respectivamente;
5. A redução da vazão no Baixo São Francisco compromete a capacidade de purificação do rio e contribui significativamente para a manutenção das concentrações de poluentes, tornando o ambiente propício a exposições agudas de contaminantes;
6. A exposição crônica a estressores químicos presentes na água compromete a sanidade de populações de peixes endêmicos e exóticos, acarretando o desaparecimento de espécies importantes do Baixo São Francisco;
7. As alterações histopatológicas, como as encontradas no fígado e nas brânquias das espécies do Baixo São Francisco, são frequentemente estudadas em peixes coletados em ambientes naturais poluídos para avaliar a presença de contaminantes e a degradação do ambiente aquático, e podem ser utilizadas como biomarcadores através do cálculo das lesões histológicas nos tecidos;
8. Os achados histopatológicos podem ser incorporados a outros biomarcadores, como análises de genotoxicidade e estresse oxidativo, que, somados, permitirão delinear um panorama completo da condição do ecossistema aquático do Baixo São Francisco, possibilitando uma orientação mais adequada de programas de monitoramento.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019. 100p.

BANAE, M. *et al.* Biochemical and histological changes in the liver tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to sub-lethal concentrations of diazinon. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.39, n.3, p.489-501, 2013.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luís, v.4, n.1., jan. 2009. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/140>.

BARBOSA, J.M. *et al.* Perfil da ictiofauna da Bacia do Rio São Francisco. **ActaFish**, Aracaju, v.5, n.1, p.70-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2312/Actafish.2017.5.1.70-90>.

BERNET, D. *et al.* Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of Fish Diseases**, n.22, p.22-34, 1999.

COOMBS, S. *et al.* Avaliação da degradação ambiental na Bacia do Rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes. **Encyclopedia of Fish Physiology**, v.1, p.476-488, 2011.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia**. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DANTAS, P.C.; SOARES, E.C.; SILVA, T. de J. Caracterização morfológica do intestino, fígado e brânquias de peixes do Baixo São Francisco: estudo histopatológico e histoquímico. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco**: características ambientais sociais. Maceió: Edufal, 2020. 398p.

DANTAS, P.C. *et al.* Histopatologia do fígado e brânquias de cinco espécies do Baixo São Francisco. Relatório da II Expedição Científica do Baixo São Francisco. **Relatório Técnico**. Universidade Federal de Alagoas, jul. 2021. Disponível em: <https://tinyurl.com/ye5j8mww>.

DE LA TORRE, C.; FERRARI, L.; SALIBAN, A. Biomarkers of anative fish species (*Cnesterodondecemmaculatus*), application to the water toxicity assessment of a periurban pollute driver of Argentina. **Chemosphere**, v.59, n.4, p.577-583, 2005.

DEORE, S.V.; WAGH, S.B. Heavy metal induced histopathological alterations in liver of *Channa gachua* (Ham). **Journal of Experimental Sciences**, n.3, p. 35-38, 2012.

ERKEM, B.; KOLANKAYA, D. Effects of water quality on ephitelial morphology in the gill of Capoetatinca living in two tributaries of Kizilirmak River, Turkey. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v.64, p.418- 425, 2000.

FANTA, E. *et al.* Histopathology of the fish *Corydoras paleatus* contaminated with sublethal levels of organophosphorus in water and food. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.54, n.2, p.119-130, 2003.

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. **Atlas of Fish Histology**, Enfield, NH: Science Publishers, 2009. 224p.

GERNHOFER, M. *et al.* Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams. **Journal of Aquatic Ecosystem, Stress and Recovery**, v.8, p.241-260, 2001.

GRISOLIA, C.K.; RIVERO-WENDT, C.L.G.; BARBOSA, F.D. Profile of micronucleus frequencies and DNA damage in different species of fish in a eutrophic tropical lake. **Genetics and Molecular Biology** [impress], v.32, p.138-143, 2009.

HAQUE, S. *et al.* Effect of Multiple Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) on Liver of Three Teleostean Fishes Labeobata, Labeorohita and Cirrhinusmrigala in Burdwan Loco Tank, Burdwan, West Bengal, India. **Austin Environment Science**, v.2, 1017.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília: MMA, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INS). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**: estudos e aplicações. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.



- JESUS, I.S. *et al.* Genotoxicity effects in freshwater fish from a Brazilian impacted river. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.96, p.490-495, 2016.
- JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995.
- KUMAR, V.; ABBAS, A.; FAUSTO, N. **Robbins e Cotran: Patologia – Bases Patológicas das Doenças**. 9.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- LASSEN, M.F.M. **Alterações histopatológicas, genotóxicas e estresse oxidativo em peixes submetidos a águas superficiais antropizadas**. 2020. 96f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2020.
- LIEBEL, S.; TOMOTAKE, M.E.M.; OLIVEIRA RIBEIRO, C.A. Fish histopathology as biomarker to evaluate water quality. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v.8, p.9-15, 2013.
- MANRIQUE, W.G.; FIQUEIREGO, M.A.P.; MACHADO-NETO, J.G. Dissipation and environmental risk of fipronil on aquatic environment. **The Biologist (Lima)**, v.11, n.1, p.107-117, 2013.
- MALLATT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritantes: a statistical Review. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n.42, p.630-648, 1985.
- MAZON, A.F.; CERQUEIRA, C.C.C.; FERNANDES, M.N. Gill tissue recovery after copper exposure and blood parameter responses in the tropical fish *Prochilodus scrofa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.52, p. 83-91, 2002.
- MEDEIROS, P.R.P. *et al.* Inter-annual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.28, ed.5, 2016.
- MELETTI, P.C.; ROCHA, O.; MARTINEZ, C.B.R. Avaliação da degradação ambiental na Bacia do Rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e análises histopatológicas em peixes. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Eds.). **Limnologia Fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Rima, 2002. p.149-180.
- MIRANDA, A.L. **Bioacumulação de poluentes organopersistentes (POPs) em traíras (*Hoplias malabaricus*) e seus efeitos *in vitro* em célula do sistema imune da carpa (*Cyprinus carpio*)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- PAUL, M.J.; MEYER, J.L. Streams in the urban landscape. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.32, n.1, p.333-365, 2001.
- PEIXOTO, L.S.V. **Os efeitos de micropoluentes em fígado de peixes coletados em riachos de bacias que drenam para o reservatório da Itaipu Binacional (Brasil e Paraguai)**. 2020. 94f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Neotropical) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Paraná, 2020.



- PEREIRA, N.J. *et al.* Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do Rio Mearim, Nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.9, p.68063-68079, set. 2020.
- PINHEIRO, K.B.S. *et al.* Histopatologia do fígado de *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) proveniente de área sobre influência de mineração na Amazônia Oriental, Brasil. **Biota Amazônia**, v.7, n.3, p.74-78, 2017.
- POLEKSIĆ, V. *et al.* Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the Danube sterlet *Acipenser ruthenus* (LINNAEUS, 1758). **Environmental Toxicology and Chemistry**, n.29, p.515-521, 2010.
- SANTOS, F.L.B.; TORRES, M.C.; PINTO, A.C.A. Avaliação dos efeitos genotóxicos com utilização dos testes de micronúcleo e anormalidade nuclear em *Serrasalmus brandtii* (LÜTKEN, 1865) no reservatório de Itaparica, Submédio São Francisco. **Meio Ambiente: inovação com sustentabilidade**, Ponta Grossa, 3.ed., v.3, p.98-113, Atena Editora, 2020.
- SASSAVI, L.A. Heavy metal contamination in a highly consumed Brazilian fish: immunohistochemical and histopathological assessments. **Environ Monit Assess**, n.192, v.542, p.2-14, 2020.
- SHAHID, S. *et al.* Alterações histopatológicas em brânquias, fígado, rim e músculos de *Ictalurus punctatus* coletados em áreas poluídas do rio. **Brazilian Journal of Biology** [online], v.81, n.3, p.814-821, 2021.
- SILVA, D.F.; GALVÍNCIO, J.D.; ALMEIDA, H.R.R. Variabilidade da Qualidade de Água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Atividades Antrópicas Relacionadas. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v.9, n.3, 2010.
- SILVA, K.C.C. Kinetic and physicochemical properties of brain acetylcholinesterase from the peacock bass (*Cichlaocellaris*) and *in vitro* effect of pesticides and metal ions. **Aquatic Toxicology**, v.126, p.191-197, 2013.
- SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.) **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020. 398p.
- SOARES, E.C. *et al.* A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020a. p.129-152.
- SOARES, E.C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazil Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.1, p.3047-3064, jan. 2020b.
- SCHWAIGER, J. *et al.* The use of histopathological indicators to evaluate contaminant related stress in fish. **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v.6, n.1, p.75-86, 1997.



TAO, I.M. *et al.* Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. **Journal of Dairy Science**, p.5035- 5046, 2012.

THOPHON, S. *et al.* Histological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. **Environmental Pollution**, v.121, p.307-320, 2003.

RAMOS, L.P.N. *et al.* Evaluation of the cytotoxic and genotoxic effect of *Allium cepa* L. (*Amaryllidaceae*) root cells after exposure in water samples of five lakes of Alta Floresta, State of Mato Grosso. **Revista Ambiente & Água**, v.15, n.1, 2020.

STURM, A.; DA SILVA, A.H.C.; HANSEN, P. Cholinesterases of marine teleost fish: enzymological characterization and potential use in monitoring of neurotoxic contamination. **Marine Environmental Research**, v.47, p.389-398, 1999.

VASCONCELOS, V.C. *et al.* Ocorrência de coliformes totais e *Escherichia coli* em diferentes pontos do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020. p.63-70.

VELMA, V.; TCHOUNWOU, P.B. Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liver and kidney of goldfish, *Carassius auratus*. **Mutation Research**, n.698, p.43-51, 2010.

VELMURUGAN, B. *et al.* Cytological and histological effects of pesticide chlorpyrifos in the gills of *Anabas testudineus*. **Drug and Chemical Toxicology**, v.43, p.409-414, 2020.

VREYS, N. *et al.* Effect of landscape changes on water quality and health status of *heptapterus mustelinus* (Siluriformes, Heptapteridae). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.76, n.3, p.453-468, 2019.

YAMAMOTO, F.Y. *et al.* Bioavailability of pollutants sets risk of exposure to biota and human population in reservoirs from Iguaçú River (Southern Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, p.1-18, 2016.

ZIMMERLI, S. *et al.* Assessment of fish health status in four Swiss rivers showing a decline of brown trout catches. **Aquatic Sciences**, n.69, p.11-25, 2007.



CAPÍTULO 3 - MONITORAMENTO DOS ASPECTOS REPRODUTIVOS DOS PEIXES DO RIO SÃO FRANCISCO

Jucilene Cavali¹

Emerson Carlos Soares²

Resumo: O objetivo deste estudo é monitorar os aspectos reprodutivos dos peixes do Baixo São Francisco. Aqui, compilam-se capturas de 155 espécimes em 13 diferentes espécies da III e da IV Expedições Científicas e as avaliações *in vivo* dos aspectos reprodutivos através da técnica de ultrassonografia nas gônadas passíveis de mensuração e pesagem (>1g), sexagem, chipagem e soltura de espécimes em estágio reprodutivo avançado. Determinaram-se a diversidade e a predominância da espécie por município, relação macho:fêmea e o estágio de desenvolvimento gonadal através do índice gonadossomático (IGS) para definição da época de desova em relação à pluviosidade e à época de defeso (1º de novembro a 28 de fevereiro). Cerca de 92% das fêmeas estavam ovadas e 67% destas em fase inicial ou madura (estágios 2 e 3). O município de Piranhas apresentou maior diversidade de espécies ovadas, mais pesadas e em estágio gonadal avançado, com maiores IGS. Supõe-se que as características da região de Piranhas a definam como um estuário reprodutivo. As espécies pacu, bagre e tucunaré apresentaram-se em maior frequência e prolíferas nos municípios de Penedo e Piaçabuçu. A colorimetria foi inserida na avaliação da carne e das gônadas dos peixes na fase de reprodução, pois atrela a mobilização de pigmentos lipossolúveis durante a fisiologia reprodutiva. Pode-se ressaltar que três fatores contribuíram para maior diversidade e quantidade de peixes nestes 1 a 1,5 anos: a vazão mais elevada, por mais de 30 dias, no ano anterior, que proporcionou maior estímulo reprodutivo às espécies; as ações de peixamento e a diminuição da pesca na fase mais crítica da pandemia de Covid-19, quando foi reduzida a comercialização de pescado. Faz-se necessário o monitoramento reprodutivo bimestral e ao final do defeso, para validação dos aspectos reprodutivos e garantia de desova, não somente ao estímulo reprodutivo, ainda em condições ambientais adequadas para garantia de maior disponibilidade de alevinos.

Palavras-chave: Estádio de Maturação Gonadal. Ictiofauna. Colorimetria.

INTRODUÇÃO

O planejamento reprodutivo é uma estratégia importante para a manutenção da biodiversidade de peixes no Rio São Francisco. Considerando a importância social, econômica e cultural do rio na vida de milhares de famílias, alternativas que visem tornar os sistemas de produção naturais ou de cultivo mais eficientes no atendimento à biossegurança alimentar vêm ao encontro das políticas públicas fomentadas para o Brasil.

O monitoramento dos aspectos reprodutivos para a preservação de espécies nativas envolve estudo de ambiente, impactos ambientais, diversidade, frequência, fisiologia reprodutiva coincidir com os fatores físico-ambientais em estímulos adequados para a reprodução e garantia de desova e período de defeso.

1 Professora associada, Universidade Federal de Rondônia. Mestra e doutora em Zootecnia (UFV).

2 Professor associado, Universidade Federal de Alagoas.



A tecnologia de ultrassom em peixes permite a avaliação *in vivo* dos aspectos reprodutivos e a tomada de decisão científica em soltura ou amostragem para abate do pescado capturado, possibilitando a sexagem e a proporção entre machos e fêmeas, assim como a determinação do estágio de desenvolvimento gonadal e a definição da época de desova em relação à pluviosidade e ao período de defeso (1º de novembro a 28 de fevereiro).

No âmbito reprodutivo, pela ultrassonografia, determinam-se a qualidade das matrizes através da maturação gonadal e de ovócitos, as fases de ovócitos vitelogênicos e os índices gonodossomáticos (CREPALDI; ROTTA, 2007). Esta técnica não invasiva permite a avaliação física do pescado sem a necessidade de abatê-lo. Empregada em pesquisas em todo o mundo, devido ao seu caráter não destrutivo, simples, preciso e informatizado, além de possibilitar a análise de amostras visivelmente opacas sem a necessidade de preparações laboratoriais específicas, tem sido comparada à técnica da tomografia computadorizada na eficácia de diagnóstico de algumas patologias em peixes (GUMPENBERGER *et al.*, 2004).

As aplicações do ultrassom na piscicultura abrangem as áreas de reprodução animal, diagnóstico de doenças e avaliação de características de qualidade e rendimento de carcaça, com importância relevante nas pesquisas correlatas (NOVELO; TIERSCH, 2012).

O valor agregado da sexagem de alevinos até sua maturidade sexual, momento em que é possível determinar a sexagem por características secundárias, promove ganhos de até US\$ 5,00 por peixe e, para o cultivo de tilápia, tambaqui, surubins e cachara sexados, ganhos de peso até 25% superiores – o que representa precocidade, eficiência de ganho a menor custo e conversão em proteína animal disponível ao consumidor. A técnica vem a calhar com futuros projetos de cultivo de peixes em sistemas intensivos e sustentáveis onde se possa otimizar a tecnologia da sexagem com o manejo adequado (BURTLE *et al.*, 2003). A sexagem de alevinos é praticada em algumas espécies com dimorfismo sexual precoce, como o salmão, com até 8 cm de comprimento corporal, possibilitando a formação de lotes mais homogêneos em desenvolvimento.

No âmbito reprodutivo, pela ultrassonografia, determina-se a qualidade das matrizes através da maturação gonadal e de ovócitos, fases de ovocitosvitelogênicos e índices gonodossomáticos (CREPALDI; ROTTA, 2007). A técnica permite a seleção de esturjões fêmeas 100% maduros para a extrusão dos ovócitos, o monitoramento de batimentos cardíacos e do comportamento respiratório de filhotes de espécies vivíparas, como raias e tubarões.

A ultrassonografia possibilita estimar a composição química da carne através das proporções dos tecidos que compõem a carcaça (SANT'ANA *et al.*, 2019); detectar nematoides na musculatura de peixes e a presença de espinhas “y” para programas de melhoramento genético (PERAZZA *et al.*, 2017). Bons rendimentos musculares e de filés relacionam-se a animais bem alimentados com satisfatório ganho de peso corporal. A qualidade física é dada pela textura da carne que envolve tipos e feixes de fibras musculares passíveis pela ultrassonografia e a coloração da carne.

DESENVOLVIMENTO

Os espécimes de peixes coletadas durante a III e a IV Expedições Científicas do Baixo São Francisco (Sisbio) (MMA/ICMBio, n. 75591-2) foram avaliados quanto a seus aspectos reprodutivos *in vivo*, através da técnica de ultrassonografia e em amostragens comprovativas dos índices gonodossomáticos.




Os peixes foram capturados em rede de emalhar e acondicionados em caixas com difusores de ar e eugenol. Foram selecionadas e sexadas 37 espécies em 2020 e 133 espécies em 2021, através da técnica da ultrassonografia, quanto ao estágio de desenvolvimento gonadal e ao bem-estar, segundo aprovação do Comitê de Ética Animal (Ceua) 037/2020 e 024/2021, sendo escolhidos aqueles indivíduos que mantiveram natação e movimento opercular normal. Chipadas com ID eletrônico via intramuscular na região dorsal, espécimes em estágio reprodutivo avançado, pelo maior volume gonadal, foram devolvidas ao ambiente próximo às áreas de captura dadas pelos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Propriá, Neópolis, Penedo e Piaçabuçu, sediados às margens do São Francisco no trecho de Piranhas à foz do rio.

As espécies bagre (*Cathorops agassizii*) (3), piauí-três-pintas (*Megaleporinus obtusidens*) (3), cará (*Geophagus brasiliensis*) (3), cará-boi (*Astronotus ocellatus*) (2) e pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) (4) foram devolvidas ao rio, próximo ao local de captura.

Sexagem e Índice Gonodossomático (IGS)

Foram sexadas 133 espécimes, sendo que pacu e piranha apresentaram proporção de fêmeas duas vezes superior à de machos e a pirambeba, proporção 2,3 vezes maior para machos.

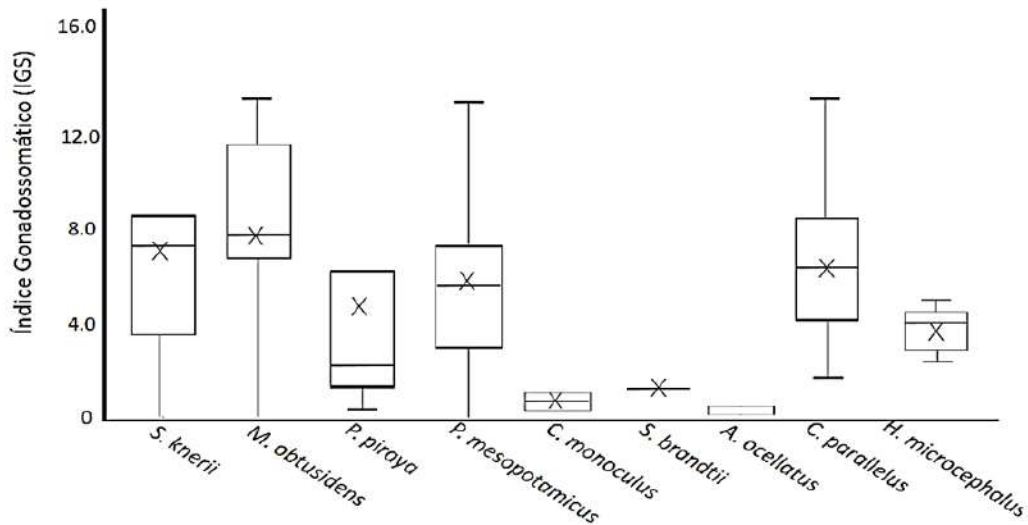
Tabela 1 - Sexagem por ultrassonografia dos espécimes capturados no Baixo São Francisco durante a Expedição Científica (nov. 2020)



Espécies (n = 133 exemplares)	Sexo		Relação
	Macho	Fêmea	M:F
<i>Metynnis maculatus</i> (pacu)	15	35	1:2,3
<i>Cichlamonoculus</i> (tucunaré)	10	11	1: 1,1
<i>Serrasalmusbrandtii</i> (pirambeba)	12	5	2,4: 1
<i>Megaleporinusobtusidens</i> (piauí-três-pintas)	8	8	1:1
<i>Schizodonknerii</i> (piauí-branco)	6	6	1:1
<i>Astronotusocellatus</i> (cará-boi)	4	3	1,3:1
<i>Centropomusparallelus</i> (robalo)	3	2	1,5: 1
<i>Pygocentruspiraya</i> (piranha)	1	4	1:4

Fonte: Elaborada pelos autores.

Quanto ao estágio reprodutivo, com gônadas passíveis de mensuração via imagens de ultrassom e pesagem >1,0 g, foi avaliado o índice gonadossomático (IGS) de fêmeas de 10 diferentes espécies. Dentre as 37 fêmeas capturadas em 2020, 82% dos espécimes estavam em estágio avançado de desenvolvimento gonadal, corroborando com o quadrimestre de defeso da pesca, de novembro a fevereiro. Para as capturas de 2021, 92% das 77 fêmeas estavam ovadas e 67% destas em fase inicial de maturação ou madura (estágios 2 e 3).

Figura 1 - Gráfico Boxplot do índice gonadossomático de fêmeas de diferentes espécies de

Fonte: CAVALI, 2021.

A avaliação reprodutiva das características de desenvolvimento gonadal das espécies e maturidade ovocitária é de fundamental importância para identificar a fase reprodutiva específica no respectivo período de defeso, validando, assim, hipóteses de pescadores sobre a necessidade de prolongamento do período de defeso para a reprodução satisfatória de algumas espécies.

Ambiente e reprodução de peixes

O município de Piranhas apresentou a maior diversidade de espécies ovadas, mais pesadas e em estágio gonadal avançado. Pacu, bagre e tucunaré apresentaram-se em maior frequência e prolíferos nos municípios de Penedo e Piaçabuçu.

A região caracteriza-se por boa qualidade da água, ambiente de rochas com mais abrigo e esconderijos para os peixes e profundidade de até 74 metros; protegida por morros, contém mais alimentos e é mais preservada, menos ladeada por lavouras e com vazão de água mais concentrada. Sugere-se que as características do rio nos municípios de Piranhas a Traipu favoreçam a reprodução, definindo-os como estuários reprodutivos de peixes.

Figura 2 - Fotos da topografia do Rio São Francisco na região de Piranhas, em Alagoas

Fonte: CAVALI, 2021.

Os maiores IGS nas espécies foram observados no trecho de Piranhas, a exemplo da piranha de 2,06 kg, 27cm e IGS de 3,0 capturada durante a Expedição Científica.

Figura 3 - Imagens da gônada por ultrassonografia (A), em pesagem (B) e do espécime de *Pygocentrus piraya* (C)

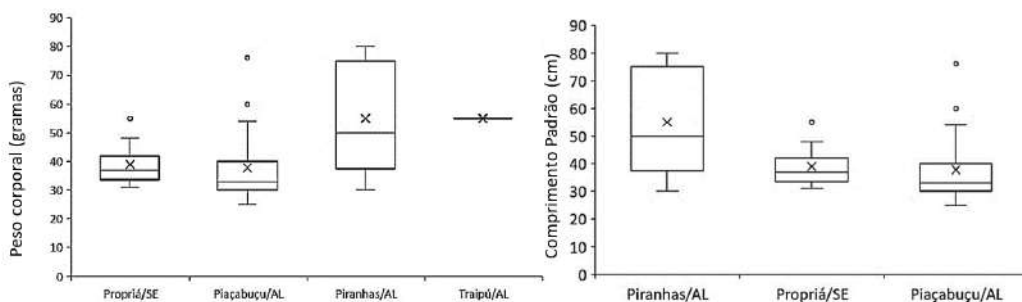


Fonte: CAVALI, 2021.

Os espécimes mais pesados de pacu foram capturados na região de Piranhas (n=5), assim como os exemplares de maior comprimento padrão (CP) (n=8) entre Piranhas e Traipu.

A região de Propriá a Piaçabuçu, mais próxima à foz, apresentou maior número (n=33) de espécimes de pacu e exemplares de menor CP.

Figura 4 - Gráfico Boxplot do peso corporal (A) e do comprimento padrão (B) das espécies de *Metynnis maculatus* capturadas no Baixo São Francisco, no início do período de defeso



Fonte: CAVALI, 2021.

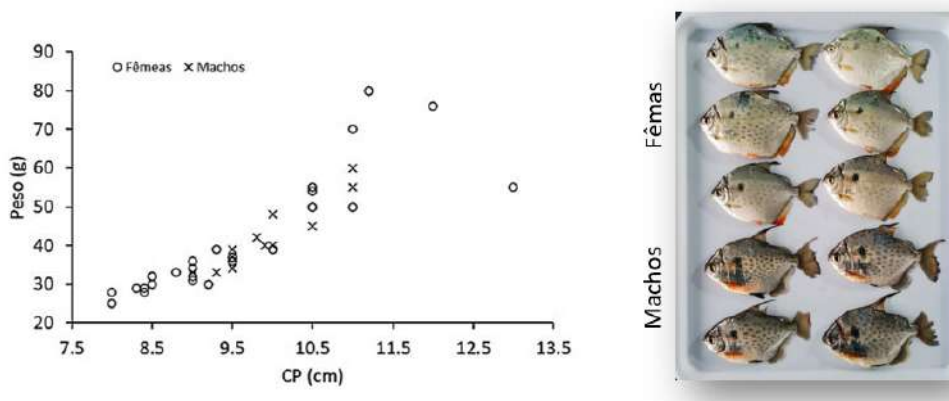
Espécime de *Genidens barbatus* (bague-branco), prolifera quanto aos aspectos reprodutivos quantitativos, foi capturada próximo à foz. Os bagres apresentam importante característica de resistência às oscilações hídricas; em geral, conseguem suportar baixos níveis de oxigênio, possuem estruturas respiratórias diferenciadas, reproduzem-se em águas mais quentes e paradas – características das águas sob baixa vazão, como as do Baixo São Francisco –, além de desovar em áreas estuarinas, o que justifica sua ocorrência no município de Piaçabuçu, área de maior salinidade (CRUZ *et al.*, 2020).

Aspectos reprodutivos do *Metynnis maculatus* no Baixo São Francisco

Considerando o grande número de espécimes de pacu capturados, validaram-se as características de dimorfismo sexual desta espécie para o Rio São Francisco, através do tamanho e do comprimento de nadadeiras, do peso e da coloração dos peixes.

Fêmeas de pacu apresentaram maior variação de peso corporal ($40,6 \pm 15,0\text{g}$), comparadas aos machos ($41,1 \pm 8,5\text{g}$) da espécie capturados no início do período de defeso. A relação sexual esteve em 1 macho:2,3 fêmeas de pacu.

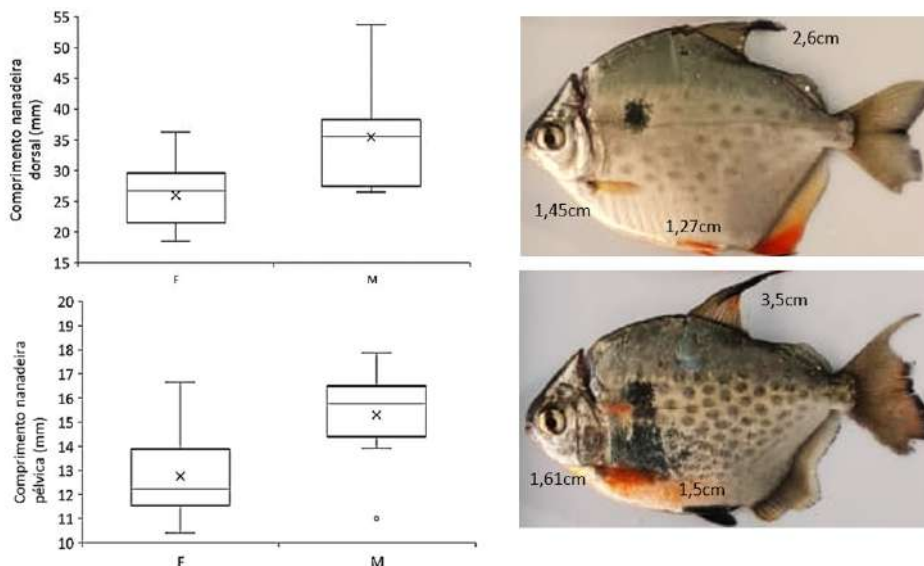
Figura 5 - Proporção de machos e fêmeas na sexagem de espécimes de pacu



Fonte: CAVALI, 2021.

No dimorfismo sexual do pacu ($n=40$), observou-se variação em tamanho e coloração na sexagem. As nadadeiras dorsal (3,5 cm *vs.* 2,6 cm) e pélvica (1,5 cm *vs.* 1,2 cm) são maiores em machos; as nadadeiras peitoral, pélvica e anal diferem em forma e coloração.

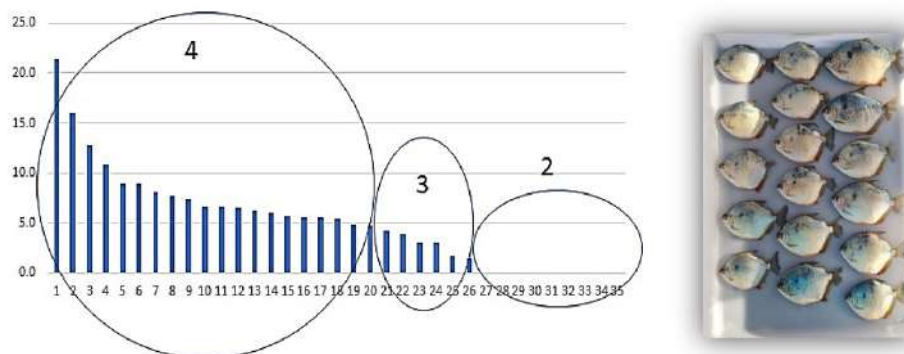
Figura 6 - Gráfico *Boxplot* do dimorfismo sexual do *Metynnis maculatus* no Rio São Francisco, em Alagoas. Gráfico Borie-Mojica



Fonte: CAVALI, 2021.

Os valores dos IGS variaram de 0,50 a 21,4 para fêmeas de pacu, coincidindo sua desova com o período do defeso; 59% das 35 fêmeas de pacu estavam em estágio avançado de maturação gonadal (estádio 3).

Figura 7 - Índice gonadossomático de fêmeas de pacus. Gônada: peso corporal



Fonte: CAVALI, 2021.

Os estágios gonadais também foram descritos para a espécie tucunaré. O índice de IGS variou de 0,2 a 2,4 entre as 12 fêmeas, com média de 0,4 para os 18 machos avaliados.

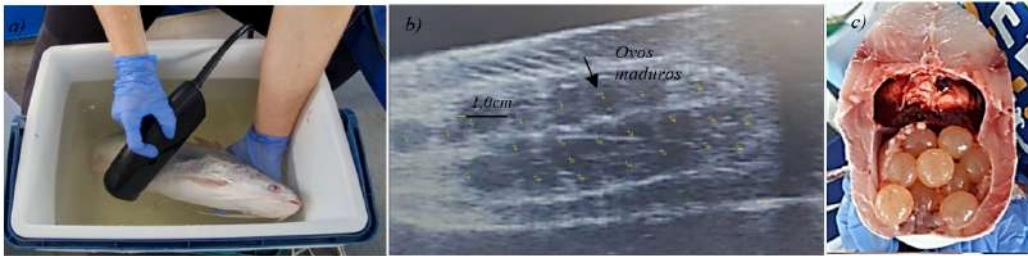
Ultrassonografia na reprodução do pescado

O uso da ultrassonografia é uma tecnologia prática, não invasiva, portátil e eficiente para a avaliação corporal dos peixes do Rio São Francisco durante a Expedição Científica. A técnica foi empregada na tomada de decisão de soltura dos espécimes em estágio avançado de maturação, sendo devolvidos ao ambiente ou destinados à biometria e coleta de amostras científicas.

Utilizou-se o ultrassom modelo EXAGO IMV, probes lineares B-Mode em frequências de ondas sonoras entre 5,0 e 10,0 Mhz (detalhes e peixes pequenos) e 2,5 e 5,0 Mhz (peixes grandes). Os animais foram acondicionados em caixas com água, para eliminar qualquer interferência do ar na imagem gerada, proporcionando maior nitidez e imagens ultrassonográficas tomadas com probe posicionada a 2 cm do peixe. A opção da probe esteve diretamente relacionada à capacidade de reflexão de ondas no tecido do peixe, ao tamanho e à composição corporal e à estrutura a ser visualizada. As imagens foram tomadas na região dorso-ventral transversal, na altura da nadadeira dorsal e longitudinalmente, a fim de se identificar a fase da maturação gonadal.

Através da ultrassonografia, pôde-se identificar a fase de maturação ovocitária do bagre-branco, *Genidens barbatus*, comprimento total 55 cm e 1,54 kg. Capturados na região de Piaçabuçu, foram quantificados 38 ovos de 1,1 cm médios de diâmetro e outros 2 estágios da maturação ovocitária (Figura 8).

Figura 8 - Coleta de imagem do *Genidens barbatus* (A). Ovos maduros na cavidade abdominal



Fonte: CAVALI, 2021.

O *G. barbatus* consta na lista do Ministério do Meio Ambiente como espécie em perigo (EN) de extinção, pois apresenta baixa fecundidade se comparado a outros teleósteos: de 32 a 272 ovócitos e maturação sexual aos 8,5 a 9 anos.

Segundo Mendonça, Balanin e Garrone-Neto (2020), o número de ovos produzidos pelos *Genidens* cresce linearmente (8 a 52 por ciclo) em função do tamanho corporal (22 cm a 47 cm), do peso total e do peso das gônadas, onde grandes ovócitos representam alto esforço reprodutivo. Os machos desta espécie possuem cuidado parental e realizam a incubação orofaríngea de ovos e alevinos (MACIEL; VAZ-DOS-SANTOS; VIANNA, 2018) nestas regiões estuarinas.

A avaliação do *Hipostomus* sp. corroborou com dados de Bueno, Oliveira e Chellappa (2017): 25% dos ovócitos vitelogênicos maduros de 3 mm de diâmetro médio e outras três fases de ovócitos vitelogênicos para a prolifera desova parcelada da espécie (ZAWADZKI, 2019).

Figura 9 - Posicionamento ventral de probe para a tomada de imagens ultrassonográficas (A) na avaliação da cavidade ovocitária (B) do cascudo (*Hipostomus* sp.) (C) no Baixo São Francisco



Fonte: CAVALI, 2021.

A pilombeta-branca, *Anchoviella lepidentostole*, é de grande relevância na manutenção da cadeia alimentar, especialmente por servir de alimento para diversas espécies piscívoras. Já esteve entre as três espécies mais abundantes no Rio São Francisco, microrregião de Penedo (BARBOSA; SOARES, 2009). A espécie é muito apreciada na culinária pelo sabor característico, especialmente quando na fase reprodutiva, em função do aumento no teor de gordura visceral e intramuscular.

Contrapondo a redução de umidade do tecidos, os teores de proteína (17,1% vs 19,4%), lipídios (3,5% vs 6,7%), minerais e fósforo aumentam consideravelmente para machos e fêmeas com o avanço dos estágios gonadais, comparando-se à fase gonadal imatura

(GIAMAS; VERMULM JR.; TAKINO, 1985), sendo tanto mais saborosa, quanto de maior valor nutricional (nutrientes ou kcal/100g de matéria seca), pondo a pilombeta em condição de vulnerabilidade de extinção.

Figura 10 - Imagem longitudinal (B) e transversal (C) por ultrassonografia e seção corporal transversal (D) da *Anchoviella lepidentostole*



Fonte: CAVALI, 2021.

Através da ultrassonografia, é possível identificar o par do músculo sonoro (Figuras 11A e 11B, seta azul), bastante desenvolvido na maioria dos machos de cianídeos em fase de reprodução, além das estruturas de testículos (Figura 11A, seta verde), evidenciadas pelas imagens da ultrassonografia. O músculo sonoro é importante para atrair a fêmea da pescada-amarela e desenvolve-se em sincronia com as gônadas nos machos (BORIE; BATALHA; CHAO, 2018).

Figura 11 - Detalhes do músculo sonoro do *Macrodon ancylodon* macho, observado por ultrassonografia (A) e validado em seção corporal transversal (B)



Fonte: CAVALI, 2021.

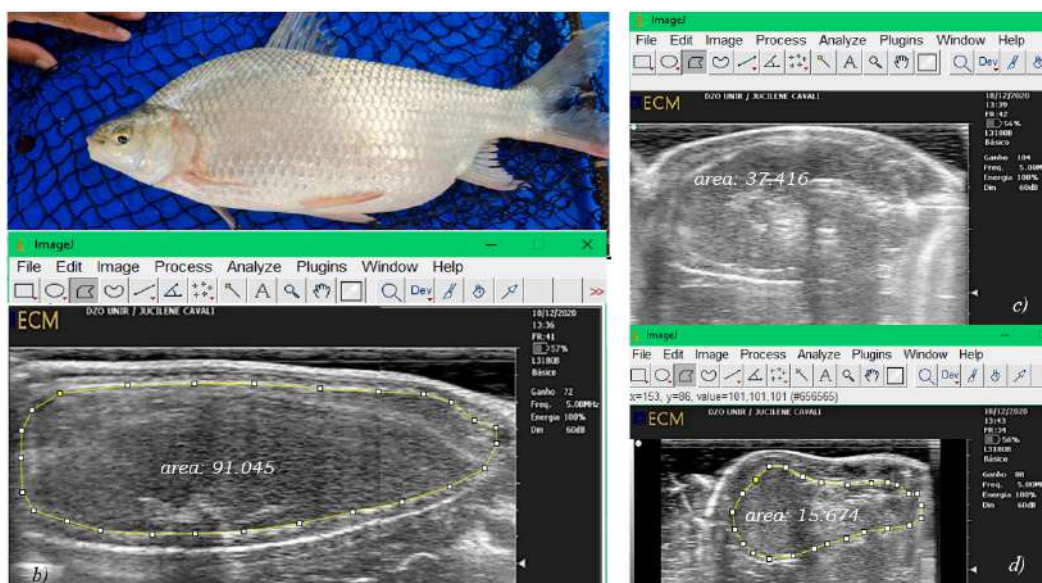
A técnica de ultrassonografia é utilizada na reprodução e permite avaliar a qualidade de matrizes, a exemplo da xira ou curimatã-piau, *Prochilodus argenteus* (Figura 12A), uma das espécies mais apreciadas pelos pescadores do Rio São Francisco, pelo tamanho (média de 8 kg) e qualidade da carne. As imagens permitem estimar o tamanho da maturação gonadal (média de 30 cm em fêmeas) (Figuras 12B e 12C) e a biomassa de ovos.

O emprego da ultrassonografia para avaliação e detecção do estágio de maturação gonadal pode gerar melhorias nos índices reprodutivos em protocolos de desova induzida em peixes de piracema, uma vez que pode ser possível a identificação do momento exato de início do protocolo de indução. A técnica permite monitorar a eficiência de desova induzida (total

ou parcial) (Figura 12D) nos centros de reprodução de alevinos, a qualidade da matriz quanto à condição corporal e a eficiência reprodutiva (tamanho da maturação gonadal, biomassa e maturidade de ovos, resposta hormonal).

Em sua maioria, as fêmeas avaliadas estavam em estágio avançado de maturação sexual, ou seja, condizentes ao período de defeso estabelecido para a desova nas condições do Baixo São Francisco. Contudo, a desova desta espécie está diretamente relacionada às condições ambientais ideais, que oscilam em função da vazão hídrica, sendo comum encontrar xiras e pias reabsorvendo suas ovas entre março/abril (CAVALI *et al.*, 2019). Segundo Boncompagni Jr. (2013), o índice gonadossomático da xira tem alta correlação ($r = 0,84$ fêmeas e $r = 0,95$ machos) com a precipitação pluviométrica.

Figura 12 - *Prochilodus argenteus* em estágio avançado de maturação (A). Imagens da ultrassonografia nos sentidos longitudinal (B) e transversal (C). Resíduo de desova parcial após extrusão (D)



Fonte: CAVALI, 2021.

Avaliando matrizes de piau, foi possível observar a relação das doses hormonais ao estágio de maturação gonadal e que a aplicação de doses hormonais em matrizes em estágio avançado provoca “empedramento de ovócitos”, observado pelas imagens de ultrassom, impedindo a extrusão dos ovos e podendo levar à morte das matrizes.

Comportamento semelhante foi relatado sobre o *Piaractus mesopotamicus* (KURADOMI; FORESTI; BATLOUNI, 2017). Para tanto, sugerem-se a seleção de matrizes de qualidade e o monitoramento no manejo reprodutivo através da técnica de ultrassonografia.

Rendimento muscular/escore corporal

Alguns constituintes corporais, como gorduras e água, podem ser determinados pela mensuração da velocidade de propagação das ondas de baixa intensidade geradas pelo ultrassom, possibilitando fornecer informações sobre concentração, localização e composição estrutural e física de componentes específicos dos tecidos corporais.

Bosworth *et al.* (2001) compararam imagens transversais de ultrassom de 30 bagres-do-canal, 535 a 967 gramas, às medições nos cortes transversais musculares, obtendo altas correlações entre as medidas da área da musculatura desses peixes ($r = 0,84$ a $0,94$). Crepaldi *et al.* (2008) avaliaram 34 surubins híbridos de 2,5 kg e 1,5 kg em três regiões corporais, definindo pontos que melhor correlacionaram-se aos rendimentos de carcaça, sendo possível selecionar potenciais reprodutores por meio de avaliação por ultrassonografia.

Bons rendimentos em tecido muscular estão relacionados à qualidade da dieta/alimentação disponível, à idade e à fase reprodutiva da espécie em função das alterações fisiológicas. As imagens ultrassonográficas tomadas em espécimes do Rio São Francisco apresentaram grande variação quantitativa da musculatura, devido à diversidade de espécies e aos respectivos hábitos alimentares.

Espécies de hábito alimentar especialista, como os carnívoros, e pouco migradoras, a exemplo do pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, espécie nativa endêmica da Bacia do Rio São Francisco, tendem a maior susceptibilidade à restrição alimentar em ambientes com baixa disponibilidade de alimentos vivos (TAKATA *et al.*, 2014), o que dificulta a sobrevivência das larvas nas águas do Rio São Francisco, apesar de este ser adaptado à baixa frequência alimentar (DOS SANTOS *et al.*, 2016). A espécie é classificada como vulnerável pela Portaria nº 445 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014).

Figura 13 - Avaliação da Pacamã, *Lophiosilurus alexandri* (a) fêmea e estágio avançado de maturação (b), e musculatura do macho (c).



Fonte: CAVALI, 2020.

A musculatura do pacamã apresenta-se bem definida nas imagens tomadas por ultrassonografia, podendo-se identificar os miótomos (Figura 13C) e ausência de espinhos intramusculares. A espécie é muito apreciada na culinária regional, por apresentar cortes grandes, alto rendimento de filé, carne de textura macia e muito saborosa. O índice gonodossomático desta espécie varia de 2% a 3% em exemplar de 2 kg de peso corporal (Figura 7B).

A temperatura ideal da água para o desenvolvimento de pacamãs juvenis (30,6 g) é de 27,8°C (COSTA *et al.*, 2016). Temperaturas superiores a 29,4°C promovem o aumento do número de células vermelhas do sangue e do pigmento responsável pelo transporte de oxigênio, provavelmente devido aos menores níveis de oxigênio dissolvido na água. Tais características alteram a cor da carne, em função da concentração de mioglobina muscular.

As condições do ambiente, como temperatura e oxigênio disponível, além da alimentação, influenciam a eficiência metabólica e a deposição de tecidos na carcaça. Os pacamãs provenientes do Rio São Francisco apresentaram teor de proteínas de 17%, lipídios $1,44 \pm 0,72\%$, melhor razão n-6/n-3 ($0,67 \pm 0,04$); maiores teores de EPA ($3,74 \pm 1,25$) e DHA ($6,52 \pm 2,85$) e teor de ácido oleico acima de 20% (C18:1), comparados aos de cultivo com $2,66 \pm 0,36\%$ de lipídios (SANT'ANA *et al.*, 2019).

A ultrassonografia permite determinar o conteúdo corporal dos peixes através da opacidade dos tecidos, substituindo métodos laboratoriais onerosos e destrutivos para a determinação de componentes centesimais. Crepaldi e Rotta (2007) avaliaram o conteúdo de umidade dos filés e a influência de gordura, umidade e sólidos não gordurosos na velocidade do ultrassom em tecidos de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), concluindo que a velocidade do ultrassom cai linearmente com o aumento da umidade dos filés.

Para o tambaqui, os estudos têm sido direcionados à acurada estimativa que correlaciona ($r = 0,61$) a musculatura da secção medial corporal, o número e a distância entre as costelas ao maior rendimento de carne para programas de melhoramento genético (PERAZZA *et al.*, 2015). Considerando a herdabilidade média de 0,16 a peixes de ganho genético anual de 4,971%, estima-se aumentar a média da área muscular de 5,82 cm² na geração parental para 6,687 cm² na F1, e ganhos significativos em quantidade de carne no lombo do tambaqui (PERAZZA *et al.*, 2017), assim como na identificação, através da ultrassonografia, de matrizes sem a presença das espinhas intramusculares “y”, que permitem eficiência de 13% de rendimento de filé no processamento industrial.

Coloração da carne e das gônadas na reprodução

A colorimetria avaliada em carne e gônadas pode relacionar-se a dieta, idade e atividade física, além da própria espécie, que determina a coloração de carnes pela deposição de pigmentos no tecido lipídico. Observa-se que, na fase reprodutiva, os lipídios são mobilizados para as gônadas na produção de ovócitos, levando consigo a coloração mais característica e acentuada das ovas de cada espécie; o método auxilia-nos na validação dos estágios 1 e 5 (imaturo e desovado) confundidos na ultrassonografia.

Espécimes em estágio avançado de maturação foram devolvidos ao ambiente, e naqueles destinados à biometria e à coleta de amostras realizou-se a leitura da cor do filé na região mediana, utilizando-se Colorímetro DeltaColor acoplado a ângulo 11mm Delta Vista e os dados tabulados em *software* i7. O sistema mais popular para a medição instrumental da cor em carnes é o sistema CIE L*a*b*, recomendado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). L* representa luminosidade, 0 → preto e 100 → branco/luminoso); o a* reflete a dimensão verde/vermelho (a* < 0 significa intensidade no verde e a* > 0 significa intensidade no vermelho) e o b*, a dimensão azul/amarelo. A cor é uma característica tridimensional da aparência que consiste no atributo da luminosidade (L*) e em dois atributos cromáticos, ou seja, hue (h*) e croma (c*).

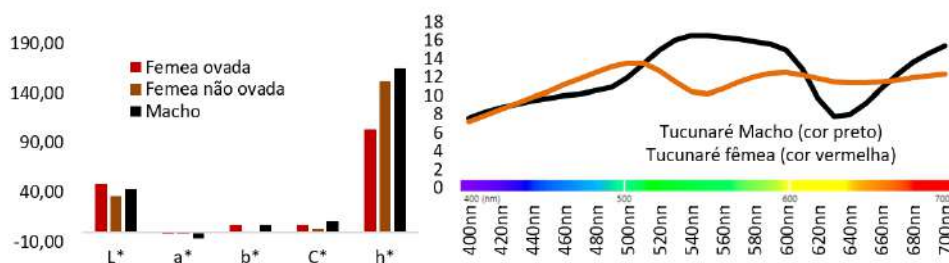


Figura 14 - Diferente coloração gonadal em *M. obtusidens*.

Fonte: CAVALI, 2020.

Os peixes adquirem seus carotenoides alimentando-se de pequenos crustáceos e outros invertebrados e, em sua maioria, acumulam os carotenoides no tecido tegumentar e nas gônadas.

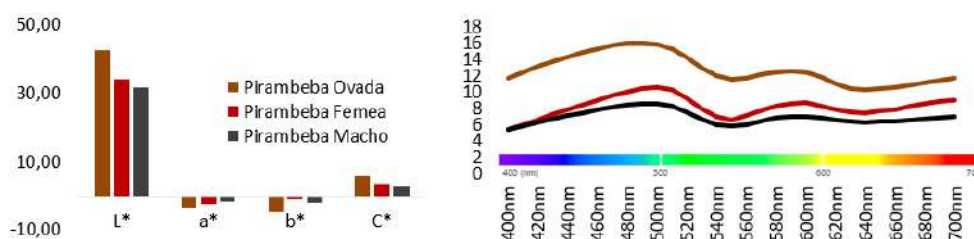
A carne dos machos tende a apresentar mais intensidade no verde-amarelado (a^*b^*); já as fêmeas, menor saturação (c^*) nas cores e na luminosidade da carne (L^*) (Figuras 15A, 15B).

Figura 15 - CIElab (a) e tendência espectral (b) da Cor da carne (do tucunaré em função do sexo e fase reprodutiva

Fonte: CAVALI, 2021.

Fêmeas de pirambeba, especialmente as ovadas, apresentaram mais intensidade e saturação na cor verde-amarelo (b^*) e mais luminosidade comparadas aos machos, de cor de carne mais estável (Figuras 16Ae 16B).

Figura 16 - CIElab (a) e tendência espectral (b) da Cor da carne da Pirambeba em função do sexo e fase reprodutiva



Fonte: CAVALI, 2021.

As oscilações mais acentuadas na cor da carne de fêmeas relacionam-se às translocações dos carotenoides, que se acumulam especialmente nos lipídios, à formação dos ovos. Logo, a intensidade da cor da carne em fêmeas está diretamente relacionada à fase reprodutiva e à coloração dos ovócitos maduros característica da espécie.

Figura 17 - Avaliação colorimétrica da cor da carne do Tucunaré (a) e Coloração das gônadas maduras de diferentes espécies de peixes (b) do Rio São Francisco.



Fonte: CAVALI, 2021.

Os carotenoides têm, ainda, influência em reprodução, estabilidade de proteínas e fotoproteção e são também uma fonte precursora de vitamina A e minerais (GOUVEIA; EMPIS, 2003). O padrão de pigmentação da pele e da carne pode ser considerado um índice de bem-estar animal em espécies de aquicultura e um fator de consideração econômica (PAVLIDIS *et al.*, 2006).

Os peixes de aquicultura apresentam coloração mais escura e menor valor de L* (p quando comparados com os peixes selvagens) que podem estar relacionados a diferenças de umidade e lipídios. Resultados semelhantes foram encontrados para robalo (FUENTES *et al.*, 2000).

Resultados esperados e sugestões

A ultrassonografia é uma ferramenta importante para o monitoramento ictiológico no Rio São Francisco que permitirá caracterizar a condição reprodutiva de espécies em abatê-las, avaliar a qualidade das matrizes e o planejamento produtivo, considerando tamanho gonadal e fase ovocitária, condição corporal ou conformação advinda da disponibilidade de alimentos, além de auxiliar em programas de melhoramento genético na seleção de matrizes e protocolos de indução à desova.

Contudo, faz-se necessário o uso da ferramenta em monitoramento para a obtenção de amostral comparativo das diferentes condições do ambiente, bem como reprodutivas.

A colorimetria é outra ferramenta prática e importante nas correlações de características de qualidade do pescado e da carne. Seu uso atrela avaliação de brânquias, da pele, do fígado, cor da gordura visceral e da carne; assim como das fontes alimentares, como algas, água, crustáceos e plantas aquáticas.

Logo, é oportuna uma maior inserção destes equipamentos nas coletas bimestrais de monitoramento e interação do uso com colegas de áreas afins. Um bolsista suporte para auxiliar no manejo de contenção dos espécimes e na tomada de medidas de melhor qualidade; maior “n” amostral por espécie e computador para a tomada das imagens imediatamente após as capturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se ressaltar que três fatores contribuíram para maior diversidade e quantidade de peixes em 2021, consequência destes 1 a 1,5 anos: a vazão mais elevada, por mais de 30 dias no ano anterior, que proporcionou maior estímulo reprodutivo às espécies; as ações de peixamento e a redução da pesca na fase mais crítica da pandemia de Covid-19, quando foi reduzida a comercialização de pescado.

A ultrassonografia permite avaliar a diversidade de espécies de peixes do Rio São Francisco quanto às características reprodutivas e estimar sobre aspectos comportamentais e nutricionais que se correlacionam aos rendimentos musculares e à cor da carne.

Faz-se necessário o monitoramento reprodutivo bimestral durante o ano e ao final do defeso, para validação dos aspectos reprodutivos avaliados e garantia de desova, não somente ao estímulo reprodutivo, ainda em condições ambientais adequadas para a garantia de maior disponibilidade de alevinos no Rio São Francisco.

REFERÊNCIAS

BONCOMPAGNI-JR, O. *et al.* Reproductive biology of *Prochilodus argenteus* (AGASSIZ, 1829) (Pisces: *Prochilodontidae*) in São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v.29. DOI: 10.1111/jai.12018. 2013.

BORIE, A.M.; BATALHA, S.; CHAO, N.L. Management and relationship of environmental factors with reproductive characteristics of silver croaker in cage culture. **Bol. Inst. Pesca**, v.40, n.2, p.271-279, 2018.

BOSWORTH, B.G.; HOLLAND, M.; BRAZIL, B.L. Evaluation of ultrasound imagery and body shape to predict carcass and fillet yield in farm-raised catfish. **J. Anim. Sci**, v.79, p.1483-1490, 2001.

BURTLE, G.J. *et al.* **Ultrasound for sex determination of catfish**. 2003. Disponível em: <http://www.tifton.uga.edu/aquaculture/coe nt/ultrasound.htm>. Acesso em: 19 jun. 2011.

BUENO, R.M.X., OLIVEIRA, M.R.; CHELLAPPA, S. Desenvolvimento gonadal, fecundidade e tipo de desova do cascudo, *Hypostomus puarum* (STARKS, 1913), Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v.7, n.4, p.30-33, 2017.



CAVALI, J.; MOJICA, A.L.B.; DANTAS FILHO, J.V. Percepção dos pescadores sobre as mudanças no Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020.

COIMBRA, M.R.M. *et al.* Microsatellite assessment of the genetic diversity in indigenous populations of curimba (*Prochilodus argenteus*) in the São Francisco River (Brazil).

ConservGenet, v.18, p.965-975. 2017.

CREPALDI, D.V. *et al.* Rendimento de carcaça em surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) avaliado por ultrassom. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.4, p.813-824, 2008.

CREPALDI, D.V.; ROTTA, M.A. Uso do ultra-som em programas de reprodução de peixes nativos. Embrapa Pantanal, **Comunicado Técnico**, v.62, 2007. 7p.

CRUZ M.A.S. *et al.* Salinidade da água na região do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020.

GIAMAS, T.D.M.; VERMULM JR., H.; TAKINO, M. Chemical composition of *Anchoviella lepidentostole* (FOWLER, 1911), Osteichthytes, Engraulidae. **Bol. Inst. Pesca**, v.12, n.2, p.109-122, 1985.

KURADOMI, R.Y.; FORESTI, F.; BATLOUNI, S.R. The effects of sGnRHα implants on *Piaractusmesopotamicus* female breeders: an approach addressed to aquaculture. **Aquacult. Int.**, v.25, p.2259-2273, 2017.

LIVRO VERMELHO DA FAUNA BRASILEIRA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO. v.17. Peixes. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p8afc82>.

NOVELO N.D.; TIERSCH, T.R. A Review of the use of ultrasonography in fish reproduction. **North American Journal of Aquaculture**, v.74, n.2, p.169-178. 2012.

PERAZZA, C.A. *et al.* Evaluation of ultrasound imaging to predict loin eye area in tambaqui. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v.41, n.esp., p.803-809, 2015.

PERAZZA, C.A. *et al.* Lack of intermuscular bones in specimens of *Colossomamacropomum*: an unusual phenotype to be incorporated into genetic improvement programs. **Aquaculture**, v.472, supl.1, p.57-60, 2017.

SANT'ANA, L.S. *et al.* Comparative study of the chemical composition, fatty acid profile, and nutritional quality of *Lophiosilurus alexandri* (Siluriformes: Pseudopimelodidae), a Brazilian carnivorous freshwater fish, grown in lotic, lentic, and aquaculture environments. **Neotropical Ichthyology**, v.17, n.4, 2019.

ZAWADZKI, C.H. *et al.* Rediscovery and redescription of the endangered *Hypostomus subcarinatus* (CASTELNAU, 1855) (Siluriformes: Loricariidae) from the Rio São Francisco basin in Brazil. **PLoS ONE**, v.14, n.3, 2019.



CAPÍTULO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE MERCÚRIO EM PEIXES DE DIFERENTES NÍVEIS TRÓFICOS DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Carlos A. da Silva¹

Hortência L. P. de Santana²

Marcos Vinícius Teles Gomes³

Carlos A. B. Garcia⁴

Silvânio S. L. da Costa⁵

Marcus Aurélio Soares Cruz⁶



Resumo: A determinação de mercúrio em pescado é de grande interesse à saúde pública, devido à toxicidade e à bioacumulação deste metal pesado na cadeia alimentar, podendo prejudicar a saúde humana através do consumo de peixe. O objetivo deste estudo foi determinar e qualificar as concentrações de mercúrio encontradas em 14 espécies de peixes de diferentes níveis tróficos coletados nas quatro edições das Expedições Científicas do Baixo São Francisco (2018, 2019, 2020 e 2021), tomando como base os Limites Máximos de Tolerância (LMT) prescritos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Quociente de Risco (QR) proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). Os peixes piscívoros, tucunaré e robalo, e os carnívoros, piranha-verdadeira e pirambeba, de elevado nível trófico, apresentaram maiores concentrações de Hg do que os onívoros e detritívoros. Todos os exemplares das espécies avaliadas referiram concentrações de mercúrio abaixo do LMT. O mercúrio nos peixes mostrou concentrações médias na seguinte ordem decrescente: bagre > peixe-cachorro > pirambeba > sargo-de-dente > piranha-verdadeira > robalo > tucunaré > tilápia > oscar > piau-branco > piau-três-pintas > tambaqui > pacu-disco > xira. Em relação ao QR do mercúrio associado ao consumo de pescado, nenhuma das espécies avaliadas manifestou QR > 1, que significa que não representam potencial risco para a saúde humana.

Palavras-chave: Metais Pesados. Peixes. Rio São Francisco.

INTRODUÇÃO

O consumo de peixes é considerado essencial na busca por hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis (DE BOER *et al.*, 2020). Sua carne é fonte de proteína de alta qualidade em aminoácidos essenciais, apresentando baixa concentração de gorduras saturadas e abundância em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, ômega 3, como o ácido docosahexaenoico (DHA) e o ácido eicosapentaenoico (EPA), vitaminas e minerais

1 Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe, Brasil.

2 Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

3 CODEVASF 5ª Superintendência Regional, Porto Real do Colégio, Alagoas, Brasil.

4 Professor Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

5 Técnico da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

6 Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe, Brasil.

essenciais na dieta humana (DOMINGO *et al.*, 2007; NESTEL *et al.*, 2020). Seu consumo é benéfico para o crescimento e o desenvolvimento neurológico, reduz o risco de acidente vascular cerebral (AVC) e a incidência de doenças cardiovasculares, além de aumentar as respostas imunológicas em humanos (MOZAFFARIAN; RIMM, 2006; LIN *et al.*, 2019; JAMSHIDIA *et al.*, 2020; NESTEL *et al.*, 2020).

Segundo a Associação Americana do Coração (AHA) – do inglês, American Health Association –, ingerir pelo menos duas porções de peixe na semana pode melhorar a saúde do coração e reduzir o risco de doença arterial coronariana e de acidente vascular cerebral (RIMM *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2020).

Por outro lado, ainda que o pescado contenha nutrientes essenciais e promova os benefícios supracitados, há também uma preocupação quanto a ser uma fonte potencial de contaminantes, como mercúrio, cádmio, chumbo e arsênio, prejudiciais aos seres vivos (DOMINGO *et al.*, 2007; CASTRO-GONZÁLEZ; MÉNDEZ-ARMENTA, 2008; FERNANDES *et al.*, 2012). Embora trate-se de metal com elevado grau de toxicidade, o mercúrio, mesmo em níveis mínimos, da ordem de picograma por grama, não apresenta informações totalmente conhecidas sobre a ciclagem e sua transformação no ambiente e na cadeia trófica.

As contribuições naturais do Hg para o ambiente são atividade vulcânica e incêndios florestais, enquanto que as antropogênicas mais significativas incluem a mineração, a queima de combustíveis fósseis e a fundição de Pb, Cu e Zn (BOENING, 2000). Diversas formas do mercúrio ocorrem naturalmente, sendo mais comuns o mercúrio metálico, o sulfeto de mercúrio (HgS), o cloreto de mercúrio (HgCl₂) e o metilmercúrio ([CH₃Hg]⁺) (ACQUAVITA *et al.*, 2018). Pequenas concentrações de mercúrio no ambiente são potencializadas pela capacidade de metilação de certos micro-organismos, majoritariamente por bactérias sulfato redutoras, e sucessivas transferências tróficas da forma orgânica, que podem transformar o mercúrio inorgânico em formas orgânicas, sendo a mais importante o metilmercúrio (MeHg), que pode biomagnificar no topo da cadeia trófica (MALVANDI; ALAHABADI, 2019). Em peixes carnívoros, o MeHg representa cerca de 90% do mercúrio total (MALINOWSKI, 2019) e é considerado o principal deles em termos de efeitos tóxicos para a saúde humana (JEWETT; DUFFY, 2007).

A acumulação do mercúrio em solução pelos organismos unicelulares e o fitoplâncton efetua-se, primeiro, pela difusão passiva das formas neutras e o transporte ativo das formas ionizadas através das membranas celulares (MOYE *et al.*, 2002). A bioacumulação no fitoplâncton é o processo inicial de transferência deste metal ao longo da cadeia alimentar aquática (MOREL *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2011). Nos elos sucessivos, a dieta é um componente decisivo nos mecanismos de amplificação do teor de Hg em tecidos animais. Os teores encontrados nos peixes dependem de fatores como comprimento, hábitos alimentares, nível na cadeia trófica, tempo de vida, localização geográfica e espécie (DE PINHO *et al.*, 2002).

O aspecto preocupante é a capacidade do Hg de se acumular nos organismos ao longo da cadeia alimentar e apresentar elevadas concentrações, podendo magnificar-se no topo da cadeia (SCHENONE; VACKOVA; CIRELLI, 2014; SROY *et al.*, 2021). Um aumento na concentração do Hg é observado a partir de peixes planctônicos em direção aos peixes carnívoros, sendo que os consumidores de topo de cadeia, tais como tucunaré, pirarucu e atum, apresentam os maiores teores de Hg (ADAMS, 2004; LACERDA, 1994 *et al.*; MAURICE-BOURGOIN *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2019).



Os níveis elevados de mercúrio encontrados em peixes de alto nível trófico têm causado preocupação, devido aos problemas de toxicidade deste metal em seres humanos, causados pelo consumo de pescado contaminado (USEPA, 1997). A exposição do homem ao mercúrio está associada ao desenvolvimento de distúrbios neurológicos, gastrointestinais, renais, dermatológicos, cardiovasculares e imunitários, e implicação na formação do feto em mulheres grávidas (AHMAD *et al.*, 2015; JEWETT; DUFFY, 2007; ZAHIR *et al.*, 2005). O consumo de peixes é o principal meio de contaminação de Hg pelos humanos (ANUAL *et al.*, 2018; BONSIGNORE *et al.*, 2018).

Deste modo, diversas legislações e organizações mundiais buscam avaliar e estabelecer limites de concentrações seguros de serem consumidos sem causar danos à saúde dos indivíduos (SCHENONE; VACKOVA; CIRELLI, 2014). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), responsável pela fiscalização de contaminantes em alimentos, determinou, na Resolução Anvisa nº 42, de 29 de agosto de 2013, o Limite Máximo de Tolerância (LMT) de mercúrio em peixes de 0,5 mg/kg para não carnívoros e 1,0 mg/kg para carnívoros (BRASIL, 2013).

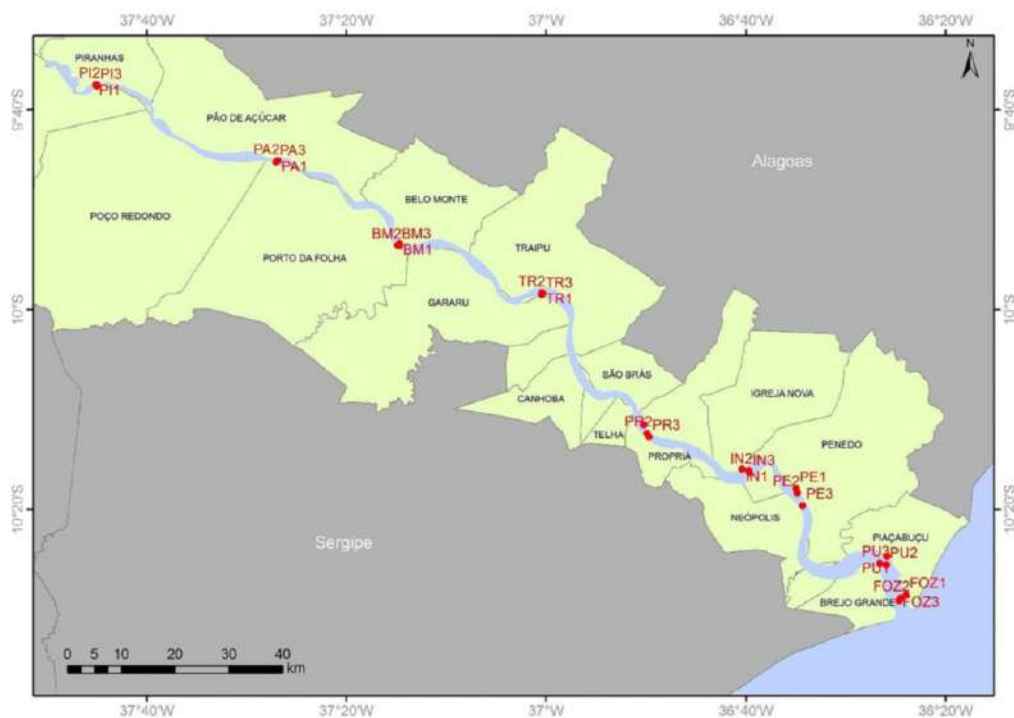
O conhecimento sobre o potencial risco do consumo de peixes que possam apresentar teores de mercúrio acima dos LMT é de suma importância para subsidiar as agências de saúde e de vigilância sanitária sobre as recomendações dos níveis seguros de consumo, em particular para crianças, mulheres grávidas e também lactantes. Adicionalmente, como apenas o LMT não é suficiente para caracterizar o potencial perigo à saúde humana.

Neste trabalho, também será calculado o quociente de risco (QR) para o mercúrio, proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1989), que associa os teores encontrados com a frequência de ingestão de pescado e a quantidade da porção ingerida. Assim, o objetivo desta pesquisa é determinar os níveis de mercúrio presentes na carne (tecido muscular) das mais variadas espécies de peixes de diferentes níveis tróficos capturados ao longo do percurso do Baixo São Francisco e averiguar se estão dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira.

DESENVOLVIMENTO

A área de estudo localiza-se na região do Baixo São Francisco (BSF), entre os Estados de Sergipe e Alagoas, abrangendo uma extensão do Rio São Francisco de cerca de 140 km entre os municípios alagoanos de Pão de Açúcar, Piranhas, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e os municípios sergipanos de Brejo Grande e Propriá, além da foz do São Francisco, na divisa entre os dois Estados, conforme os pontos de coleta referenciados na Figura 1.



Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de peixes na região do Baixo São Francisco

Fonte: SILVA *et al.*, 2020.

A coleta dos peixes (Figura 2) foi conduzida pelos pesquisadores, com auxílio dos pescadores locais, em barcos com motor de 5 Hp, utilizando-se tarrafas de 6 metros e redes de emalhar de 30, 40 e 50 mm de 100 metros, dispostas no rio segundo orientação dos pescadores, em diferentes pontos de coleta no BSF. Os peixes foram identificados de acordo com Britski *et al.* (1988), Barbosa *et al.* (2017) e Lessa e Nóbrega (2000).

Figura 2 - Exemplar de robalo *Centropomus parallelus* coletado na III Expedição do BSF

Fonte: SANTANA, 2020.

Logo após a captura e a identificação dos peixes, ainda a bordo, foram retiradas porções do músculo da região laterodorsal de cada exemplar cuja quantidade variou entre 10g e 150g, a depender do tamanho do animal (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Estação de trabalho a bordo durante a IV Expedição do BSF, em nov./21



Fonte: SANTANA, 2020.

Figura 4 - Biometria e filetagem dos peixes coletados



Fonte: SANTANA, 2020.

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos e refrigeradas (Figura 5), sendo, posteriormente, transportadas em caixas térmicas para o Laboratório de Estudos e Impactos Ambientais (Labeia), na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju (SE), e mantidas em freezer a -15°C . Todo o material utilizado para coleta e armazenamento das amostras foi previamente



lavado com detergente neutro, imerso em banho ácido de HCl 10% v/v por 24 horas e enxaguado com água ultrapura (18 $\mu\Omega$).

Figura 5 - Amostras de músculos de peixes etiquetadas e armazenadas em recipientes plásticos



Fonte: SANTANA, 2020.

O método analítico usado para determinar a concentração de mercúrio total (Hg) em peixes foi baseado em decomposição térmica com detecção por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se o analisador direto de mercúrio (DMA-80, Milestone, Itália), de acordo com o método Usepa 7473, recomendado pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2007). As concentrações de Hg foram expressas em mg kg^{-1} (base úmida).

As concentrações médias de mercúrio de cada espécie foram utilizadas para estimar o quociente de risco (QR) associado ao consumo de pescado. A equação (1) para esse cálculo foi proposta pela USEPA (1989):

$$\text{QR} = \frac{\text{FE} \times \text{DE} \times \text{TI} \times \text{C}}{\text{DOR} \times \text{PMC} \times \text{TE}} \times 10^{-3}$$

onde FE é a frequência de exposição (365 dia ano^{-1}); DE é duração de exposição (70 anos), equivalente à estimativa média da vida humana; TI é a taxa de ingestão de pescado ($36 \text{ g pessoa}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); C é a concentração do metal no peixe ($\mu\text{g g}^{-1}$) (USEPA, 1989); DOR é a dose oral de referência do Hg = $0,5 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (USEPA, 2010); PMC é o peso médio corporal de um adulto (70 Kg); TE é o tempo médio de exposição para não cancerígeno ($365 \text{ dia ano}^{-1} \times \text{DE}$).

Na avaliação de risco, é assumido que a ingestão oral do contaminante é igual à dose absorvida pelo organismo humano e que, ao cozinhar o peixe, não se altera a concentração ou a toxicidade do contaminante (USEPA, 1989). É definido que, para valores de QR < 1, não há risco apreciável para determinado poluente, e se o QR for > 1, há um risco iminente ao continuar consumindo peixe com essa frequência (STORELLI, 2008).

Avaliação dos peixes coletados no Baixo São Francisco

A validação do método analítico foi realizada utilizando-se dois materiais de referência certificados, o NIST-1977 (tecido de peixe) adquirido do National Institute of Standards and Technology (EUA) e o DORM-4 (tecido de peixe) do National Research Council (Canadá). Os valores de recuperação do Hg foram de 103,54 % para o NIST-1947 e de 105,29 % para o DORM-4, próximos aos valores certificados.

No estudo das concentrações de mercúrio presentes nos peixes do Baixo São Francisco coletados nas Expedições Científicas do Baixo São Francisco em 2018, 2019, 2020 e 2021, foram analisadas 14 (quatorze) espécies de peixes (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação, habitat e hábitos alimentares dos peixes coletados no Baixo São Francisco, nas Expedições Científicas em 2018, 2019, 2020 e 2021

Nome vulgar	Família	Nome científico	Habitat	Hábitos alimentares
apaiari ou oscar	Cichlidae	<i>Astronotus ocellatus</i>	bentopelágico	onívoro
bagre	Ariidae	<i>Cathorops agassizii</i>	bentônico	onívoro
curimatã-pacu ou xira	Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	bentopelágico	detritívoro
pacu-disco	Serrasalmidae	<i>Metynnis maculatus</i>	bentopelágico	onívoro
peixe-cachorro	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	bentopelágico	carnívoro
piauí-branco	Anostomidae	<i>Schizodon knerii</i>	bentopelágico	onívoro
piauí-três-pintas	Anostomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	bentopelágico	onívoro
pirambeba	Serrasalmidae	<i>Serrasalmus brandtii</i>	bentopelágico	carnívoro
piranha-verdadeira	Serrasalmidae	<i>Pygocentrus piraya</i>	pelágico	carnívoro
robalo	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	demersal	piscívoro ¹
sargo-de-dente	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	associado a recifes	carnívoro
tambaqui	Characidae	<i>Colossoma macropomum</i>	bentopelágico	onívoro
tilápia	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	bentopelágico	onívoro
tucunaré	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	bentopelágico	piscívoro ¹

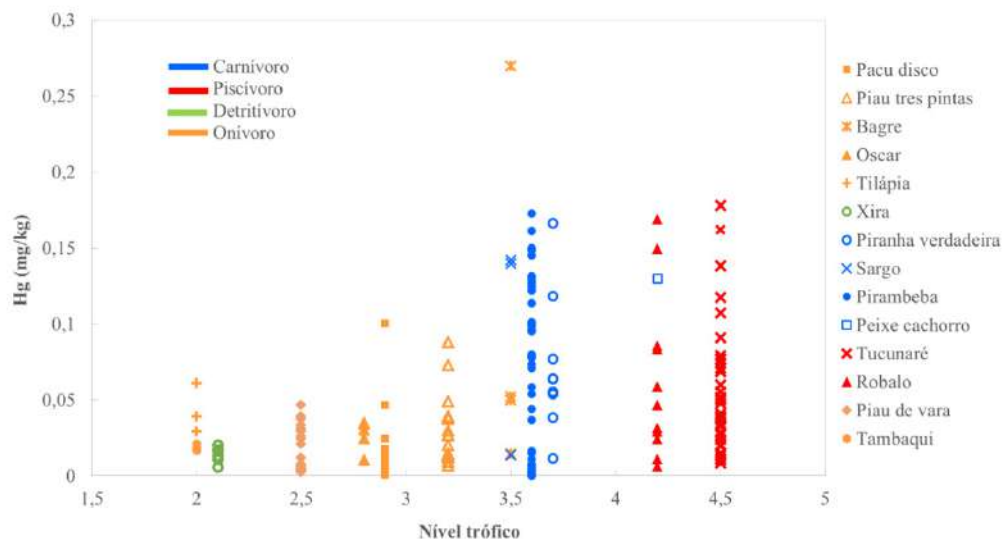
1 Espécies piscívoras na fase adulta.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A maior concentração de mercúrio observada nos peixes do Baixo São Francisco (BSF) foi de 0,27 mg/Kg, no bagre (*Cathorops agassizii*), espécie invasora marinha capturada na região da foz do Rio São Francisco; e a menor, 0,007 mg/Kg, no pacu-disco (*Metynnis maculatus*), espécie de hábito alimentar onívoro e de ampla ocorrência ao longo do BSF. Os resultados do presente estudo estão de acordo com os encontrados em 13 diferentes espécies de peixes do Rio Jaguaribe (CE), que variaram entre $0,013 \pm 0,002$ e $0,256 \pm 0,198$ mg/kg (MOURA *et al.*, 2018).

Os peixes piscívoros, tucunaré e robalo, e os carnívoros, piranha-verdadeira e pirambeba, de elevado nível trófico, apresentaram maiores concentrações de Hg do que os onívoros e detritívoros. Nos piscívoros, o maior teor de Hg, 0,18 mg/kg, foi encontrado no tucunaré; e nos carnívoros, 0,19 mg/kg, foi observado na piranha-verdadeira (Figura 6). Com esses dados, foi possível observar uma tendência geral do aumento da concentração de mercúrio com o nível trófico, devido à bioacumulação do mercúrio ao longo da cadeia alimentar (AHMAD *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2021).

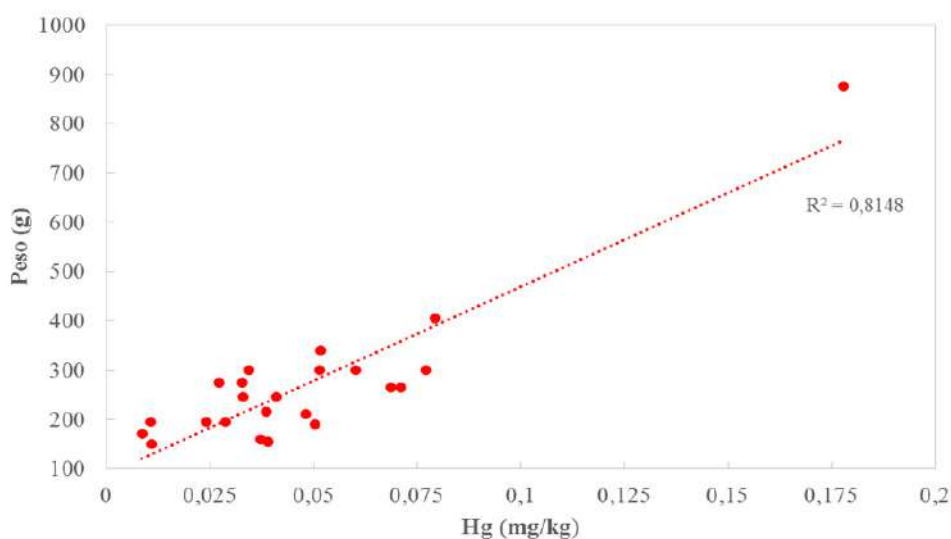
Figura 6 - Níveis de Hg (mg/kg peso úmido) e nível trófico em 14 espécies de peixes do Baixo São Francisco, coletados nas Expedições científicas em 2018, 2019, 2020 e 2021



Fonte: Elaborada pelos autores.

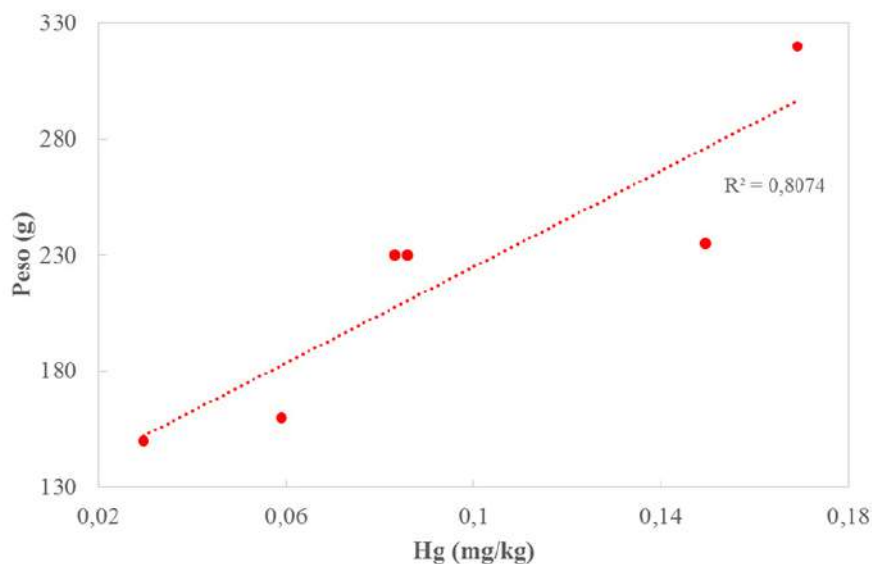
Nas espécies piscívoras tucunaré e robalo (Figuras 7 e 8) e na carnívora piranha-vermelha (Figura 9), foi observada correlação positiva significativa entre a concentração de Hg e o peso corporal dos exemplares coletados. Em relação à pirambeba, espécie carnívora, os dados sugerem tendência de correlação positiva entre a concentração de Hg e o peso corporal (Figura 10).

Figura 7 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de tucunaré (*Cichla monoculus*)



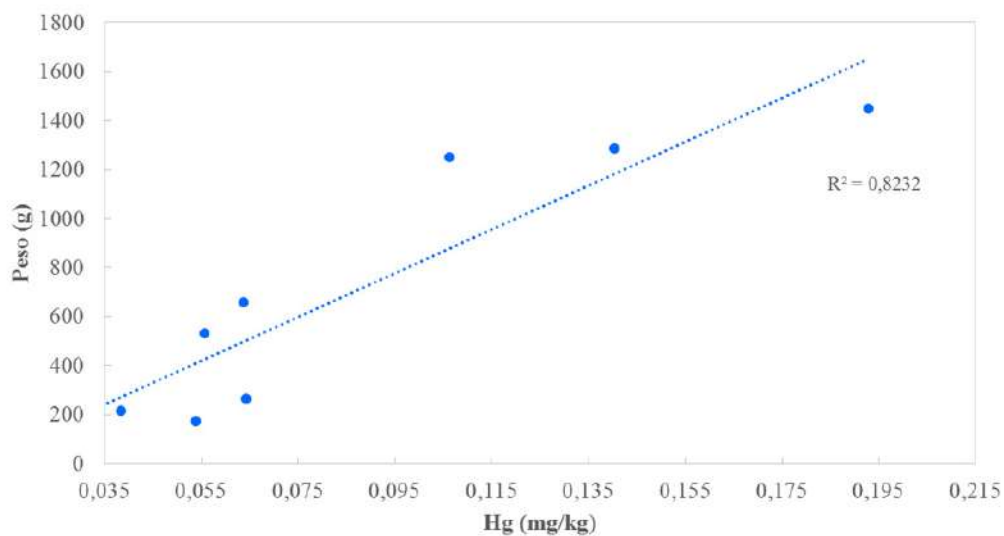
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 8 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de robalo (*Centropomus parallelus*)



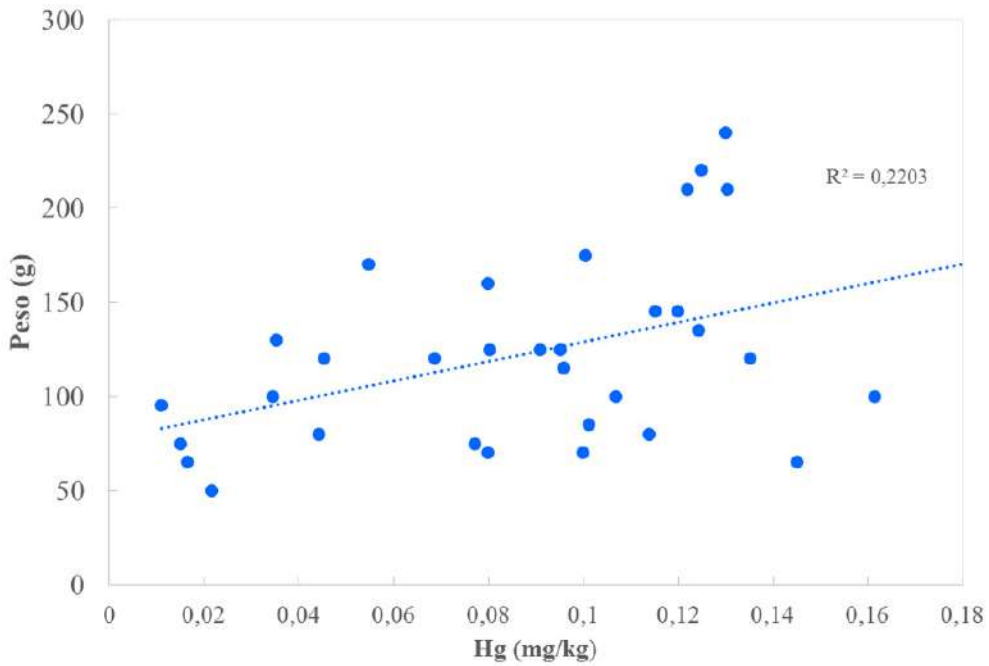
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 9 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de piranha-verdadeira (*Pygocentrus piraya*)



Fonte: Elaborada pelos autores.

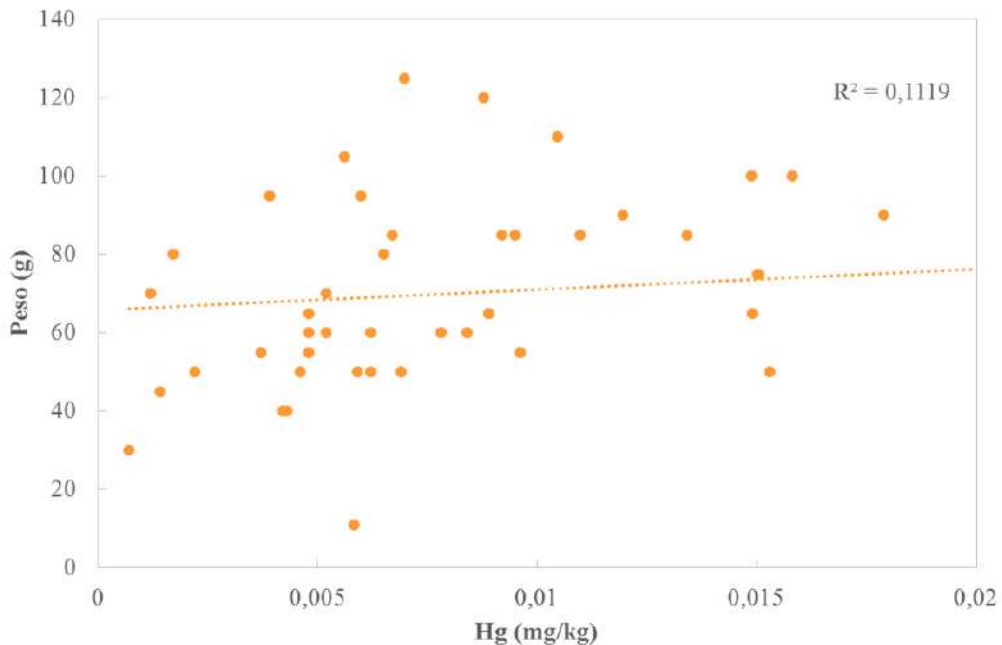
Figura 10 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de pirambeba (*Serrasalmus brandtii*)



Fonte: Elaborada pelos autores.

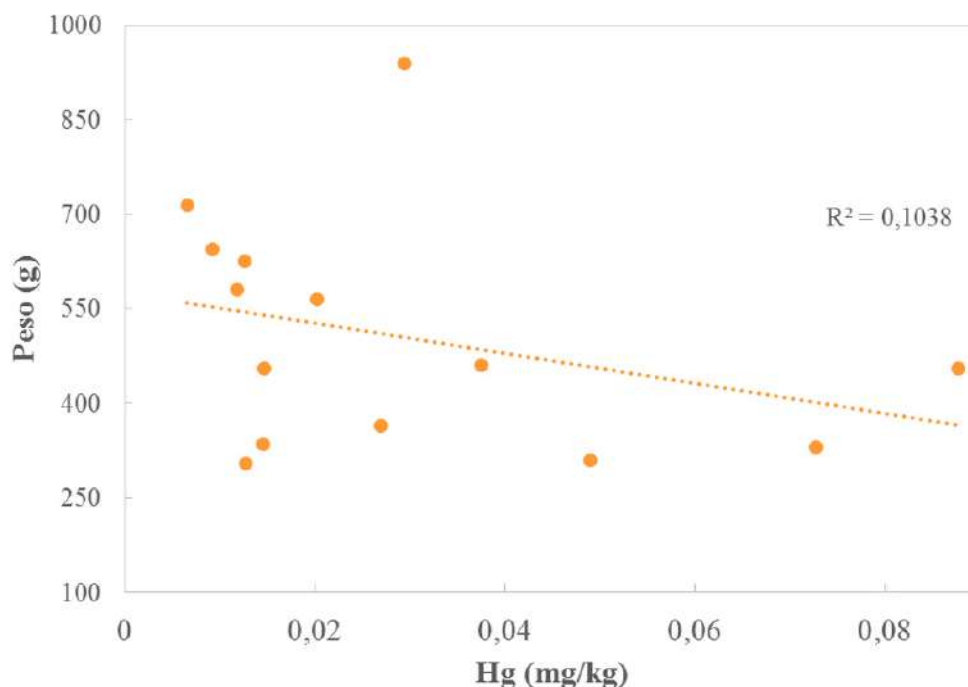
Em relação aos peixes onívoros mais capturados nas redes de emalhar, pacu-disco e piauí três pintas (Figuras 11 e 12), não foi observada correlação entre a concentração de Hg e o peso corporal dos exemplares coletados.

Figura 11 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de pacu-disco (*Metynnis maculatus*)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 12 - Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de piauí-três-pintas (*Megaleporinus obtusidens*)



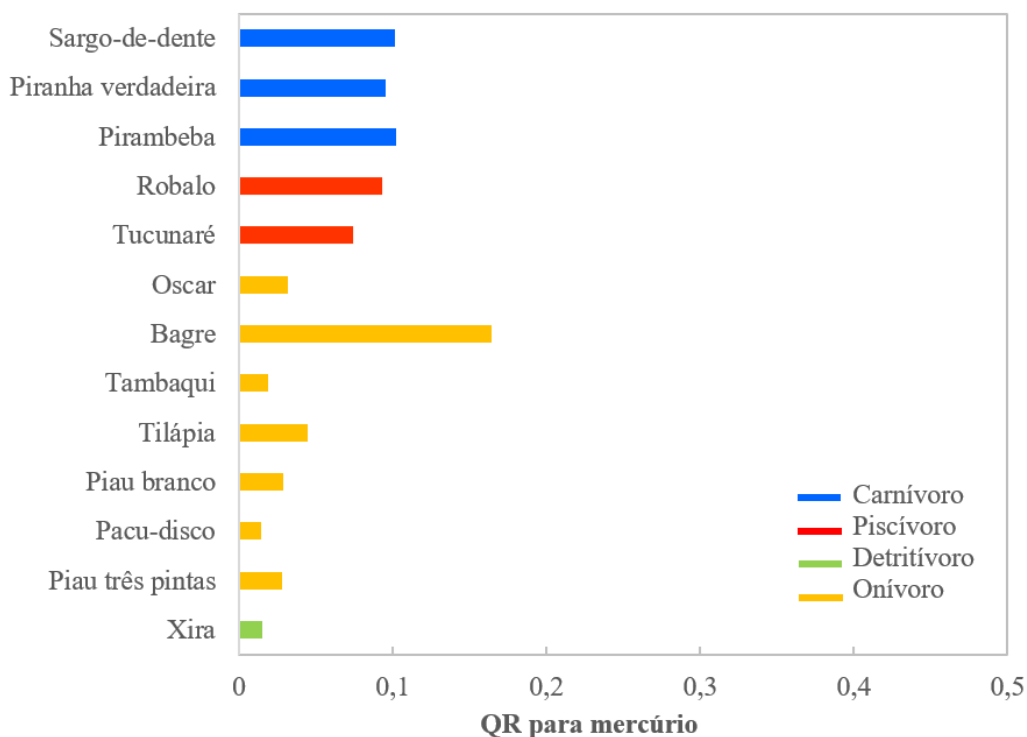
Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, em peixes de diferentes níveis tróficos coletados no BSF, são similares aos de outros estudos (GALIMBERTI *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2011; STORELLI *et al.*, 2005) e confirmam que os menores teores de mercúrio geralmente são observados nos peixes de menor nível trófico do que nos carnívoros de topo de cadeia alimentar (Figura 6). Adicionalmente, foram observadas variações intra e interespecíficas nas concentrações de Hg nos peixes avaliados neste estudo.

Os resultados permitiram analisar se os peixes capturados na região do Baixo São Francisco estão de acordo com os parâmetros da legislação brasileira em relação aos Limites Máximos Toleráveis do mercúrio no pescado para consumo. Todos os exemplares das 14 espécies avaliadas apresentaram concentrações de mercúrio abaixo do LMT de 0,5 mg/kg para espécies não carnívoras e 1,0 mg/Kg para carnívoras (BRASIL, 2013).

Esta análise é de fundamental importância para que tanto a população ribeirinha, que depende da ingestão direta dessa valiosa fonte de proteína para sua segurança alimentar, quanto os demais consumidores, via comercialização desse pescado, tenham acesso às informações sobre os potenciais benefícios e riscos a que estão sendo expostos.

Em relação ao Quociente de Risco (QR) do mercúrio associado ao consumo de pescado, nenhuma das espécies avaliadas apresentaram QR > 1, que significa que não representam potencial risco para a saúde humana (Figura 13).

Figura 13 - Quociente de risco do mercúrio em 13 espécies de peixes do Baixo São Francisco

Fonte: Elaborada pelos autores.

Estudos complementares sobre a especiação química de metais em peixes são fundamentais para a avaliação de risco de consumo quando, como no caso específico do mercúrio, as formas químicas demonstram diferentes impactos e comportamentos, como sua toxicidade, mobilidade e biodisponibilidade (JEWETT; DUFFY, 2007).

Neste estudo, o mercúrio foi determinado como Hg total, sendo a forma orgânica mais tóxica que a inorgânica. De acordo com a literatura, o MeHg representa cerca de 90% do mercúrio total em peixes carnívoros (MALINOWSKI, 2019; SILVA *et al.*, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercúrio, nos peixes do Baixo São Francisco coletados nas Expedições Científicas de 2018, 2019, 2020 e 2021, apresentou concentrações médias na seguinte ordem decrescente: bagre > peixe-cachorro > pirambeba > sargo-de-dente > piranha-verdadeira > robalo > tucunaré > tilápia > oscar > piau-branco > piau-três-pintas > tambaqui > pacu-disco > xira.

Os níveis de mercúrio encontrados no tecido muscular dos peixes avaliados neste estudo não apresentam potencial risco à saúde humana associado ao consumo dessas espécies, com base nos Limites Máximos de Tolerância.

O conjunto das observações realizadas pelas demais áreas de pesquisa que integram a Expedição Científica no Baixo São Francisco possibilitará a construção de um panorama amplo da saúde do rio e de sua ictiofauna, associando aspectos fisiológicos e histológicos examinados em diferentes órgãos dos peixes, juntamente com os parâmetros físicos e químicos da água, do solo e dos sedimentos. Assim, pode-se rastrear a origem de possíveis contaminantes e, conseqüentemente, oportunizar a busca por soluções viáveis e medidas mitigadoras desses impactos.

REFERÊNCIAS

- ACQUAVITA, A.; BETTOSO, N. Mercury and selenium in the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Pisces: Gobiidae) from a mercury contaminated Mediterranean lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, n.135, p.75-82, 2018.
- ADAMS, D.H. Total mercury levels in tunas from offshore waters of the Florida Atlantic coast. **Marine Pollution Bulletin**, v.49, n.7-8, p.659-663, 2004.
- AHMAD, N.I. *et al.* Mercury levels of marine fish commonly consumed in Peninsular Malaysia. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, p.3672-3686, 2015.
- ANUAL, Z.F. *et al.* Mercury and risk assessment from consumption of crustaceans, cephalopods and fish from West Peninsular Malaysia. **Microchemical Journal**, n.140, p.214-221, 2018.
- BARBOSA, J.M. *et al.* Perfil da ictiofauna da Baía do Rio São Francisco. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v.1, n.6, p.70-90, 2017.
- BOENING, D.W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. **Chemosphere**, n.40, p.1335-135, 2000.
- BONSIGNORE, M. *et al.* Bioaccumulation of heavy metals in fish, crustaceans, molluscs and echinoderms from the Tuscany coast. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n.162, p.554-562, 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Resolução nº 42, de 29 de ago. 2013. Dispõe sobre o regulamento técnico Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 ago. 2013. Seção 1, p.33-35.
- BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Baía do São Francisco. Brasília: Codevasf, 1988.
- CASTRO-GONZÁLEZ, M.I.; MÉNDEZ-ARMENTA, M. Heavy metals: implications associated to fish consumption. **Environmental toxicology and pharmacology**, v.26, n.3, p.263-271, 2008.
- DE BOER, J.; SCHÖSLER, H.; AIKING, H. Fish as an alternative protein: a consumer-oriented perspective on its role in a transition towards more healthy and sustainable diets. **Appetite**, n.152, 2020.
- DE PINHO, A.P. *et al.* Total mercury in muscle tissue of five shark species from Brazilian offshore waters: effects of feeding habitat, sex, and length. **Environmental Research**, n.89, sec.A, p.250-258, 2002.
- DOMINGO, JOSÉ L. *et al.* Benefits and risks of fish consumption: part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. **Toxicology**, v.230, n.2-3, p.219-226, 2007.



- FERNANDES, A.C. *et al.* Benefits and risks of fish consumption for the human health. **Revista de Nutrição**, v.25, n.2, p.283-295, 2012.
- JAMSHIDI, A. *et al.* Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. **Food Research International**, v.137, 2020.
- JEWETT, S.C., DUFFY, L.K. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. **Science of the Total Environment**, n.387, p.3-27, 2007.
- LACERDA, L.D. *et al.* Mercury concentrations in fish from the Itacaiunas-Parauapebas river system, Carajas region, Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.66, n.33, p.373-379, 1994.
- LESSA, R.; NÓBREGA, M.F. **Guia de identificação de peixes marinhos da Região Nordeste**.2000. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/guiaiden.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.
- LI, N. *et al.* Fish consumption and multiple health outcomes: umbrella review. **Trends in Food Science & Technology**, 2020.
- LIN, Z. *et al.* Cardiovascular benefits of fish-oil supplementation against fine particulate air pollution in China. **Journal of the American College of Cardiology**, v.73, n.16, p.2076-2085, 2019.
- MALINOWSKI, C.R. High mercury concentrations in Atlantic Goliath Grouper: spatial analysis of a vulnerable species. **Marine Pollution Bulletin**, v.143, p.81-91, 2019.
- MALVANDI, H.; ALAHABADI, A. Evaluation of potential human health risk due to the exposure to mercury via fish consumption of *Alosaspp.* from the southern Caspian Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v.143, p.66-71, 2019.
- MAURICE-BOURGOIN, L. *et al.* Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira exposure in riparian Amazonian populations. **Archive of Environment Contaminants Toxicology**, v.38, p.283-297, 2000.
- MOREL, F.M.M.; KRAEPIEL, A.M.L.; AMYOT, M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. **Annual Review in Ecology Systems**, n.29, p.543-566, 1998.
- MOURA, V.L.; COSTA, B.G.B.; LACERDA, L.D. Distribuição de mercúrio na fauna estuarina do Rio Jaguaribe – CE. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.51, n.1, p.49-56, 2018.
- MOYE, A.H. *et al.* Kinetics and uptake mechanisms for monomethylmercury between freshwater algae and water. **Environmental Science & Technology**, n.36, p.3550-3555, 2002.
- MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E.B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. **Jama**, v.296, n.15, p.1885-1899, 2006.
- NESTEL, P.J. *et al.* Practical Guidance for Food Consumption to Prevent Cardiovascular Disease. **Heart, Lung and Circulation**, n.30, v.2, p.163-179, 2020.



RIMM, E.B. *et al.* Seafood long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v.138, n.1, p.e35-e47, 2018.

SCHENONE, N.F.; VACKOVA, L.; FERNANDEZ CIRELLI, A. Differential tissue accumulation of arsenic and heavy metals from diets in three edible fish species. **Aquaculture Nutrition**, v.20, n.4, p.364-371, 2014.

SILVA, C.A. *et al.* Mercury speciation in fish of the Cabo Frio upwelling region, SE-Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, n.59, p.259-66, 2011.

SILVA, C.A. *et al.* Metals and arsenic in marine fish commercialized in the NE Brazil. **Human and Ecological Risk Assessment**, n.26, p.695-712, 2019.

SILVA, C.A. *et al.* Níveis de mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro, manganês e arsênio em importantes espécies de peixes do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020.

SILVA, C.A. *et al.* Metal and metalloid concentrations in marine fish marketed in Salvador, BA, Northeastern Brazil, and associated human health risks. **Regional Studies in Marine Science**, n.43, p.1-11, 2021.

SROY, S. *et al.* Nutritional benefits and heavy metal contents of freshwater fish species from Tonle Sap Lake with SAIN and LIM nutritional score. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.96, p.103731, 2021.

STORELLI, M.M. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.8, p. 2782-2788, aug. 2008.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish**: a guidance manual. Washington, DC: US EPA Office of Marine and Estuarine Protection, 1989. 174p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Health effect of mercury and mercury compounds**. EPA 452/R-97-007, 1997.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry**. Revision Method 7473 SW-846. 2007. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/201507/documents/epa-7473.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Risk-based concentration table**. 2010. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/03/2229071.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ZAHIR, F. Low dose mercury toxicity and human health. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, n.20, p.351-360, 2005.



CAPÍTULO 5 - BIOMONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO PEIXES COLETADOS NAS III E IV EXPEDIÇÕES CIENTÍFICAS DO SÃO FRANCISCO

Themis Jesus Silva¹

Emilly Valentim de Souza²

Vivian Costa Vasconcelos³

Maráisa Bezerra de Jesus Feitosa⁴

Hanna Francielle Barbosa Costa⁵

Emerson Carlos Soares⁶



Resumo: O Rio São Francisco, na sua porção final, o Baixo São Francisco, atravessa várias cidades e tem 214 km de extensão. É a região mais impactada deste corpo hídrico, pois sofre com todos os problemas causados nas demais regiões, devido a diferentes ações antrópicas. Estas ações acarretam problemas ao ecossistema, bem como às populações que precisam, direta ou indiretamente, do rio. Suas consequências são inúmeras. Assim, faz-se necessário verificar a qualidade ambiental deste corpo d'água e, para isso, foram utilizados os peixes como bioindicadores e biomarcadores dos tipos bioquímico e genético. Os peixes foram coletados durante as Expedições Científicas do Baixo São Francisco. Foram utilizadas as enzimas antioxidantes (CAT, SOD e GST), o MDA e as frequências de ANEs. Os dados de 2020 e 2021 em pirambeba e tucunaré sugerem que há um limite de OD tolerável, com aumento de atividade enzimática, observada principalmente na SOD. Os valores de OD parecem modular a resposta antioxidante nos diversos pontos investigados. As maiores frequências de ANEs foram encontradas em Penedo (1,30%) e Piranhas (4,23%), nos anos 2020 e 2021, enquanto a pirambeba e o pacu apresentaram as maiores frequências de ANEs e MNs em 2020 e 2021, respectivamente. O uso dos biomarcadores e dos peixes como bioindicadores mostra-se útil para verificar a qualidade da água do Rio São Francisco, gerando resultados que podem ser usados para a elaboração de políticas públicas eficientes que busquem remediar e/ou extinguir os impactos que afetam este ambiente e os organismos que ali vivem.

Palavras-chave: Anormalidades Nucleares. Enzima Antioxidante. Micronúcleo. Peroxidação Lipídica.

1 Professora, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

2 Graduanda em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

3 Mestre em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

4 Bióloga, Doutora em Ciências da Saúde, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

5 Engenheira Civil, Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento/UFAL/CTEC

6 Professor, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem uma extensão 2.863 km. Estende-se de Minas Gerais, onde o rio nasce, percorre 505 municípios e, entre a divisa dos Estados de Alagoas e de Sergipe, encontra-se sua foz. A bacia foi dividida em quatro zonas fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (CBHSF, 2014), sendo esta última local de realização das Expedições Científicas do São Francisco.

Para Tundisi e Tundisi (2011), as principais atividades humanas que impactam os recursos hídricos e alteram a qualidade da água são: urbanização, despejo de esgoto sem tratamento, mineração, construção de represas, atividades industriais, agricultura, pesca e aquicultura, introdução de espécies exóticas, dentre outras. Ainda para estes autores, os principais problemas resultantes de tais atividades estão relacionados com a eutrofização, o aumento da toxicidade das águas superficiais e subterrâneas, alterações no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água – todos já constatados no Baixo São Francisco.

A região do Baixo São Francisco estende-se de Paulo Afonso (BA) até a foz do rio, entre os Estados de Alagoas e Sergipe. Trata-se de uma área altamente povoada e fortemente impactada por barragens, poluição e retirada da cobertura vegetal nativa (NOGUEIRA; SÁ, 2015).

Para Zellhuber e Siqueira (2007), muitos problemas contribuem para a rápida degradação do rio, que desde os anos 1970 vem enfrentando uma célere e desenfreada maximização da agricultura intensiva. A bacia ainda sofre com superexploração das águas pela irrigação, mineração e siderurgia, assoreamento, construção de barragens e hidrelétricas e falta de saneamento básico, que lança efluentes industriais e domésticos sem tratamento diretamente no rio. Esses e outros fatores comprometem diretamente a qualidade da água, prejudicando os peixes que ali vivem, bem como as comunidades que dependem do rio para sobreviver.

Segundo Vasconcelos (2012), a contaminação da água por agroquímicos, mineração e efluentes pode causar acúmulo de poluentes nos peixes, seja através da ingestão de organismos aquáticos contaminados ou diretamente pela água contaminada. Assim, o biomonitoramento é uma alternativa eficiente para identificar vários tipos de xenobióticos que contaminam o meio ambiente. O processo é realizado por meio da avaliação de organismos expostos a sistemas biológicos com possível presença de contaminantes (SILVA *et al.*, 2003).

Uma das formas de identificar a presença de xenobióticos com potencial genotóxico é o teste de micronúcleo (MN), técnica confiável, rápida e barata. De acordo com Obiakor *et al.* (2012), micronúcleo é um biomarcador do tipo genético e origina-se como resultado de aberrações cromossômicas, que podem ser irreversíveis e herdadas pelas progêneses, sendo capaz de ocasionar diminuição na taxa reprodutiva dos animais, levando a uma diminuição da diversidade de espécies no ecossistema afetado.

Marques *et al.* (2009) acreditam que outras anormalidades nucleares resultantes de danos análogos, tais como células binucleadas e bilobadas, também precisam ser consideradas para uma avaliação mais detalhada da exposição destes organismos aos contaminantes genotóxicos.

Corpos de cromatina não refrativos, circulares ou ovoides, menores do que um terço do núcleo principal e apresentando o mesmo padrão de coloração e de focalização deste são classificados como micronúcleos (AL-SABTI; METCALFE, 1995). Carrasco *et al.* (1990)



classificaram outras anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs) além do micronúcleo, como: células binucleadas, núcleo: *blebbed*, *lobed*, *notched* e vacuolizado.

Vários trabalhos têm sido realizados utilizando os peixes como bioindicadores do ambiente aquático. Entre estes, muitos avaliaram os micronúcleos e outras anormalidades nucleares para verificar a saúde de diferentes corpos d'água (GRISOLIA *et al.*, 2009; SERIANI *et al.*, 2011; FURNUS *et al.*, 2014; C. JÚNIOR *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2018; SULA *et al.*, 2019; LACERDA *et al.*, 2020; RÉ *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Além disso, já foi sugerido que substâncias que provocam danos ao DNA podem, também, induzir sistemas enzimáticos, como as oxidases de função mista que estão envolvidas na biotransformação, processo que pode levar à produção e/ou bioativação de metabólitos mais reativos (DEPLEDGE, 1998).

Somados a isso, fatores físico-químicos da água doce, como salinidade, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, força iônica ou concentração total de minerais iônicos aumentaram em diversas regiões, decorrentes da contaminação antropogênica, parâmetros que modulam a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (GRIFFITH, 2017; WELKER *et al.*, 2013).

Os íons possuem diferentes papéis fisiológicos nos organismos de água doce e são necessários em diferentes concentrações dentro das células (GRIFFITH, 2017). A modulação destas concentrações iônicas, além de outros compostos dissolvidos na água, também pode interagir com a atividade de diversos componentes celulares.

Geralmente, as espécies endógenas e fisiológicas de EROs são geradas, principalmente, no processo de reação oxidativa da cadeia respiratória mitocondrial, como subprodutos do metabolismo celular normal (HALLIWELL, 2006). Essa produção basal de EROs é conhecida como homeostase redox, ou seja, o equilíbrio dinâmico de reações de transferência de elétrons (LAURINDO, 2018). O estresse oxidativo é considerado um importante fator para promover a morte celular, em resposta a uma variedade de sinais e situações fisiopatológicas (WELKER *et al.*, 2013).

Em organismos aeróbios, o oxigênio é essencial para a produção eficiente de energia, mas, paradoxalmente, a sobrecarga do metabolismo de energia celular e o consumo de oxigênio estão associados à geração de EROs, que pode produzir estresse crônico tóxico nas células. Por isso, as enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase e catalase, e as que participam da biotransformação de xenobióticos, como a glutathione S-transferase, são tão importantes.

A exposição excessiva a EROs interrompe a homeostase redox, leva ao estresse oxidativo e a danos mediados por EROs a importantes organelas e biomoléculas, como DNA e proteínas (HE *et al.*, 2017; WELKER *et al.*, 2013). Em virtude disso, muitos estudos de biomonitoramento empregam a avaliação de marcadores enzimáticos e celulares, como o micronúcleo, como ferramenta de investigação, utilizando os peixes como bioindicadores do impacto da qualidade da água nos organismos.

Poluentes encontrados em hidrossistemas como o S. Francisco existem em forma de misturas complexas, que sofrem uma grande variedade de interações e/ou biotransformações (BARŠIENĖ; RYBAKOVAS, 2008). Durante tais processos, os efeitos aditivos, sinérgicos ou antagônicos podem ser observados nos organismos. Portanto, faz-se necessária uma compreensão clara dos efeitos cumulativos da poluição ambiental neste sistema natural, a fim de promover o desenvolvimento de políticas socioeconômicas de proteção. Para isso, os



peixes serão tomados como bioindicadores do ambiente aquático, utilizando biomarcadores genéticos e de estresse oxidativo.

Biomarcadores da ictiofauna do Baixo São Francisco

Espécies

As coletas foram realizadas nos anos 2020 e 2021, durante as Expedições Científicas do São Francisco, nos municípios alagoanos de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Penedo e Piaçabuçu (foz) e no município de Propriá (SE) (MMA/ICMBio nº 75591-2). As espécies-alvo utilizadas foram: pacu (*Metynnis maculatus*), piau-branco (*Schizodon knerii*), pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e tucunaré (*Cichla monoculus*) (Tabela 1). Para a análise dos biomarcadores, foi realizada a coleta de tecidos (fígado e brânquias) e o preparo de esfregaços sanguíneos.

Tabela 1 - Espécies coletadas durante as Expedições Científicas do Rio São Francisco

Nome Científico	Nome	Quantidade	Quantidade
	Comum	2021	2020
<i>Metynnis maculatus</i>	pacu	27	04
<i>Serrasalmus brandtii</i>	pirambeba	24	31
<i>Cichla monoculus</i>	tucunaré	19	14
<i>Schizodon knerii</i>	piáu-branco	14	04
Total		84	53

Fonte: SILVA, 2021.

Biomarcadores de estresse oxidativo

Os fragmentos de fígado e brânquias foram descongelados a 4°C, pesados e homogeneizados (10:1) em tampão fosfato de potássio salino (PBS, pH 7.4). A mistura foi centrifugada por 10 minutos a 4°C, com velocidade de 12.000 rpm. O sobrenadante resultante foi utilizado para as análises da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutatona S-transferase (GST), além da peroxidação lipídica (MDA).

a) Avaliação antioxidante através da enzima superóxido dismutase

A atividade da SOD foi mensurada nos tecidos através da técnica descrita por Dieterich *et al.* (2000), Madesh e Balasubramanian (1998), onde a formação de $O_2^{\bullet-}$ e a inibição da redução do MTT é mensurada em espectrofotômetro ($\lambda = 570\text{nm}$). Os resultados foram expressos em U SOD mg de tecido⁻¹.

b) Avaliação antioxidante através da enzima catalase

A atividade da CAT foi mensurada segundo Aebi *et al.* (1984) e Nelson *et al.* (1972). A atividade foi determinada, através do espectrofotômetro, pela taxa de queda da absorbância ($\lambda = 240\text{nm}$) em 60 segundos do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (0,3 M) em tampão fosfato de potássio 0,5M (pH 7.0). Para encontrar a concentração total de CAT na amostra, foi utilizada a constante de primeira ordem 2,361 e os resultados foram expressos em U CAT mg de tecido⁻¹.

c) Avaliação enzimática da glutatona S-transferase

A atividade da enzima GST foi mensurada por meio da formação do conjugado glutatona-2,4-dinitrobenzeno (GS-DNB), cuja reação é monitorada através do aumento da absorvância ($\lambda = 340 \text{ nm}$), durante 5 minutos, em intervalos de 60 segundos, de acordo com a metodologia de Habig *et al.* (1974) e Mannervik *et al.* (1988). O coeficiente de extinção molar do CDNB $\epsilon_{340} = 9,6 \text{ mM cm}^{-1}$ foi utilizado para os cálculos e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol mL min}^{-1}$.

d) Avaliação da peroxidação lipídica (MDA)

Os níveis de MDA foram mensurados como descrito por Buege e Aust (1978), com pequenas adaptações. Em $200 \mu\text{L}$ de tecido já homogeneizado, foram adicionados $400 \mu\text{L}$ de solução de ácidos (tricloroacético a 15%, ácido tiobarbitúrico a 0,375% e ácido clorídrico a 0,6% M). Após agitação, a mistura reacional total foi mantida em banho-maria, 45 minutos a 90°C . Após refrigeração, foi centrifugada por 5 min a 14000 rpm. Ao sobrenadante, foi adicionado n-butanol e solução saturada de NaCl (1:1:0,1). Agitou-se e centrifugou-se por 2 minutos a 14000 rpm. O sobrenadante foi utilizado para a leitura a 535 nm em espectrofotômetro. Os níveis totais de MDA em cada amostra foram determinados por meio de curva padrão a partir de concentrações conhecidas de 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMPO) descrito por Wallin *et al.* (1993).

e) Análise estatística

Os dados enzimáticos foram analisados através do teste ANOVA de uma via com pós-teste de Tukey. Para tratamento estatístico, será utilizado o *software* Prism 5.1 (GraphPad, Califórnia, Estados Unidos). Os gráficos estão representados em média \pm erro padrão da média. Para efeito estatístico, serão considerados significativos os valores que apresentarem $P < 0,05$.

As atividades das enzimas que participam dos processos antioxidantes e de biotransformação são moduladas por diversos fatores, dentre eles o ambiente, com a interação de fatores bióticos e abióticos presentes, e a espécie, com a fisiologia, a idade e o sexo dos indivíduos.

O Rio São Francisco possui diversas represas em seu curso, o que modifica os fatores limnológicos ao longo de sua extensão, por exemplo: pH, condutividade elétrica, concentração de gases dissolvidos (nitrogênio, carbono e fósforo), material em suspensão, dentre outros. Estes fatores também permitem o estabelecimento de espécies invasoras, pela sua plasticidade fenotípica a ambientes de água doce, que são modificados e/ou degradados por barragens (PEREIRA *et al.*, 2013). Com isso, o uso de bioindicadores para estudos ambientais é apontado para levantar hipóteses e compreender as inter-relações entre o meio e a biota. Desta forma, foram coletadas duas espécies nativas e duas invasoras, para identificar essas possíveis inter-relações (Tabela 1).

Dentre as espécies de peixes invasoras selecionadas, o caracídeo *Metynnis maculatus* é um peixe considerado herbívoro por alguns autores (GOMES *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2013) e onívoro com tendência ao herbivorismo segundo outros (FAVARATO *et al.*, 2019). É um indivíduo de pequeno porte, endêmico da América do Sul, nativo das Bacias do Paraguai e Amazônica (LANGEANI *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, vários peixes amazônicos de importância comercial, incluindo tucunaré, *Cichla monoculus*, foram introduzidos nos reservatórios do Semiárido nordestino



brasileiro (CHELLAPPA *et al.*, 2003). O tucunaré é carnívoro/piscívoro e possui estoques lipídicos na protuberância pós-occipitalcefálica de machos maduros; estas reservas lipídicas provavelmente são mobilizadas durante a reprodução e os cuidados parentais, característica da espécie (CHELLAPPA *et al.*, 2003).

Já a pirambeba (*Serrassalmus brandtti*) é uma espécie carnívora nativa da Bacia do Rio São Francisco. Com desova parcelada, reproduz-se durante o ano inteiro, com picos nos meses de chuva, onde a perda de peso pode ocorrer, visto o cuidado parental (HONORATO-SAMPAIO *et al.*, 2009). Filogeneticamente, *S. brandtti* e *M. maculatus* são espécies muito próximas; em virtude disso, essas espécies, por vezes, neste trabalho, serão comparadas enquanto suas atividades antioxidantes.

Finalizando as espécies-alvo deste estudo está o *Schizodon knerii*, piauí-branco ou piauí, endêmico na Bacia do Rio São Francisco e pertencente também à ordem Characiformes (BRANDÃO *et al.*, 2017). É uma espécie generalista e desova em ambientes lênticos e lóticos, de hábito alimentar herbívoro (POMPEU; GODINHO, 2006).

A maioria dos teleosteos apresenta maturação sazonal, ou seja, fatores exógenos (ambientais), como fotoperíodo, temperatura, propriedades da água ou oferta de alimentos são, de alguma forma, percebidos pelo organismo e acionam neuromodulações que iniciam a primeira maturação sexual ou puberdade. Essa estreita relação com sinais ambientais assegura que a eclosão dos ovos e o desenvolvimento larval ocorram em época e condições favoráveis (HONJI; MOREIRA, 2017; ALMEIDA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2013).

Esta sinergia de poluentes, características abióticas e fisiológicas de cada espécie modulam a atividade enzimática por diversas vezes. O oxigênio molecular, por exemplo, é indispensável para a vida aeróbica, sendo crítico para a produção de energia; no entanto, é um potente oxidante (BILLER; TAKAHASHI, 2018). Por isso, em ambientes aquáticos, o oxigênio dissolvido (OD) é um fator limitante, pois os peixes necessitam de níveis eficientes de OD para manter seu metabolismo basal.

A concentração de OD depende, geralmente, de muitos fatores, incluindo fotossíntese do fitoplâncton, respiração de organismos aquáticos e/ou difusão de O₂ atmosférico (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2019). Já foi sugerido que um nível de OD de cerca de 5 mg L⁻¹ é crítico para o crescimento aceitável dos peixes e, à medida que o nível de OD diminui, as atividades de respiração e alimentação também diminuem.

Os valores de OD encontrados estão abaixo dos previstos pelas legislações ambientais, sendo que Propriá, Piranhas, Piaçabuçu e Penedo apresentam valores abaixo de 2 mg L⁻¹. Vários estudos consideram os valores de oxigênio dissolvido abaixo de 2 mg L⁻¹ (aproximadamente 30% da saturação de O₂) como hipóxia, porque esse nível é letal para muitos organismos aquáticos (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2019; WELKER *et al.*, 2013).

Estes parâmetros interferem diretamente na modulação/produção de espécies reativas; os peixes, geralmente, diminuem o consumo de oxigênio com ativação do metabolismo anaeróbico, pois a glicólise anaeróbica é capaz de atender à alta exigência energética dos peixes durante o estresse por hipóxia. Porém, devido ao baixo rendimento de ATP da glicólise anaeróbica, os substratos, como glicogênio e glicose, serão substancialmente consumidos, levando ao acúmulo de lactato, que pode causar um distúrbio ácido-base, afetando o pH do sangue e a morfologia das brânquias (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2019).

Pôde-se observar que os valores de OD parecem modular a resposta antioxidante nos diversos pontos investigados (Figura 1). Em S. Brás, observou-se o maior valor de OD,



com um pH em torno de 7.6, uma significativa concentração de fosfato e uma turbidez baixa, ficando atrás somente de Propriá neste último parâmetro.

Nota-se que S. Brás e Propriá apresentam respostas enzimáticas diferentes para a análise das brânquias de pirambebas e fígados de tucunarés (Figura 1), reflexo dos parâmetros bioquímicos encontrados: OD 3,040 *vs* 1,975; pH 7.6 *vs* 7.3; turbidez 2,86 *vs* 1,583 e fosfato 0,220 *vs* 0,0717, respectivamente. Apesar dos altos desvios, provavelmente motivados pelo número reduzido de animais, pôde-se observar comportamento enzimático, em S. Brás, para todas as espécies investigadas.

O pacu encontrado em todos os pontos, exceto em Pão de Açúcar (pH mais elevado), apresentou um pico de atividade em SOD branquial. O pH, assim como o CO₂, pode modular o sistema de ventilação em peixes. Os receptores envolvidos nesta via ainda são desconhecidos, mas as evidências experimentais disponíveis sugerem o envolvimento de quimiorreceptores branquiais sensíveis a CO₂ ligados ao pH (GILMOUR, 2001), o que pode estar influenciando as espécies encontradas em uma faixa de pH.

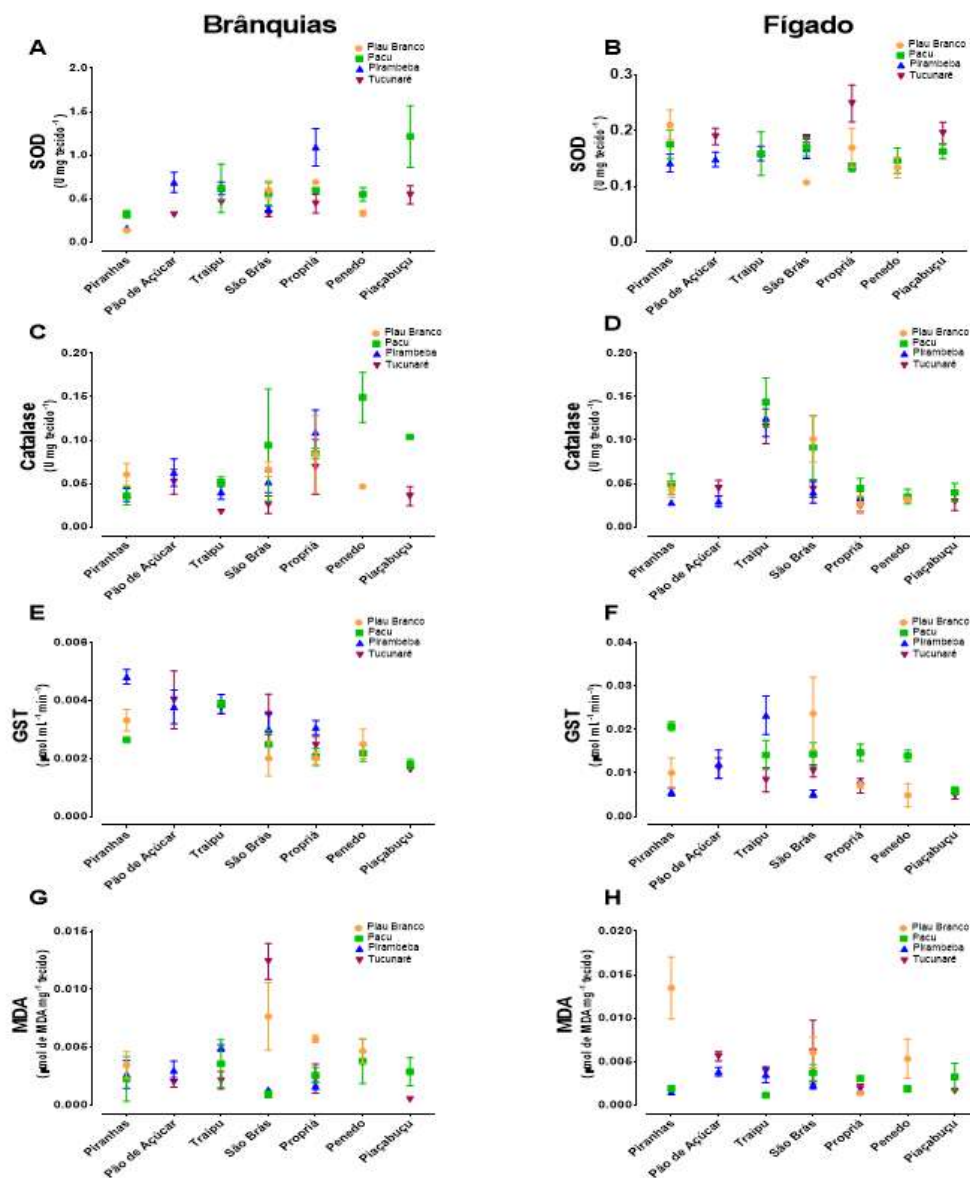
O tucunaré apresentou um aumento na atividade da SOD e CAT em fígado em Pão de Açúcar, com ligeiro aumento do MDA quando comparado à pirambeba.

Além disso, os valores médios de ORP (potencial oxidação-redução) foram menores em 2021. Na água, o ORP está fortemente relacionado a temperatura, pH, salinidade e concentrações de OD e outros oxidantes dissolvidos, como o ozônio. Já se sabe que valores de ORP acima de 300-320 mV influenciam negativamente os parâmetros hematológicos do robalo e induzem à morte acima de 350 mV. Porém, não há muitas informações disponíveis sobre a relação entre os níveis máximos e mínimos de ORP e a fisiologia dos peixes, mas, como a regulação ácido-base em peixes é complexa e envolve uma série de reações para HCO₃⁻ e H⁺ no sangue, já se pode identificar que o pH do sangue também é afetado pelos níveis de ORP (LI *et al.*, 2014).

A Figura 1 apresenta o comportamento enzimático e do MDA das espécies investigadas nos diferentes pontos de coleta da IV Expedição (2021).



Figura 1 - Avaliação das atividades das enzimas: superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT) e Glutathione S-transferase (GST), como também da peroxidação lipídica (MDA) em brânquias (A, C, E, G) e fígado (B, D, F, H) de piau, pacu, pirambeba e tucunaré encontrados no Baixo São Francisco durante a IV Expedição. Atividade antioxidante da SOD e CAT expressa em unidade da enzima por miligrama de tecido. Atividade de GST expressa em μmol da enzima capaz de degradar um mL de substrato por minuto, utilizando o coeficiente de extinção molar do CNDB. Concentração de Malonaldeído (MDA) expressa em micromols de MDA por miligrama de tecido. Resultados analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós-teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, média \pm erro padrão da média.



Fonte: FEITOSA, 2021.

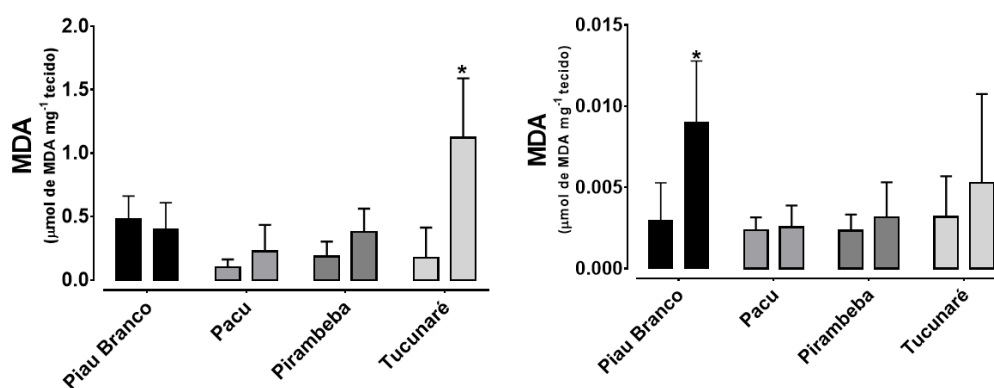
Inicialmente, pode-se observar que há um aumento, em concentração, de atividade de SOD em brânquias e de GST em fígado.

Visto que grande parte dos peixes analisados estavam em fase de maturação avançada, com as fêmeas produzindo ovócitos e ovadas, e como os parâmetros ambientais temperatura,

pH e oxigênio dissolvido são considerados os mais importantes moduladores da atividade reprodutiva em peixes (BRANDÃO *et al.*, 2017), decidiu-se investigar a influência do sexo neste marcador em fígado.

A conclusão é de que não se pôde identificar diferenças significativas nos marcadores enzimáticos comparando com o sexo, exceto nas amostras de SOD e MDA de brânquias de tucunarés, onde as fêmeas apresentaram maiores valores quando comparadas aos machos de sua espécie (Figura 2). Em fígado, apesar da tendência de maior peroxidação lipídica em fêmeas, apenas em piau-branco foi visualizado um aumento na atividade.

Figura 2 - Peroxidação lipídica em brânquias (A) e fígado (B) das espécies coletadas na IV Expedição do Rio S. Francisco. Na primeira coluna, são machos; na segunda, fêmeas. Os resultados foram analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós-teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, média \pm erro padrão da média



Fonte: FEITOSA, 2021.

O sexo pode interferir com as análises enzimáticas do fígado, já que, em fêmeas, uma das principais ações dos estrógenos é estimular a síntese da glicolipofosfoproteína (vitelogenina) no fígado, que, por sua vez, é incorporada ao oócito durante o crescimento secundário (ALMEIDA, 2013; HONJI; MOREIRA, 2017).

Os esteroides gonadais podem atuar em vários tecidos (dentre eles: fígado, hipófise, cérebro e nas próprias gônadas), alterando a expressão de neuro-hormônios e/ou neurotransmissores e/ou outras substâncias, bem como seus respectivos receptores (via *feedback*), além de serem importantes no comportamento sexual e no momento da desova ou espermição, o que pode ocorrer em certos momentos/meses específicos dentre os teleósteos, como, por exemplo, o *S. knerri*, principalmente em dezembro e janeiro (SATO *et al.*, 1996).

De maneira interessante, também houve aumento da catalase no fígado (dados não apresentados); esta é uma enzima que contém um grupo heme responsável por catalisar a dismutação de H_2O_2 em H_2O e O_2 . Possui alta afinidade por H_2O_2 , mas menor especificidade por outros peróxidos orgânicos. Os peroxissomos são os *hotspots* de produção de H_2O_2 devido a β -oxidação de ácidos graxos, fotorrespiração, catabolismo de purinas e estresse oxidativo, e são encontrados, principalmente, no fígado; por isso, justifica-se a alta concentração de catalase neste órgão (BOVERIS *et al.*, 1972; DAS; ROYCHOUDHURY, 2014).

Em outros trabalhos, o *M. maculatus* mostrou um padrão de desenvolvimento com predomínio de atividade vitelogênica entre abril a agosto e intensificação da desova em

setembro (PEREIRA *et al.*, 2013), o que corrobora com os resultados aqui mostrados, visto que, mesmo apresentando uma maior quantidade de fêmeas ovadas coletadas (10), isso não refletiu no aumento do MDA, que se manteve quase que constante nos diversos pontos, tanto em brânquias, quanto em fígado, mesmo com picos de atividade enzimáticas.

Para *S. brandtii*, os meses de cheias destacam-se, já que o sucesso reprodutivo depende da inundação da vegetação adequada para a fixação dos ovos, com destaque para os períodos de setembro a dezembro (HONORATO-SAMPAIO *et al.*, 2009). Apesar disso, talvez pela influência das hidrelétricas, não observamos diferença no MDA entre os sexos neste período.

A peroxidação lipídica é um dos fatores associados ao aumento da atividade da GST. Neste, houve uma correlação inversa entre esses marcadores nas brânquias, exceto em S. Brás, onde pode-se observar que pias e tucunarés, mesmo apresentando valores significativos de GST, demonstraram altos valores de MDA neste tecido, provavelmente causado pelo baixo número de indivíduos coletados.

Outros estudos também apresentaram relação entre o aumento da atividade da GST e a diminuição dos níveis de MDA, devido a esta enzima ter uma grande capacidade de eliminar moléculas de pesticidas, transformando-as de um jeito que é facilmente excretada (CLASEN *et al.*, 2018). Os processos relacionados à glutathione desempenham um papel central na segunda linha de defesa antioxidante, porque contribuem para processos como eliminação de radicais livres, redução de peróxido e desintoxicação de compostos eletrofílicos (CLASEN *et al.*, 2018).

Como em outros trabalhos, os peixes, aqui, podem apresentar uma estratégia de “conservação metabólica”, vistos os baixos valores de OD. Nessas condições, a demanda de energia para manutenção basal pode ser muito alta (ou seja, além da capacidade metabólica aeróbica do peixe) ou pode haver uma interrupção do metabolismo aeróbico, levando a uma diminuição da energia disponível abaixo da demanda, o que pode diminuir a produção de superóxido basal (TRIP *et al.*, 2016; PETITJEAN *et al.*, 2019).

Os organismos podem, então, entrar em um estado de “desligamento metabólico”, ou seja, uma supressão de toda a atividade metabólica acima do metabolismo basal, uma diminuição do catabolismo de carboidratos e aminoácidos (PETITJEAN *et al.*, 2019). Este fenômeno, chamado de “estratégia de conservação”, sugerido por Sokolova e colaboradores em 2012 e 2013, tem sido observado em outros trabalhos, sob exposição a múltiplos estressores (PETITJEAN *et al.*, 2019). No entanto, fortes efeitos deletérios na estrutura celular (altos níveis de lesões celulares e danos ao DNA) podem ser esperados (PETITJEAN *et al.*, 2019).

Para investigar os efeitos temporais, foram comparados os valores enzimáticos de pirambeba e tucunaré, nos anos 2020 e 2021 (Figuras 3 e 4). A pirambeba aparenta estar mais confortável em pH acima de 7.4, como em Traipu, onde o pH obteve média de 7.5 e OD ligeiramente acima de 2 mg/L. Em 2021, o pico da atividade de SOD branquial foi em Propriá, onde o OD está ligeiramente menor de 2mg/L; abaixo deste valor não se encontrou a espécie, apesar de outros estudos comprovarem que Characiformes são resistentes a baixo pH (MORRIS *et al.*, 2021).

A atividade da SOD em brânquias foi inversamente proporcional aos valores de OD; porém, mais estudos precisam ser realizados, para se investigar, por exemplo, por que não se visualizou este pico de atividade da SOD em Piranhas, que também apresentou baixo valor de OD, mas com pH neutro. Essa lógica corrobora com os dados encontrados na SOD no fígado da pirambeba.

No ano 2020, o OD médio em Piranhas foi acima de 4,5 mg/L; este ano, foi de 1,9, aproximadamente. A diminuição da atividade da SOD em fígado, este ano, pode ser reflexo

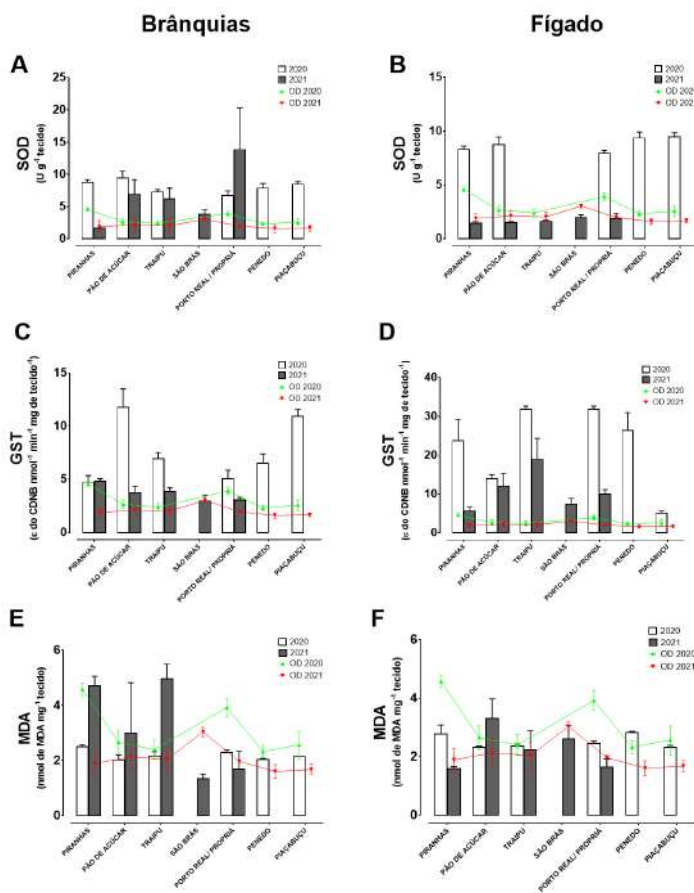


dessa adaptação (diminuição da atividade metabólica). Isso refletiu na atividade do MDA, que foi igual ou maior do que no ano anterior em ambos os tecidos investigados, exceto em fígado, em Piranhas.

O tucunaré também pode estar suscetível a uma estreita sensibilidade e largo intervalo de pH: 7.3-8.0. Em outros trabalhos, foi visto que pode ocorrer perda de íons em um pH baixo neste espécime (MORRIS *et al.*, 2021). Em 2021, não houve captura desta espécie em Piranhas e Penedo, cujo pH foi de 7.23 e 7.27, respectivamente.

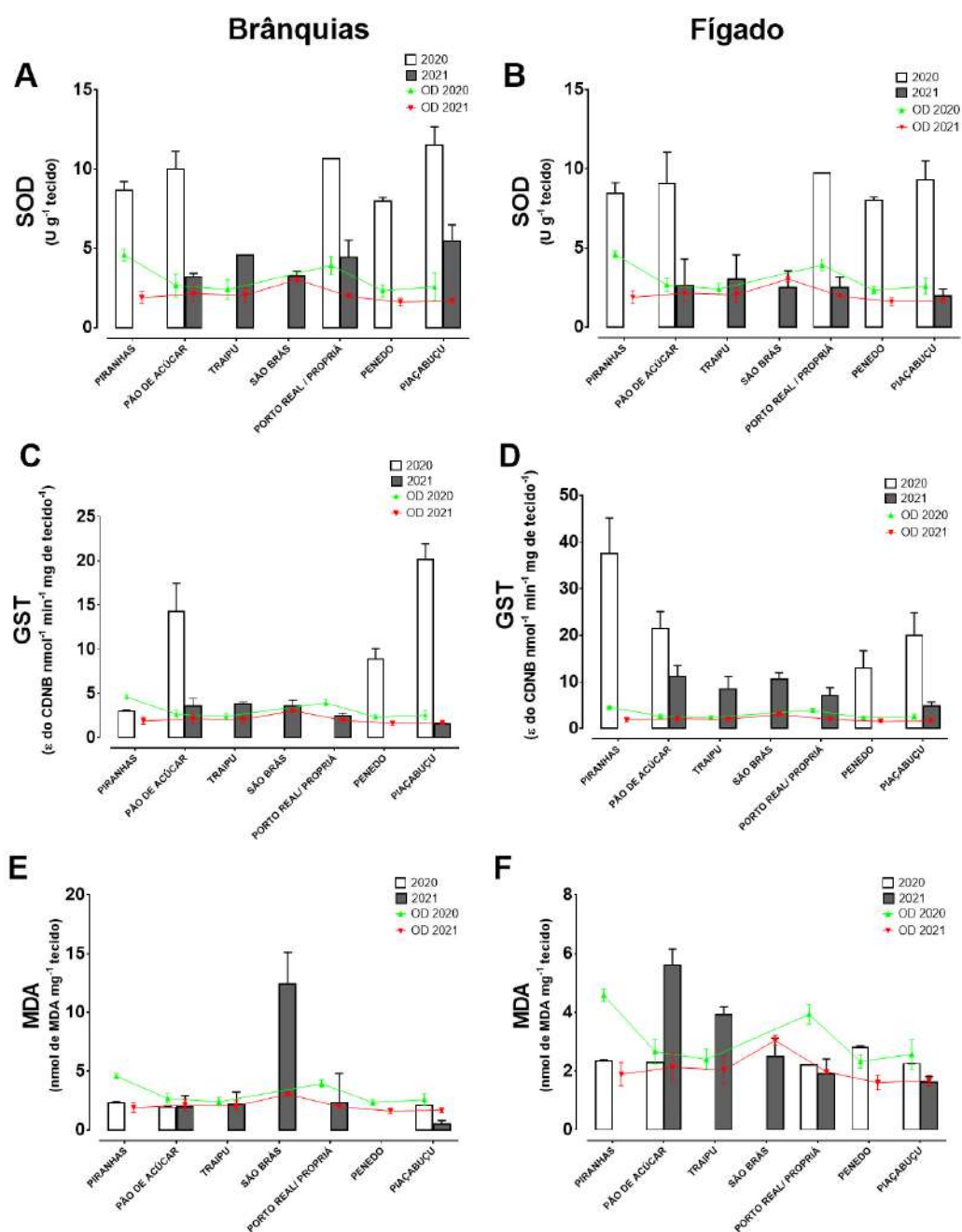
No ano 2020, o menor pH detectado foi nestas cidades, com valor médio de 7.4 e 7.5, locais onde foram coletados apenas dois indivíduos; os demais pontos apresentaram valores médios superiores a 7.6. Porém, em Traipu, neste mesmo ano, apesar de o pH estar em torno de 7.8, não houve captura deste espécime; talvez devido ao OD estar em torno de 2,4 mg/L, os valores baixos de turbidez podem ter afastado o espécime, bentopelágico e predador de espregueta.

Figura 3 - Comparativo das atividades das enzimas: superóxido dismutase (SOD) e Glutaciona S-transferase (GST) e peroxidação lipídica (MDA) em brânquias (A, C, E) e fígado (B, D, F) de pirambeba e de oxigênio dissolvido (mg/L) encontrados no Baixo São Francisco nos anos 2020 e 2021. Atividade antioxidante da SOD expressa em unidade da enzima por grama de tecido. Atividade de GST expressa em nanomols da enzima capaz de degradar um mL de substrato por minuto, utilizando o coeficiente de extinção molar do CNDB. Concentração de malonaldeído (MDA) expressa em nanomols de MDA por miligrama de tecido. Resultados analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós-teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, média \pm erro padrão da média



Fonte: FEITOSA, 2021.

Figura 4 - Comparativo das atividades das enzimas: superóxido dismutase (SOD) e Glutaciona S-transferase (GST) e peroxidação lipídica (MDA) em brânquias (A, C, E) e fígado (B, D, F) de tucunaré e de oxigênio dissolvido (mg/L) encontrados no Baixo São Francisco nos anos 2020 e 2021. Atividade antioxidante da SOD expressa em unidade da enzima por miligrama de tecido. Atividade de GST expressa em nanomols da enzima capaz de degradar um mL de substrato por minuto, utilizando o coeficiente de extinção molar do CNDB. Concentração de malonaldeído (MDA) expressa em nanomols de MDA por miligrama de tecido. Resultados foram analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós-teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, média \pm erro padrão da média



Fonte: FEITOSA, 2021.

Biomarcadores de genotoxicidade

A genotoxicidade (dano ao DNA) pode ser analisada por meio do teste do micronúcleo, que utiliza esfregaços sanguíneos para a visualização das anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs), dentre as quais o micronúcleo (MN).

Para a análise da genotoxicidade, foram utilizadas as espécies mais capturadas: pacu (*Metynnis maculatus*), pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e tucunaré (*Cichla monoculus*), totalizando 70 indivíduos pegos nas Expedições Científicas do São Francisco nos anos 2020 e 2021, nas cidades alagoanas de Pão de Açúcar, Penedo, Piranhas e Piaçabuçu. As anormalidades nucleares eritrocitárias contabilizadas foram: célula binucleada, núcleos do tipo *blebbed*, *notched*, *lobeled*, vacuolizados e micronúcleos (CARRASCO *et al.*, 1990).

Os esfregaços foram preparados utilizando 10 µL da solução de sangue/EDTA 10% por lâmina; esta foi seca em temperatura ambiente, fixada em etanol absoluto durante 24 horas e corada com Giemsa 10% durante 40 minutos. Para o cálculo da frequência das anormalidades (LACERDA *et al.*, 2020), foram preparadas duas lâminas por indivíduo e realizada a contagem de 1.500 eritrócitos periféricos por lâmina, com auxílio do microscópio óptico (1.000X), onde também foram feitos os registros fotográficos. Análise estatística realizada no programa Minitab 13.



Frequência das anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs) por local de coleta

Um total de 210.000 eritrócitos foram analisados e a cidade de Pão de Açúcar apresentou a menor frequência de ANEs nos dois anos amostrados (2020 e 2021) (Tabela 2), enquanto as cidades de Penedo e Piranhas tiveram as maiores frequências de anormalidades em 2020 e 2021, respectivamente (Figura 5). Penedo apresentou 1,30% e Piranhas 4,23%, somando todas as anormalidades observadas, sendo a frequência encontrada em Piranhas a maior para os anos 2019 (SOUZA *et al.*, 2020), 2020 e 2021, em uma localidade amostrada na região do Baixo São Francisco. Analisando somente as frequências de micronúcleos (MNs), a cidade de Piranhas também apresentou as maiores frequências em 2019 (SOUZA *et al.*, 2020) e 2021 (Tabela 2).

Estas altas frequências de ANEs em Piranhas podem ser explicadas por esta ser a primeira cidade após a barragem da Hidrelétrica de Xingó, última do Rio São Francisco, recebendo a água represada com todos os compostos químicos oriundos de efluentes de cidades e plantações das demais regiões deste rio. Estes compostos podem estar atuando como genotóxicos, induzindo danos ao DNA nas células avaliadas dos peixes coletados na região de Piranhas. Valores semelhantes de ANEs foram encontrados nas espécies *Prochilodus argenteus* e *Myleus micans* (3,8% para ambas as espécies), coletadas também no Rio São Francisco por Seriani *et al.* (2011).

Vale ressaltar que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Piranhas tem 54% do saneamento classificado como semiadequado e inadequado. A influência dos poluentes urbanos no aparecimento das anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs) já é bem estudada por vários autores (OLIVEIRA *et al.*, 2022; KIRSCHBAUM *et al.*, 2009; AMADO *et al.*, 2006).

De Lima-Cardoso *et al.* (2018), estudando três áreas, verificaram que a área próxima à cidade e que sofre influência direta da urbanização apresentou maiores quantidades de

ANEs. Para estes, a presença de micronúcleos e outras alterações na membrana nuclear são indicativos de ação mutagênica no ambiente analisado.

Tabela 2 - Frequência das anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs) e frequência de micronúcleos (MNs) (%) nas diferentes localidades amostradas

CIDADES	2020		2021	
	Frequência MN	Frequência total* de ANE	Frequência MN	Frequência total* de ANE
Pão de Açúcar	0	0,066	0,433	1,5
Penedo	0,10	1,30	0,433	1,5
Piaçabuçu	0,033	0,266	0,6	1,833
Piranhas	0,033	0,333	1,366	4,233
TOTAL	0,166	1,97	2,832	9,066

* Soma das anormalidades: célula binucleada, núcleo blebbed, notched, lobeled, vacuolizados e micronúcleo.

Fonte: SILVA, 2021.

Kirschbaum *et al.* (2009), analisando MNs e ANEs em *Centropomus parallelus*, encontraram níveis de poluição ambiental altos o suficiente para induzir danos genotóxicos que, segundo eles, podem levar a danos fisiológicos, mutações e neoplasias na espécie, causando um desequilíbrio ambiental.

Analisando carpas (*Carassius carassius*) em dois ambientes (poluído e controle), Sula *et al.* (2019) observaram um valor elevado da frequência de ANEs (4,36%) no ambiente poluído, próximo ao encontrado nos peixes coletados na cidade de Piranhas. O Lago Seferani (considerado poluído) sofre com a pressão antropogênica e com o uso de pesticidas e herbicidas, mesmos problemas encontrados ao longo do Rio São Francisco, em especial na região estudada (Baixo São Francisco), que ainda sofre com as constantes mudanças de vazões que podem deixar os organismos em ambientes com altas concentrações de alguns compostos (baixas vazões) e/ou carrear de maneira rápida compostos que estavam, antes, retidos pelas barragens das hidrelétricas (altas vazões). Para os autores, as diferenças significativas entre os dois ambientes indicam efeitos genotóxicos de poluentes ambientais nas carpas do Lago Seferani. O mesmo pode ser considerado para as espécies coletadas na cidade de Piranhas.

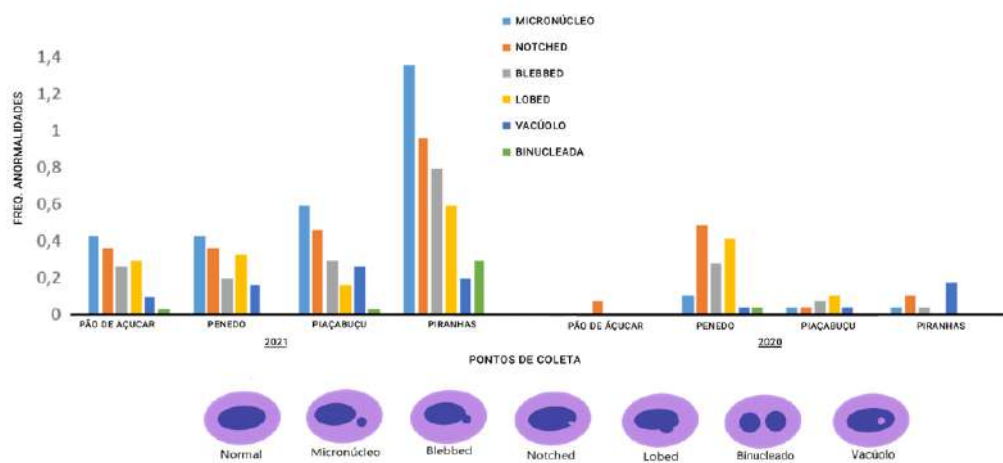
Vários autores já demonstraram a associação das anormalidades com a presença de poluentes urbanos ou industriais (OLIVEIRA *et al.*, 2022; ABDEL-KHALEK; DAJEM; MORSY, 2020; KIRSCHBAUM *et al.*, 2009; AMADO *et al.*, 2006), metais pesados (LACERDA *et al.*, 2020; KIRSCHBAUM *et al.*, 2009; PORTO *et al.*, 2005; DE ANDRADE *et al.*, 2004) e agrotóxicos (LIMA *et al.*, 2018; KIRSCHBAUM *et al.*, DE ANDRADE *et al.*, 2004).

Levando em consideração somente os MNs, a análise estatística mostrou que não houve diferença significativa entre os pontos amostrados em 2020, mas, em 2021, a cidade de Piranhas diferenciou-se das demais – este dado pode ser explicado pela vazão, maior em 2020 (média 1421 m³/s) que em 2021 (média 951 m³/s), o que pode ter deixado os compostos genotóxicos mais concentrados no ano 2021 (dados não amostrados).

Quando observada a análise estatística das ANEs, as cidades de Penedo, em 2020, e Piranhas e Penedo, em 2021, diferiram das demais, apresentando resultados significativos (dados não amostrados).

Para Abdel-Khalek, Dajem e Morsy (2020), a avaliação de danos ao DNA e aberrações cromossômicas refletem os impactos genotóxicos de contaminantes ambientais, especialmente metais, pois possuem efeitos genotóxicos, seja por dano direto ao DNA ou indireto, pelo estímulo das espécies reativas de oxigênio (EROs), e podem ser usados para monitorar a contaminação de corpos de água doce. Utilizando tilápias (*Oreochromis niloticus*) de diferentes ambientes, os maiores níveis de indução de MNs e ANEs foram registrados próximo aos pontos considerados mais poluídos (ABDEL-KHALEK; DAJEM; MORSY, 2020).

Figura 5 - Frequência média de Anormalidades Nucleares Eritrocitárias (ANEs) nos diferentes pontos de coleta amostrados nos anos 2020 e 2021



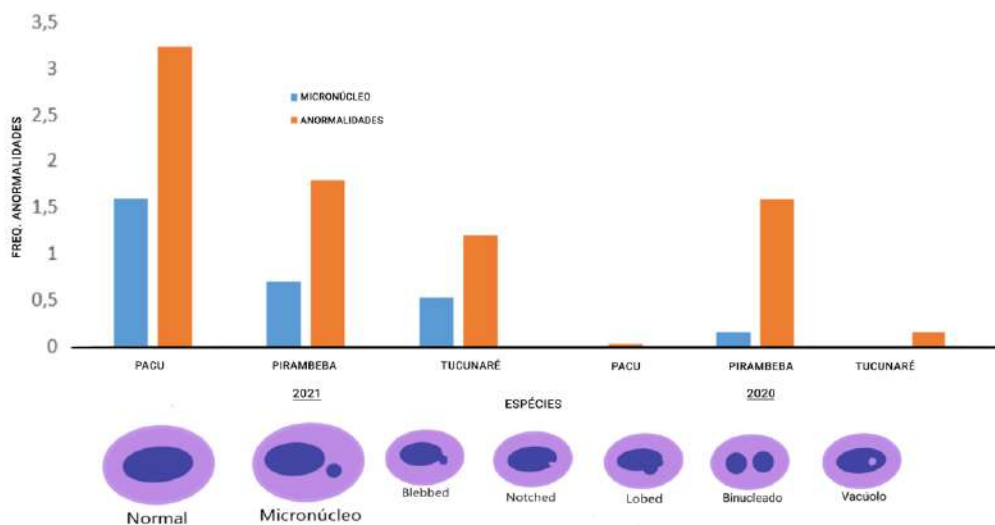
Fonte: VALETIM; SILVA, 2021. Baseado em BENVINDO-SOUZA *et al.*, 2020.

Frequência das anormalidades nucleares eritrocitárias (ANEs) por espécies e por ano (2020 e 2021)

A pirambeba (*S. brandtii*) e o pacu (*M. maculatus*) apresentaram as maiores frequências de ANEs e MNs nos anos 2020 e 2021, respectivamente, enquanto as menores frequências, ANEs e MNs, foram encontradas nas espécies pacu e tucunaré nos anos 2020 e 2021, respectivamente (Figura 6). O fato de o pacu ter apresentado resultados contraditórios nos anos 2020 e 2021 pode estar associado ao baixo número amostral de 2020 (três espécimes), quando comparado a 2021.

A pirambeba é um peixe carnívoro; encontra-se, portanto, no topo da cadeia alimentar, estando, assim, exposta à biomagnificação e à bioacumulação. Espécies piscívoras apresentaram frequências médias de micronúcleo até cinco vezes maiores que espécies onívoras e detritívoras (PORTO *et al.*, 2005) e, segundo Lacerda *et al.* (2020), espécies dos níveis tróficos superiores (carnívoros) têm a predisposição de bioacumular níveis mais altos de poluentes em seus tecidos do que aquelas dos níveis tróficos mais baixos, levando a frequências mais altas de anormalidades, como encontrado nas pirambebas coletadas no ano 2020.

Figura 6 - Frequência média de anormalidades (ANEs) e micronúcleos (MNs) por espécies coletadas nos anos de 2020 e 2021.



Fonte: VALETIM; SILVA, 2021.

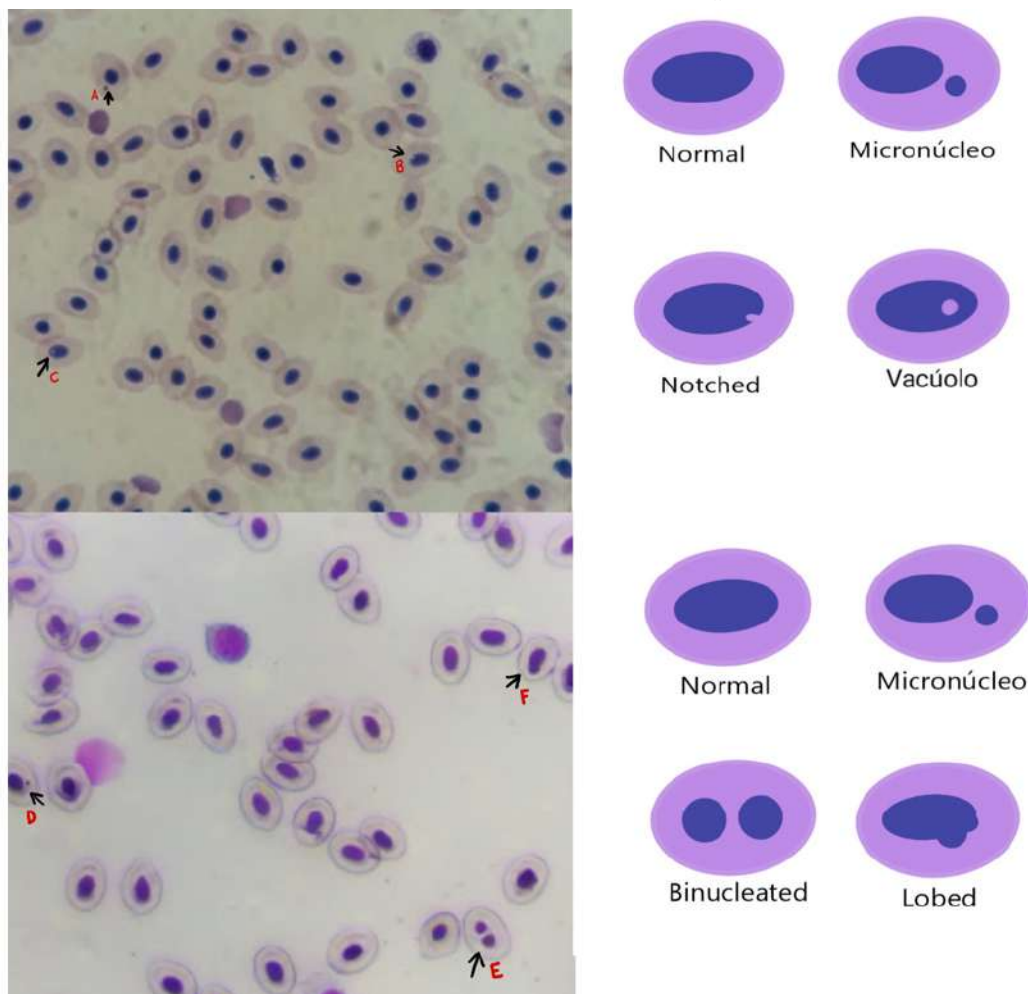
O pacu é considerado uma espécie média-migradora, o que o deixa mais suscetível, pois permanece parte do tempo nas áreas marginais (SOARES *et al.*, 2020), ficando mais exposto a contaminantes presentes nestes ambientes.

A avaliação toxicogenética é uma ferramenta sensível para apontar os efeitos dos poluentes. Seu uso em diferentes espécies pode ajudar a responder questões ambientais e demonstrar diferenças na suscetibilidade das espécies de peixes aos poluentes (LACERDA *et al.*, 2020). Para Lima *et al.* (2018), o uso de espécies nativas como bioindicadores para o monitoramento ambiental é uma ferramenta útil, pois estas espécies fazem parte da alimentação das comunidades ribeirinhas da região, sendo de extrema importância conhecer a saúde destes recursos alimentares.

A análise estatística mostrou diferença significativa da pirambeba em 2020 e do pacu e da pirambeba em 2021, com as demais espécies avaliadas (dados não amostrados). Como já explicado, tal resultado pode estar associado ao hábito alimentar, no caso das pirambebas, bem como da diferente média de vazão nos dois anos, deixando as espécies em contato com maiores concentrações de xenobióticos genotóxicos no ano de menor vazão, 2021.

Quando comparadas as anormalidades encontradas nos anos estudados (2020 e 2021), as células binucleadas apresentaram a menor frequência nos dois anos, enquanto as maiores frequências foram núcleo tipo *notched* e micronúcleo, nos anos 2020 e 2021, respectivamente (Figura 7). Dados apontados por Souza *et al.* (2020), que também encontraram uma maior frequência de micronúcleos e menor de células binucleadas nos peixes avaliados. Sula *et al.* (2019), observando as anormalidades das carpas, também encontraram frequências maiores de *notched*, analisando dois lagos na Albânia.

Figura 7 - Anormalidades Nucleares (ANEs) encontradas nos espécimes coletados durante as Expedições Científicas do São Francisco. A e D – Micronúcleo; B – núcleo tipo *notched*; C – núcleo vacuolizado; E – célula binucleada e F – núcleo tipo *lobed*



Fonte: VALETIM; SILVA, 2021.

De Lima-Cardoso *et al.* (2018), avaliando a genotoxicidade na espécie *Prochilodus lacustris*, também encontraram uma maior quantidade de *notched* no ambiente com maior pressão antropogênica. Para estes autores, a presença de anormalidades do tipo micronúcleo e outras alterações no envelope nuclear são indicativos de ação mutagênica no ambiente analisado.

Os eritrócitos periféricos podem atuar como carreadores circulantes de poluentes ambientais e são diretamente afetados por agentes genotóxicos (ABDEL-KHALEK; DAJEM; MORSY, 2020), como observado nos dados aqui analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água dos diferentes corpos hídricos do nosso país está sendo cada vez mais afetada por diversas atividades humanas. No caso do Rio São Francisco, não é diferente. São muitas as atividades que comprometem este tão importante recurso, dentre as quais a poluição das cidades e plantações em seu entorno e as sucessivas e constantes mudanças nas vazões determinadas pelas várias hidrelétricas no seu curso.

O uso dos biomarcadores e dos peixes como bioindicadores mostra-se uma ferramenta útil para verificar a qualidade da água do Rio São Francisco e os resultados gerados podem ser empregados na elaboração de políticas públicas eficientes que busquem remediar e/ou extinguir os impactos que afetam este ambiente e os organismos que ali vivem.

Diante do exposto e com dados das Expedições anteriores, foi possível observar que os efeitos de dose, duração e/ou números de estressores são altos, modulados, principalmente, pela vazão do rio ao longo dos anos. Como estratégia de sobrevivência, as respostas ao estresse podem estar moduladas negativamente ou bloqueadas e, como consequência, os sistemas de defesa são parcialmente, ou não, acionados, afetando, principalmente, o crescimento e a reprodução.

Os dados comparativos entre 2020 e 2021 em pirambeba e tucunaré sugerem que há um limite de OD tolerável, com aumento de atividade enzimática, observada principalmente na SOD. Quando este limiar é ultrapassado, os marcadores enzimáticos diminuem, o que modula de forma diferente a peroxidação lipídica; porém, mais estudos deverão ser realizados, investigando a influência deste e de outros parâmetros abióticos nas atividades de antioxidantes endógenos de peixes no Baixo São Francisco.

Os danos genotóxicos refletem a qualidade do ambiente em que os organismos vivem, assim, as cidades que apresentaram os maiores índices para este marcador necessitam tomar medidas para cessar as causas da contaminação, que tem levado a mutações do material genético e, conseqüentemente, comprometem todo o ecossistema, incluindo os ribeirinhos, que dependem do rio para diversas atividades, dentre as quais a alimentação.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-KHALEK, A.A.; DAJEM, S.B.; MORSY, K. The long-term exposure to discharges of Sabal drain induces genotoxic effects on *Oreochromis niloticus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.104, n.6, p.858-863, 2020.
- ABDEL-TAWWAB, M. *et al.* Fish response to hypoxia stress: growth, physiological, and immunological biomarkers. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.45, n.3, p.997-1013, 2019.
- AEBI, H. Catalase *in vitro*. **Method Enzymology**, v.105, p.121-126, 1984.
- AL-SABTI, K.; METCALFE, C.D. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. **Mutation Research/Genetic Toxicology**, v.343, n.2-3, p.121-135, 1995.
- AMADO, L.L. *et al.* Biomarkers of exposure and effect in the Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* (Teleostei: Paralichthyidae) from the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). **Mar Pollut Bull**, v.52, p.207-213, 2006.
- ALMEIDA, F.L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, n.2, p.174-180, 2013.
- BARŠIENĖ, J.; RYBAKOVAS, A. Cytogenetic damage in gill and gonad cells of bivalve molluscs. **Ekologija**, v.54, n.4, p.245-250, 2008.
- BENVINDO-SOUZA, Marcelino *et al.* Micronucleus test in tadpole erythrocytes: trends in studies and new paths. **Chemosphere**, v.240, p.124910, 2020.



BILLER, J.D.; TAKAHASHI, L.S. Oxidative stress and fish immune system: phagocytosis and leukocyte respiratory burst activity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.4, p.3403-3414, 2018.

BOVERIS, A.; OSHINO, N.; CHANCE, B. **The Cellular Production of Hydrogen Peroxide** **Biochem. J.**, v.128, p.617-630, 1972.

BRANDÃO, L.E.D. *et al.* Comparative analyses of reproductive activity in *Schizodon kneri* (STEINDACHNER, 1875) (Characiformes: Anostomidae) in three sections of the São Francisco River basin. **Journal of Applied Ichthyology**, v.33, n.6, p.1118-1124, 2017.

BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods Enzymol.**, v.52, p.302-310, 1978.

CARRASCO, K.R.; TILBURY, K.L.; MYERS, M.S. Assessment of the Piscine Micronucleus Test as an in situ Biological Indicator of Chemical Contaminant Effects. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.47, 1990.

CHELLAPPA, S. *et al.* Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichlamonoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.63, n.1, p.17-26, 2003.

C. JÚNIOR, E.O.D.; PEREIRA, B.B.; MORELLI, S. Monitoring genotoxicity potential in the Mumbuca stream, Minas Gerais, Brazil. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v.78, n.20, p.1277-1287, 2015.

CLASEN, B. *et al.* Bioaccumulation and oxidative stress caused by pesticides in *Cyprinus carpio* reared in a rice-fish system. **Science of The Total Environment**, v.626, p.737-743, 2018.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v.2, 2014.

DE ANDRADE, V.M. *et al.* Fish as bioindicators to assess the effects of pollution in two southern Brazilian rivers using the Comet assay and micronucleus test. **Environmental and molecular mutagenesis**, v.44, n.5, p.459-468, 2004.

DE LIMA CARDOSO, R. *et al.* Histological and genotoxic biomarkers in *Prochilodus lacustris* (Pisces, Prochilodontidae) for environmental assessment in a Protected area in the Northeast of Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.101, n.5, p.570-579, 2018.

DEPLEDGE, M.H. The ecotoxicological significance of genotoxicity in marine invertebrates. **Mutation Research**, v.399, p.109-122, 1998.

DIETERICH, S. *et al.* Gene Expression of Antioxidative Enzymes in the Human Heart: Increased Expression of Catalase in the End-Stage Failing Heart. **Circulation**, v.101, p.33-39. 2000.



- FAVARATO, R.M. *et al.* Cytogenetic Characterization of Two *Metynnis* Species (Characiformes, Serrasalminidae) Reveals B Chromosomes Restricted to the Females. **Cytogenetic and genome research**, v.158, n.1, p.38-45, 2019.
- FERREIRA, R.; GODINHO, H. Reproductive biology of the white-piau, *Schizodonknerii* (STEINDACHNER, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in southeast Brazil. **European Archives of Biology**, v.101, p.331-344, feb.1990.
- FURNUS, G.N.A. *et al.* Baseline micronuclei and nuclear abnormalities frequencies in native fishes from the Paraná River (Argentina). **Brazilian Journal of Biology**, v.74, p.217-221, 2014.
- GILMOUR, K.M. The CO₂/pH ventilatory drive in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v.130, p.219-240, 2001.
- GOMES, I.D. *et al.* Opportunistic reproductive strategy of a non-native fish, the spotted metynnis *Metynnis maculatus* (KNER, 1858) (Characidae Serrasalminae) in a tropical reservoir in South-Eastern Brazil. **Tropical Zoology**, p.2-15, 2012.
- GRIFFITH, M.B. Toxicological perspective on the osmoregulation and ionoregulation physiology of major ions by freshwater animals: teleost fish, crustacea, aquatic insects, and mollusca. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.36, n.3, p.576-600, 2017.
- GRISOLIA, C.K. *et al.* Profile of micronucleus frequencies and DNA damage in different species of fish in a eutrophic tropical lake. **Genetics and Molecular Biology**, v.32, n.1, p.138-143, 2009.
- HABIG, W.H.; PABST, M.J.; JABOKY, W.B. Glutathione S-Transferases The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **The Journal of Biological Chemistry**, v.249, n.22, p.7130-7139, 1974.
- HALLIWELL, B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant Physiology**, v.141, n.2, p.312-322, 2006.
- HONJI, R.M.; MOREIRA, R.G. Controle neuroendócrino da ovogênese em peixes teleósteos. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, n.1, p.86-93, 2017.
- HONORATO-SAMPAIO, K. *et al.* Observations on the seasonal breeding biology and fine structure of the egg surface in the white piranha *Serrasalmus brandtii* from the São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v.75, n.7, p.1874-1882, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/piranhas/pesquisa/23/25124?tipo=ranking>. Acesso em: 19 abr. 2021.
- KIRSCHBAUM, A.A. *et al.* Cytogenotoxicity biomarkers in fat snook *Centropomus parallelus* from Cananéia and São Vicente estuaries, SP, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v.32, p.151-154, 2009.



LACERDA, D. *et al.* Comparative metal accumulation and toxicogenetic damage induction in three neotropical fish species with distinct foraging habits and feeding preferences. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.195, p.110449, 2020.

LANGGANI, F. *et al.* Riffle and pool fish communities in a large stream of southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.3, n.2, p.305-311, 2005.

LAURINDO, F.R.M. Redox Cellular Signaling Pathways in Endothelial Dysfunction and Vascular Disease. In: **Endothelium and Cardiovascular Diseases: Vascular Biology and Clinical Syndromes**. [S. l.]: Elsevier, 2018. p.127-145.

LI, X. *et al.* Effect of oxidation-reduction potential on performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture International**, v.22, n.4, p.1263-1282, 2014.

LIMA, L.B.D. *et al.* Use of biomarkers to evaluate the ecological risk of xenobiotics associated with agriculture. **Environmental Pollution**, v.237, p.611-624, 2018.

MADESH, M.; BALASUBRAMANIAN, K.A. Microtiter plate assay for superoxide dismutase using MTT reduction by superoxide. **Indian Journal of Biochemistry and Biophysics**, v.35, n.3, p.184-188, 1998.

MANNERVIK, B.; HELENA DANIELSON, U.; KETTERER, B. Glutathione Transferases-Structure and Catalytic Activit. **Critical Reviews in Biochemistry**, v.23, n.3, p.283-337, 1988.

MARQUES S.M. *et al.* Histopathological changes and erythrocytic nuclear abnormalities in Iberian green frogs (*Rana perezi* Seoane) from a uranium mine pond. **Aquatic Toxicology**, v.91, p.187-195, 2009.

MORRIS, C. *et al.* The physiology of fish in acidic waters rich in dissolved organic carbon, with specific reference to the Amazon basin: Ionoregulation, acid-base regulation, ammonia excretion, and metal toxicity. **Journal of Experimental Zoology. Part A, Ecological and Integrative Physiology**, v.335, n.9-10, p.843-863, 2021.

NELSON, D.P.; KIESOW, L.A. Enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide by catalase at 25 degrees C (with molar extinction coefficients of H₂O₂ solutions in the UV). **Analytical Biochemistry**, v.49, n.2, p.474-478, 1972.

NOGUEIRA, E.M.S.; SÁ, M.F. **A pesca artesanal no Baixo São Francisco: atores, recursos, conflitos**. Petrolina: Editora da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana, 2015.

OBIAKOR, M.O. *et al.* Eco-genotoxicology: micronucleus assay in fish erythrocytes as in situ aquatic pollution biomarker: a review. **Journal of Animal Science Advances**, v.2, n.1, p.123-133, 2012.

OLIVEIRA, C.A.C.R. *et al.* Genotoxicity assessment in two Amazonian estuaries using the *Plagioscion squamosissimus* as a biomonitor. **Environmental Science and Pollution Research**, p.1-13, 2022.



PEREIRA, T.S.B.; MOREIRA, R.G.; BATLOUNI, S.R. Dynamics of ovarian maturation during the reproductive cycle of *Metynnis maculatus*, a reservoir invasive fish species (Teleostei: Characiformes). **Neotropical Ichthyology**, v.11, n.4, p.821-830, 2013.

PETITJEAN, Q. *et al.* Stress responses in fish: from molecular to evolutionary processes. **The Science of the Total Environment**, v.684, p.371-380, 2019.

POMPEU, P. dos S.; GODINHO, H.P. Effects of extended absence of flooding on the fish assemblages of three floodplain lagoons in The Middle São Francisco River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.4, n.4, p.427-433, 2006.

PORTO, J.I.R.; ARAUJO, C.S.O.; FELDBERG, E. Mutagenic effects of mercury pollution as revealed by micronucleus test on three Amazonian fish species. **Environmental Research**, v.97, p.287-292, 2005.

RASHED, M.N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environ Int.**, v.27, n.1, p.27-33, 2001.

RÉ, A. *et al.* Impacts of wildfires in aquatic organisms: biomarker responses and erythrocyte nuclear abnormalities in *Gambusia holbrooki* exposed in situ. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, n.37, p.51733-51744, 2021.

SATO, Y. *et al.* Hipofisção do peixe anostomídeo piauí-branco *Schizodon knerii* da Bacia do Rio São Francisco. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.48, n.supl.1, p.63-70, 1996.

SERIANI, R. *et al.* Hematology, micronuclei and nuclear abnormalities in fishes from São Francisco River, Minas Gerais state, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.33, n.1, p.107-112, 2011.

SILVA, J.; HEUSER, V.; ANDRADE, V. Biomonitoramento ambiental. In: SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J. (Orgs.). **Genética Toxicológica**. Porto Alegre: Alcance, 2003. p.167-178.

SOARES, E.C. *et al.* A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020. 398p.

SOUZA, E.V. *et al.* Peixes como Bioindicadores para o Monitoramento Ambiental do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais sociais**. Maceió: Edufal, 2020. 398p.

SULA, E. *et al.* Digital light microscopy as a tool in toxicological evaluation of fish erythrocyte morphological abnormalities. **Microscopy Research and Technique**, p.1-8, 2019.

TRIP, E.D.L. *et al.* Temperate marine herbivorous fishes will likely do worse, not better, as waters warm up. **Marine Biology**, v.163, n.2, p.1-8, 2016.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Editora Oficina de Texto, 2011. 328p.



VASCONCELOS, M.G. **Avaliação integrada da qualidade da água do Rio Uberabinha-MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da ictiofauna.** 2012. 188f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Acessoem: 25 mai. 2021.

WALLIN, B. *et al.* Lipoprotein oxidation and measurement of thiobarbituric acid reacting substances formation in a single microtiter plate: its use for evaluation of antioxidants. **Analytical Biochemistry**, v.208, n.1, p.10-15, 1993.

WELKER, A.F. *et al.* Role of redox metabolism for adaptation of aquatic animals to drastic changes in oxygen availability. **Comparative Biochemistry and Physiology: a Molecular and Integrative Physiology**, v.165, n.4, p.384-404, 2013.

ZELHUBER, A.; SIQUEIRA, R. Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. Cadernos do Ceas. **Revista Crítica de Humanidades Ceas**. Recife: UCSal/Unicap, 2007.



CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE PESCADOS COMERCIALIZADOS EM FEIRAS LIVRES DE OITO MUNICÍPIOS DO BAIXO SÃO FRANCISCO, ALAGOAS, BRASIL

Julieta de Fátima Xavier da Silva¹

Ana Paula de Almeida Portela da Silva²

Heloísa de Carvalho Matos³

Rykelly Bezerra Santos⁴

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise microbiológica de pescados comercializados em feiras livres e/ou mercados públicos de oito municípios do Baixo São Francisco, durante a IV Expedição do São Francisco, no período de 1º a 10 de novembro de 2021. Foram coletadas amostras de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e de camarão (*Litopenaeus vannamei* e *Macrobrachium* sp.), *in natura* ou salgado seco. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis e transportadas em caixas isotérmicas, com gelo, para o Laboratório de Tecnologia do Pescado (Latepe) da Ufal, para processamento. Posteriormente, 25 g de cada amostra foi homogeneizada em 225 mL de água peptonada (0,1%) e realizadas diluições seriadas até 10⁻³. Em seguida, 1 mL de cada diluição foi semeada por *spread plate* na superfície de placas contendo meio de cultura específico. Foi utilizado o kit CompactDry, incubado a 34°C ± 1,0 por 24h, para análise bacteriana, e o Ágar Sabouraud Dextrose (SDA-Himedia®), suplementado com Tetraciclina a 0,1 µg/mL⁻¹, incubado a 25 ± 2°C, por até 12 dias, para análise fúngica. Foi detectada a presença de *Escherichia coli*, coliformes totais e *Staphylococcus aureus* na maior parte das amostras, sendo que os peixes comercializados nas feiras livres/mercados de Penedo, Piaçabuçu, Igreja Nova, São Brás, Piranhas e Propriá estavam com valores de *E. coli* UFC/g acima do permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), e os peixes comercializados em Igreja Nova, Piaçabuçu e Piranhas estavam com valores de *S. aureus* UFC/g acima do permitido pela Anvisa. Os camarões *in natura* (*Litopenaeus vannamei* e *Macrobrachium* sp., respectivamente) comercializados em Piaçabuçu e Propriá e os salgados secos (*Macrobrachium* sp.) vendidos em Igreja Nova também estavam com o número de *E. coli* UFC/g acima dos valores permitidos pela legislação vigente. Os camarões *in natura* comercializados em Propriá estavam com valores de *S. aureus* UFC/g muito acima do permitido. Todas as amostras analisadas apresentaram níveis de contaminação fúngica por bolores aceitáveis, segundo a legislação vigente, abaixo de 10⁴ UFC/g. As amostras obtidas dos municípios de Traipu, Piranhas e Pão de Açúcar foram as mais abundantes quanto ao número de fungos filamentosos, variando de 1,08 x 10² a 7,51 x 10³ UFC/g. Condições de temperatura, manipulação, processamento, armazenamento e, ainda, uso de água contaminada e condições higiênico-sanitárias inadequadas podem favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos. Desta forma, faz-se necessária a oferta de cursos e/ou palestras de capacitação sobre boas práticas de manipulação do pescado para feirantes, visando manter a qualidade do pescado para consumo.

1 Docente do curso de Engenharia de Pesca/UFAL/Unidade Educacional de Penedo

2 Docente do curso de Engenharia de Pesca/UFAL/Unidade Educacional de Penedo

3 Bióloga da UFAL/Unidade Educacional de Penedo

4 Graduada em Engenharia de Pesca/Unidade Educacional de Penedo



Palavras-chave: Microbiologia do Pescado. Microrganismos Mesófilos. Boas Práticas de Manipulação do Pescado.

INTRODUÇÃO

O pescado é um alimento considerado saudável, devido ao seu alto valor proteico e à presença de aminoácidos essenciais e ácidos graxos poli-insaturados, além de ter baixo teor de gordura e ser fonte de minerais, principalmente cálcio e fósforo, vitaminas A, D e do Complexo B (EVANGELISTA-BARRETO *et al.*, 2017). É facilmente encontrado em feiras livres; porém, as condições higiênico-sanitárias, muitas vezes, são insatisfatórias, podendo causar deterioração do alimento. Isso, associado às condições inadequadas de manuseio, armazenamento e refrigeração, favorece a multiplicação de bactérias e fungos, decorrendo em prejuízos à saúde humana (MARTINS, 2015).

O comércio informal do pescado gera diversas preocupações, pois tanto comerciantes, quanto consumidores, muitas vezes, não conhecem os cuidados para a higienização e conservação dos alimentos e os possíveis riscos de doenças relacionadas à proliferação de microrganismos (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Devido ao pescado ser um alimento perecível, sua manipulação, armazenamento, conservação, transporte e exposição devem seguir padrões sanitários adequados para que não acarrete risco à saúde dos consumidores, devido à veiculação de microrganismos patogênicos que podem causar infecções e intoxicações (ALMEIDA; MORALES, 2021).

Dentre os microrganismos, as bactérias são consideradas índices de sanidade e sua presença pode indicar que as condições de conservação da matéria-prima estão impróprias, representando condições higiênico-sanitárias inadequadas. A legislação brasileira, por meio da Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, preconiza limites para *Estafilococos coagulase positiva*/g, *Salmonella*/25g e *Escherichia coli*/g para diferentes categorias de pescado (BRASIL, 2019a).

Por outro lado, assim como as bactérias, a investigação de fungos é imprescindível, pois eles podem propiciar alterações no odor e no sabor dos alimentos, causando diferentes graus de deterioração através de contaminação cruzada, acarretando perigo à saúde humana, principalmente pela produção de micotoxinas (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Micotoxinas são metabólitos secundários com diferenciada estrutura química e propriedade biológica; podem estar bioacumuladas no pescado e causar efeitos diretos, no animal, e indiretos, no consumidor; ao serem ingeridas, podem causar micotoxicoses em animais e no homem, com efeitos carcinogênico, nefrotóxico e teratogênico (ATAYDE *et al.*, 2014).

Santos *et al.* (2019) alertam, ainda, para o cuidado com o pescado comercializado proveniente de criadouros, onde, muitas vezes, é feita a utilização de antibióticos na piscicultura; por sua vez, os medicamentos provocam resistência às bactérias presentes no meio, especialmente as do gênero *Aeromonas*, que podem causar gastroenterites. Portanto, a avaliação microbiológica é um fator relevante para o conhecimento das condições higiênico-sanitárias a que o pescado é exposto, apontando perigos que podem oferecer à saúde da população.

Bactérias e fungos podem deteriorar e contaminar alimentos, causando danos à saúde dos consumidores. Segundo dados divulgados pelo Ministério da Saúde, de 2009 a 2019, o pescado foi vinculado a 2,18% dos alimentos envolvidos nos surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) no Brasil (AMARAL *et al.*, 2021).



Diante do exposto, o presente estudo objetivou pesquisar bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, além de bolores em pescados comercializados em feiras livres/mercado público de oito municípios do Baixo São Francisco durante a IV Expedição do São Francisco, em novembro de 2021.

Locais de coleta

O presente trabalho foi desenvolvido nas feiras livres dos municípios de Pão de Açúcar, Piranhas, Traipu, São Brás, Propriá, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, no período de 1º a 10 de novembro de 2021.

Foram obtidas amostras de tilápia (*Oreochromis niloticus*) processadas *in loco*, em postas, das feiras de São Brás, Traipu e Propriá, e filés das feiras de Pão de Açúcar, Piranhas, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu (Figura 1). Também foram selecionadas amostras de camarão *Litopenaeus vannameii* *in natura* (em Penedo e Piaçabuçu) e *Macrobrachium* sp. *in natura* (em Propriá, no Estado de Sergipe), e *Macrobrachium* sp. salgado seco (em Pão de Açúcar, Igreja Nova e Piranhas) (Figura 2).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis e transportadas em caixa isotérmica com gelo para o Laboratório de Tecnologia do Pescado (Latepe) da Universidade Federal de Alagoas (Ufal), para iniciar as análises microbiológicas.

Figura 1 - Tilápia (*Oreochromis niloticus*) comercializada nas feiras dos municípios de Penedo (A), Piranhas (B), Igreja Nova (C) e São Brás (D)



Fonte: PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Figura 2 - Camarão comercializado nas feiras dos municípios de Propriá: *Macrobrachium* sp. *in natura* (A); Igreja Nova: *Macrobrachium* sp. cozido em água e sal (B); Piranhas: *Macrobrachium* sp. salgado seco (C); Penedo: *Litopenaeus vannamei in natura* (D)



Fonte: PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Quantificação de microrganismos específicos e processamento para isolamento de fungos filamentosos

A identificação e a quantificação de *Escherichia coli*, coliformes totais e *Staphylococcus aureus* foi realizada através de placas estéreis para detecção e quantificação microbiológica em matérias primas tipo CompactDry EC (*E. Coli* e coliformes) e CompactDry XSA (*S. aureus*) da Nissui Pharmaceutical.

A primeira etapa da análise consistiu na preparação e diluição das amostras coletadas, onde 25 g de cada amostra foi homogeneizada em 225 mL de água peptonada a 0,1%, referente à solução-mãe (Figura 3), e realizadas diluições seriadas de 10^{-1} até 10^{-3} . Em seguida, utilizou-se a técnica de plaqueamento em superfície (*spread-plate*), em que 1 mL de cada diluição foi inoculada em superfície, em placas CompactDry, incubadas a $34^{\circ}\text{C} \pm 1,0$ por 24 h. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC/g).

A inoculação dos fungos foi realizada com 1 mL de cada diluição em placa de Petri contendo Ágar Sabouraud Dextrose (SDA-Himedia®) suplementado com Tetraciclina a $0,1 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$, para evitar crescimento bacteriano (SILVA *et al.*, 2007). Em seguida, as placas

foram incubadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e monitoradas por até 12 dias, para observação do crescimento e posterior isolamento dos fungos. A purificação dos fungos ocorreu por meio de repiques sucessivos em SDA (Himedia®). Uma vez purificados, os isolados foram preservados, sob refrigeração, para posterior identificação por taxonomista da Micoteca (URM/UFPE).

Figura 3 - Amostras homogeneizadas em água peptonada (solução-mãe): Penedo (A); Piaçabuçu (B); Piranhas (C); Propriá-SE (D)



Fonte: MATOS; PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Contagem de bactérias específicas

Na Tabela 1, encontram-se as quantificações de *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes e *Staphylococcus aureus* UFC/g nas amostras de peixe e camarão comercializados nas feiras livres, após 24 horas de coleta.

Tabela 1 - Quantificação de *Escherichia coli* (EC), coliformes termotolerantes (C) e *Staphylococcus aureus* (SA) UFC/g nas amostras de peixe e camarão, após 24 horas (T= 34 ± 1°C)

Local de coleta	Peixe			Camarão		
	EC	C	SA	EC	C	SA
Pão de Açúcar	1,8 x 10 ¹	0,0	6,6 x 10 ¹	8,0 x 10 ¹	6,67 x 10 ¹	0,0
Penedo	1,4 x 10 ⁴	1,1 x 10 ¹	3,6 x 10 ²	1,67 x 10 ¹	0,0	1,8 x 10 ²
Piaçabuçu	1,0 x 10 ³	1,8 x 10 ¹	1,2 x 10 ³	8,7 x 10 ²	1,67 x 10 ¹	1,1 x 10 ²
Igreja Nova	1,1 x 10 ³	0,0	1,9 x 10 ³	1,1 x 10 ⁴	2,8 x 10 ¹	1,5 x 10 ²
São Brás	1,7 x 10 ³	2,6 x 10 ²	2,0 x 10 ¹	--	--	--
Piranhas	6,9 x 10 ³	1,8 x 10 ¹	1,3 x 10 ³	2,0 x 10 ¹	3,33 x 10 ¹	3,8 x 10 ²
Traipu	4,0 x 10 ¹	0,0	1,1 x 10 ²	--	--	-
Propriá	8,6 x 10 ⁴	1,0 x 10 ²	1,0 x 10 ³	INC	2,0 x 10 ¹	INC

* Nº UFC = número de unidades formadoras de colônia; -- = não amostrado.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A presença de *Escherichia coli* foi observada em grande parte das amostras analisadas, havendo uma variação de 1,8 x 10¹ a 8,6 x 10⁴ UFC/g nos peixes e 1,67 x 10¹ a 1,1 x 10⁴ nos camarões. Em cinco das amostras de peixe e cinco das amostras de camarão, foi observada a associação de *E. coli* com coliformes termotolerantes. Dentro do grupo dos coliformes, estão os termotolerantes, que podem ser patogênicos e são considerados sinais de condições higiênico-sanitárias de alimentos.

A legislação brasileira de 2001 (BRASIL, 2001b) não determinava limite de coliformes a 45°C para pescado *in natura* não consumido cru, mas preconizava limite máximo de 10² UFC/g para pescado salgado. Neste caso, pode-se considerar que todas as amostras de camarão ficaram abaixo do limite exigido, não demonstrando a presença destas bactérias. De acordo com Macena *et al.*, (2017), *E. coli* também faz parte do grupo dos coliformes termotolerantes e é a principal causa de doenças diarreicas via água e alimentos contaminados.

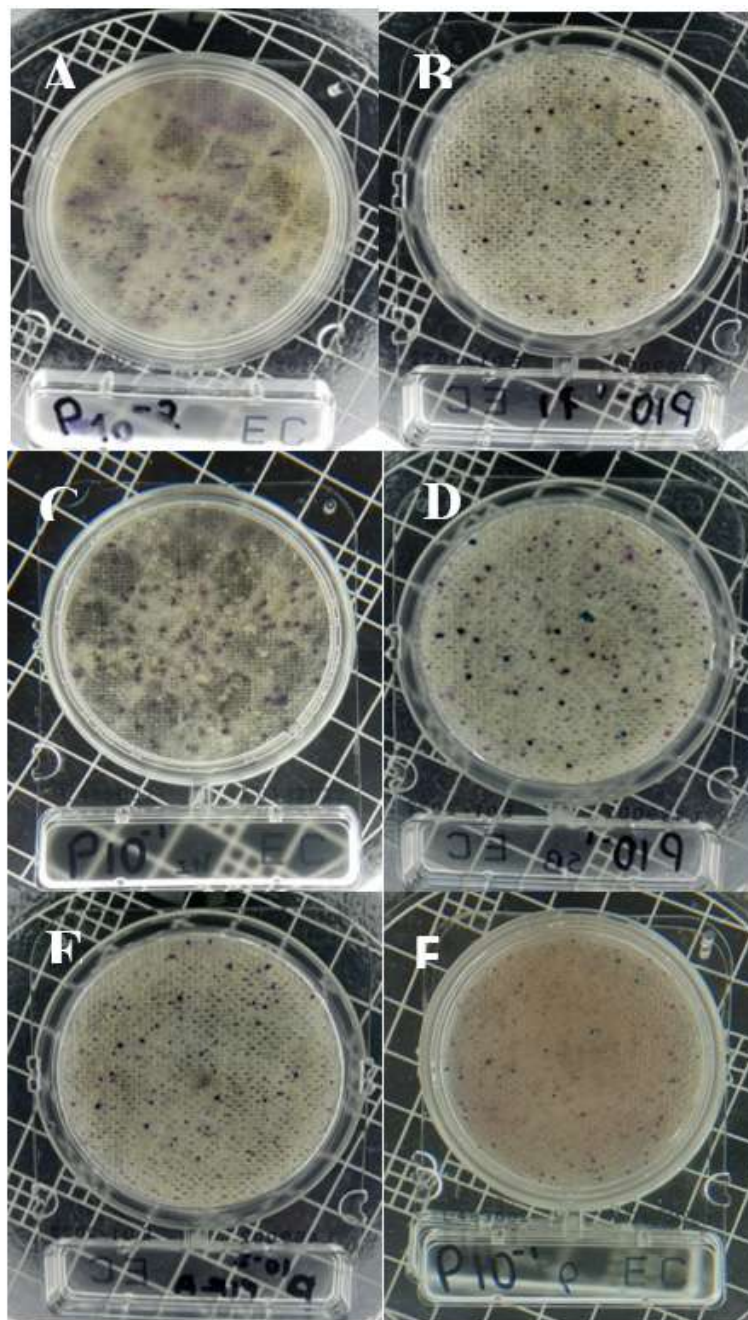
Com exceção de Pão de Açúcar e Traipu, os peixes (*Oreochromis niloticus*) *in natura* comercializados nas feiras livres/mercados de Penedo, Piaçabuçu, Igreja Nova, São Brás, Piranhas e Propriá (Figura 4) estavam com valores acima do permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que preconiza limite tolerável de 5 x 10² UFC/g de *Escherichia coli*/g para pescados (peixes, crustáceos, moluscos) e miúdos (ovas, moela, bexiga natatória) crus, temperados ou não, frescos, resfriados ou congelados não consumidos crus (BRASIL, 2019a).

A presença de *E. coli* ocorreu devido às precárias práticas higiênico-sanitárias durante o processamento e a comercialização dos peixes, como a provável utilização de água contaminada para a lavagem do pescado, a exposição do pescado a altas temperaturas em superfícies de contato inadequadas, como mesas de alvenaria ou revestidas com azulejos, mesas de madeira, carrinhos de mão, bandejas plásticas e toalhas; a não conservação dos peixes no gelo a partir de água potável e a falta de higiene pessoal e dos utensílios.

Os camarões *in natura* comercializados em Piaçabuçu (*Litopenaeus vannamei*) e Propriá (*Macrobrachium* sp.) (Figura 5) também estavam acima dos valores permitidos para

a mesma categoria específica de pescado mencionada anteriormente, possivelmente pelos mesmos motivos.

Figura 4 - Culturas de *Escherichia coli* e coliformes totais isoladas de amostras de peixes (*Oreochromis niloticus*) comercializados em feiras livres: Penedo (A) = 10^{-2} ; Piaçabuçu (B) = 10^{-1} ; Igreja Nova (C) = 10^{-1} ; São Brás (D) = 10^{-1} ; Piranhas (E) = 10^{-1} ; Propriá (F) = 10^{-1}

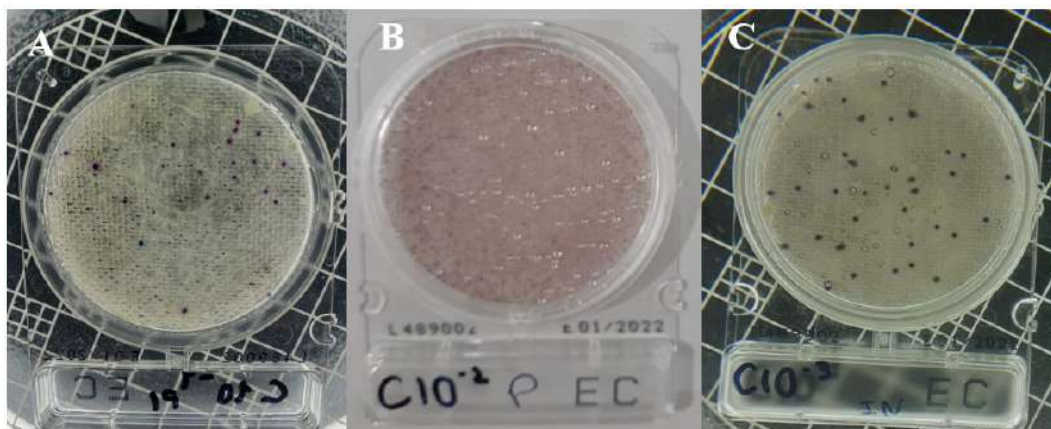


Fonte: MATOS; PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Os camarões (*Macrobrachium* sp.) salgados secos vendidos em Igreja Nova (Figura 5) estavam com valores acima do preconizado pela Anvisa, que determina limite não superior a 10^2 UFC/g de *Escherichia coli*/g para pescados (peixes, crustáceos, moluscos) e miúdos (ovas, bexiga natatória) salgados ou salgado secos, anchovados ou em salmoura (BRASIL, 2019a),

o que também indica condições higiênicas insatisfatórias, devido à contaminação microbiana de origem fecal e à eventual presença de organismos patogênicos.

Figura 5 - Culturas de *Escherichia coli* e coliformes totais isoladas de amostras de camarões comercializados em feiras livres. *Litopenaeus vannamei in natura* (A = 10^{-1} , Piaçabuçu); *Macrobrachium sp. in natura* (B = 10^{-2} , Propriá); *Macrobrachium sp.* salgado seco (C = 10^{-3} , Igreja Nova)



Fonte: MATOS; PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

O pescado salgado e seco resulta de um processo que envolve a combinação de duas técnicas: a salga e a secagem. Por meio delas, há uma redução ou inibição da atividade microbiológica e enzimática devido à redução da atividade de água (aw) por ação do sal e finalizada pela secagem. Embora o sal possa dificultar o crescimento microbiano em pescado, existem microrganismos que podem não ser inibidos em sua presença, desencadeando perda da qualidade, além de risco à saúde pública.

Microrganismos como *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* vêm sendo identificados em produtos salgados resistindo a concentrações de até 5% de sal (PINTO *et al.*, 2002; MOURA *et al.*, 2021). Por outro lado, Niamnuy *et al.* (2007) relataram a eficácia do aquecimento do camarão em solução de cloreto de sódio a 4% na redução da carga microbiana.

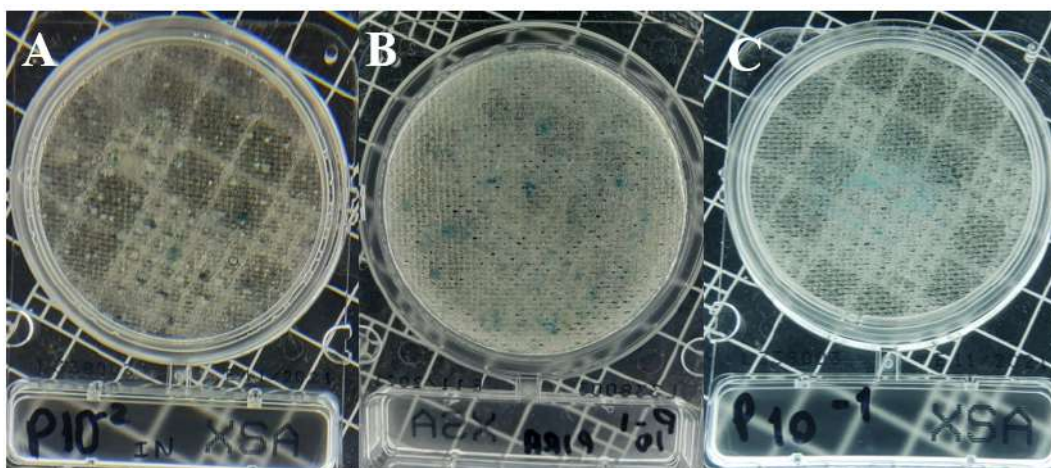
Possivelmente, o camarão salgado seco foi elaborado de forma artesanal, pré-cozido, desidratado por exposição solar durante horas ou dias e estocado em temperatura ambiente e sem embalagem, ou seja, com manipulação e processamento inadequados, sem qualquer acompanhamento técnico visando às boas práticas higiênico-sanitárias, o que favorece à contaminação cruzada e, conseqüentemente, à contaminação microbiana.

Em contrapartida, os camarões comercializados em Penedo (*in natura*) e Piranhas (salgado seco) estavam livres de contaminação por *Escherichia coli*, provavelmente porque o camarão comercializado em Penedo estava fresco, acondicionado em caixa de isopor com gelo de boa procedência, e o camarão salgado seco vendido em Piranhas possivelmente estava com teor de sal suficiente para diminuir a atividade de água e inibir a proliferação da *E. coli*.

A presença de *Staphylococcus aureus*, bactéria indicadora de ausência de higiene e de manipulação inadequada, foi identificada em todas as amostras de peixes comercializados nas feiras, porém apenas as amostras de Igreja Nova, Piaçabuçu e Piranhas (Figura 6) estavam com valores acima do limite tolerável pela Anvisa, de 10^3 UFC/g de *Estafilococos coagulase positiva*/g para pescados crus, temperados ou não, frescos, resfriados ou congelados (BRASIL, 2019a).

A *coagulase* é uma enzima produzida por algumas espécies de Estafilococos, principalmente *Staphylococcus aureus*, terceiro agente etiológico responsável por surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil entre os anos 2009 e 2019, correspondendo a 16% dos casos (AMARAL *et al.*, 2021). Acredita-se que concentrações de 10^5 UFC/g⁻¹ de *Staphylococcus* sp. enterotogênicos são capazes de produzir toxinas (LIRA *et al.*, 2013; EVANGELISTA-BARRETO, 2016), causando toxicose. As toxinas são produzidas no alimento e a sintomatologia ocorre após sua ingestão (CRIBB *et al.*, 2018).

Figura 6 - Culturas de *Staphylococcus aureus* isoladas de amostras de peixes (*Oreochromis niloticus*) comercializados em feiras livres (A = 10^{-2} - Igreja Nova, B = 10^{-1} - Piranhas, C = 10^{-1} - Piaçabuçu)



Fonte: MATOS; PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Sabe-se, ainda, que Estafilococos constituem a maior parte da microbiota natural da pele de humanos e animais (SCHLEIFER; BELL, 2009; MOURA *et al.*, 2021). A contaminação por este tipo de bactéria pode ocorrer durante o processo de estocagem e manipulação dos alimentos, devido à falta de higiene e de boas práticas na manipulação e preparação deles.

O grupo dos Estafilococos tem capacidade de sobrevivência e multiplicação em uma concentração de cloreto de sódio de até 15% e produz enterotoxina em concentrações de sal de até 10%, o que faz com que os alimentos curados também sejam veículos potenciais de intoxicação (SANTANA *et al.*, 2010; SILVA, 2020). Contudo, houve presença de *Staphylococcus aureus* em todas as amostras de camarão salgado seco, com exceção do vendido em Pão de Açúcar, e em todas as amostras de camarão *in natura*; porém, todas as amostras estavam dentro do limite preconizado pela Anvisa, de 10^4 UFC/g para pescado desidratado e 10^3 UFC/g para pescado cru, respectivamente (BRASL, 2019a), com exceção do camarão *in natura* comercializado em Propriá, que estava com valores acima do permitido pela legislação.

Possivelmente, a presença de *S. aureus* em pescados salgados secos pode estar ligada ao efeito conservador limitante do cloreto de sódio; talvez pelo descuido com a limpeza e desinfecção das superfícies ou, ainda, pelas condições de conservação e estocagem inapropriadas desses produtos. Silva *et al.* (2016) ressaltam que mesmo que a maioria das amostras não estejam acima do preconizado pela legislação, os valores encontrados merecem atenção, pois

demonstram que houve falhas no processo de produção, o que é indicativo de ausência de boas práticas de manipulação e pode se tornar um risco potencial para a saúde pública.

Contagem de UFCs e isolamento de fungos filamentosos

Foram obtidas 14 amostras de pescado (peixe e camarão), das 8 cidades visitadas pela IV Expedição Científica do São Francisco. Em todas as amostras houve crescimento fúngico, exceto no peixe de Propriá, porque o crescimento bacteriano acelerado impossibilitou a proliferação e a análise dos fungos. Na Tabela 2, estão quantificadas as Unidades Formadoras de Colônia (UFCs), por cidade/diluição.

Tabela 2 - Quantificação de Unidades Formadoras de Colônia (UFCs) de bolores UFC/g nas amostras de peixe e camarão, após 12 dias de incubação ($T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$)

Local de coleta	Peixe	Camarão
Pão de Açúcar	$1,08 \times 10^2$	$1,03 \times 10^3$
Penedo	$6,6 \times 10^2$	$4,2 \times 10^1$
Piaçabuçu	$3,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^1$
Igreja Nova	$6,8 \times 10^2$	$2,9 \times 10^3$
São Brás	$1,06 \times 10^3$	--
Piranhas	$3,4 \times 10^2$	$7,51 \times 10^3$
Traipu	$1,42 \times 10^3$	--
Propriá	0	$3,8 \times 10^1$

* N° UFCs = número de unidades formadoras de colônia; -- = não amostrado.

Fonte: Elaborada pelos autores.

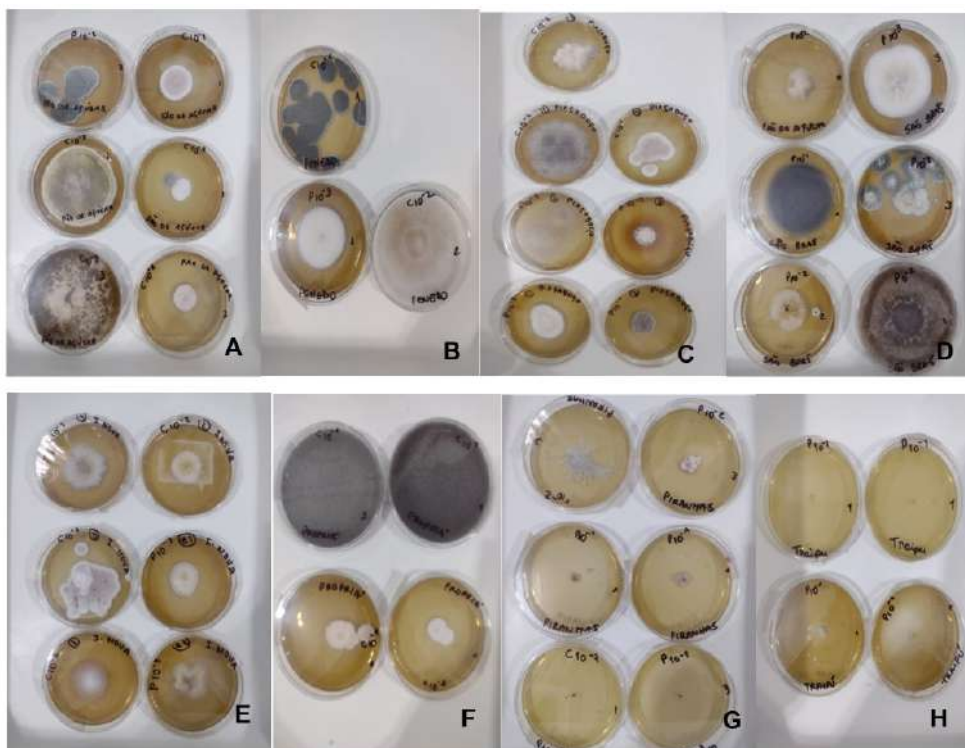
No total, foram isoladas 42 culturas de fungos filamentosos de todas as cidades amostradas. O aspecto macroscópico pode ser visualizado nas colônias abaixo (Figura 3). As amostras obtidas dos municípios de Traipu, Piranhas e Pão de Açúcar foram as mais abundantes quanto ao número de fungos filamentosos; Propriá, Piaçabuçu e Penedo foram os municípios com menos isolados encontrados. O substrato peixe com maior presença de fungos foi o de Traipu e o substrato camarão com maior presença de fungos foi o de Piranhas.

Apesar do camarão comercializado em Piranhas, salgado e seco, não apresentar contaminação por *E. coli*, na análise para bolores houve alta incidência. De forma semelhante, o peixe em Traipu não apresentava valores acima da recomendação de segurança da Anvisa, nem para *E. coli*, nem para *S. aureus*, mas se destacou no número de UFCs de fungos filamentosos. Possivelmente, isso está associado às condições inadequadas de armazenamento, exposto a altas temperaturas, sem higiene adequada das mãos e dos utensílios.

Do total de isolados (42), foram purificadas 15 culturas. Destas, foram identificados dois gêneros e 9 isolados ainda aguardam identificação. Dentre os fungos identificados, os mais frequentes foram do gênero *Penicillium* sp. (4 isolados, 66,6%) e *Aspergillus* sp. (2 isolados, 33,3%). Todos os isolados serão preservados, sob refrigeração, para posterior identificação da espécie, por taxonomista da Micoteca (URM/UFPE), pois, devido à pandemia da Covid-19, a organização ainda não estava recebendo amostras de outras instituições para identificar.



Figura 3- Isolados de fungos filamentosos do pescado das cidades visitadas: Pão de Açúcar (A); Penedo (B); Piaçabuçu (C); São Brás (D); Igreja Nova (E); Propriá (F); Piranhas (em crescimento) (G); Traipu (em crescimento) (H)



Fonte: MATOS; PORTELA-SILVA; XAVIER-SILVA, 2021.

Embora a legislação em vigor não especifique o número máximo de UFCs de fungos filamentosos (bolores) e leveduras no pescado e em outras carnes, e nem a taxa de metabólitos produzidos por eles, pode-se considerar como referência o padrão permitido para produtos alimentícios com condições de atividade de água similares, que é de, no máximo, 10^4 UFC/g (BRASIL, 2001; BRASIL, 2019).

Deste modo, os resultados encontrados neste trabalho demonstram níveis de contaminação aceitáveis; porém, os municípios de Traipu, Piranhas e Pão de Açúcar necessitam de atenção especial, por estarem próximos ao limite recomendado pela legislação.

De forma semelhante à descrita, em estudos realizados com amostras de camarão *Macrobrachium amazonicum* em Santarém (PA), os gêneros de fungos filamentosos mais frequentes foram *Aspergillus* Micheli (29%) e *Penicillium* Link (22%); e as amostras oriundas de feiras apresentaram maior percentual de contaminação (58%) em relação às provenientes dos supermercados (42%) (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Estes gêneros, e ainda o *Fusarium*, são os principais responsáveis pela síntese de toxinas. Dentre as principais micotoxinas, toxinas produzidas por fungos, destacam-se: aflatoxina, ocratoxina e fumonisina (SUN *et al.*, 2015; MUNAWAR *et al.*, 2019), todas com potencial efeito hepatotóxico, carcinogênico, nefrotóxico e teratogênico, em animais e humanos.

A presença de microrganismos no pescado é preocupante, devido às toxinas produzidas, que podem causar diminuição do crescimento, queda na alimentação e aumentar a suscetibilidade a doenças, além do efeito de bioacumulação dessas toxinas no tecido muscular, podendo acarretar contaminação humana indireta (ATAYDE *et al.*, 2014). Daí, surge a

demanda pela manutenção da qualidade e da inocuidade do pescado, tendo em vista um alimento seguro, havendo a necessidade de cuidados em todas as etapas da cadeia produtiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo a Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, que estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos, as análises microbiológicas deste estudo sugerem que apenas as feiras livres que comercializam pescado em Pão de Açúcar e Traipu estão dentro dos valores estabelecidos pela legislação, quanto ao número de UFCs de bactérias mesófilas.

A presença de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* nas amostras de peixes e camarões in natura e de *Escherichia coli* em camarão salgado e seco está associada a várias condições, como: ausência de boas práticas de manipulação do pescado durante o processamento, exposição e estocagem; deficiência na higiene pessoal; saneamento básico precário e qualidade da água inapropriada para a lavagem do pescado e das mãos.

Os gêneros de fungos presentes nas amostras, *Aspergillus* Micheli e *Penicillium* Link, também alertam para a necessidade de cuidados e boas práticas de manipulação do pescado, pois têm potencial conhecido como produtores de micotoxinas.

Embora produtos salgados secos tenham a atividade de água reduzida de forma a inibir ou diminuir o crescimento microbiano, alguns microrganismos podem resistir, principalmente quando o produto é submetido a condições precárias de higiene, possibilitando a contaminação por microrganismos patogênicos, que podem produzir e liberar toxinas que causam intoxicação alimentar ao consumidor. A simples utilização de gelo, a partir de água potável, para a conservação do pescado poderia assegurar sua inocuidade, assim como a exposição em instalações pesqueiras adequadas.

Levando em consideração os resultados obtidos no presente trabalho, faz-se necessária uma fiscalização eficiente, a fim de orientar e tomar as medidas cabíveis para evitar a contaminação do alimento, bem como há necessidade de ofertar cursos ou palestras de capacitação de boas práticas de manipulação do pescado para feirantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.C.; MORALES, B.F. Análise das condições microbiológicas e higiênico-sanitárias da comercialização de pescado em mercados públicos de Itacoatiara, Amazonas, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p. 32247-32269, 2021.

AMARAL, S.M.B. *et al.* Panorama dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil no período de 2009 a 2019. **Recima21**, v.2, n.11, e211935, 2021.

ATAYDE, H.M. *et al.* Fungos toxigênicos e micotoxinas na alimentação de peixes: uma revisão. **Scientia Amazonia**, v.3, n.3, p.59-71, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. **Diário Oficial da União**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Ministério da Saúde, 2001b.



CRIBB, A.Y. et al. **Manual técnico de manipulação e conservação de pescado**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EVANGELISTA-BARRETO, N.S.; DA SILVA, R.A.R., CERQUEIRA, B.N. Qualidade microbiológica e físico-química do camarão salgado, seco e defumado comercializado em Cruz das Almas, Recôncavo da Bahia. **Acta Fish**, v.4, n.2, p.1-7, 2016.

EVANGELISTA-BARRETO, N.S. et al. Condições higiênicas-sanitárias e grau de frescor do pescado comercializado no mercado de peixe em Cachoeira, Bahia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.11, n.1, p.60-74, 2017.

LIRA, G.M. et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica do camarão espigão (*Xiphopenaeus kroyeri*) (HELLER, 1862). **Boletim do Ceppa**, v.31, n.1, p.151-160, 2013.

MACENA, T.N.S. et al. Análise qualitativa do perfil microbiológico de peixe *in natura* comercializado no Mercado Municipal de Teixeira de Freitas, BA. **Mosaicum**, ano 13, n.25, jan.-jun. 2017.

MARTINS, Caio Willian de Santana. **A comercialização de peixes em feiras públicas, nos municípios de Feira de Santana e Cruz das Almas, Bahia**. 2015. 41f. Monografia (Curso de Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

MOURA, G.F. et al. Avaliação microbiológica de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) salgado seco comercializado no município de Cuiabá-MT. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.12, p. 117188-117205, 2021.

MUNAWAR, H.; KARIM, K.; PILETSKY, S.A. Utilization of synthetic antibody for fumonisin determination in feed and food. **Wartazoa**, v.29, n.2, p.51-60, 2019.

NIAMNUY, C.; DEVAHASTIN, S.; SOPONRONNARIT, S. Quality changes of shrimp during boiling in salt solution. **Journal Food Science**, v.72, n.5, p.S289-S297, 2007.

OLIVEIRA, C.E.S. et al. Diversidade fúngica presente em amostras de camarão *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) salgado e seco comercializado em Santarém-Pará. **Scientia Amazonia**, v.8, n.2, CAm45-CAm55, 2019.

PINTO, M.F. et al. Charqui meats and fermented meat products: role of bacteria for some sensorial development. **Meat Science**, v.61, p.187-191, 2002.

SANTANA, E.H.W. et al. Estafilococos em alimentos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.3, p.545-554, 2010.

SANTOS, E.J.R. et al. Qualidade higiênico-sanitária de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado na cidade de São Luís-MA. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.20, p.1-12, 2019.

SCHLEIFER, K.; BELL, J.A. Famyli VIII *Staphylococcaceae* fam. nov. In: DEVOS, P. et al. **Bergey's Manual of Sytematic Bacteriology**, 2.ed, v.3. Nova York: Springer, 2009. p.32.



SILVA, N. *et al.* **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. 4.ed. São Paulo: Editora Varela, 2007.

SILVA, J.B. *et al.* Avaliação higiênico-sanitária de estabelecimentos comerciais e análise de micro-organismos indicadores em amostras de carne bovina (coxão mole) *in natura* comercializadas em mercados públicos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.75, n.1709, 2016.

SILVA, J.B. *et al.* Detecção de *Staphylococcus coagulase* positivo em peixes salgados e secos. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v.6, n.2, p.6681-6692, fev. 2020.

SUN, W. *et al.* A reliable liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for simultaneous determination of multiple mycotoxins in fresh fish and dried seafoods. **Journal of Chromatography**, v.1387, n.1, p.42-48, 2015.



CAPÍTULO 7 - MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO (MAP) DO RIO SÃO FRANCISCO

Alfredo Borie-Mojica¹

Resumo: A acústica passiva tornou-se uma ferramenta eficiente para detectar sons biológicos e antropogênicos na região do Baixo São Francisco, onde foi, predominante, a produção de sons característicos de pelo menos três tipos de crustáceos e 18 tipos de peixes em sete locais de coleta, de Piranhas à foz. Os sons de peixes ocorreram praticamente em todas as localidades e foram compostos por pulsos individuais ou trem de pulsos com média de duração e número entre 0,4 segundos e 10,8 pulsos, e pico de frequência em 397,5 Hz, sendo raramente detectados sons longos, o que caracterizaria indivíduos machos sexualmente maduros, não sendo entradas agregações reprodutivas. Foi detectada a ocorrência de estalos de camarões (espécies comumente encontradas em ambientes estuarinos e marinhos) em todas as coletas a partir de Porto Real do Colégio, incluindo a foz, onde houve maior ocorrência, podendo indicar ampla tolerância e sobrevivência em água doce ou baixa salinidade. Com isto, recomendam-se mais esforços de coleta utilizando, de forma complementar, a acústica passiva como sistema de monitoramento, junto com a continuidade de ações locais de repovoamento de espécies nativas ao longo do Baixo São Francisco.

Palavras-chave: Ictiofauna. Comportamento. Reprodução. Camarão.

INTRODUÇÃO

Monitorar alterações dos ambientes e seus habitantes é uma necessidade crítica de gestão e um desafio tecnológico considerável. Em muitos habitats aquáticos, o monitoramento a médio e longo prazos é uma tarefa desafiadora. Neste sentido, o método acústico passivo pode ser um meio eficaz para avaliar as atividades biológica (produzida por organismos aquáticos) e antrópica (produzida através de diferentes embarcações) em locais onde o monitoramento contínuo por métodos de pesquisas tradicionais é impraticável.

Diversos organismos aquáticos são capazes de emitir sons para a comunicação associados a diferentes tipos de comportamentos (TYACK, 1998). O conjunto destes sons permite definir a paisagem acústica de muitos ambientes, indicando o grau de diversidade de espécies e o estado de conservação do ambiente, além de ser útil para avaliar a distribuição dos organismos (PIJANOWSKI *et al.*, 2011; FARINA; PIERETTI, 2012).

Para estudar a paisagem acústica e os sons que a compõem, recentemente, vem sendo utilizado o método acústico passivo, que se baseia em ouvir os sons produzidos por organismos sonoros, possibilitando a utilização dos sons como verdadeiros marcadores naturais das espécies, uma vez que são espécie-específicos.

O monitoramento acústico subaquático apresenta uma abordagem viável, não invasiva e amplamente inexplorada para monitorar ecossistemas de água doce, fornecendo informações sobre os três principais elementos ecológicos dos ambientes aquáticos: (1) peixes, (2) macroinvertebrados e (3) processos físico-químicos – bem como fornece dados sobre os níveis de ruído antropogênico (LINKE *et al.*, 2018).

¹ Universidade Federal de Alagoas, UE Penedo. alfredo.mojica@penedo.ufal.br.



A importância ecológica da paisagem acústica em água doce está apenas no início do processo de ser reconhecida pela sociedade. Os cientistas estão começando a aplicar os métodos de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), bem estabelecidos nos sistemas marinhos, aos sistemas de água doce, para mapear padrões espaciais e temporais de comportamentos associados aos sons biológicos, bem como os impactos do ruído sobre eles (ROUNTREE *et al.*, 2019).

A acústica passiva também provê benefícios importantes para a investigação científica, já que é uma ferramenta observacional não invasiva e não destrutiva, com capacidade de monitoramento remoto permanente ou de longa duração, e fornece importantes informações sobre padrões diários e sazonais (ROUNTREE *et al.*, 2006).

O Baixo São Francisco vem enfrentando problemas ambientais com fortes consequências sociais e econômicas (SOUZA; LEITÃO, 2000), causadas por diversos fatores, dentre eles: diminuição do seu volume e velocidade, contaminação e sobrepesca (MARTINS *et al.*, 2011; ZELHUBER *et al.*, 2016), afetando a biodiversidade de peixes (GOMES; BRITO, 2017; SOARES *et al.*, 2020) e crustáceos (MONTENEGRO *et al.*, 2001), sua distribuição e a atividade pesqueira, com a diminuição e até a extinção de algumas espécies comerciais.

No Brasil, pesquisas da passagem acústica utilizando a ferramenta acústica passiva em águas continentais são recentes e escassas. Assim, o objetivo deste trabalho, pioneiro na região, foi realizar o Monitoramento Acústico Passivo para avaliar a paisagem acústica e a produção de sons biológicos (principalmente de peixes e crustáceos) na região do Baixo São Francisco. A relação entre o som e os parâmetros reprodutivos tem-se mostrado positiva para algumas espécies de peixes. Espécies de peixes neotropicais em água doce, como é o caso do curimatã-pacu (Prochilodontidae), podem produzir sons no ambiente natural durante o período reprodutivo (BORIE *et al.*, 2019; SATO; GODINHO, 2003).

Monitoramento Acústico Passivo (MAP) no Rio São Francisco

Os sons subaquáticos foram coletados durante a III e a IV Expedições Científicas no Baixo São Francisco, realizadas entre 30 de novembro e 10 de dezembro de 2020 e 31 de outubro a 10 de novembro de 2021, respectivamente. Os locais amostrados foram: Piranhas, Pão de Açúcar, Porto Real do Colégio, Penedo (confluência com o Rio Boacica), Piaçabuçu (confluência com o Rio Piauí) e foz.

Os dados acústicos foram obtidos utilizando um gravador subaquático do modelo “SoundTrap (ST) 300” (Ocean Instrument, New Zealand). O STD é destinado para uso geral de medições de ruído aquáticos com uma gama de 20 Hz a 60 kHz, com frequência de amostragem 48 kHz e 16 bits. Este sistema permitiu avaliar os padrões sonoros biológicos e antrópicos sazonais e temporais, juntamente com as temperaturas que ocorrem nos locais durante o período de estudo.

O ST foi fixado a um cabo de polietileno e ancorado no fundo, utilizando uma garateia; foram utilizadas boias para a armação do equipamento no fundo (Figura 1). As gravações ocorreram em áreas com profundidades de 1 a 6 metros e foram realizadas do final da tarde até o início da manhã do dia seguinte (aproximadamente entre 17h e 06h30), devido à maior ocorrência de sinais acústicos nesse horário.

Após o recolhimento do hidrofone (ST) em cada ponto, os dados foram descarregados em um computador portátil, onde foi feita uma avaliação utilizando programa de áudio



Audacity® (www.audacityteam.org) e determinado o tempo inicial e final de cada evento sonoro passível de ser ouvido, assim como a alta e a baixa frequências.

Os diferentes tipos de sons foram detectados e selecionados manualmente no Audacity, através do espectrograma em escala logarítmica, frequência mínima e máxima de 100 e 48000 Hz, respectivamente, com janela Hann de tamanho 2048.

O programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab) foi utilizado para avaliar os tipos de sons detectados, individualizados e selecionados, sendo efetuados cortes de diferentes comprimentos nas gravações para logo serem gerados oscilogramas e espectrogramas. Os sons também foram filtrados seguindo as bandas de frequência que apresentavam para as análises de parâmetros acústicos, como: Frequência mínima (Hz), Frequência máxima (Hz), Pico da frequência (Hz), Duração do som (seg.), Número de pulsos por som e Taxa de pulsação (pulsos/seg.).

O programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab) foi utilizado para avaliar os tipos de sons detectados onde foram efetuados cortes de diferentes comprimentos (duração) nas gravações para serem gerados oscilograma, espectrogramas e espectros de potência.

Figura 1 - Sistema de gravação autônomo (A); instalação da flutuação e sinalização (B); gravador autônomo SoundTrap 300

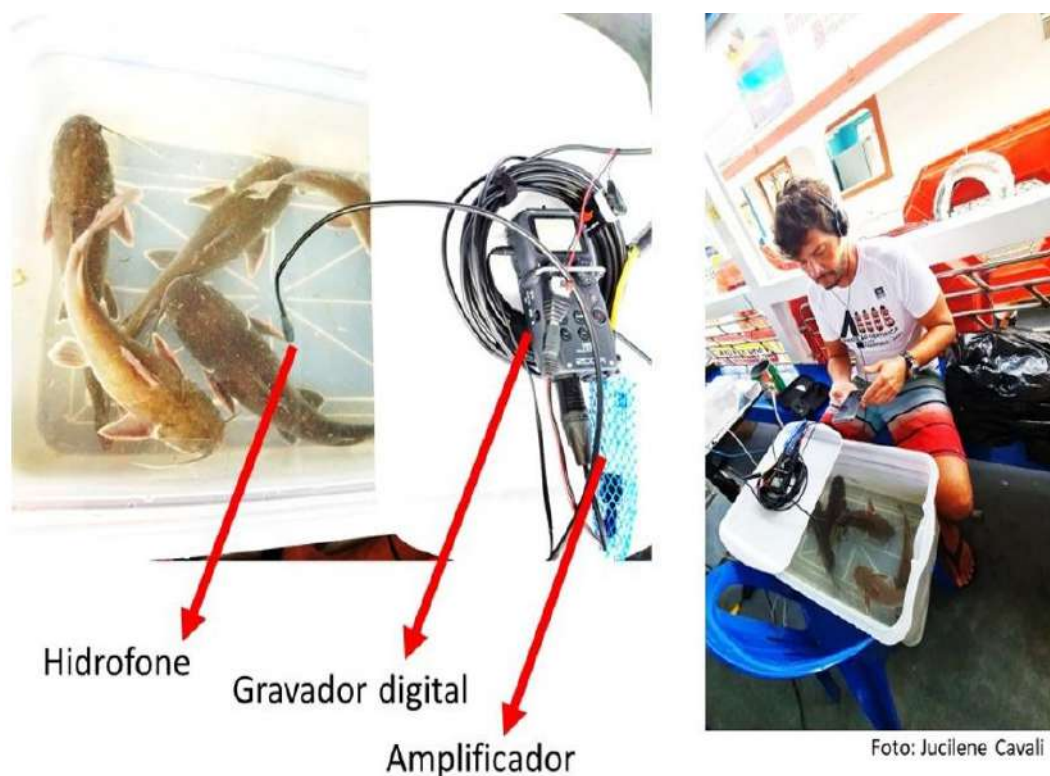


Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Sons gravados em cativeiro

Com o objetivo de validar os sons detectados na natureza, o método acústico passivo foi também utilizado, via SoundTrap, bem como um sistema de gravação portátil composto de um hidrofone científico AS-1, junto com um pré-amplificador PA-4, ambos da Aquarian Áudio, acoplado a um gravador digital Zoom H5 (Figura 2). Este sistema foi utilizado para avaliar a produção de sons do bagre-branco (*Cathorops agassizii*) em aquário. As gravações ocorreram a bordo da embarcação, na região de Piaçabuçu, mesmo local de captura dos peixes por pescadores profissionais. Isto permitirá avaliar a ocorrência e a distribuição desta espécie no ambiente natural.

Figura 2 - Sistema de gravação portátil utilizado para as gravações a bordo da embarcação e no ambiente natural



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Também foram realizados dois experimentos independentes com duas espécies representativas do Baixo São Francisco, sendo elas o camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*) e o peixe curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*).

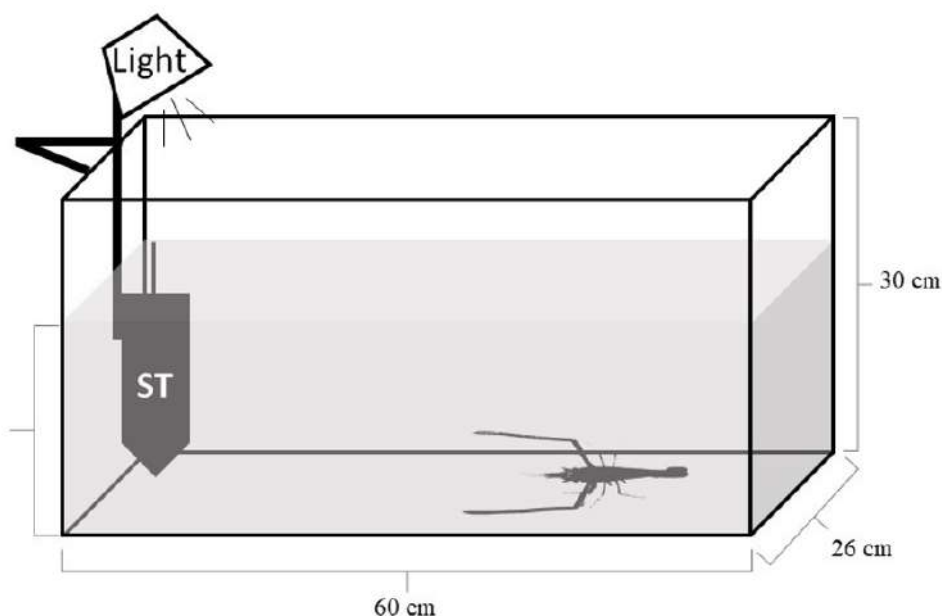
Para avaliar a produção de sons durante a atividade alimentar do camarão-canela em condições controladas, foram coletados exemplares provenientes de ambiente natural, no Baixo São Francisco, na região de Penedo (Alagoas), por pescadores artesanais. Após a captura, os camarões foram transferidos ao Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura da Universidade Federal de Alagoas, Unidade Educacional Penedo. Para a realização dos experimentos, foram selecionados apenas animais sem nenhum dano aparente. Após aclimação, foram escolhidos 6 indivíduos adultos para analisar a produção de sons durante a atividade alimentar.

Os indivíduos selecionados permaneceram dois dias em jejum alimentar. As gravações e observações ocorreram em um aquário de vidro autoadesivo preto, para evitar a interferência de movimentação ou de luz ambiente, com uma luz fluorescente branca para ocasionar melhor visualização dos espécimes (Figura 3). As gravações foram realizadas utilizando um hidrofone SoundTrap 300. A taxa de amostragem das gravações foi de 96 kHz. Durante as gravações, a aeração foi retirada, para evitar qualquer tipo de ruído que viesse a interferir nas análises. Para as gravações, foram ofertados 5 pellets de tamanho para cada camarão e, assim, visualizar e individualizar a captura do pellet no momento da alimentação.

Após o recolhimento dos gravadores autônomos (SoundTrap), os dados foram transferidos para um computador, utilizando programa de áudio Audacity, que também foi empregado para selecionar partes dos áudios para posteriores análises. Para uma avaliação

da distribuição das bandas de frequência no tempo e da energia acústica, foram elaborados espectrogramas e espectros utilizando o programa acústico RAVEN PRO 1.4. A caracterização individual de cada sinal é realizada por meio de parâmetros acústicos medidos utilizando oscilogramas e espectrogramas.

Figura 3 - Dimensões do aquário e posicionamento do hidrofone SoundTrap (ST) para as gravações durante a atividade alimentar do camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*)



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

A avaliação da produção de sons durante o processo de reprodução induzida do curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) foi realizada nas instalações do Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros do São Francisco (Ceraqua/SF), com gravações dentro e fora da água (no momento da extrusão), antes e depois da indução reprodutiva, durante 24 horas contínuas.

Para a gravação dentro d'água, usou-se um hidrofone (SoundTrap 300) e para a captura do som fora d'água foi usado um gravador digital. O hidrofone foi instalado em tanques de alvenaria (4m x 1m), com profundidade de 60 cm (Figura 4).

Figura 4 - Hidrofone instalado no tanque de alvenaria do Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros do São Francisco (Ceraqua/SF)



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Mecanismos sonoros de peixes do Rio São Francisco

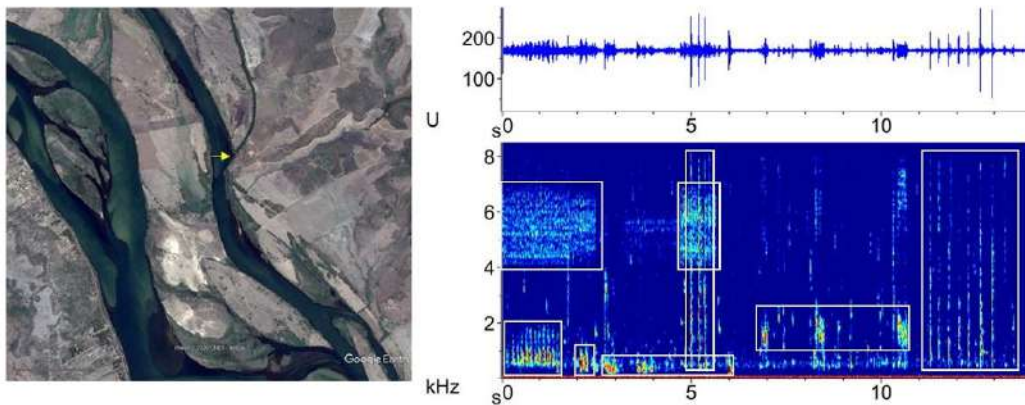
Foi avaliado o mecanismo sonoro de alguns peixes capturados por pescadores profissionais que fazem parte das Expedições Científicas e que produziram algum tipo de som durante sua captura, como foi o caso das espécies: piau-três-pintas (*Megaleporinus obtusidens*), bagre-branco (*Cathorops agassizii*), pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e piranha-verdadeira (*Pygocentrus piraya*).

Os resultados ressaltam a importância da utilização da acústica passiva como ferramenta observacional, não invasiva e não destrutiva como sistema de monitoramento da fauna aquática na região do Baixo São Francisco.

As análises de dados acústicos coletados na região do Baixo São Francisco vêm permitindo avaliar e monitorar, até o momento, a produção de 21 sons biológicos (18 peixes e 3 crustáceos) e 3 tipos de ruídos de embarcações onde, na região de Piaçabuçu, ainda são encontradas características acústicas similares a ambientes estuarinos, consequência da diminuição da vazão e aumento da cunha salina. Também vem sendo possível acompanhar as ocorrências predominantes de sons característicos de crustáceos, provavelmente emitidos por camarões de importância comercial para as comunidades ribeirinhas e para a pesca artesanal, como é o caso do camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*), sendo detectados, principalmente, em períodos crepusculares. Assim, também se esperam novos registros acústicos, com a continuidade do monitoramento. Os sons biológicos no Baixo São Francisco foram compostos, principalmente, por cliques e estalos de camarões, com padrões similares aos encontrados durante a II Expedição Científica, realizada no final de 2019 (BORIE, 2020).

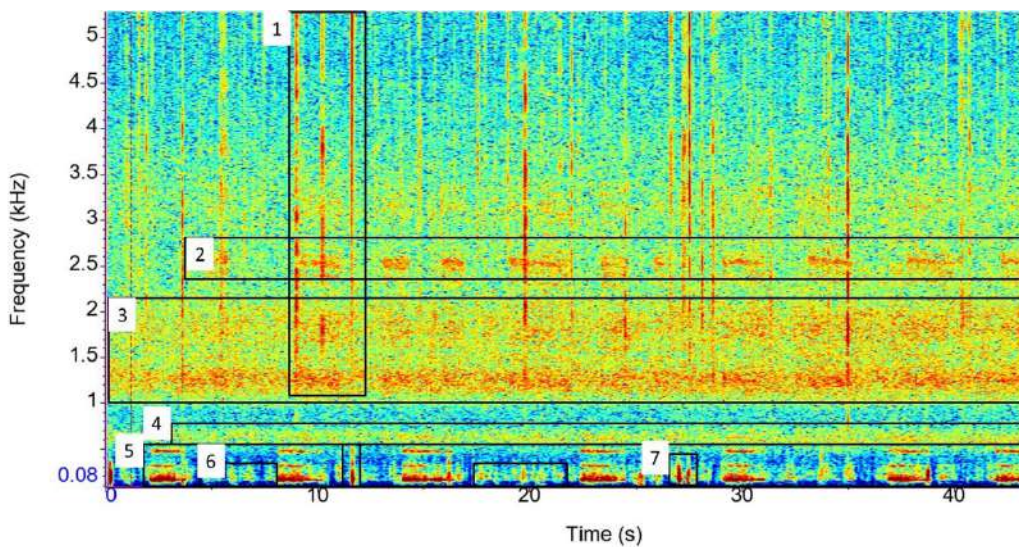
Nas áreas de confluência do Rio São Francisco com o Rio Boacica (Figura 5), assim como na foz (Figura 6), também foi possível detectar sons característicos de crustáceos com frequências entre 4 kHz e 7 kHz, e diferentes tipos de peixes com frequências menores a 2 kHz, sendo, na foz, sons de peixes com frequências menores a 1 kHz. Também foi possível detectar os sons de outras espécies de peixes com diferentes padrões acústicos de frequência e variações temporais do trem de pulsos em diversas localidades (Figura 7).

Figura 5 - Sons de peixes e crustáceos detectados na confluência dos rios Boacica e São Francisco, próximo à cidade de Penedo



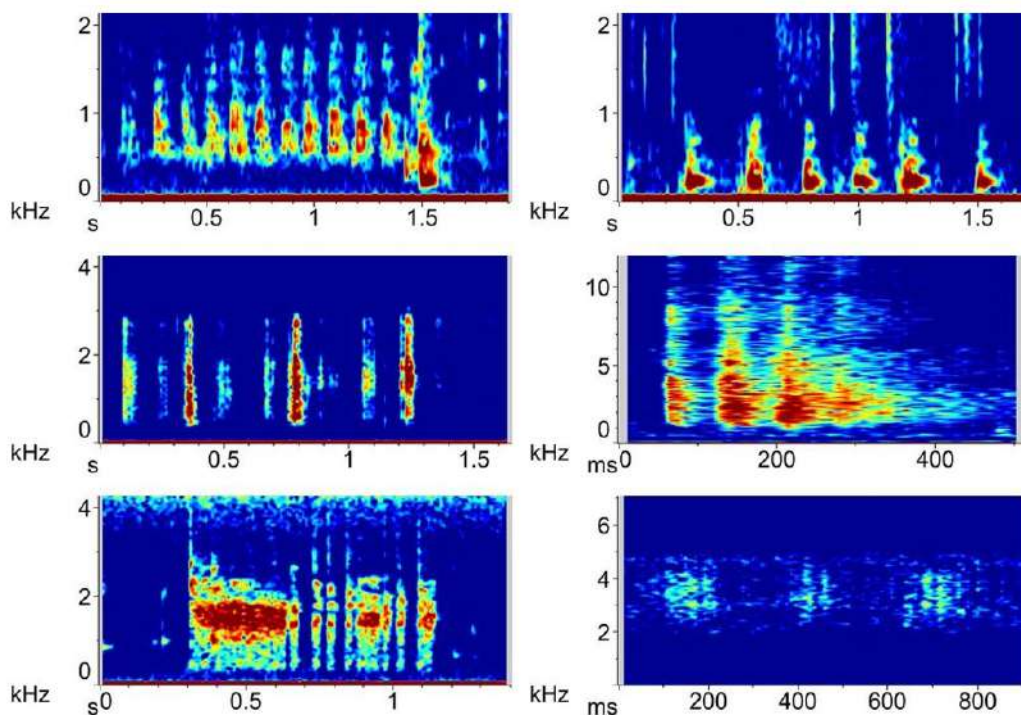
Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Figura 6 - Diferentes tipos de sons (n=7) característicos de peixes detectados na foz do Rio São Francisco, coletados durante a IV Expedição Científica, em 2021



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

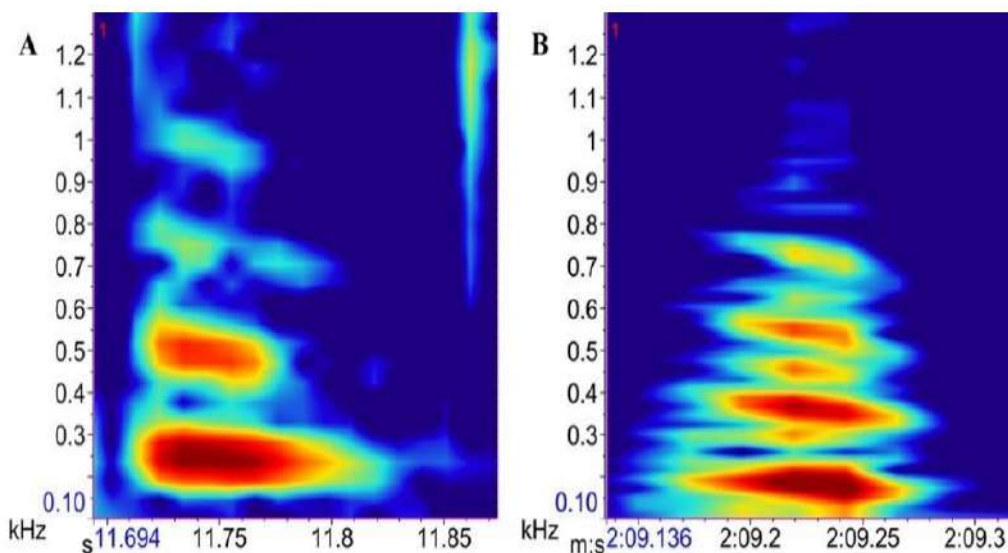
Figura 7 - Sons individuais característicos de peixes detectados nas regiões do Baixo São Francisco



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Foi observada uma similaridade nas frequências fundamentais (entre 0,10 e 1 kHz) e frequência máxima entre um tipo de som detectado no ambiente natural na região de Piaçabuçu e o som do bagre (*Cathorops agassizii*) gravado em ambiente controlado (Figura 8).

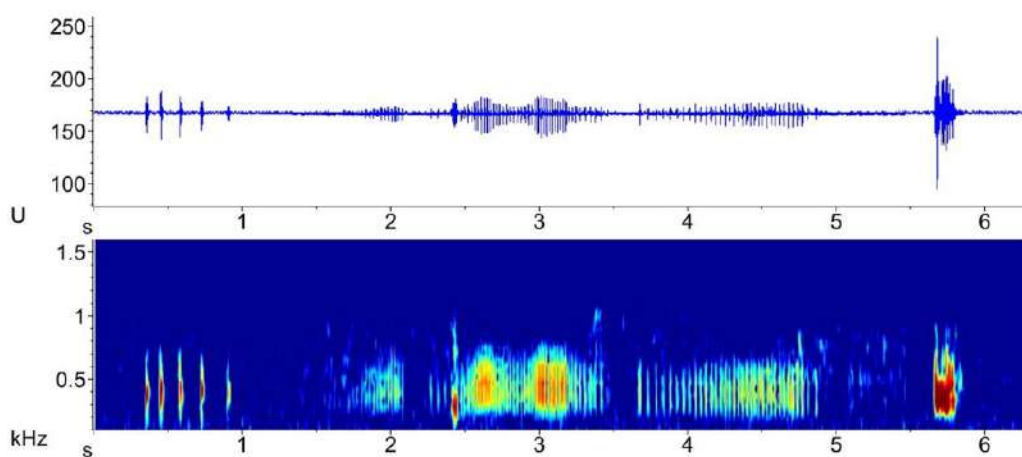
Figura 8 - Espectrogramas acústicos gravados em ambiente natural (A); som do bagre (*Cathorops agassizii*) gravado em ambiente controlado na região de Piaçabuçu (B)



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Sabe-se que muitas espécies de peixes de água doce das famílias Prochilodontidae e Curimatidae podem formar grandes agregações reprodutivas, em que os machos produzem sons para atrair as fêmeas, iniciando o processo de desova. Sons estes que, algumas vezes, podem ser ouvidos fora da água. Durante as expedições científicas no Baixo São Francisco, realizadas nas campanhas (2019, 2020 e 2021), não foi possível localizar tais agregações, e sim sons individuais de alguns poucos organismos (BORIE-MOJICA, 2019), principalmente na região de Piranhas (Figura 9). Estes sons apresentaram uma banda de frequência média entre 1132 Hz e 244 Hz (Tabela 1).

Figura 9 - Diferentes tipos de sons característicos de peixes na região de Piranhas. Windows size 2048



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

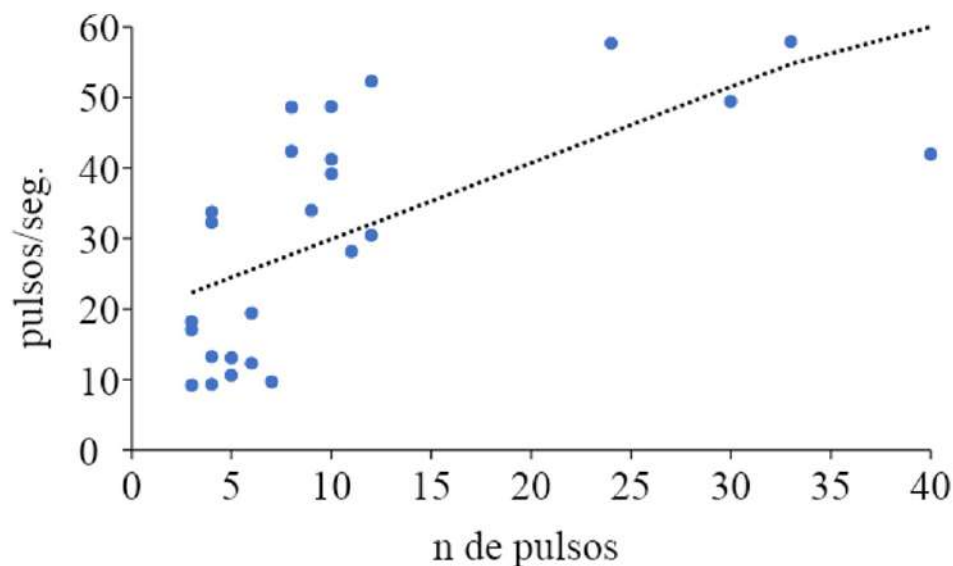
Tabela 1 - Parâmetros acústicos dos sons (n=25) característicos de peixes detectados na localidade de Piranhas. DP = desvio padrão

	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Pico da frequência (Hz)	Duração do som (seg.)	Nº de pulsos/som	Taxa de pulsação (pulsos/seg.)
Média	244.7	1132.0	397.5	0.355	10.8	30.8
DP	38.2	127.7	98.6	0.200	10.0	16.5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os sons, em algumas espécies da família Prochilodontidae, como *P. magdalenae*, no Rio Magdalena, na Colômbia (MUÑOZ-DUQUE *et al.*, 2021), e *P. nigricans*, no Rio Madeira (BORIE *et al.*, 2019), podem estar compostos por pulsos individuais ou trem de pulsos, com similares características das encontradas no Baixo São Francisco. Pulsos individuais foram comumente encontrados em todos os pontos de coleta. Sons longos, compostos por vários trens de pulsos, foram raramente detectados nas diferentes localidades. A dispersão logarítmica do número de pulsos e pulsos por segundo pode indicar indivíduos em diferentes estágios reprodutivos (Figura 10).

Figura 10 - Relação logarítmica do número de pulsos e pulsos/segundo de sons característicos do gênero *Prochilodus*



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

O fato de não detectar essas agregações pode estar relacionado à falta de condições ambientais favoráveis ao processo reprodutivo, o que, possivelmente, levou a um declínio da população destas espécies em particular. Segundo Arantes *et al.* (2010), modificação de porções de rios pode ter um impacto negativo no processo reprodutivo de peixes migradores de água doce. A não detecção de agregações de peixes, relacionadas com aspectos reprodutivos, pode indicar diminuição das populações e falta de habitat para processos reprodutivos. Assim, ações de peixamento participativo com pescadores e manutenção de vazão ao máximo nível possível durante períodos reprodutivos (defeso de 1º de novembro a 28 de fevereiro) são importantes.

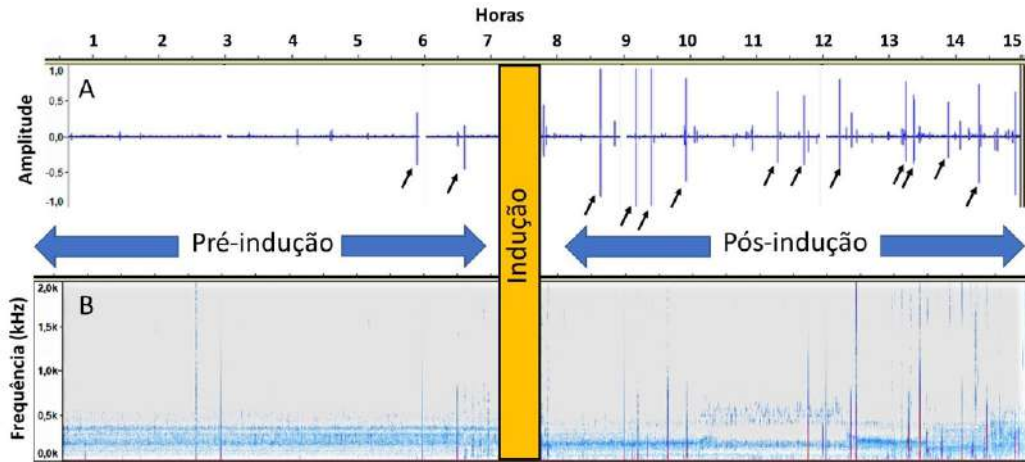
Uma das características secundárias utilizadas para a seleção de machos de curimatã-pacu aptos para o processo de reprodução induzida e extrusão são os sons produzidos. Isto é realizado durante o período reprodutivo da espécie nas instalações do Ceraqua, para a ação de peixamento na região.

Os resultados da avaliação da produção de sons durante o processo de indução reprodutiva indicam que machos de curimatã-pacu produzem sons no formato de trem de pulsos, com características similares a alguns sons encontradas no ambiente natural do Baixo São Francisco e no Estado de Minas Gerais, também em ambiente controlado (SMITH *et al.*, 2018).

Observou-se que, após indução hormonal e no processo de extrusão, os machos podem produzir uma maior quantidade de sons (Figura 11), sendo estes de maior duração, conseqüentemente, há um maior número de pulsos, com variação temporal no intervalo entre pulsos e frequências menores a 1000 (Figura 12), durante o processo de extrusão para obtenção de gametas (Figura 13). Esta complexidade acústica pode estar diretamente relacionada ao estado de maturação sexual por parte dos machos, o que pode permitir a utilização dos sons emitidos como característica secundária de maturação sexual, além da possibilidade de

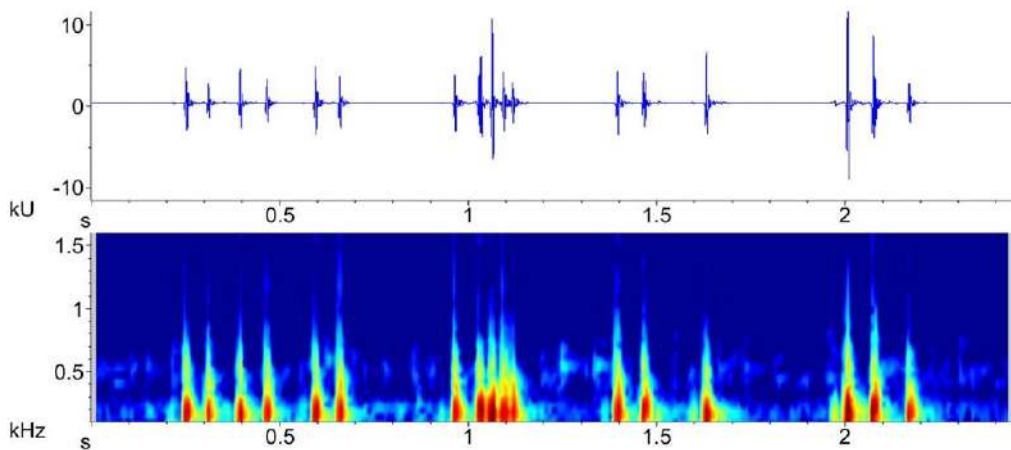
comparar os sons emitidos em ambientes controlados com os sons detectados na natureza, indicando a ocorrência de alguns exemplares desta espécie.

Figura 11 - Sons na água antes e após a indução reprodutiva (setas): oscilograma (A) e espectrograma (B)



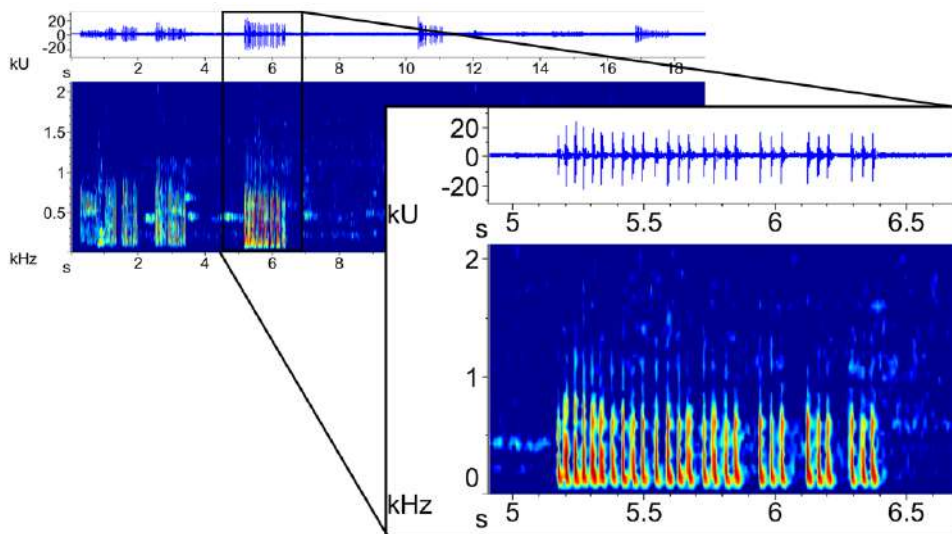
Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Figura 12 - Oscilograma e espectrograma de sons de um exemplar de *P. argenteus* dentro da água após o processo de indução reprodutiva hormonal



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Figura 13 - Oscilograma e espectrograma maximizado de sons produzidos por machos de curimatã-pacu compostos por trens de pulso gravados durante a extrusão reprodutiva

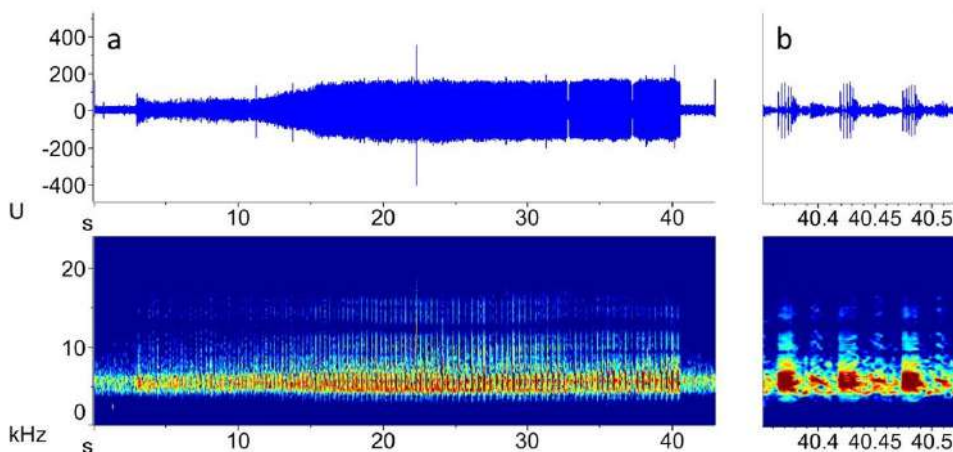


Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

O camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*) é um animal encontrado na Bacia do Rio São Francisco, com relevante interesse comercial, devido ao porte e à boa aceitação no mercado (NEW, 1995). Segundo Coelho e Lima (2003), o camarão-canela é uma das espécies mais abundantes no Rio São Francisco, mas sua exploração ainda baseia-se na pesca artesanal, praticada por ribeirinhos e servindo para fins de subsistência destas comunidades.

Resultados preliminares da produção de sons durante atividade alimentar do camarão-canela em cativeiro mostram padrões similares aos encontrados no ambiente natural. A produção de sons característicos de crustáceos, como os camarões, fez-se presente na maioria das localidades (Figura 14), assim como ocorreu no ano anterior (BORIE-MOJICA, 2019). O aumento na quantidade de macrófitas pode estar favorecendo às populações de camarões encontradas na região.

Figura 14 - Som característico de camarão detectado na região de Pão de Açúcar. a. oscilograma e espectrograma (abaixo). b. maximização dos três últimos pulsos. Windows size 512



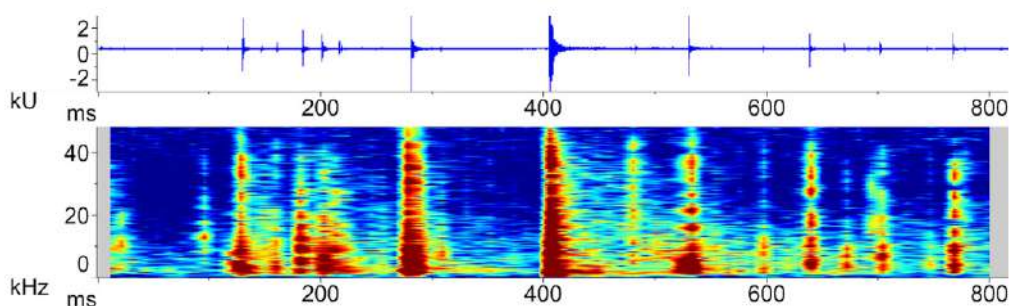
Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Como era esperado, a área da foz apresenta características acústicas similares às encontradas em outras regiões estuarinas do Nordeste brasileiro (BORIE-MOJICA, no prelo), com som de estalos, principalmente produzidos por crustáceos. Na foz, foram detectados sons característicos do camarão-de-estalo, provavelmente do gênero *Alpheus* (Figura 15).

Em água doce, os sons biológicos utilizaram frequências que variavam de 3 kHz a cerca de 14 kHz (GILES *et al.*, 2005). Camarões do gênero *Alpheus* produzem sons de estalos com uma ampla faixa de frequências entre ~ 1 kHz e 15 kHz (SCHMITZ, 2002; COQUEREAU *et al.*, 2016). O estalo do camarão da família Alpheidae produz o principal componente acústico com frequências acima de 2 kHz e intensidades mais altas no início e no fim da noite, no ambiente marinho (LAMMERS; MUNGER, 2016).

Os sons característicos dos camarões-de-estalo, próprios de ambientes estuarinos, apresentaram ampla banda de frequência entre 1.2 kHz e 12.4 kHz e pico de frequência médio de 4,1 kHz. Já a espécie de camarão que foi predominante na região do Baixo São Francisco emitiu cliques com banda de frequência entre 4,5 kHz e 6,8 kHz e pico de 5,5 kHz, em média, com maior duração (Tabela 2).

Figura 15 - Sons característicos de camarão-de-estalo, provavelmente do gênero *Alpheus*, detectados na região da foz do Rio São Francisco



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Tabela 2 - Parâmetros acústicos dos sons característicos de camarões detectados no Baixo São Francisco. DP=Desvio padrão

		Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Pico da frequência (Hz)	Duração do som (mseg.)
Camarão-de-estalo	Média	1256.4	12435.8	4171.9	4.7
	DP	473.4	2523.1	1445.9	1.7
Camarão I	Média	4549.8	6852.2	5540.6	16.9
	DP	104.8	63.0	337.9	0.5

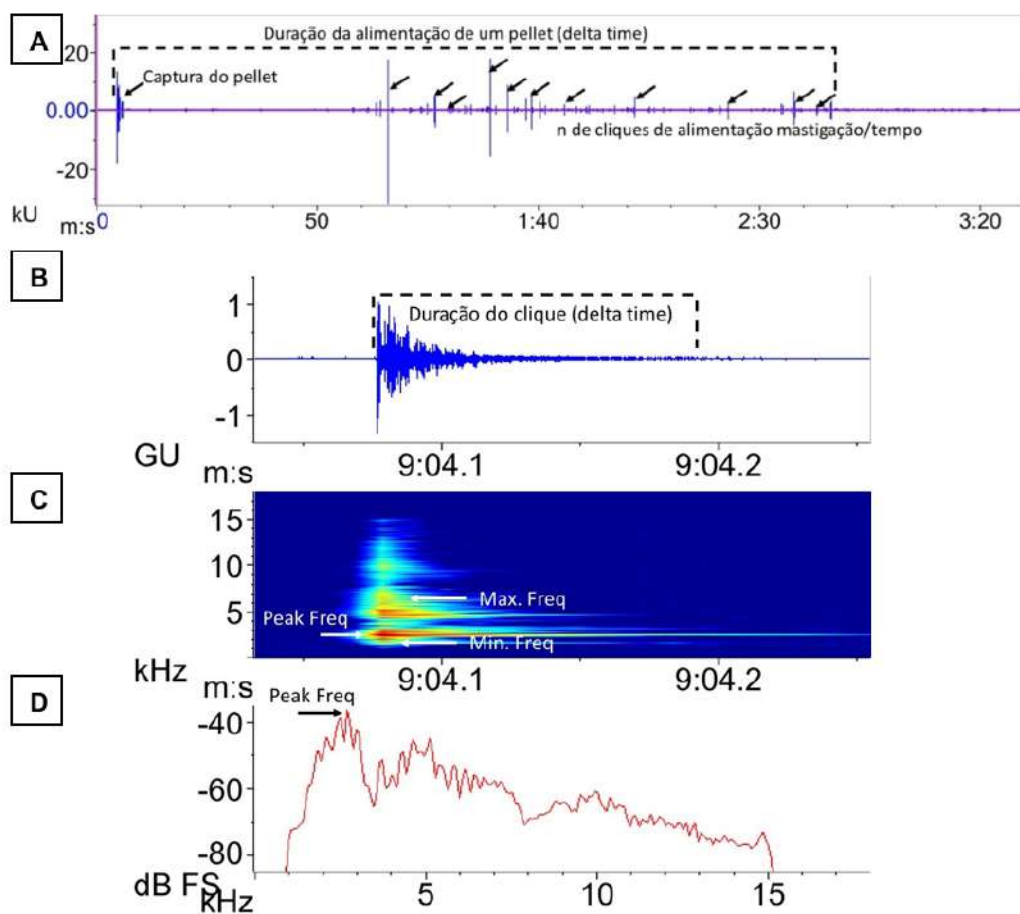
Fonte: Elaborada pelo autor.

Inesperadamente, também foram detectados sons característicos do camarão-de-estalo a partir da localidade de Porto Real do Colégio. Este tipo de som é comumente encontrado em ambientes estuarinos. Embora exista uma única espécie registrada em água doce, *Alpheus cyanoteles*, encontrada na Malásia (YEO; NG, 1996), outras espécies de camarão-de-estalo

podem sobreviver em baixas salinidades, mesmo sendo mais abundantes em ambientes marinhos e estuarinos. Assim, ainda são necessários esforços de coleta de dados sobre as espécies de camarões; com isso, pode-se inferir sobre a possível origem dos sons identificados na região.

Na avaliação da produção de sons durante atividade alimentar de *Macrobrachium acanthurus*, após as gravações e a posterior identificação e seleção dos sons de alimentação, foi possível detectar o som durante a captura do alimento (ração peletizada) e o som de diversos cliques, com diferentes níveis de amplitude acústica (kU), consequentes da alimentação/mastigação da ração, com duração (tempo de consumo do alimento) aproximada de 2 minutos e 50 segundos (Figura 16A). Cada clique apresentou uma duração aproximada de 0,15 segundos (Figura 16B). A banda de frequência dos cliques foi de 2 kHz a 7 kHz, sendo a mínima e a máxima frequências, respectivamente (Figura 16C), e o pico da frequência ou frequência fundamental foi de aproximadamente 2,5 kHz (Figuras 16C e 16D).

Figura 16 - Sons do camarão-canela. (A) oscilograma dos cliques emitidos durante a alimentação; (B) oscilograma maximizado de um único clique; (C) espectrograma do clique; (D) espectro de energia do clique, indicando o pico da frequência

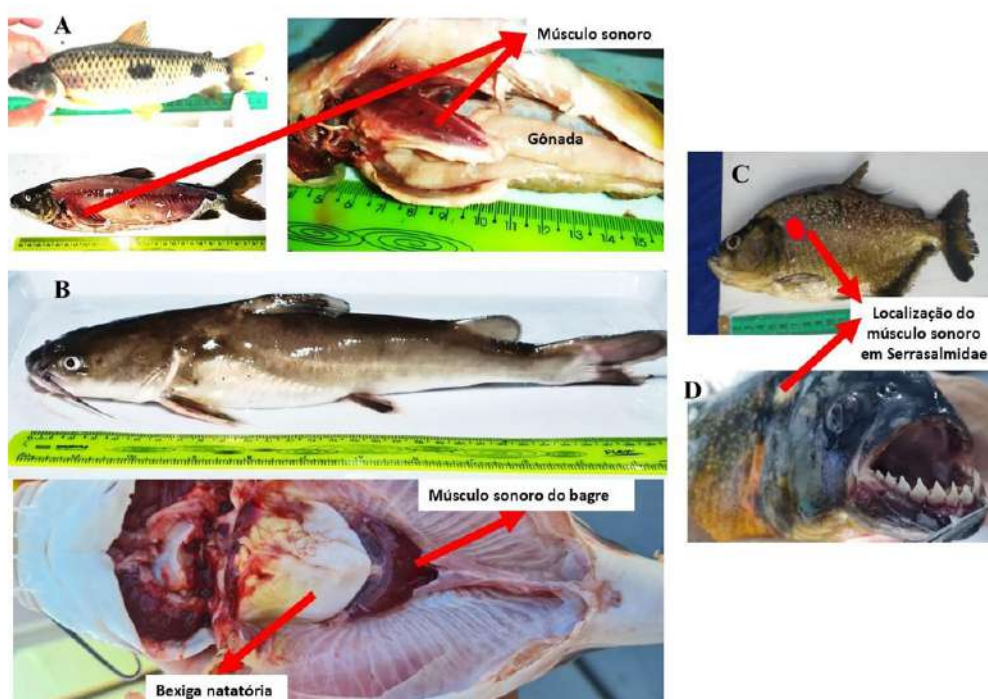


Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

Mecanismos sonoros de peixes do Rio São Francisco

Em campo, foram avaliados os mecanismos sonoros em peixes, o que permite inferir sobre a produção de sons de quatro espécies: piau-três-pintas (*Megaleporinus obtisidens*), que apresenta músculo sonoro bilateral associado à primeira costela (Figura 17A), provavelmente utilizado durante o período reprodutivo, sendo comum em Characiformes; bagre-branco (*Cathorops agassizii*), em que se observou músculo sonoro associado à região posterior da bexiga natatória; pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e piranha-verdadeira (*Pygocentrus piraya*), com músculos sonoros similares aos comumente encontrados na família Serrasalminidae.

Figura 17 - Músculo sonoro de peixes do Rio São Francisco: (A) piau-três-pintas (*Megaleporinus obtisidens*); (B) bagre-branco (*Cathorops agassizii*); (C) pirambeba (*Serrasalmus brandtii*); (D) piranha-verdadeira (*Pygocentrus piraya*)



Fonte: BORIE-MOJICA, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões acústicos característicos de crustáceos, principalmente camarões, permaneceram similares aos de anos anteriores nas localidades avaliadas, com sons sendo produzidos com maior energia acústica no início e no fim da noite.

Apesar de serem detectados sons de diversas espécies de crustáceos e peixes, não foram encontradas agregações reprodutivas características de espécies da família Prochilodontidae, e sim ocorrências de sons curtos e esporádicos. Foi observada uma maior produção de sons longos (com maior número de pulso) após a indução reprodutiva durante o experimento com o curimatã-pacu, o que indica que são exemplares maduros e preparados para a desova. Este tipo de som não foi detectado no ambiente natural, o que pode demonstrar que as espécies não estão alcançando a maturação na natureza, comprometendo as populações.

Algumas localidades apresentaram maior diversidade de sons, como foi o caso da confluência do Rio Boacica com a foz do Rio São Francisco, com 8 e 7 sons, respectivamente.

Sugere-se a realização de mais esforços utilizando a acústica passiva, que irão, também, permitir a localização e o mapeamento de áreas prioritárias de conservação, essenciais para as diversas espécies do Baixo São Francisco.

A metodologia acústica passiva utilizada durante as Expedições Científicas no Baixo São Francisco pode ser replicada nas regiões do Submédio, Médio e Alto, para avaliar ambientes, ocorrência de diversas espécies e agregações reprodutivas.

REFERÊNCIAS

- BORIE, A.; FINE, M.; TRAVASSOS, P. Disturbance calls of five migratory Characiformes species and advertisement choruses in Amazon spawning sites. **Journal of Fish Biology**, p.1-13, 2019.
- BORIE, A. Avaliação da paisagem acústica do baixo rio São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020.
- FARINA, A.; PIERETTI, N. The soundscape ecology: a new frontier of landscape research and its application to islands and coastal systems. **Journal of Marine and Island Cultures**, v.1, n.1, p.21-26, 2012. ISSN 10.1016/j.imic.2012.04.002.
- GOMES, M.V.T.; BRITO, M.F.G.D. A percepção dos pescadores e a educação ambiental como subsídios para a conservação do Baixo São Francisco. **Ecologias Humanas: Revista da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana**, v.3, n.3, p.98-119, 2017.
- LINKE, S. *et al.* Freshwater eco acoustics as a tool for continuous ecosystem monitoring. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.16, n.4, p.231-238, 2018.
- MARTINS, D.D.M. *et al.* Impactos da construção da Usina Hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1054-1061, 2011.
- MONTENEGRO, S.C.S.; NORDI, N.; MARQUES, J.G.W. Contexto cultural, ecológico e econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do Baixo São Francisco, Alagoas-Brasil. **Interciência**, v.26, n.11, p.535-540, 2001.
- MUÑOZ-DUQUE, S. *et al.* Bioacoustic characterization of mating calls of a freshwater fish (*Prochilodus magdalenae*) for passive acoustic monitoring. **Biota Colombiana**, v.22, n.1, 2021.
- NEW, M.B. Status of freshwater farming a review. **Aquaculture Research**, v.26, n.1, p.1-54, 1995.
- PEREIRA ARANTES, F. *et al.* Collapse of the reproductive process of two migratory fish (*Prochilodus argenteus* and *Prochilodus costatus*) in the Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v.27, n.3, p.847-853, 2011.



PIJANOWSKI, B.C. *et al.* Soundscape Ecology: the Science of Sound in the Landscape. **BioScience**, v.61, n.3, p.203-216, 2011.

ROUNTREE, R.A. *et al.* Listening to fish: applications of passive acoustics to fisheries science. **Fisheries**, v.31, p.433-446, 2006.

ROUNTREE, R.A.; BOLGAN, M.; JUANES, F. How can we understand freshwater soundscapes without fish sound descriptions?. **Fisheries**, v.44, n.3, p.137-143, 2019.

ROUNTREE, R.A.; JUANES, F.; BOLGAN, M. Freshwater soundscapes: a cacophony of undescribed biological sounds now threatened by anthropogenic noise. **Biorxiv**, 2019.

SATO, Y.; GODINHO, H.P. Migratory fishes of the São Francisco river. In: CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C. (Orgs.). **Migratory fishes of South America**. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. p. 195-232.

SMITH, M.E. *et al.* Mating calls of three prochilodontid fish species from Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, p. 1-13, dec.2017. ISSN 10.1007/s10641-017-0701-3.

SOARES, E. C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. Expedição no Baixo São Francisco: um raio-X da pesca e agricultura, poluição, assoreamento e intrusão salina. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.1, p.3047-3064, 2020.

SOUZA, M.R.M.; LEITÃO, S.N. Consequências socioeconômicas dos impactos antrópicos no estuário do Rio São Francisco em Brejo Grande, Sergipe-Brasil. **Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE**, v.28, n.1, p.97- 116, 2000.

TYACK, P.L. Acoustic Communication Under the Sea. In: HOPP, S.L.; OWREN, M.J.; EVANS, C.S. (Orgs.). **Animal Acoustic Communication**. Berlin: Heidelberg, 1998.

YEO, D.C.J.; NG, P.K.L. A new species of freshwater snapping shrimp *Alpheus cyanoteles* (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from Peninsular Malaysia and a redescription of *Alpheus paludicola* (KEMP, 1915). **Raffles Bulletin of Zoology**, n.44, p.37-63, 1996.

ZELLHUBER, A.; SIQUEIRA, R. Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. **Cadernos do Ceas: Revista Crítica de Humanidades**, v.227, p.3-24, 2016.



CAPÍTULO 8 - ATIVIDADE PESQUEIRA NO BAIXO SÃO FRANCISCO: III E IV EXPEDIÇÕES

Vanildo Souza de Oliveira¹

Alex Souza Lira²

Rodrigo Victor Marinho de Sá³

Resumo: Esta pesquisa aborda os resultados das duas últimas Expedições Científicas no Baixo São Francisco, números III e IV, em 2020 e 2021. A III Expedição foi realizada com a vazão do rio em torno de $2.500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, portanto, com características bem diferentes das condições normais. A IV Expedição, em função da retenção de água pela hidroelétrica de Xingó, foi realizada com vazão média menor, com $1.400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; no entanto, apresentou maior abundância de peixes. Ações antrópicas foram observadas em ambas as expedições, com graves danos à atividade pesqueira. Na III Expedição, observamos que 63% das capturas são compostas apenas por duas espécies de peixes de baixo valor econômico: pirambeba e pacu; assim como na IV, com 53%. A diversidade de espécies de peixes registradas na IV foi maior do que na III Expedição. Também foi observada uma maior quantidade de espécies de cultivo nos mercados públicos, tais como tilápia e tambaqui, e poucas espécies nativas. A análise com a ecossonda mostrou a importância dessas informações no tocante à segurança da navegação, além de registrar as diferenças entre as atividades diurnas e noturnas dos peixes. Os perfis mostraram as diferenças topográficas entre a cidade de Piranhas, com maiores profundidades e velocidade da água, e Piaçabuçu, já na planície litorânea, mais rasa e de menor velocidade da água. Por fim, sugerem-se ações para as instituições de gestão pública do Baixo São Francisco, no sentido de melhorar as condições ambientais, a atividade pesqueira e a qualidade de vida dos pescadores.

Palavras-chave: Pescadores. Pesca Artesanal. Ictiofauna. Redes de Emalhar.

INTRODUÇÃO

O Baixo São Francisco abrange uma área da Bacia Hidrográfica do São Francisco (BHSF) que se estende do município de Paulo Afonso (BA) até a sua foz, entre Alagoas e Sergipe. Trata-se de uma área altamente povoada e fortemente impactada por barragens, poluição e remoção da cobertura vegetal nativa. Alguns dos municípios inseridos neste trecho da BHSF exibem, hoje, um triste quadro socioeconômico, com os piores IDHs do Brasil (NOGUEIRA; SÁ, 2015).

A atividade de pesca tem forte componente social no Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil. Por outro lado, a região vem sofrendo com a interrupção das variações naturais do nível d'água e a mudança do comportamento migratório dos peixes, promovidas por hidrelétricas, que criaram barreiras e alteraram o sistema hídrico do rio, influenciando na "piracema" (SATO; GODINHO, 2003). Entretanto, estudos específicos que avaliam esse impacto ainda são escassos.

1 Professor doutor. Departamento de Pesca e Aquicultura (Depaq), Universidade Federal Rural de Pernambuco.

2 Mestre em Recursos Pesqueiros.

3 Estudante de Engenharia de Pesca. Departamento de Pesca e Aquicultura (Depaq), Universidade Federal Rural de Pernambuco.



Neste sentido, as Expedições Científicas anuais assumem grande importância no fornecimento de dados sobre as condições da ictiofauna e qualidade da água, bem como dos aspectos socioeconômicos e ambientais das cidades ribeirinhas do Baixo São Francisco. Neste trabalho, são avaliados os resultados da III e da IV Expedições, realizadas em 2020 e 2021.

A III Expedição foi realizada com a vazão do rio em torno de $2.500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, portanto, com características bem diferentes das condições normais, principalmente nos últimos seis anos. Foram feitas entrevistas com os presidentes de colônias de pescadores, com o objetivo de avaliar a situação da pesca nessas condições, assim como os impactos causados pela pandemia no que se refere à comercialização do pescado e à geração de renda para os pescadores nesse período.

A IV Expedição, em função da retenção do volume do rio, foi realizada com vazão média menor, com $1.400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. No entanto, houve maior abundância de peixes, devido aos bons aportes fluviais no ano anterior. Foi possível fazer uma análise mais detalhada sobre a distribuição das principais espécies capturadas, ainda que com informações de coletas pontuais, bem como das espécies predominantes. Ao final, foram sugeridas ações para os gestores, que podem melhorar, principalmente, a atividade pesqueira no Baixo São Francisco.

Características da pesca na III Expedição Científica no Baixo São Francisco (2020)

Na captura da ictiofauna, foram usadas redes de emalhar com comprimento de malhas de 35 mm, 40 mm, 45 mm e 50 mm (entre nós), com fios de 30 mm e 35 mm de diâmetro. Os lances foram realizados no período da tarde e o recolhimento, ao amanhecer. Para obtenção da batimetria, foi utilizada uma ecossonda multifrequência de 50 kHz e 200kHz.

De uma forma geral, durante o trajeto, foram observados impactos antropogênicos, tais como assoreamento das margens, atualmente agravado pelo grande volume de água (Figura 1).

Figura 1 - Áreas assoreadas nas margens do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

As áreas destinadas ao lazer também foram afetadas: uma vez que o volume de água aumentou, os bares e comércios construídos às margens de um rio com menor volume, ao longo do tempo, foram sendo inviabilizados em alguns lugares (Figura 2).

Figura 2 - Áreas de comércio e turismo atingidas pela água.



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

A atividade pesqueira foi afetada em algumas cidades, quando do fechamento do comércio, no auge da pandemia da Covid-19. Nem todos os pescadores receberam o Auxílio Emergencial do Governo Federal, tendo dificuldades para viabilizar a comercialização do pescado. Todos viram com bons olhos o aumento do volume do rio, pois possibilitou maior área para a reprodução dos peixes; contudo, alguns pescadores informaram que, com o maior volume, os peixes desapareceram, possivelmente devido à maior quantidade de áreas de refúgio, diminuindo, assim, a produção pesqueira.

Na realidade, com a invasão das águas nas áreas marginais, as lagoas enriqueceram a produtividade primária, contribuindo com uma água mais rica e locais importantes para a reprodução de certas espécies, por serem ambientes lânticos e protegidos (Figura 3).

Figura 3 - Lagoas formadas nas margens do rio, em função do aumento de vazão das águas



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Esse aumento de vazão, conseqüentemente, teve impacto na produção da ictiofauna do rio. A água mais rica em nutrientes, possivelmente, gerou uma maior produção de peixes registrados na Expedição seguinte. Lamentavelmente, não se pode quantificar esse impacto, uma vez que não temos estatística pesqueira que nos possibilite monitorar permanentemente o aumento da produção pesqueira, tendo como consequência o aumento da vazão.

Visualmente, pode-se observar esse aumento através da presença, nas margens do rio, de juvenis de várias espécies de peixes (Figura 4).

Figura 4 - Juvenis nas margens do rio



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Outra atividade impactada foi a piscicultura. Depoimentos indicam que o aumento repentino da vazão de água resultou em fortes correntezas, causando a destruição de tanques de cultivo ao longo da calha do rio. No entanto, esse tipo de atividade pode adaptar-se às mudanças hidrológicas, desde que se tenha conhecimento do aumento da vazão com certa antecedência e esta seja feita de forma gradativa. A atividade de cultivo de tilápia no Baixo São Francisco (Figura 5) tem bons resultados, uma vez que sua cadeia produtiva já está consolidada, assim como a comercialização.

É uma alternativa para o aumento da produção de pescado, principalmente quando a pesca artesanal diminui a produção. Além da tilápia, outra espécie bastante cultivada é o tambaqui. Estas espécies, atualmente, aparecem em quase todos os mercados públicos de peixes.

Figura 5 - Cultivo de tilápia em tanques-rede



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

As atividades pesqueiras com redes de emalhar, para captura de peixes (Figura 6), e com covos, para captura de camarão (camarão-canela e pitu) (Figura 7) foram as mais registradas. No caso dos covos, são usados bolinhos de farelo de arroz como iscas (Figura 8). Estas pescarias são desenvolvidas com embarcações do tipo canoa, entre três e quatro metros de comprimento, com motor de popa (rabeta) de fácil manobra para as fainas de pesca.

Figura 6 - Canoa com motor de rabeta, na pesca com redes de emalhar



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 7 - Canoa com covos, para a pesca de camarão



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 8 - Bolinhos de farelo de arroz, utilizados como isca nos covos



Fonte: OLIVEIRA, 2021.



As espécies de peixes mais capturadas foram: piau (*Megaleporinus obtusidens* e *Schizodon knerii*), pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e pacu (*Metynnus maculatus*) (Figura 9). Em menores capturas, foram observados a xira (*Prochilodus argenteus*), o tucunaré (*Cichla* sp.), o oscar (*Astronotus ocellatus*) e o cari (*Geophagus brasiliensis*). A xira, ou curimatã-pacu, sem dúvida, é o peixe mais apreciado no Baixo São Francisco, sendo uma das maiores solicitações dos pescadores sobre o programa de repovoamento da Codevasf.

Figura 9 - As três espécies mais capturadas nas redes de emalhar: piau, pirambeba e pacu.



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Um dos fatores mais impactantes na atividade pesqueira é a proliferação de macrófitas aquáticas no fundo do rio, que forram todo o leito, impedindo que a rede toque essa região. As macrófitas também se emalham nas redes, aumentando a visibilidade da rede na água; desta forma, diminui-se a eficiência da captura dos apetrechos (Figura 10).

Figura 10 - Macrófitas aquáticas, emalhadas nas redes, diminuindo a eficiência de captura



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

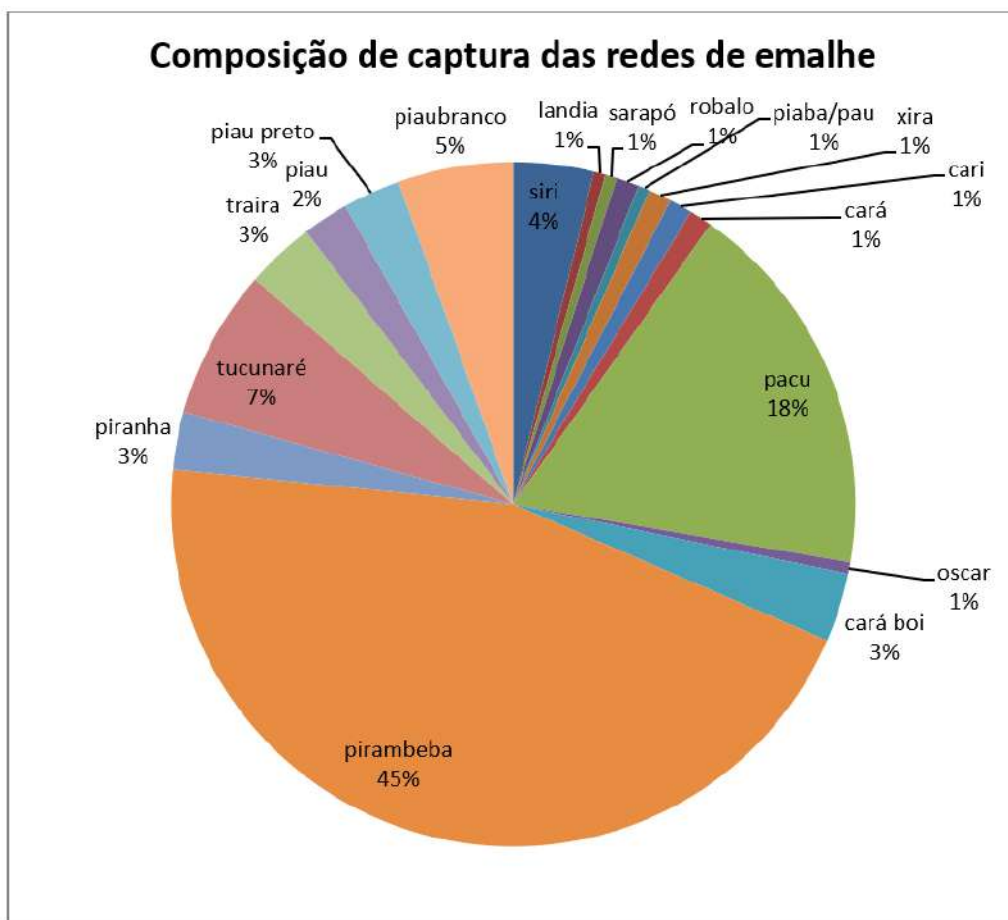
Situação das organizações sociais na atividade pesqueira

Em função da pandemia da Covid-19, os encontros com os presidentes de colônias de pescadores foram limitados. A presença do coronavírus foi uma das causas que afetaram, principalmente, a comercialização do pescado. Outra preocupação foi a falta de espécies nativas de valor econômico, que desapareceram do rio, o que demandaria um programa de repovoamento destes organismos com exemplares de maior tamanho, minimizando a predação.

Análise das capturas

Na presença das espécies em proporção de ocorrência, foi observado que 63% das capturas foram compostas apenas por duas espécies de baixo valor econômico: pirambeba e pacu (Figura 11), explicando-se, com isso, as precárias condições econômicas da maioria dos pescadores. Os peixes de maiores valores comerciais representam apenas 15% das espécies capturadas. Isso mostra a necessidade dos órgãos governamentais que fazem o repovoamento de peixes estimularem programas de reprodução de espécies de alto valor econômico, a exemplo da xira, para que, com essa ação, possa-se gerar maior renda para os pescadores.

Figura 11 - Composição da porcentagem de captura das espécies

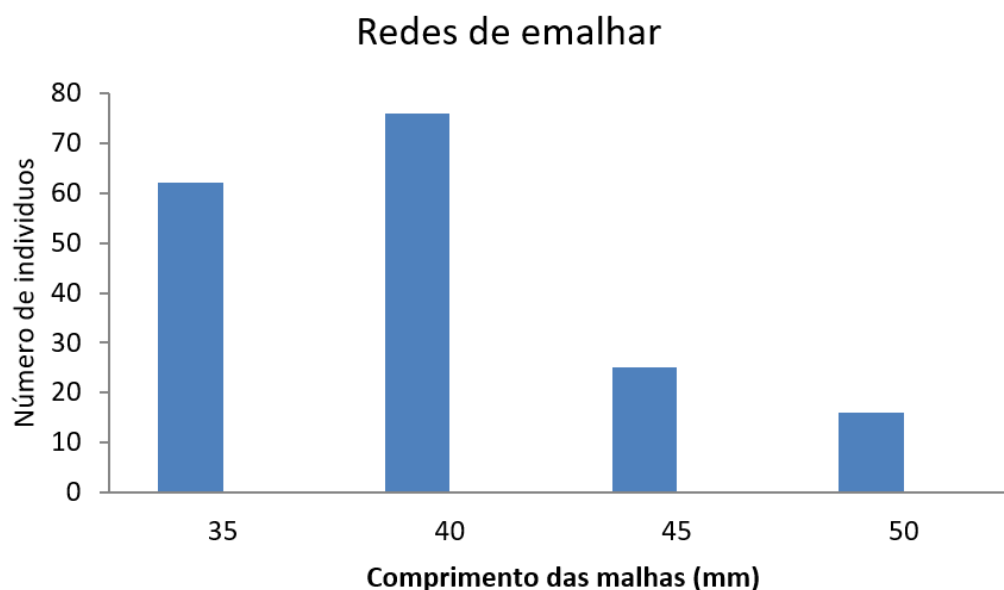


Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Quanto à eficiência de captura das redes de emalhar, observamos que o maior número de indivíduos capturados aconteceu nas malhas menores, de 35 mm (entre nós) e

40 mm (entre nós) (Figura 12), o que pode significar que a maioria da ictiofauna capturada é composta por peixes de pequeno e médio porte, como a pirambeba e o pacu, que representam (67%) das capturas.

Figura 12 - Composição do número de captura nas redes de amalhar, por malhas



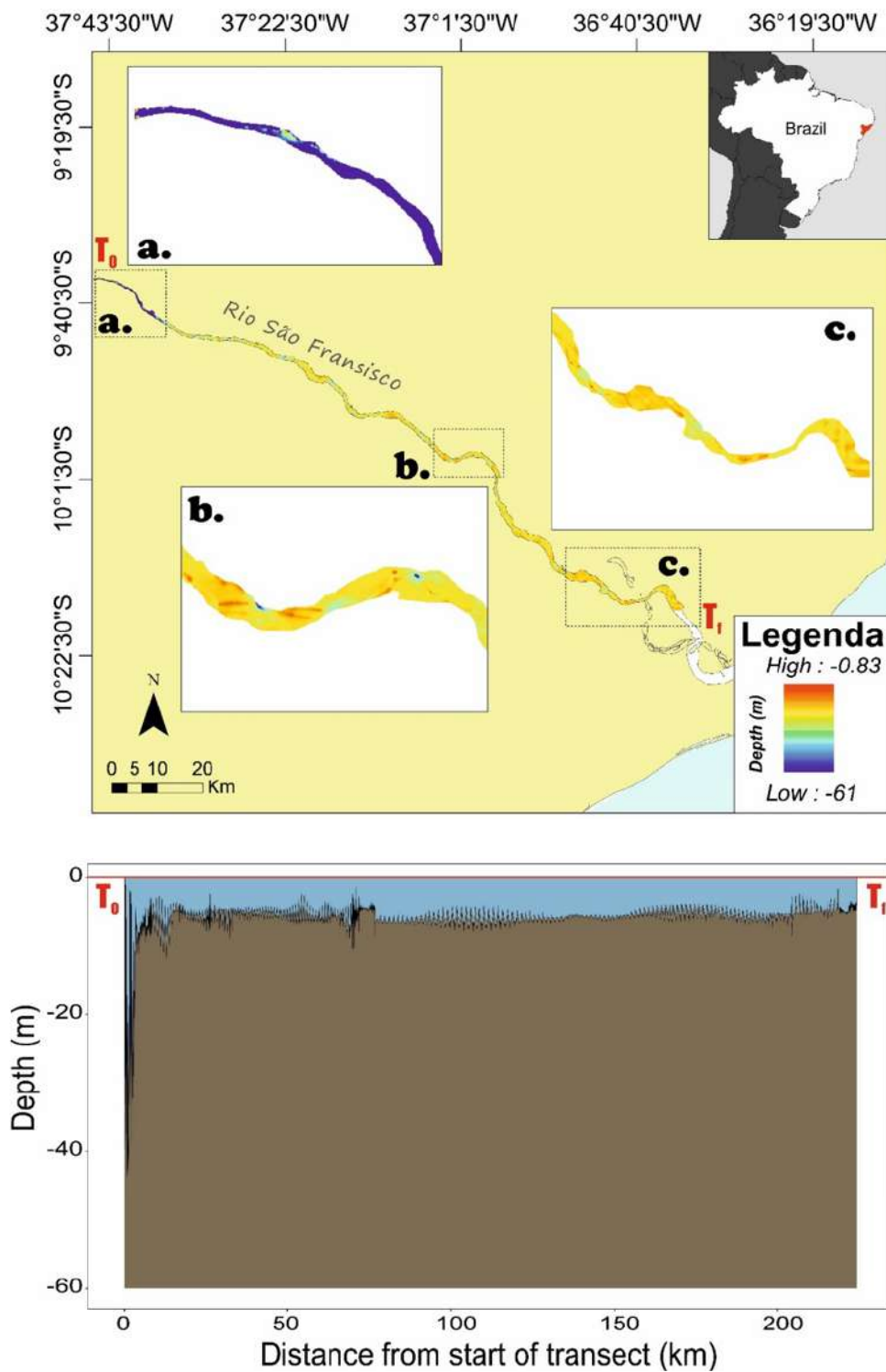
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Análise batimétrica dos dados da ecossonda

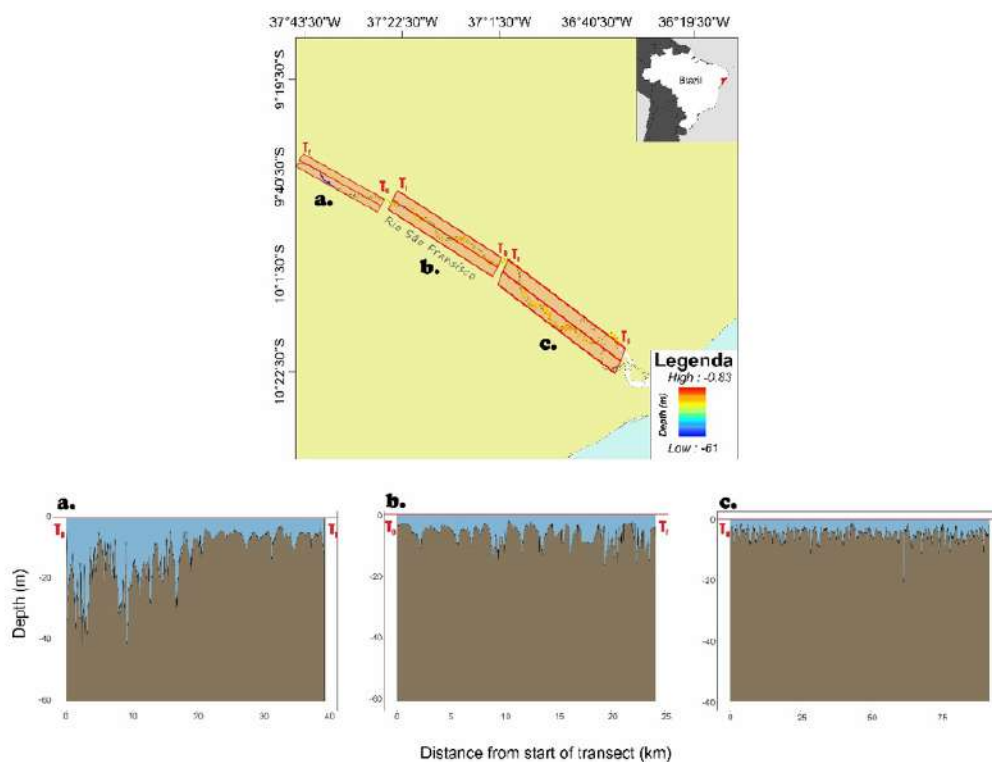
Em cada ponto marcado, a ecossonda registrou: latitude, longitude, profundidade e temperatura da água na superfície. No gráfico do percurso, registrado de Piranhas até Piaçabuçu, podemos observar que a profundidade diminui conforme aproxima-se a foz.

As maiores profundidades foram obtidas em áreas próximas à Usina de Xingó. Nesta região, a grande velocidade da água provoca assoreamento no fundo do rio, caracterizando a área com fortes turbulências e redemoinhos (Figura 13). Este declínio da batimetria também é observado na Figura 14, onde os perfis A, B e C são mostrados em detalhe. Adicionalmente, o assoreamento das margens corrobora, cada vez mais, para a diminuição de seu calado.

Figura 13 - Variação da batimetria em função da coloração e perfil de todo o trajeto da cidade de Piranhas até Piaçabuçu.



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 14 - Perfil batimétrico detalhado em três áreas, entre as cidades de Piranhas e Piaçabuçu.

Fonte: OLIVEIRA, 2021.

As primeiras análises da batimetria mostram informações interessantes referentes ao comportamento dos peixes, demonstrando haver maior atividade noturna do que diurna. Isso pode ser explicado por fatores como hábito alimentar e proteção. Com uma água tão transparente e sem sedimentos, como a do Baixo São Francisco, a atividade noturna parece ser mais segura para as espécies esconderem-se dos predadores, como mostram os registros às 20h (Figura 15) e às 10h da manhã (Figura 16).

Na mesma área, às 20h, aparecem dezenas de peixes na tela, demonstrando uma grande atividade noturna. Já às 10h da manhã, não foram notados sinais de peixes. Os registros foram obtidos na parte mais funda do rio, onde a embarcação passou; provavelmente, durante o dia, as espécies estão refugiadas nas margens, entre a vegetação.

Figura 15 - Registro de grande atividade de peixes no período noturno

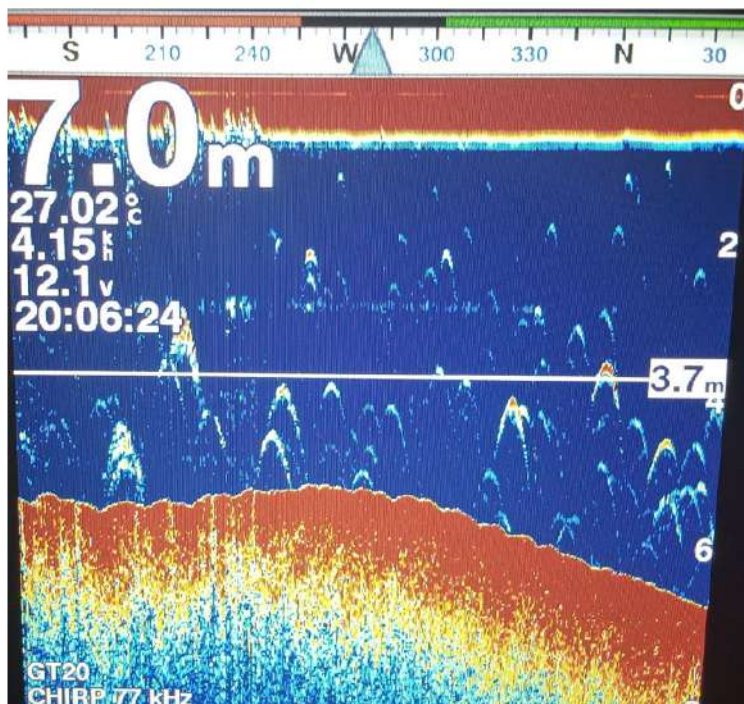


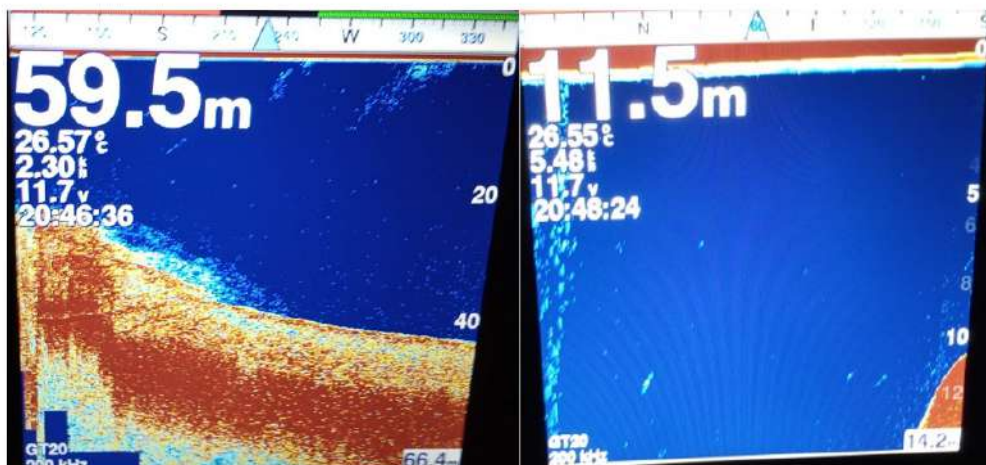
Figura 16 - Registro de baixa atividade de peixes no período diurno



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

As informações da ecossonda também revelam características do fundo do rio com vazão de $2.500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ou seja, uma vazão ideal. Alguns aspectos são importantes de registro, como a grande profundidade em frente à cidade de Piranhas, justamente por ficar próxima à Hidrelétrica de Xingó. A água age com grande força de assoreamento no fundo, na frente de Piranhas, e rapidamente alcançam-se os 60 metros de profundidade (Figura 17), com um talude vertical com queda rápida de profundidade (Figura 18).

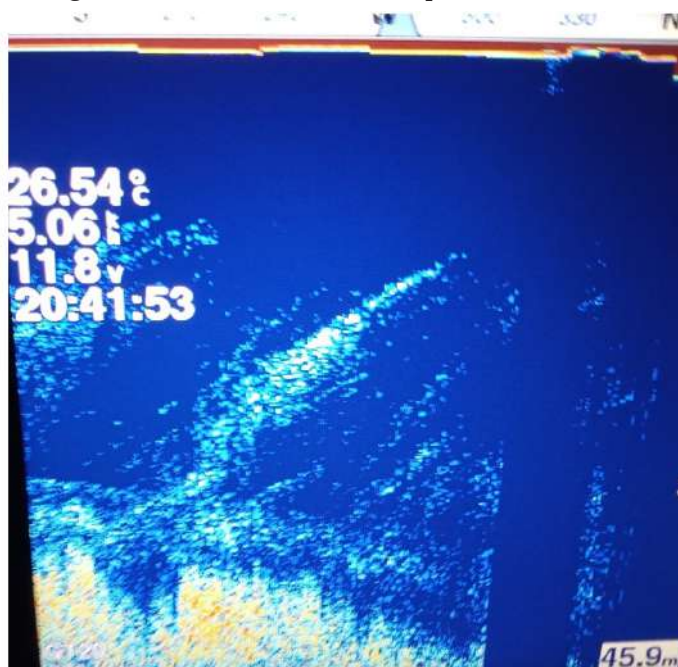
Figuras 17 e 18 - Registro de grande profundidade e talude com subida rápida



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

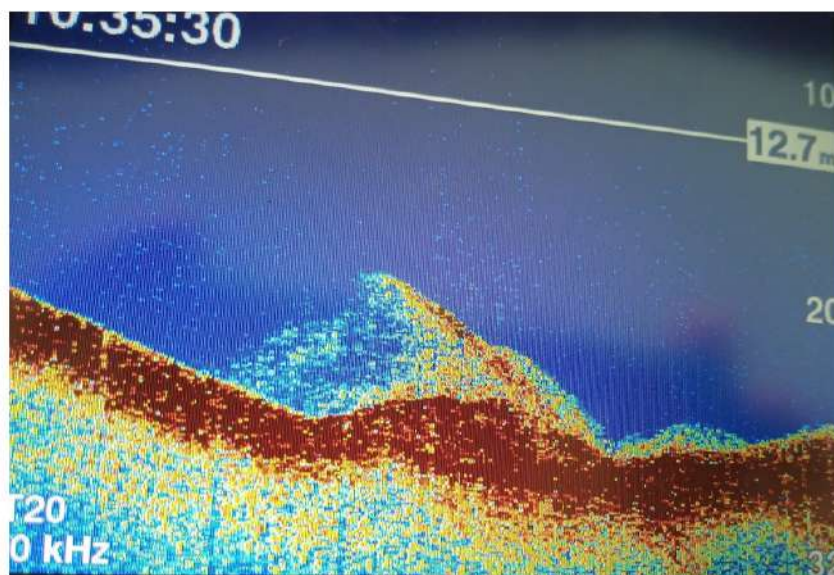
Outros aspectos importantes foram os registrados, como os vórtices (redemoinhos), que podem ser perigosos, principalmente para banhistas e pequenas embarcações (Figura 19).

Figura 19 - Vórtices gerados desde o fundo até a superfície do rio

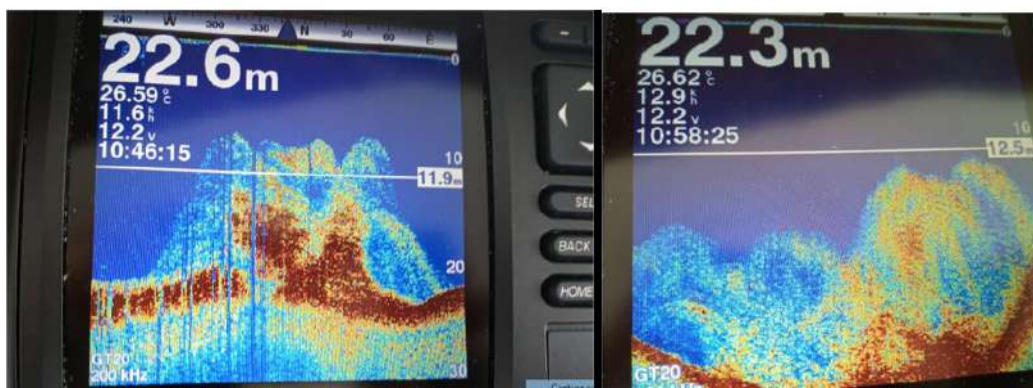


Fonte: OLIVEIRA, 2021.

No fundo do rio, foram também observadas várias formações, que podem ser sedimentos (areia fina), registrando-se turbulências, o que mostra o grande movimento de sedimentos com o aumento do volume da água (Figuras 20 e 21).

Figura 20 - Turbulências no fundo do rio

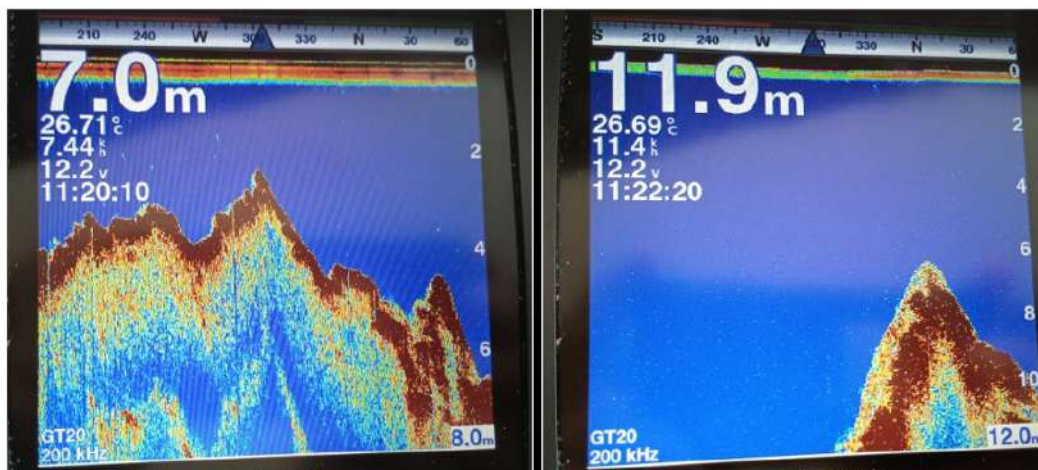
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 21 - Turbulências no fundo do rio

Fonte: OLIVEIRA, 2021.

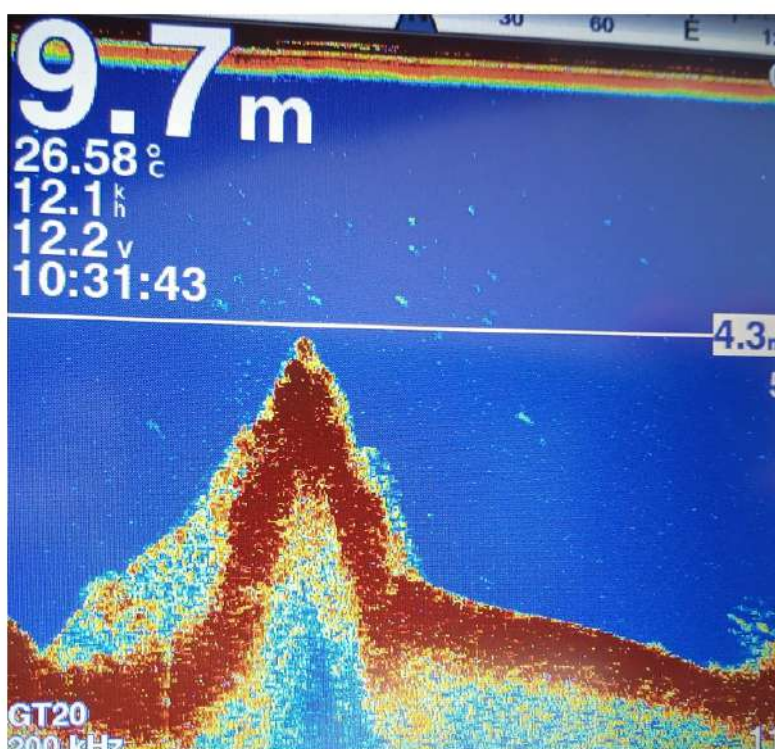
Outros registros importantes foram os “cabeços”, elevações que podem ser de areia ou pedras, o que torna muito perigosa a navegação de transporte, principalmente das maiores embarcações, que podem danificar o casco (pedras) ou encalhar (bancos de areia). Nas fotos, observamos um cabeço a 4.3 m da superfície (Figura 22) e outros a 2 m e 6 m (Figura 23).

Figura 22 - Registro de “cabeços” no fundo do rio, a 4.3 m da superfície



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 23 - Registro de “cabeços” no fundo do rio, a 2 m e 6 m da superfície, respectivamente



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Características da pesca na IV Expedição Científica no Baixo São Francisco (2021)

Com vazão média de $1.400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no ano de 2021, menor que a vazão do ano de 2020, observou-se maior número de capturas de peixes, decorrente dos fatores benéficos ao processo reprodutivo, em função da grande vazão do ano anterior, e da diminuição do volume de água, facilitando as capturas. Entretanto, foram constatadas as mesmas dificuldades que

tanto as populações como o rio vêm sofrendo em decorrência das atividades antrópicas indiscriminadas e da ausência de gestão, principalmente na atividade pesqueira, tais como: poluição, desmatamento, assoreamento, degradação das lagoas marginais, presença de espécies exóticas e pressão pesqueira descontrolada, que vêm influenciando negativamente a produção pesqueira na região, bem como a distribuição espacial das espécies em relação aos ambientes (SOARES *et al.*, 2011) (Figura 24).

Com o objetivo de comparar a produção pesqueira, foram realizadas coletas da ictiofauna com as mesmas características dos apetrechos utilizados no ano anterior, possibilitando avaliar a composição de captura da atividade.

Figura 24 - Assoreamento das margens na foz do São Francisco



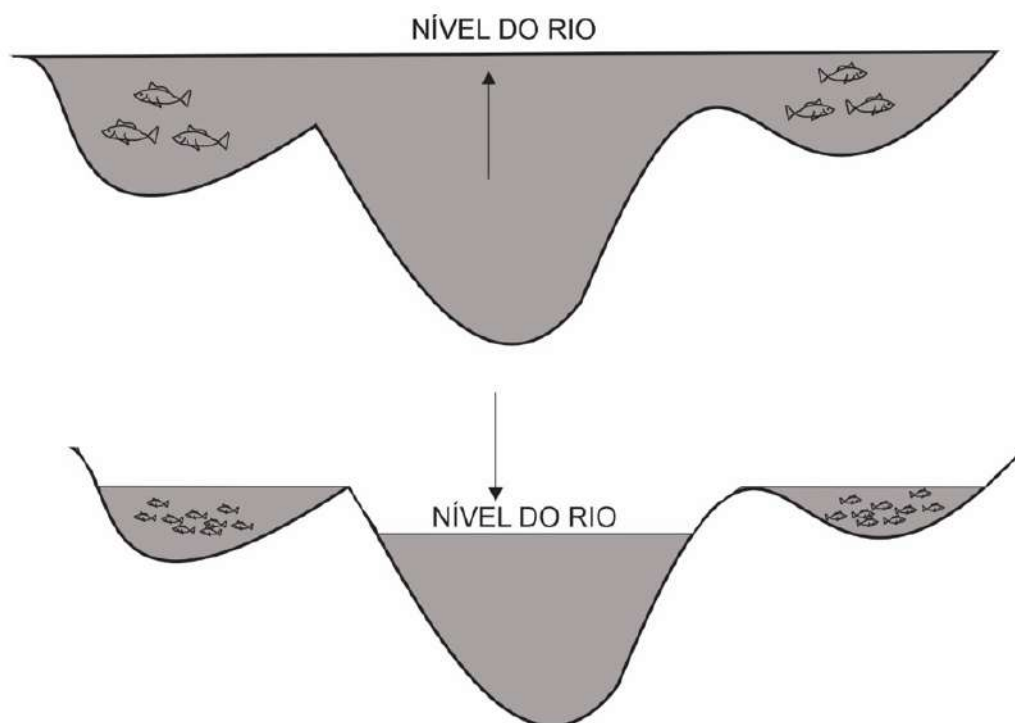
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Foram realizados 40 lançamentos de redes de emalhar, sendo colocadas na água ao entardecer e recolhidas ao amanhecer, permanecendo, em média, 12 horas de pesca efetiva. No total, empregaram-se redes com 35 mm (entre nós), com fios (nylon) 0,30 mm e 0,35mm de diâmetro, redes com 40 mm (entre nós), com fio (nylon) 0,30mm de diâmetro e redes com 50 mm (entre nós), com fio (nylon) 0,20 mm de diâmetro. Cada rede teve, em média, 400m de comprimento. As informações sobre a situação da pesca foram obtidas através de entrevistas com os próprios pescadores, muitas vezes nas embarcações.

Situação atual da pesca

De acordo com os pescadores, foi justamente a grande variação do nível do rio, onde a água transborda para as áreas mais planas das margens, que proporcionou a melhora da desova de peixes. Apesar deste fator positivo, após a redução repentina do nível da água, ocorreu mortalidade destes indivíduos aprisionados nas lagoas (Figura 25).

Figura 25 - Esquema do efeito da variação do nível do rio na reprodução das espécies nas lagoas marginais, segundo os pescadores



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Quanto às espécies, foi relatada uma grande diminuição nas capturas daquelas de valor comercial, a exemplo da xira. Nos mercados visitados (Figura 26), foram encontrados, na maioria, espécies de cultivo, comotilápia (*Oreochromis niloticus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Figura 27).

As espécies nativas encontradas foram piranha-verdadeira (*Pygocentrus piraya*) e piau (Figura 28). A xira e o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), segundo vendedores, vieram do Estado da Bahia (Figura 29), demonstrando uma demanda da população por estas espécies, motivando a importação de outros Estados, principalmente do surubim, que não é mais encontrado no Baixo São Francisco. Também foi encontrado o panga (*Pangasius* sp.), espécie exótica proveniente de cultivos.

Figura 26 - Mercado público e comércio de peixes em Propriá (SE)



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 27 - Peixes de cultivo, tilápia e tambaqui, à venda nos mercados



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 28 - Espécies nativas encontradas nos mercados: piranha-verdadeira e piauí

Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Figura 29 - Espécies nativas encontradas nos mercados, oriundas de outros Estados: xira e surubim

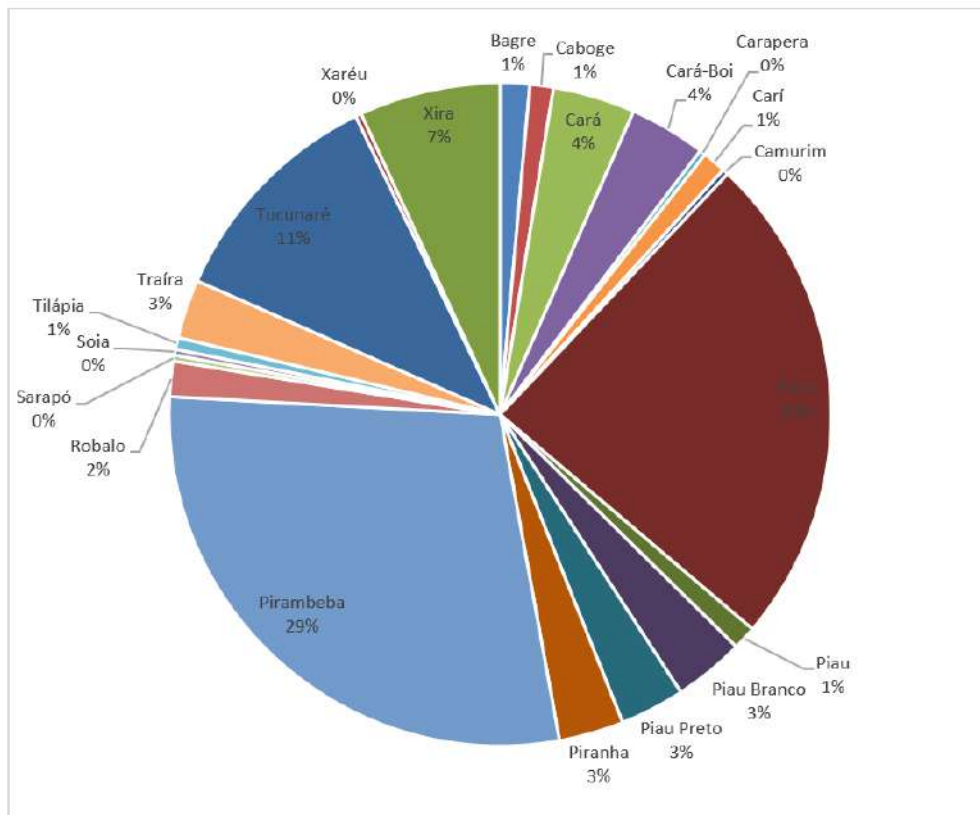
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Das espécies capturadas, a pirambeba, o pacu e os piaús representaram 60% do total. A pirambeba e o pacu têm baixo ou nenhum valor comercial. Quando consideramos a captura acumulada de pirambeba e pacu, estes representam 53% da produção; no entanto, pelo reduzido valor de mercado, praticamente não geram receita. Isso coloca a atividade de pesca em uma situação muito desestimulante para os pescadores. Atuar em uma atividade em que só 47% do produto têm valor de segunda, ou primeira qualidade, não é atrativo. As espécies de alto valor econômico – camurim (robalo), xira e tucunaré – representam apenas 20% da produção (Figura 30).

A piscicultura apresenta-se como uma alternativa para suprir a demanda de pescado de valor econômico, haja vista a dominância de peixes de cultivo abastecendo os mercados. Outra forma de estimular a produção é a atividade de repovoamento, com espécies nativas de valor comercial, como piauí e xira, assim como realizando o planejamento dos lugares mais adequados para a liberação dessas espécies.



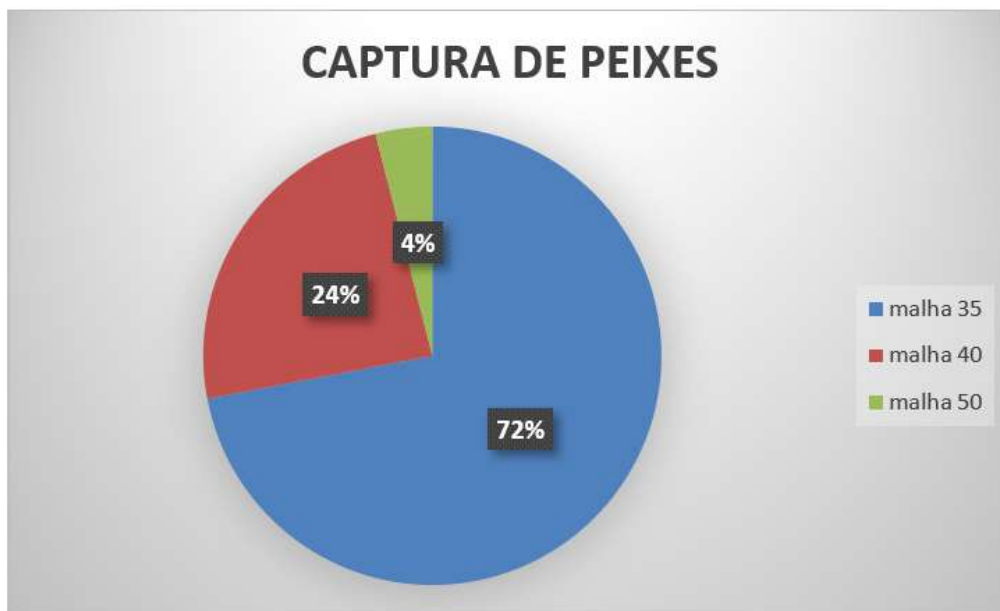
Figura 30 - Distribuição da porcentagem de captura por espécie



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Quanto ao nível de captura, a rede de emalhar de 35mm (entre nós) apresentou a melhor porcentagem, seguida pela de 40mm (Figura 31).

Figura 31 - Distribuição da captura por malhas das redes

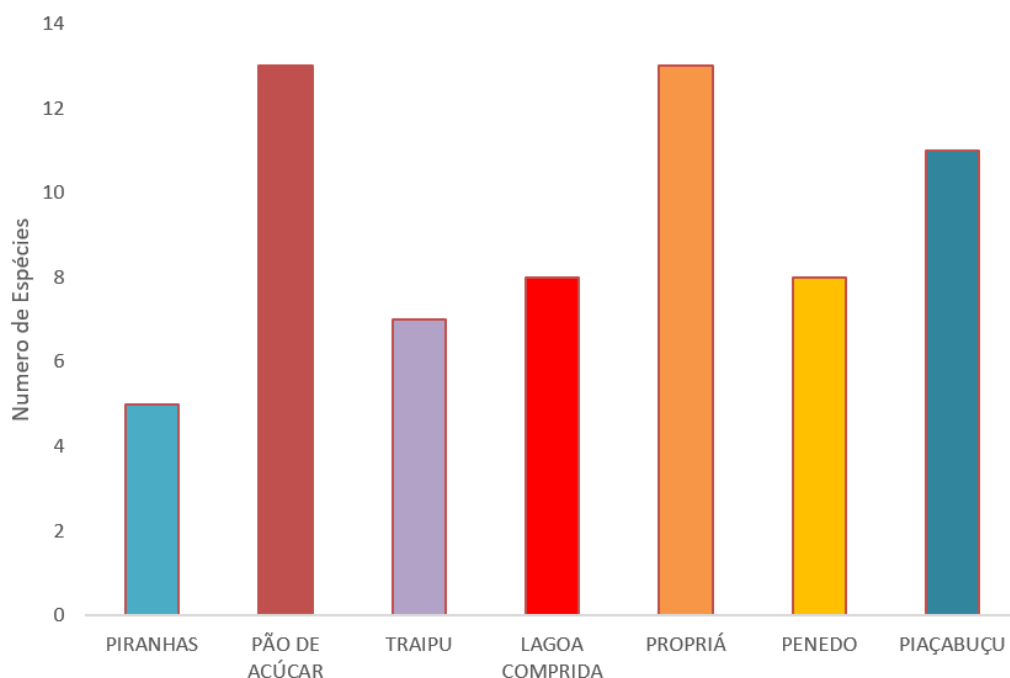


Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Quando à distribuição horizontal da diversidade de espécies no Baixo São Francisco (Figura 32), foi possível observar que, nos municípios de Pão de Açúcar (AL) e Propriá (SE), foram encontradas mais que o dobro de espécies da região de Piranhas (AL). Nos outros municípios, foram registradas entre 7 e 8 espécies, com exceção de Piaçabuçu (AL), que teve maior abundância, em função da presença de espécies estuarinas. A menor diversidade encontrada em Piranhas deve-se ao tipo de ambiente, com correntezas mais fortes e de maior profundidade, impondo mais dificuldades nas capturas ou fazendo com que só as espécies mais adaptadas a este tipo de ambiente, lótico, prevaleçam.

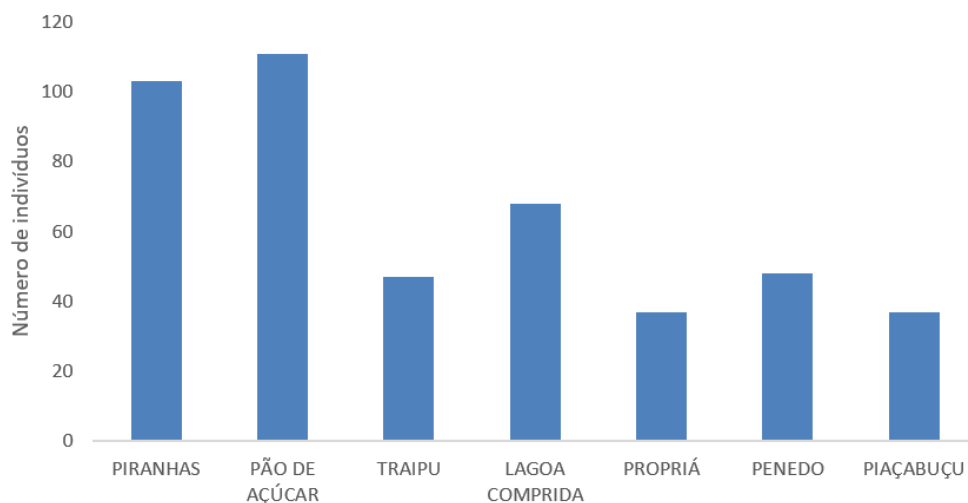
Quando analisamos a distribuição em número de indivíduos capturados por cidade, observamos uma maior concentração em Piranhas e Pão de Açúcar, localizadas logo após a Hidrelétrica de Xingó. Possivelmente, o menor número de espécies e o maior número de indivíduos na cidade de Piranhas indique que o ambiente seja adequado para uma concentração de espécies que escolhem um local lótico para sua reprodução. A partir de Traipu, é possível observar um declínio no número de indivíduos no sentido da foz, ambiente mais lântico (Figura 33).

Figura 32 - Diversidade em número de espécies por município



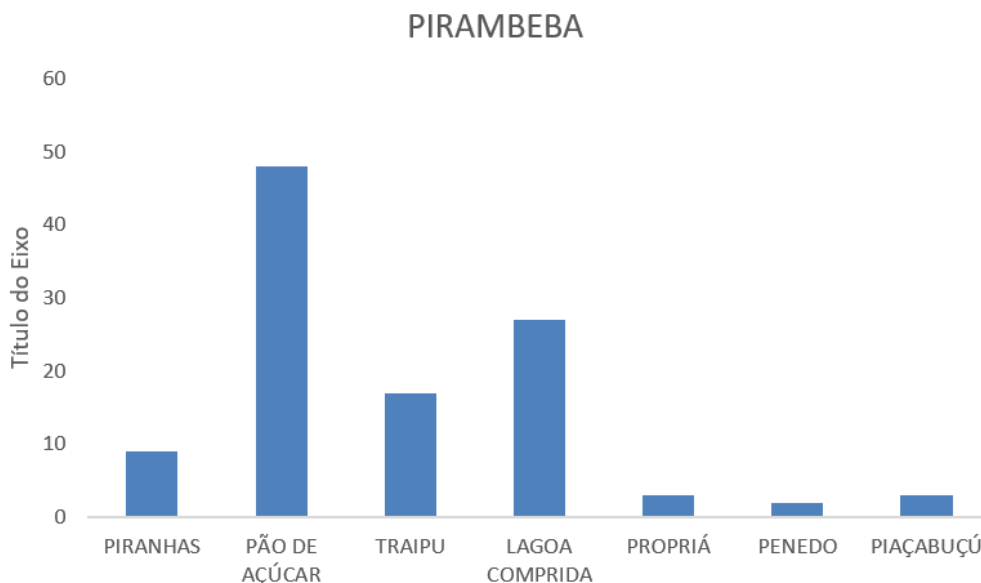
Fonte: OLIVEIRA, 2021.



Figura 33 - Captura em número de indivíduos por município

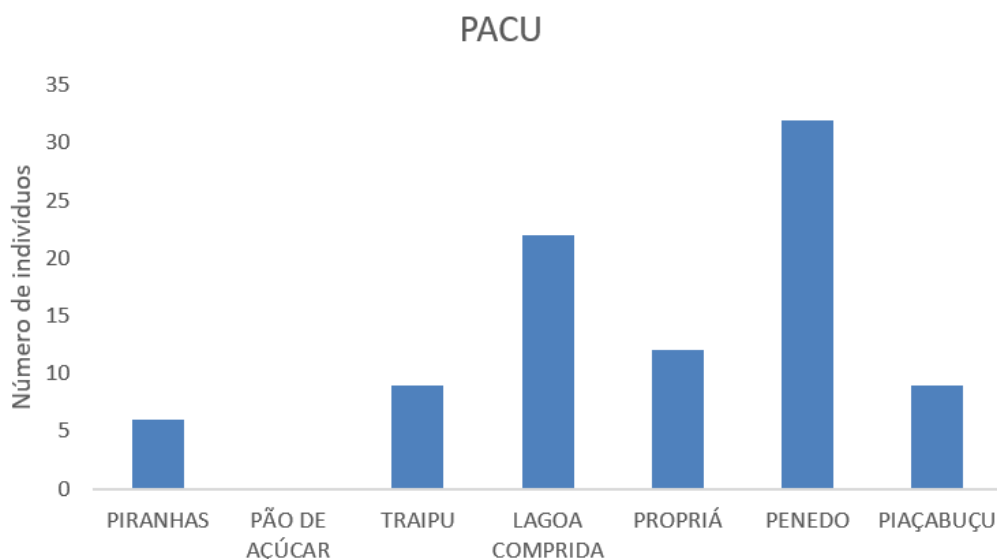
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Analisando a distribuição das principais espécies em abundância e importância econômica, observamos que a pirambeba possui maior concentração de indivíduos entre os municípios de Piranhas e Lagoa Comprida (São Brás) (AL) (Figura 34).

Figura 34 - Distribuição da pirambeba entre os municípios de coleta

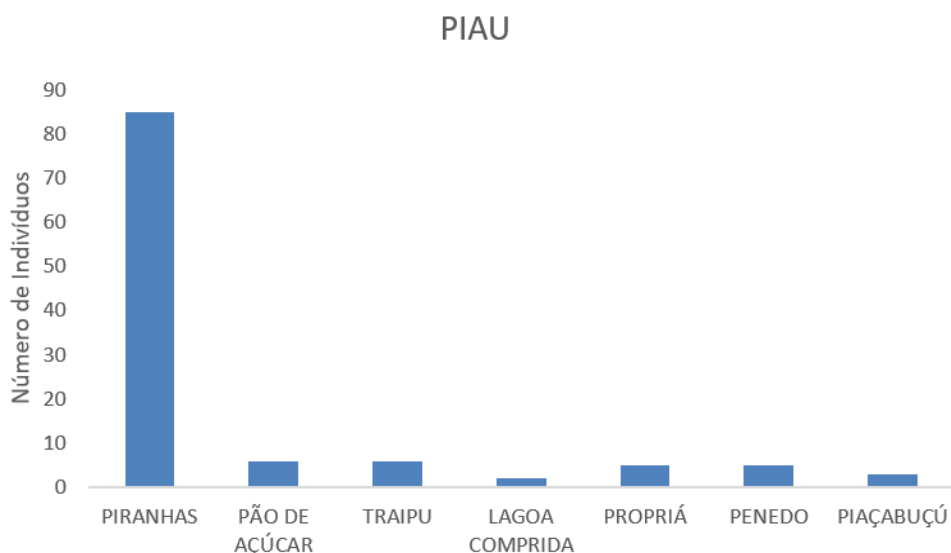
Fonte: OLIVEIRA, 2021.

A distribuição do pacu parece estar mais concentrada na zona mais lântica do rio, entre o povoado de Lagoa Comprida (São Brás) e Piaçabuçu, apresentando uma tendência de declínio no sentido das cidades com ambientes mais lóticos, como Piranhas e Pão de Açúcar – na última, inclusive, não houve ocorrência da espécie (Figura 35).

Figura 35 - Distribuição do pacu entre os municípios de coleta

Fonte: OLIVEIRA, 2021.

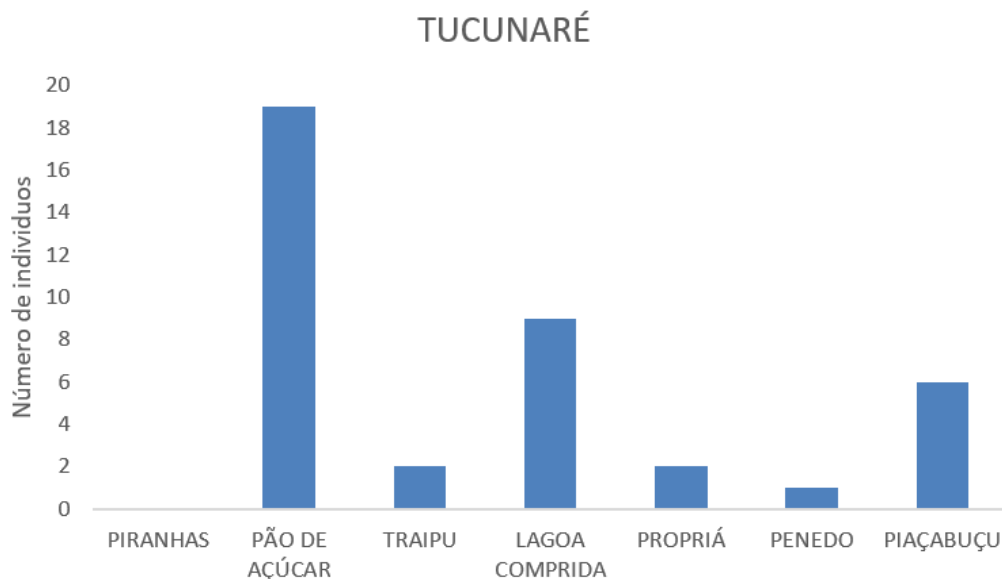
A distribuição do piau ficou concentrada no município mais próximo à Hidrelétrica de Xingó, o que pode explicar o grande número de indivíduos. Ficou visível a quantidade de peixes pulando na superfície da água, quando da coleta nessa cidade, corroborando com a provável concentração para reprodução. Piranhas é o limite aonde essas espécies que fazem piracema conseguem chegar. As fortes correntezas servem como estímulo ao desenvolvimento gonadal e podem explicar essa concentração reprodutiva. No restante das cidades, os registros foram inferiores a 10 indivíduos (Figura 36).

Figura 36 - Distribuição do piau entre os municípios de coleta

Fonte: OLIVEIRA, 2021.

O tucunaré só não foi encontrado na cidade de Piranhas; no entanto, obteve maior representatividade no município de Pão de Açúcar. Nas demais regiões estudadas, ocorreram registros da espécie (Figura 37).

Figura 37 - Distribuição da presença do tucunaré entre as cidades visitadas



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

A xira, apesar de ser uma espécie bastante desejada na região do Baixo São Francisco, sofre com a variação do volume do rio, principalmente em épocas de seca, quando não entram águas novas pelos tributários, impactando diretamente sua reprodução natural. A presença desta espécie apenas na região de Pão de Açúcar confirma que os peixes de piracema estariam em águas mais próximas da Hidrelétrica de Xingó; entretanto, devido à falta de monitoramento nos peixamentos (uma das poucas situações de oferta de peixes ao rio), não se sabe qual o impacto na presença da espécie no Baixo São Francisco.

Propostas de ações a serem realizadas por instituições de gestão dos recursos pesqueiros

1. Quanto à gestão de recursos e atividades pesqueiras, sugere-se que seja criado um consórcio entre as prefeituras do Baixo São Francisco (Conpresf), juntamente com a Codevasf e as Universidades, com o intuito de montar uma rede de coletores (profissionais habilitados) para fazer o controle de desembarque pesqueiro (estatística pesqueira) e, assim, prestar assistência técnica aos pescadores do Baixo São Francisco;
2. Quanto aos problemas causados pelas macrófitas aquáticas, elas podem ser uma fonte de matéria orgânica aproveitável para várias finalidades. Segundo Soares (2020), a inserção de macrófitas aquáticas como fertilizantes já vem sendo estudada e desenvolvida. Em Santana do Piraí, no Rio de Janeiro, o uso destas plantas aquáticas proporcionou grandes quantidades de nutrientes para o solo,

promovendo o crescimento de plantas nativas e cultivadas, possibilitando seu emprego como adubo orgânico. Além disso, o uso da biomassa pode promover expressivos ganhos ambientais e sociais, e também amenizar a parte econômica, garantindo sustentabilidade no processo (CEIVAP, 2012). Segundo Yamauchi (2014), tal método serve de auxílio a solos degradados, que se caracterizam por dispor de baixos índices de nutrientes, matéria orgânica e características físicas que impossibilitam o desenvolvimento das plantas. Desta forma, é essencial o discernimento dos atributos químicos a serem usufruídos, assim como suas consequências após incorporação no solo. Pode ser constatado que o acréscimo de matéria orgânica altera de forma positiva a fertilidade do solo, sendo capaz de melhorar as propriedades químicas até mesmo de áreas severamente degradadas;

3. Criação de um projeto-piloto no Baixo São Francisco, com o objetivo de revitalizar o solo, no caso, o semiárido das margens do rio –Projeto Pró-Solo (com Embrapa, Codevasf e Universidades). O projeto-piloto trabalharia para revitalizar os solos dos assentamentos de agricultores, com o acompanhamento dos órgãos de pesquisa. O projeto tem que constar de métodos de extração das macrófitas do rio, que podem ser feitos com uma rede de arrasto de material sintético com lastros e flutuadores, que facilmente cercaria uma área e seria puxada para a margem, mecanicamente (trator das prefeituras); em seguida, seria triturada em uma forrageira e transferida em caminhões para os devidos lugares pré-estabelecidos no projeto. O aproveitamento dessas macrófitas, além de ser uma solução para a produção agrícola e a atividade pesqueira, seria um grande benefício para a qualidade da água do rio, pois essas macrófitas modificam o habitat dos peixes e consomem o oxigênio da água;
4. Criação do Programa Permanente de Peixamento de Espécies Nativas (Properpen), de valor econômico, como forma de melhorar a renda dos pescadores;
5. Criação do Programa de Educação Ambiental (Proea), nas colônias e na Associação de Pescadores, assim como nas escolas, a fim de conscientizar sobre a poluição do rio.



REFERÊNCIAS

NOGUEIRA, E.M.S.; SÁ, M.F.P. **A pesca artesanal no Baixo São Francisco**: atores, recursos, conflitos. Petrolina: Editora da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana (Sabeh), 2015. p.217.

SATO, Y.; GODINHO, H.P. Migratory fishes of the São Francisco River. In: CAROLSFELD, J.B.; HARVEY, C.R.; BAER, A. (Eds.). **Migratory fishes of South America**: biology, fisheries, and conservation status. Victoria: World Fisheries Trust/IDRC/World Bank, 2003. p.199-232.

SOARES, E.C. *et al.* Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Baixo São Francisco, Alagoas. **Biotemas**, Florianópolis, v.24, p.61-67, 2011.

SOARES, E.C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian Journal of Development**, v.6, p.3047-3064, 2020b.

SOARES, E.C. *et al.* A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco**: características ambientais e sociais. Maceió: Edufal, 2020a. p.129-152.



CAPÍTULO 9 - ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO (ALAGOAS E SERGIPE)

Élica Amara Cecília Guedes¹
Manoel Messias da Silva Costa²
Ana Karolina Lopes da Silva³
Mariana Melo Fireman⁴

Resumo: O fitoplâncton lacustre constitui informação fundamental sobre a estrutura da produção biológica de um ambiente aquático, sendo de extrema importância para a compreensão do meio, uma vez que, dentro de cada ambiente, existe um conjunto de formas fitoplanctônicas, cuja variedade, abundância e distribuição são próprias e dependem da adaptação às características abióticas. Foram analisadas 34 amostras, coletadas no período de 1º a 10/11/2021, quando foram determinados pontos de coleta ao longo do Baixo São Francisco. As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais superficiais, com rede de plâncton (malha de 20 µM), acondicionadas em frascos e preservadas em TRANSEAU (6:3:1 água destilada, álcool etílico 70%, formol), devidamente etiquetados. Foram examinadas alíquotas de 1 mL, procedendo-se a análise qualiquantitativa em microscópio óptico binocular, de acordo com o método de Sedgwick-Rafter, e a identificação baseada em bibliografias pertinentes na área. Foram realizadas as seguintes análises: riqueza de espécies, abundância relativa (%), frequência de ocorrência (%), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J), dominância de Simpson (K) e testes estatísticos. Durante o período estudado, foram observadas espécies dominantes, que influenciaram na abundância de células, diversidade e equitabilidade: *Eunotia monodon* (43,1%), *Oedogonium* sp. (36,2%), *Aulacoseira granulata* (35%), *Staurastrum leptocladum* (33,6%), *Ceratium furcoides* (25,9%) e *Microcystis aeruginosa* (27,9%), espécies estas que estão associadas a ambientes eutrofizados e/ou acidificados. Persistindo nas constantes mudanças nas vazões e nos despejos indiscriminados de efluentes domésticos, o ambiente sofrerá enormes consequências, com o surgimento de cianobactérias potencialmente tóxicas, florações de dinoflagelados e aumento significativo de algas verdes filamentosas.

Palavras-chave: Espécie Invasora. Abundância. Ambiente Lótico.

INTRODUÇÃO

Dentre os inúmeros organismos que habitam os ambientes aquáticos, a comunidade fitoplanctônica constitui-se como uma das mais importantes. Em sua grande maioria, os indivíduos são dotados de pigmentos fotossintetizantes, constituindo-se o primeiro elo das

1 Professora Doutora, Chefe do Laboratório de Ficologia (Labofic), Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

2 Professor Doutor, Setor de Biologia, Instituto Federal de Alagoas (Ifal).

3 Estudante de Graduação em Biologia, estagiária do Laboratório de Ficologia (Labofic), Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

4 Graduação em Biologia, estagiária do Laboratório de Ficologia (Labofic), Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas (Ufal).



cadeias alimentares aquáticas. Sendo responsáveis pela produtividade primária, refletem com fidelidade os impactos antrópicos aquáticos, uma vez que, dentro de cada ambiente, existe um conjunto de formas fitoplanctônicas cuja variedade, abundância e distribuição são próprias e dependem da adaptação às características abióticas, sendo de extrema importância para a compreensão do meio (REYNOLDS, 2006; RAVEN *et al.*, 2014). Estes organismos, predominantemente autotróficos, são a base da cadeia alimentar em ecossistemas aquáticos e apresentam extrema importância para toda a comunidade aquática, visto que a abundância, a riqueza e a biomassa impulsionam a produtividade para os demais níveis tróficos (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2002).

Estes seres, essenciais para a manutenção da vida nos ambientes lacustres, devido à alta taxa de reprodução, em estado de desequilíbrio, podem atingir grandes concentrações, alterando a coloração da água, principalmente aquelas pertencentes às cianobactérias (Nostocales, Chroococcales) diatomáceas (bacilariofíceas cêntricas) e clorofíceas (Desmidiáles), gerando impactos negativos para a comunidade aquática e a saúde humana, em consequência das alterações dos fatores abióticos (disponibilidade de nutrientes, mudanças climáticas) e bióticos (competição, predação, atividades antropogênicas), acarretando em florações algais, comprometendo a integridade da biota e intensificando o processo de eutrofização (ZANATA; ESPÍNDOLA, 2002; CECY; SILVA, 2004).

O aumento da eutrofização em ambientes lóticos advindos de múltiplos usos, como abastecimento público, lazer, aquicultura e pesca, além de se modificar rapidamente tanto no tempo como no espaço, tem permitido um rápido crescimento de algumas espécies de fitoplâncton, que estão se tornando cada vez mais comuns e dominantes nestes ambientes, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, implicando em potenciais danos à saúde da população (PANOSSO *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2009).

Nas extremas reduções de vazões, torna-se útil a compreensão de ecossistemas hídricos e dos efeitos na dinâmica da qualidade da água, onde o fitoplâncton tem papel preponderante para entender-se do funcionamento do sistema como um todo, devido à sua contribuição essencial na elaboração da matéria orgânica necessária para a sobrevivência dos organismos herbívoros destes ambientes (CÂMARA *et al.*, 2007; MOSLEY, 2015; LI *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo de compreender as consequências das mudanças de vazões em resposta à estrutura da comunidade fitoplanctônica, proporcionando importantes informações de bioindicadores da qualidade da água sobre o ecossistema em estudo.

Área de estudo e coleta das amostras

Foram coletadas 34 amostras no período de 1º a 10/11/2021, quando foram determinados pontos de coleta ao longo do trecho do Baixo São Francisco entre os Estados de Alagoas e Sergipe, sendo definidos os seguintes pontos de coleta: Ponto 1 (região próxima à margem do rio, Alagoas); Ponto 2 (região mediana do rio, entre Alagoas e Sergipe); Ponto 3 (região próxima à margem do rio, em Sergipe); Ponto 4 (próximo à captação de água), tendo como referência os municípios de Piranhas-AL (PI), Pão de Açúcar-AL (PA), Traipu-AL (TR), São Brás-AL (SB), Igreja Nova-AL (IN), Propriá-SE (PR), Penedo-AL (PE), Piaçabuçu-AL (PU) e Foz do São Francisco, com dois pontos de coleta – Ponto 1 (região próxima ao Estado de Alagoas) e Ponto 2 (região próxima ao Estado de Sergipe).



As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais e subsuperficiais, utilizando-se rede de plâncton com abertura de malha de 20µm. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em frascos de plástico de aproximadamente 100 mL, devidamente etiquetados, e preservadas em solução TRANSEAU (6:3:1 água destilada, álcool etílico 70%, formol), sendo, posteriormente, transportadas para o Laboratório de Ficologia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS) da Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

Análise das amostras

A composição do microfitoplâncton foi determinada a partir da análise de montagens lâmina-lamínulas (lâminas temporárias), visualizadas sob um microscópio óptico binocular Zeiss (Axioscop 40). Para o estudo quantitativo, foram analisadas alíquotas de 1 mL, de acordo com o método de Sedgwick-Rafter (S-R) (APHA; AWWA; WEF, 2005; CETESB, 2011).

Para a identificação taxonômica de gêneros e/ou espécies, foram consultados trabalhos específicos na área: Bourrely (1970), Streble e Krauter (1987), Anagnostidis e Komarek (1990), Parra e Bicudo (1995), Moreno *et al.* (1996) e Komarek e Anagnostidis (1998). Foi utilizado o Sistema de Classificação de Round *et al.* (1990) para enquadramento taxonômico das diatomáceas, o de Anagnostidis e Komarek (1988) e Komarek e Anagnostidis (2005) para Cyanobacteria, Buchheim *et al.* (2001) para Chlorophyta e o Sistema de Van den Hoek *et al.* (1995) para os demais grupos taxonômicos. Todos os nomes científicos de espécies foram checados junto ao banco de dados internacional Integrated Taxonomic Information System (ITIS) e ALGAEBASE (GUIRY; GUIRY, 2014).

Índices ecológicos

Após a identificação, foram realizadas contagens dos organismos e calculada a abundância relativa de cada táxon, utilizado a fórmula: $A = N \times 100/n$, onde: N = nº de espécies na amostra; n = nº total de espécies; sendo estabelecidos os seguintes critérios: dominante – ocorrência maior do que 50%; abundante – ocorrência entre 50% e 30%; pouco abundante – ocorrência entre 30% e 10%; rara – menor de 10% (LOBO; LEIGHTON, 1986).

A frequência de ocorrência (%) foi calculada a partir do número de vezes em que cada táxon ocorreu nas porções do talo dos hospedeiros, por intermédio da fórmula: $F = P \times 100/p$, onde: P = número de amostras contendo a espécie; p = número total de amostras, sendo estabelecidas as seguintes categorias: muito frequente – ocorrência em mais de 70% das amostras; frequente – ocorrência entre 70% e 40% das amostras; pouco frequente – ocorrência entre <40% e 20% das amostras e esporádica <20% (MATEUCCI; COLMA, 1982).

A riqueza correspondeu ao número de espécies encontrado em cada amostra. O índice de diversidade específica foi calculado segundo Shannon (H') ($-\Sigma p_i \cdot \log_2 p_i$) (SHANNON, 1963), cujos valores foram enquadrados nas seguintes categorias: alta diversidade = $\geq 3,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; média diversidade = $< 3,0 \geq 2,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; baixa diversidade = $< 2 > 1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; muito baixa diversidade = $< 1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$ (VALENTIN, 2000).

A equitabilidade (J) foi calculada segundo Pielou (1977), apresentando valores entre 0 e 1, sendo considerados alto ou equitativo os valores superiores a 0.50, que representam uma distribuição uniforme dos táxons na amostra analisada e dominância de Simpson (λ) (MAGURRAN, 1988). Para estes cálculos, foi utilizado o programa estatístico PAST (HAMMER *et al.*, 2001).



Tratamento estatístico

O teste de Levene's foi utilizado para avaliar a normalidade e a homogeneidade de variância. Análises de variância (ANOVA unifatorial) foram usadas para testar a riqueza de espécies e a abundância de células das amostras coletadas. Teste de comparações múltiplas de Tukey (*Tukey's pairwise*) para riqueza e teste Wilcoxon (*Wilcoxon pairwise*) foram aplicados quando ocorreram diferenças significativas ($P < 0.05$). Para todos os procedimentos estatísticos, foram utilizados os programas estatísticos PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

A comunidade fitoplânctônica do presente estudo esteve distribuída nas divisões Cyanobacteria, Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta e Chlorophyta. As divisões com maior representatividade de riqueza de espécies foram Chlorophyta (24 spp.) e Bacillariophyta (16 spp.), no município de Igreja Nova (AL), distrito de Chinaré (Tabela 1). Não foram observadas diferenças significativas na riqueza de espécies entre os pontos de coletas analisados ($F = 0,1365$; $P < 0.05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Riqueza de espécies do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (SB) São Brás-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (PE) Penedo-AL, FOZ (Foz do São Francisco).

DIVISÃO	PI	PA	TR	SB	IN	PR	PE	PU	FOZ
CYANOBACTERIA	7	8	9	8	6	4	5	6	7
BACILLARIOPHYTA	10	7	17	12	16	11	14	15	16
EUGLENOPHYTA	1	1	1	1	-	-	-	-	-
DINOPHYTA	2	1	3	2	2	2	2	2	2
CHLOROPHYTA	18	18	16	11	24	13	14	21	14
TOTAL	38	35	46	34	48	30	35	44	39
ANOVA	Sum of sqrs			df	Mean square		F	P	
	58,7111			8	7,3388		0,1365	*	

(-) dados não existentes. *diferenças significativas pelo Tukey's (*Tukey's pairwise*) ($P < 0.05$).

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Apesar da redução do número de espécies, devido à mudança de vazão de 2.500 m³/s, em 2020, para 1.500 m³/s, em 2021, nos pontos amostrados, as microalgas verdes (Chlorophyta) e diatomáceas (Bacillariophyta) ocorreram com o maior número de táxons. Alguns estudos referentes à comunidade fitoplânctônica em ambientes lacustres demonstram que esses organismos constituem um grupo importante e bastante comum dentro desses ecossistemas, sendo praticamente os grupos dominantes (OLIVEIRA; CALHEIROS, 2000; KOMAREK *et al.*, 2003; SHUBERT, 2003; NABOUT *et al.*, 2006).

O grupo das algas verdes pertencentes às Desmidiaceae: *Closterium*, *Cosmarium*, *Desmidium*, *Eudorina*, *Euastrum*, *Micrasterias*, *Staurastrum*, *Xanthidium* destaca-se entre os grupos algais, principalmente pela riqueza específica, que se distribui de forma cosmopolita em águas não contaminadas, sendo abundantes em ambientes lacustres (rios, lagos, lagoas) oligotróficos e mesotróficos, condições estas que favorecem o desenvolvimento desses organismos (FELISBERTO; RODRIGUES, 2002; WEHR; SHEAT, 2003; DI BERNARDO *et al.*, 2010).

De maneira geral, clorofíceas e diatomáceas contribuíram com os maiores índices de abundância nas amostras analisadas, com exceção da foz do São Francisco, onde observou-se uma dominância das diatomáceas, devido ao aumento da salinidade e à elevada energia hidrodinâmica, que influenciam diretamente o desenvolvimento desses organismos (SOUSA *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2011).

Diante da predominância das algas verdes e diatomáceas no presente estudo, foi observada uma boa representatividade do dinoflagelado *Ceratium furcoides* entre os municípios de Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu (no Estado de Alagoas), espécie cosmopolita, exótica e invasora de ecossistemas de água doce. A abundância dessa espécie tem correlação com as concentrações de NO_3^- , matéria orgânica disponível e fósforo total, bem como com o pH alcalino. O surgimento dessa espécie em abundância está relacionado à mistura da massa de água e ressuspensão dos cistos na coluna d'água, podendo ocasionar florações com odores de matéria orgânica em decomposição, além do entupimento dos filtros das estações de tratamento de água (EWERTS, 2015).

Em relação ao fitoplâncton, a Portaria nº 578 exige monitoramento mensal do número de células de cianobactérias presentes nos mananciais de até $10.000 \text{ céls.mL}^{-1}$. Para valores elevados de cianobactérias, o monitoramento deverá ser realizado semanalmente, devido à possível presença de cianotoxinas, trazendo riscos à população local, não sendo viável sua utilização no abastecimento público, recreação e irrigação, além do risco de bioacumulação em peixes e moluscos bivalves (BRASIL, 2004).

Estudos referentes à comunidade fitoplanctônica em ambientes lacustres tropicais demonstram que clorofíceas e diatomáceas constituem um grupo importante dentro deste ecossistema, por apresentarem altas taxas de reprodução e capacidade de adaptação em diversos nichos ecológicos, principalmente sob os aspectos físico-químicos da água. De acordo com a Cetesb (2005), quando ocorrem dominância e abundância de clorofíceas (desmidiáceas) e/ou diatomáceas, com valores entre > 1000 e $< 5000 \text{ cel.mL}^{-1}$, a qualidade da água é classificada de razoável a boa, demonstrando que o ambiente está em equilíbrio e considerando a água própria para o consumo e o lazer humanos.

Durante o período estudado, foram observadas espécies dominantes, que contribuíram para a abundância de células nas amostras analisadas: *Eunotia monodon* (43,1%), *Aulacoseira granulata* (42,3%), *Oedogonium* sp. (36,2%), *Staurastrum leptocladum* (33,6%), *Ceratium furcoides* (25,9%), *Microcystis aeruginosa* (27,9%), espécies estas que estão associadas a ambientes eutrofizados e/ou acidificados, influenciando os índices de diversidade específica, que variaram entre $1,57 \text{ bits.cel}^{-1}$ no Ponto 4, pela dominância e abundância da diatomácea *Aulacoseira granulata*, e $2,11 \text{ bits.cel}^{-1}$ no Ponto 3 (Igreja Nova/AL), na região de Sergipe (superfície), onde foi observada maior diversidade de espécies. As amostras, de uma forma geral, apresentaram valores de equitabilidade acima de 0,50, mostrando uma distribuição equitativa e uniforme das espécies.

Quando a diversidade específica de Shannon e a equitabilidade são consideradas de baixos valores, de acordo com seus índices estabelecidos, refletirão em um desequilíbrio populacional fitoplanctônico, ligado diretamente à abundância de células e à dominância de poucas espécies.

O sumário completo dos dados de riqueza, abundância relativa (%), frequência de ocorrência (%) e índices ecológicos (Diversidade de Shannon, Equitabilidade e Dominância) encontra-se nas tabelas em anexo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fitoplâncton é considerado um dos indicadores de qualidade biológica utilizado na classificação do estado ecológico de massas d'água, principalmente quando são avaliadas a abundância fitoplanctônica, a riqueza, a dominância, a intensidade e a frequência de florações fitoplanctônicas (*blooms*) – o que requer conhecimentos sobre a atuação destes organismos, que influenciam diretamente a qualidade da água.

Através dos resultados obtidos, foi possível observar que Chlorophyta (algas verdes) e Bacillariophyta (diatomáceas) ocorreram com maior riqueza de espécies e abundância, dominando o período de estudo. Nos pontos de amostragem, mesmo com o surgimento de espécies de algas verdes filamentosas, a grande abundância de células não refletiu no estado trófico da água – apesar de ser importante confrontar os dados obtidos com informações sobre sedimentos e compostos orgânicos e inorgânicos para, assim, inferir a real situação do ambiente.

Mudanças na vazão entre as Expedições de 2020 e 2021 resultaram na abundância de *Ceratium furcoides*, que podem interferir no estado trófico e na dinâmica da comunidade fitoplanctônica, favorecendo a floração desta espécie, que pode estabelecer-se no ambiente e trazer riscos ecológicos e efeitos negativos na qualidade da água, gerando inúmeros problemas à saúde pública, com investimentos elevados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), no abastecimento público e nos usos múltiplos (navegação, recreação, abastecimento, irrigação, etc.).

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington, D.C., 2005.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMAREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 3: Oscillatoriales. **Algological Studies**, v.80, n.1/4, p.327-472, 1988.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMAREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 5: Stigonematales. **Algological Studies**, v.59, p.1-73. 1990.

BOURRELLY, P. **Lês Algues d' EauDouce**: initiation à la Systématique – Les et rouges Les Euglenies, Peidiniens et Cryptomonodines. v.3. Paris: N. Boubée, 1970.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.59, 26 mar. 2004. p. 266-270.

BUCCHEIM, M.A.; MICHALOPULOS, E.A.; BUCHHEIM, J.A. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S DNA data. **Journal of Phycology**, v.37, p.819-935, 2001.



CÂMARA, F.R.A.; LIMA, A.K.A.; CHELLAPPA, N.T. Diversidade da comunidade fitoplanctônica do canal do Pataxo, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.21-22, 2007.

CECY, I.I.T.; SILVA, S.R.V. Desmídias (*Zygnemaphyceae* da área de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, Paraná, Brasil, I: Gênero *Cosmarium*. **Iheringia: Série Botânica**, v.59, n.1, p.13-26, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Norma Técnica L5.303: Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio)**. São Paulo, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Relatório Técnico)**. Brasília: Cetesb, 2011.

COSTA, I.A.S. *et al.* Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do Semiárido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.2, p.382-401, 2009.

COSTA, V.B. *et al.* Effects of a high energy coastal environment on the structure and dynamics of phytoplankton communities (Brazilian Amazon littoral). **Journal of Coastal Research**, v.64, p.354-358, 2011.

DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A.D. **Florações de algas e de cianobactérias: suas influências na qualidade da água e nas tecnologias de tratamento**. São Carlos: Editora LDiBe, 2010.

EWERTS, H. **Laboratory-scale evaluation of different aspects related to *Ceratium hirundinella* removal during simulation of conventional water treatment plant which includes sedimentation**. Tesis. USA, 2015.

GUIRY, M.D.; GUIRY, G.M. **Algae Base: Worldwide Electronic Publication**. Galway: National University of Ireland, 2014. Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acesso em: 23 abr. 2022.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, 2001.

KOMAREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota.v.1. Teil: Chroococcales. In: ETTL, H. *et al.* (Eds.). **Susswasserflora von Mitteleuropa**. Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lubeck-Ulm, 1998. p.1-548.

KOMAREK, J.; KLING, H.; KOMARKOVA, J. Filamentous Cyanobacteria. In: WEHR, J.D.; SHEATH, R.G. (Eds.). **Freshwater algae of North America: ecology and classification**. New York: Academic Press, 2003. p.117-196.

KOMAREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota.v.2. Oscillatoriales. In: BRIDEL, B. *et al.* (Eds.). **Subwasserflora von Mitteleuropa**. Munchen: Elsevier GmbH, 2005. p.1-759.



LI, T. *et al.* A comparative assessment of Australia's Lower Lakes water quality under extreme drought and post-drought conditions using multivariate statistical techniques. **Journal of Cleaner Production**, v.190, p.1-11, 2018.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Biología Marina**, v.22, p.1-29, 1986.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988.

MATEUCCI, S.; COLMA, A. La metodología para el estudio de la vegetación. Colección de monografías científicas. **Serie Biología**, v.22, p.1-168, 1982.

MORENO, J.L.; LICEA, S.; SANTOYO, H. **Diatomeas del Golfo de California**. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur/SEP-FOMES/PROMARCO, 1996.

MOSLEY, L.M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems, review and integration. **Earth-Science Reviews**, v.140, p.203-214, 2015.

NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S.; OLIVEIRA, L.G. Phytoplankton Community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research**, v.28, n.2, p.181-193, 2006.

OLIVEIRA, M.D.; CALHEIROS, D.F. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v.427, p.101-112, 2000.

PANOSSO, R.F. *et al.* Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.433-449, 2007.

PARRA, O.O.; BICUDO, C.E. M. **Introducción a la Biología y Sistemática de las Algas de Aguas Continentales**. Santiago, Andes, 1995.

PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. v.2. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

PIELOU, E.C. **Mathematical Ecology**. New York: John Wiley & Sons Incorporated, 1977.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 8.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2014.

REYNOLDS, C.S. **Ecology of phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D.G. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York: Cambridge University Press, 1990.

SHANNON, C.E.; Weaver, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1963.



SHUBERT, E. Nonmotile coccoid and colonial green algae. In: WEHR, J.D.; SHEATH, R.G. (Eds.). **Freshwater algae of North America: ecology and classification**. New York: Academic Press, 2003. p.253-309.

SOUSA, E.B. *et al.* Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). **Acta Botanica Brasílica**, v.23, n.4, p.1084-1095, 2009.

STREBLE, H.; KRAUTER, D. **Atlas de los microorganismos de aguadulce: la vida en una gota de agua**. Barcelona: Omega, 1987.

VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H.M. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

WEHR, J.D.; SHEATH, R.G. **Freshwater Algae of North America: ecology and classification**. New York: Academic Press, 2003.

ZANATA, L.H.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Longitudinal processes in Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, p.347-361, 2002.

Tabela 2 - Percentual de distribuição do microfítotoplâncton na região do município de Piranhas (Baixo São Francisco): (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	17,9	19,5	0,7	11,6	MF
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	1,4	-	-	0,9	F
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszyńska) Seenayya & Subba Raju	-	-	-	0,5	PF
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	-	-	-	1,1	PF
<i>Lyngbya majuscula</i> Harvey ex Gomont	0,7	-	0,4	-	F
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	18,3	11,7	27,9	14,5	MF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	0,7	0,4	-	-	F
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	0,4	0,7	-	F
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	-	-	0,7	0,3	F
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	1,1	-	-	1,8	F
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	0,4	0,2	-	0,5	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	15,1	11,3	7,2	10,4	MF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	-	0,6	-	-	PF
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	0,7	-	-	0,3	F
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	-	-	5,8	3,9	F
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	3,6	0,8	1,4	1,2	MF
<i>Ulmaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,4	1,0	1,4	0,8	MF
EUGLENOPHYTA					



<i>Euglena caudata</i> Hübner	-	-	-	1,8	P
DINOPHYTA					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	11,1	19,5	-	15,1	MF
<i>Peridinium cinctum</i> (Müller) Ehrenberg	-	-	1,1	3,3	F
CHLOROPHYTA					
<i>Acanthosphaera zachariasii</i> Lemmermann	-	0,8	-	0,3	F
<i>Actinastrum aciculare</i> Playfair	-	0,6	-	-	P
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	-	-	1,5	P
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	0,4	0,6	-	0,2	MF
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst	-	-	-	0,5	P
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	-	0,6	-	-	P
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	5,0	2,9	2,5	4,8	MF
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas	0,7	0,2	-	-	F
<i>Oedogonium</i> sp.	0,4	19,5	36,2	15,1	MF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	8,6	0,4	-	-	F
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	1,1	3,5	8,3	8,0	MF
<i>Sphaerosoma laeve</i> (Nordstedt) Thomasson	-	1,6	-	0,5	PF
<i>Spirogyra</i> sp.	1,8	-	-	0,5	F
<i>Staurastrum diacanthum</i> Lemaire	1,1	0,6	-	-	F
<i>Staurastrum dickiei</i> Ralfs	-	1,0	1,8	-	F
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	8,2	0,2	0,7	0,3	MF
<i>Stigeoclonium subsecundum</i> (Kützing) Kützing	0,4	0,2	1,4	-	MF
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	1,1	2,0	1,4	0,6	MF
Diversidade de Shannon (H')	2,41	2,25	1,91	2,55	
Equitabilidade (J)	0,77	0,70	0,67	0,77	
Dominância de Simpson (λ)	0,12	0,14	0,23	0,10	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 3 - Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Pão de Açúcar (Baixo São Francisco): (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	1,5	8,3	5,8	3,4	MF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	2,4	-	-	PF
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	4,4	4,4	2,1	-	MF
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	5,4	2,0	2,9	-	MF
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	-	-	-	5,2	PF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	3,9	4,8	4,1	1,7	MF
<i>Oscillatoria curviceps</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	3,4	PF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	1,0	-	0,4	-	F
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	1,6	-	-	PF
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	0,8	-	PF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	6,3	11,9	13,7	4,6	MF

<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	-	0,8	-	-	PF
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	0,8	-	-	PF
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	-	1,2	11,6	-	F
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2,0	1,2	-	2,9	MF
EUGLENOPHYTA					
<i>Euglena caudata</i> Hübner	-	-	-	1,1	PF
DINOPHYTA					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	25,9	21,8	-	18,4	MF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	1,6	0,4	-	F
<i>Asterococcus limneticus</i> Smith	-	-	-	4,3	PF
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	0,8	0,4	-	F
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	2,0	0,4	-	-	F
<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) Archer	-	-	0,8	-	PF
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	-	-	3,3	-	PF
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs	1,0	-	-	0,6	F
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas	-	-	-	1,7	PF
<i>Oedogonium</i> sp.	26,8	5,2	-	28,7	MF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	4,4	0,8	-	F
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	2,9	-	-	3,2	F
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	-	-	2,5	-	PF
<i>Spirogyra</i> sp.	2,9	2,8	10,4	6,3	MF
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	13,2	22,6	33,6	14,4	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	1,0	-	-	-	PF
<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte	-	-	2,5	-	PF
<i>Treubaria triappendiculata</i> Bernard	-	-	1,2	-	PF
<i>Volvox tertius</i> Meyer	-	1,2	2,5	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,12	2,39	2,24	2,22	
Equitabilidade (J)	0,78	0,80	0,76	0,82	
Dominância de Simpson (A)	0,17	0,13	0,17	0,15	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 4 - Percentual de distribuição do microfítotoplâncton na região do município de Traipu (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	1,1	-	-	1,7	F
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	-	-	0,6	PF
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	0,5	-	1,6	-	F
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	0,5	2,9	-	-	F
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	4,7	4,0	5,9	6,0	MF
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	2,1	1,7	1,9	3,4	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	4,2	4,0	1,6	2,6	MF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	1,6	0,6	-	-	F
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	-	-	1,3	0,6	F

BACILLARIOPHYTA

<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	0,5	0,6	1,3	2,6	MF
<i>Cymbella lanceolata</i> Agardh	-	-	0,8	-	PF
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	-	-	-	1,1	PF
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	2,1	1,2	1,6	-	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	14,2	12,1	7,8	4,9	MF
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) Agardh	-	-	0,5	-	PF
<i>Navicula elegans</i> Smith	-	-	0,5	-	PF
<i>Nitzschia acuminata</i> (Smith) Grunow	-	1,7	1,6	-	F
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	-	-	0,5	-	PF
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	-	0,6	0,3	-	F
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	-	0,9	PF
<i>Pinnularia persudetica</i> Krammer	-	-	0,5	-	PF
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	-	1,7	-	-	PF
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	1,1	-	1,9	-	F
<i>Surirella linearis</i> Smith	-	-	0,5	6,6	F
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	-	1,2	0,5	-	F
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	9,5	4,6	4,8	-	MF

EUGLENOPHYTA

<i>Euglena brevicaudata</i> Gojdics	0,5	1,2	0,3	-	MF
-------------------------------------	-----	-----	-----	---	----

DINOPHYTA

<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	10,5	8,1	6,2	3,4	MF
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	-	1,2	-	-	PF
<i>Peridinium</i> sp.	1,1	-	-	-	PF

CHLOROPHYTA

<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	2,6	2,3	2,7	2,6	MF
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	1,6	-	0,8	-	F
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turner) Lemmermann	-	1,7	-	-	PF
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	-	1,3	-	PF
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Senn	-	-	-	0,6	PF
<i>Desmodesmus serratus</i> (Corda) An, Friedl & Hegewald	0,5	-	0,5	-	F
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	3,2	8,1	6,2	3,2	MF
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	-	1,2	-	-	PF
<i>Oedogonium</i> sp.	0,5	1,2	26,8	28,7	MF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	6,8	5,2	1,6	-	MF
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	-	-	-	10,6	PF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	0,5	-	0,3	-	F
<i>Radiococcus fottii</i> (Hindák) Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann	3,7	-	-	-	PF
<i>Spirogyra</i> sp.	3,2	7,5	3,2	2,0	MF
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	23,2	25,4	13,9	17,8	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	-	-	0,5	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,60	2,63	2,70	2,36	
Equitabilidade (J)	0,81	0,83	0,78	0,80	
Dominância de Simpson (λ)	0,11	0,11	0,12	0,14	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.



Tabela 5 - Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de São Brás (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	0,7	-	0,7	1,7	MF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	1,4	-	-	0,6	F
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	7,7	5,8	7,5	3,4	MF
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	3,5	3,8	1,6	6,0	MF
<i>Gloeocapsa magma</i> (Brébisson) Kützing	-	0,5	-	-	PF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	2,8	1,5	1,0	2,6	MF
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	-	-	-	0,6	PF
<i>Synechocystis sellensis</i> Skuja	2,8	5,8	-	-	F
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	2,1	-	-	2,6	F
<i>Bellerophon malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	2,1	-	-	-	P
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	-	0,3	0,7	1,1	M
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	2,1	3,6	4,3	4,9	M
<i>Navicula grimmei</i> Krasske	-	0,5	-	-	PF
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	-	-	0,7	-	PF
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	1,4	0,3	-	-	F
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	-	0,9	PF
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	1,4	-	0,7	-	F
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	2,3	0,3	-	F
<i>Surirella linearis</i> Smith	-	-	-	6,6	PF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	7,0	2,5	8,9	-	MF
EUGLENOPHYTA					
<i>Euglena caudata</i> Hübner	1,4	0,5	1,0	-	MF
DINOPHYTA					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	21,8	5,1	5,2	3,4	MF
<i>Peridinium cinctum</i> (Ehrenberg) Perty	-	-	1,0	-	PF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	1,5	-	2,6	F
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	0,7	0,3	0,7	-	MF
<i>Asterococcus limneticus</i> Smith	-	15,0	-	-	PF
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Senn	-	2,0	-	0,6	F
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	2,8	1,0	4,3	3,2	MF
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs	9,9	2,0	2,6	-	MF
<i>Oedogonium</i> sp.	3,5	25,4	32,8	28,7	MF
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	6,3	5,6	6,9	10,6	MF
<i>Spirogyra</i> sp.	-	-	0,7	2,0	F
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	17,6	14,5	18,7	17,8	MF
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	0,7	0,3	-	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,55	2,45	2,21	2,36	
Equitabilidade (J)	0,84	0,78	0,74	0,80	
Dominância de Simpson (A)	0,11	0,13	0,17	0,14	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 6 - Percentual de distribuição do microfítotoplâncton na região do município de Igreja Nova (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spirooides</i> Klebahn	-	-	0,3	-	PF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	4,4	1,1	0,5	0,7	MF
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	19,3	22,9	10,5	11,9	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	2,5	1,4	0,9	1,7	MF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	0,4	0,5	-	-	F
<i>Phormidium</i> sp.	1,2	1,8	1,9	-	MF
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	18,4	22,9	12,8	25,8	MF
<i>Biddulphia</i> sp.	-	0,5	-	-	PF
<i>Caloneis amphibia</i> (Bory) Cleve	0,2	0,7	-	0,7	MF
<i>Caloneis obtusa</i> (Smith) Cleve	0,2	0,7	-	-	F
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	-	1,8	-	-	PF
<i>Cymbella</i> sp.	0,6	0,7	0,3	0,7	MF
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	1,0	6,2	9,9	0,7	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	0,6	0,2	1,7	2,3	MF
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	0,6	1,1	-	0,7	MF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	0,4	-	-	-	PF
<i>Nitzschia linearis</i> Smith	10,1	-	2,2	18,9	MF
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	0,4	0,5	0,3	-	MF
<i>Surirella linearis</i> Smith	4,4	0,9	-	0,7	MF
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	1,0	0,5	-	-	F
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	1,0	1,1	-	1,0	MF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	4,8	-	-	-	PF
DINOPHYTA					
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	4,3	3,0	2,4	5,0	MF
<i>Peridinium</i> sp.	0,4	-	0,5	0,7	MF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	1,4	0,8	-	F
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	0,4	-	0,3	-	F
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	1,2	0,2	-	-	F
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	0,2	0,4	-	F
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset	0,4	0,5	0,1	-	MF
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,8	-	-	-	PF
<i>Dimorphococcus lunatus</i> Braun	-	0,2	6,9	-	F
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	0,6	0,9	12,8	0,7	MF
<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin	-	-	0,6	-	PF
<i>Kirchneriella elongata</i> Smith	0,2	0,2	0,5	-	MF
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	0,2	0,9	0,7	MF
<i>Kirchneriella obesa</i> (Oeste) Oeste & West	-	0,5	0,1	-	F
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	-	-	0,4	-	PF
<i>Nephroclytium lunatum</i> West	-	-	0,6	-	PF
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	0,4	1,1	5,6	-	MF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	0,1	-	PF



<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	6,4	8,9	9,4	12,9	MF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	-	9,4	11,8	6,6	MF
<i>Scenedesmus subspicatus</i> Chodat	-	0,5	-	-	PF
<i>Spyrogira</i> sp.	10,4	4,3	-	3,0	MF
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	3,1	2,7	3,2	5,0	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	-	0,2	0,4	-	F
<i>Tetraspora gelatinosa</i> (Vaucher) Desvaux	-	-	0,3	-	PF
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	0,2	-	0,6	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,62	2,55	2,71	2,27	
Equitabilidade (J)	0,76	0,72	0,77	0,76	
Dominância de Simpson (λ)	0,11	0,13	0,09	0,14	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.



Tabela 7 - Percentual de distribuição do microfítolâncton na região do município de Propriá (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	0,6	0,4	0,8	1,7	MF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	-	-	1,1	PF
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	18,6	7,3	4,2	11,4	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	1,2	0,4	-	-	F
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	25,3	17,2	20,2	13,1	MF
<i>Biddulphia</i> sp.	0,9	0,4	-	-	F
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	0,3	0,4	1,7	-	MF
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	1,2	43,1	1,7	-	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	3,0	2,2	1,7	-	MF
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	2,6	-	-	PF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	0,9	-	-	-	PF
<i>Nitzschia linearis</i> Smith	5,2	1,7	6,7	-	MF
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	0,6	-	-	-	PF
<i>Surirella linearis</i> Smith	1,2	1,3	3,4	-	MF
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	0,9	0,4	-	-	F
DINOPHYTA					
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	4,3	-	3,4	3,4	MF
<i>Peridinium</i> sp.	0,3	1,3	1,7	-	MF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	1,2	-	1,7	-	F
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	1,2	0,9	-	1,1	MF
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0,6	-	-	-	PF
<i>Eudorina cylindrica</i> Korshikov	-	0,9	-	1,1	F
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	1,2	2,6	3,4	8,0	MF
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	-	-	1,7	-	PF
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	-	-	1,7	1,7	F
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	-	6,9	PF

<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	10,4	7,8	18,5	-	MF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	1,2	3,9	15,1	50,3	MF
<i>Spirogyra</i> sp.	-	1,7	0,8	-	F
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	18,9	3,4	10,1	-	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	0,6	-	1,7	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,27	2,02	2,44	1,65	
Equitabilidade (J)	0,72	0,67	0,83	0,69	
Dominância de Simpson (λ)	0,15	0,23	0,12	0,30	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 8 - Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Penedo (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet&Flahault	0,3	1,2	-	-	F
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	19,6	17,5	9,9	11,5	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	1,0	1,2	1,6	7,7	MF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	0,7	0,3	-	-	F
<i>Phormidium</i> sp.	-	0,6	-	-	PF
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	35,0	30,8	32,9	42,3	MF
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	0,7	0,3	1,3	-	MF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	1,0	-	0,3	-	F
<i>Cymbella</i> sp.	0,7	0,9	1,3	-	F
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	1,4	2,2	0,7	-	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	1,4	2,8	1,6	-	MF
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	0,3	-	1,0	-	F
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	-	-	-	19,2	PF
<i>Nitzschia linearis</i> Smith	4,2	9,5	9,2	-	MF
<i>Pleurosigma</i> sp.	0,7	-	0,7	-	F
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	-	0,6	0,7	-	F
<i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg	0,7	-	-	-	PF
<i>Surirella linearis</i> Smith	3,5	1,5	3,0	7,7	MF
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	0,7	1,2	0,7	-	MF
DINOPHYTA					
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	2,4	4,0	3,0	-	MF
<i>Peridinium</i> sp.	0,3	-	0,7	-	MF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	0,3	0,7	-	MF
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	0,7	0,6	-	-	MF
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0,7	0,6	-	-	MF
<i>Eudorina cylindrica</i> Korshikov	0,0	0,6	0,7	-	MF
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	1,0	2,5	0,7	-	MF
<i>Kirchneriella elongata</i> Smith	0,3	0,6	0,3	-	MF
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	0,7	0,6	0,3	-	MF



<i>Kirchneriella obesa</i> (Oeste) Oeste & West	1,0	-	0,3	-	F
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	0,3	0,3	0,7	-	MF
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	13,6	12,9	16,1	11,5	MF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	1,7	1,5	0,7	-	MF
<i>Spirogyra</i> sp.	1,4	2,2	3,9	-	MF
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	2,8	1,8	6,3	-	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	0,0	0,6	0,3	-	F
<i>Xanthidium antilopaeum</i> Kützing	0,7	-	0,7	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,29	2,37	2,37	1,57	
Equitabilidade (J)	0,67	0,71	0,70	0,88	
Dominância de Simpson (λ)	0,19	0,16	0,16	0,25	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.



Tabela 9 - Percentual de distribuição do microfítoplâncton na região do município de Piaçabuçu (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região entre Alagoas e Sergipe; (P3) Região de Sergipe; (P4) Captação de água

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	FO (%)
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	0,4	0,4	2,1	-	MF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	-	1,0	1,7	F
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	16,3	17,6	20,7	17,2	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	1,9	5,3	3,7	2,2	MF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	0,3	PF
<i>Phormidium</i> sp.	0,4	-	0,6	-	F
BACILLARIOPHYTA					
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	38,8	17,6	20,7	17,2	MF
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Müller) Simonsen	0,4	0,5	-	-	F
<i>Biddulphia</i> sp.	-	-	0,8	0,5	F
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	-	0,5	-	0,3	F
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	0,4	0,7	-	3,8	MF
<i>Cymbella</i> sp.	0,8	-	1,0	0,5	MF
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	0,8	-	1,9	1,4	MF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	1,6	3,7	2,1	1,4	MF
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	-	-	0,6	-	PF
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	-	0,4	-	PF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	-	0,4	-	-	PF
<i>Nitzschia linearis</i> Smith	-	1,9	4,5	7,2	MF
<i>Surirella linearis</i> Smith	0,4	3,0	-	2,2	MF
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	0,4	0,2	0,2	-	MF
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	-	-	2,1	0,9	F
DINOPHYTA					
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	1,2	4,9	2,5	1,0	MF
<i>Peridinium</i> sp.	-	0,5	-	-	PF
CHLOROPHYTA					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	0,4	1,4	-	1,2	MF
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	0,4	-	0,4	0,5	MF

<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	-	0,7	1,0	-	F
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0,4	-	-	0,5	F
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset	-	0,2	-	0,7	F
<i>Desmodesmus communis</i> (Hegewald) Hegewald	-	-	0,4	-	PF
<i>Eudorina cylindrica</i> Korshikov	4,3	1,4	1,4	-	MF
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	6,2	2,5	-	3,8	MF
<i>Kirchneriella elongata</i> Smith	0,8	0,2	0,6	0,5	MF
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	0,2	0,8	-	F
<i>Kirchneriella obesa</i> (Oeste) Oeste & West	0,8	0,4	-	-	F
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	-	0,4	-	0,9	F
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	-	0,4	-	0,5	F
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	20,2	17,6	20,7	17,2	MF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	-	1,9	4,1	4,6	MF
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	-	-	-	1,0	PF
<i>Scenedesmus subspicatus</i> Chodat	-	0,4	-	0,9	F
<i>Spirogyra</i> sp.	-	2,6	1,9	3,3	MF
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	3,1	11,4	3,7	5,7	MF
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	-	0,7	-	0,7	F
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	-	0,7	-	0,3	F
Diversidade de Shannon (H')	1,94	2,54	2,43	2,68	
Equitabilidade (J)	0,63	0,74	0,75	0,78	
Dominância de Simpson (K)	0,23	0,12	0,14	0,11	

(FO) categorias de frequência de ocorrência: (F) frequente; (PF) pouco frequente; (-) dados não existentes; (MF) muito frequente.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 10 - Percentual de distribuição do microfítoplâncton da foz (Baixo São Francisco). (P1) Região de Alagoas; (P2) Região de Sergipe

TÁXONS	P1	P2
CYANOBACTERIA		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	3,8	-
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	6,7	-
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	-	1,8
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin, Hoffmann & Komárek	-	0,7
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	-	3,2
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	0,4	1,1
<i>Phormidium</i> sp.	0,7	-
BACILLARIOPHYTA		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	-	1,1
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	22,4	-
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Müller) Simonsen	0,4	-
<i>Biddulphia</i> sp.	1,3	-
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	-	3,6
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	9,0	0,2
<i>Cyclotella stylonum</i> Brightwell	-	0,5
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	0,9
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	0,9	3,2
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	-	0,9

<i>Nitzschia linearis</i> Smith	1,8	-
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	0,7
<i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg	0,4	-
<i>Surirella linearis</i> Smith	1,1	-
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	-	1,4
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	1,8
DINOPHYTA		
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	-	3,4
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	2,0	-
CHLOROPHYTA		
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	2,7	3,2
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini	-	5,2
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	1,1	-
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	1,8	0,7
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	0,4	-
<i>Oedogonium</i> sp.	0,9	22,7
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	9,1
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	22,4	19,3
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	4,3	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	0,4	0,5
<i>Spirogyra</i> sp.	7,6	1,1
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	5,8	13,2
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	1,3	-
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve	-	0,5
Diversidade de Shannon (H')	2,47	2,49
Equitabilidade (J)	0,78	0,77
Dominância de Simpson (λ)	0,13	0,12

(-) dados não existentes.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.



CAPÍTULO 10 - MONITORAMENTO DE PESTICIDAS NO BAIXO SÃO FRANCISCO

Mozart Daltro Bispo¹

João Inácio Soletti²

Sandra Helena Vieira de Carvalho³

Franciele Maria Rodrigues Dias⁴

Hanna Francielle Barbosa Costa⁵

Emerson Carlos Soares⁶

Antônio Euzébio Goulart de Sant'Ana⁷

Henrique Fonseca Goulart⁸



Resumo: Uma quantidade expressiva dos pesticidas largamente utilizados na agricultura, mesmo que presentes em baixa concentração, apresentam-se como poluentes de alta toxicidade, com alto poder contaminante da água, do solo e também do ar, principalmente durante sua aplicação. A dificuldade e o custo das análises para sua identificação e a ineficiência do tratamento convencional de águas para consumo humano, aliados à falta de legislação sobre o tema, têm propiciado seu acúmulo na biosfera. Este capítulo apresenta o estudo realizado na parte do Baixo São Francisco, entre Paulo Afonso e a foz do rio. O trajeto corresponde a aproximadamente 214 km de extensão, tendo sido as amostragens de água realizadas no período de 02 a 09 de novembro de 2021, em pontos estratégicos do rio, à jusante das cidades de: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Propriá e Penedo. Para o monitoramento analítico, foi utilizada a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. Foi detectada a presença de 14 pesticidas, dentre os 31 avaliados. Entre os compostos identificados, três são classificados como extremamente tóxicos, seis são classificados como altamente tóxicos, cinco são classificados como medianamente tóxicos. Na cidade de Pão de Açúcar, foi identificada a presença dos três compostos, sendo dois deles altamente tóxicos. Em Traipu, quatro compostos, sendo um deles de extrema e dois de alta toxicidade. Em São Brás, quatro, sendo três idênticos aos encontrados em Traipu. Propriá e Penedo foram os municípios que apresentaram maior diversidade de contaminantes pesticidas, respectivamente: 9 e 10 poluentes.

1 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

2 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

3 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

4 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

5 Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

6 Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

7 Laboratório de Pesquisa em Química de Produtos Naturais (LPQPN), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

8 Laboratório de Pesquisa em Química de Produtos Naturais (LPQPN), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Palavras-chave: Cromatografia. Extração. Poluentes Emergentes.

INTRODUÇÃO

Os poluentes aquáticos, dentre eles os pesticidas, chegam ao meio ambiente a partir de várias fontes antropogênicas e são distribuídos pelas matrizes ambientais. Nas últimas décadas, o aumento da concentração dos pesticidas – podendo ser denominados poluentes emergentes (PEs) – tem ocorrido devido ao contínuo desenvolvimento e refinamento de novas técnicas, por exemplo: carcinicultura, cultivo do arroz, atividades industriais, agrárias, resíduos hospitalares, esgoto doméstico, novos fármacos e novos produtos de higiene, limpeza e cosméticos, dentre outros (GEISSEN, 2015).

Uma grande variedade de contaminantes de preocupação ambiental não detectados necessitam ser identificados e quantificados na matriz ambiental. Muitos destes poluentes apresentam grande toxicidade e são persistentes no ar, na água, em sedimentos e receptores ecológicos, mesmo em baixas concentrações (SAQUIB *et al.*, 2021).

Não há dados sobre a destinação e o comportamento da maioria dos poluentes emergentes já identificados no meio ambiente, bem como as possíveis ameaças à saúde ecológica e humana. Portanto, o monitoramento, como também o desenvolvimento de novas tecnologias para remediação e tratamento dos recursos hídricos para água potável, tem sido um grande desafio. Em vários casos, falta regulamentação para avaliação do impacto de longo prazo da exposição a baixos níveis de compostos químicos no meio ambiente, uma vez que as classes da maioria destes compostos ainda não foram estudadas em detalhes. Isto tem sido atribuído, principalmente, à falta de padrões adequados para técnicas de análise instrumental, considerandoas baixas concentrações no meio ambiente (MONTAGNER *et al.*, 2017).

Para compreender toda a gama dos efeitos dos contaminantes, é fundamental qualificar e quantificar as concentrações dos poluentes na fonte de emissão e nos compartimentos ambientais, bem como em organismos vivos (invertebrados e peixes, dentre outros) (PIZZOCHERO *et al.*, 2019).

Assim, pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas têm trabalhado em conjunto para identificação e possível monitoramento de contaminantes emergentes no Baixo São Francisco. Encontram-se envolvidos os seguintes laboratórios: Laboratório de Sistema de Separação e Otimização de Processos (Lassop), do Centro de Tecnologia; Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), do Centro de Ciências Agrárias, e Laboratório de Aquicultura (Laqua), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA).

DESENVOLVIMENTO

Foi realizado o levantamento literário indicando alguns dos principais poluentes em rios. Dentre os poluentes emergentes, destacam-se os pesticidas geralmente utilizados na agricultura. A metodologia experimental baseia-se na utilização de padrões e derivatizante (método analítico para identificação dos padrões), seguida pelo processo de pré-tratamento, extração e análise por cromatografia gasosa com espectrometria de massas (GC-MS) (ACAYABA, 2017; PIZZOCHERO, 2019).

O primeiro passo é a identificação e quantificação de possíveis poluentes emergentes presentes em algumas localidades do Baixo São Francisco. Uma vez identificados, são



realizadas pesquisas visando estudar os possíveis tratamentos para remoção. É preciso avaliar a eficácia das diferentes alternativas de tratamento, considerando os custos de implementação. Além disso, faz-se necessário estudar não apenas sua toxicidade, mas também os efeitos da contaminação no meio ambiente e na saúde humana.

Os pesticidas são reconhecidos como reagentes para proteger as culturas contra pragas e doenças nocivas em humanos. O resultado controlado dos agrotóxicos faz com que se tornem uma importante ferramenta para manter e melhorar o padrão de vida da população global. Segundo Saquib *et al.* (2021), uma média de 2 milhões de toneladas de pesticidas é utilizada, anualmente, para combater ervas daninhas, insetos e pragas.

O uso excessivo de pesticidas vem recebendo preocupação mundial, uma vez que os agrotóxicos tendem a se acumular nos organismos aquáticos e sedimentar no solo, apresentando riscos à saúde humana. Muitas formulações de pesticidas foram introduzidas, devido ao rápido crescimento no mercado global, resultado do amplo uso nos setores agrícolas e não agrícolas. A ocorrência de agrotóxicos no corpo hídrico, tanto superficial como, no decorrer do tempo, em águas subterrâneas, é derivada do escoamento dos campos agrícola, doméstico, da agropecuária e de efluentes industriais.

Conseqüentemente, o uso indiscriminado de agrotóxicos degrada a qualidade e reduz o fornecimento de água limpa para água potável. Segundo Guneser *et al.* (2017), a exposição crônica a pesticidas através da ingestão de água pode reduzir a imunidade, interromper o equilíbrio hormonal, desencadear problemas relacionados à reprodução, apresentar efeitos cancerígenos e reduzir a inteligência, principalmente em crianças em estágio de desenvolvimento corporal; portanto, estes elementos são apontados como poluentes do ambiente.

No Brasil, o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA, 2022), lançado pela Agência Nacional de Águas, visa ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais e tem por objetivo contribuir com a gestão sustentável dos recursos hídricos no Brasil e orientar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água interiores, como rios e reservatórios.

Com base na Avaliação Nacional da Qualidade da Água (NAWQA), os pesticidas são encontrados mais frequentemente em águas superficiais (RIBEIRO *et al.*, 2007). Isto demonstra que a ocorrência de agrotóxicos prevalece nestas águas, devido à mobilização direta e rápida por via terrestre de agrotóxicos, por meio de escoamento superficial (BUSS, 2003).

Segundo a Norman Network (2022), rede autossustentável permanente de laboratórios de referência, centros de pesquisa e organizações relacionadas para monitoramento e biomonitoramento de substâncias ambientais emergentes, atualmente, mais de 700 tipos dessa variedade de poluentes, seus metabólitos e produtos de transformação estão listados como presentes no meio aquático.

Classificação dos pesticidas

A classificação convencional de pesticidas inclui herbicidas, inseticidas, raticidas, fungicidas e outras classe de compostos. Herbicidas e inseticidas são os tipos de pesticidas mais utilizados, dominando 47,5%, e os últimos, 29,5% do consumo total de pesticidas. Os principais países consumidores de pesticidas incluem China, Estados Unidos, Argentina, Índia, Japão, Canadá, Brasil, França, Itália e Tailândia (GEISSEN, 2015). A Tabela 1 apresenta as classes e os compostos químicos de inseticidas, herbicidas e fungicidas.



Tabela 1 - Classificação dos pesticidas com base nas espécies-alvo

Pesticidas	Classes e Substâncias
Inseticida	Organoclorados: Endosulfan
	Organofosforados: Diazinon, Malathion, Paration, Clorpirifós
	Carbamato: Aldicarb, Carbofuran, Carbaril
	Piretroide: Deltametrina, Fenpropatrina
	Neonicotinoide: Acetamiprid, Tiametoxam
Herbicida	Degradado de Fenilpirazol: Aldicarb Sulfóxido, Endosulfan Sulfato
	Triazina: Atrazina, Cianazina
	Cloroacetamida: Alacloro, Butacloro, Dimetenamida, Metolacoloro
Fungicida	Benzamida: Fluopicolide, Zoxamida
	Carboxamida: Boscalid, Captafol
	Hidrocarboneto Clorado: Hexaclorbenzeno
	Organofosfato: Edifenfos, Iprobenfos
	Clorofenil: Diclorano, Quintozeno

Fonte: Geissen (2015).

Os inseticidas são usados em fazendas, instalações de armazenamento de alimentos ou hortas domésticas para controlar insetos. Os herbicidas são compostos exterminadores de ervas daninhas e normalmente incluídos em reguladores de crescimento de plantas. Os fungicidas previnem a infecção por fungos em plantas ou sementes e geralmente são aplicados antes de o fungo estar presente ou após o fungo infectar as espécies de plantas. Além disso, o pesticida pode ser classificado com base no modo de ação sobre as pragas como destruidor, mitigante e repelente (MARCHI *et al.*, 2008; GUEDES *et al.*, 2008).

Principais usuários

A contaminação da água por pesticidas é causada por produtos químicos persistentes de agrotóxicos liberados de atividades agrícolas, uso urbano e fábricas de produção de agrotóxicos (JARDIM *et al.*, 2009; RIGOTTO *et al.*, 2014).

Os agricultores são os principais usuários de pesticidas; aplicam uma enorme quantidade deles para proteger e aumentar o rendimento das colheitas. Além disso, a indústria de tratamento de madeira utiliza uma enorme quantidade de inseticida (BURALLI *et al.*, 2020).

Dependendo das características, compostos químicos do agrotóxico aplicado tendem a ser liberados no meio ambiente, tornando-se uma das fontes de contaminação em águas superficiais.

Apesar do grande uso de pesticidas nos setores agrícolas, o uso urbano, principalmente na horta interna, para controle de pragas, é uma grande fonte de contaminação da água. O inseticida é detectado mais profundamente em ambientes urbanos do que outros tipos de pesticidas, como herbicidas e fungicidas (NUNES *et al.*, 2021).

Após a revolução verde, o crescimento do consumo de pesticidas levou à produção ativa de formulações deles, o que aumentou o número de fabricantes em todo o mundo (AMEEN; RAZA, 2018). Inevitavelmente, os processos de lixiviação de pesticidas ao longo dos processos de fabricação de pesticidas, bem como no local de despejo e em efluentes de águas residuais, contribuem para a contaminação por pesticidas de fonte pontual (KATAGI, 2013).

Desde 2008, o Brasil lidera o consumo global de agroquímicos, posição anteriormente ocupada pelos Estados Unidos. O consumo brasileiro de pesticida atingiu cerca de 496



mil toneladas de ingredientes ativos em 2013, de acordo com o último relatório disponível (RIGOTTO *et al.*, 2014).

Destino e transporte de pesticidas

O estudo sobre destino e transporte de pesticida é importante para conhecer sua circulação na biosfera (BERGSTROM, 2000). Os pesticidas encontram uma variedade de paradeiros após serem aplicados na Terra. O que não é absorvido pelas plantas fica retido no solo ou é submetido à degradação em outras formas químicas (BEDMAR *et al.*, 2004; BEIGEL; DI PIETRO, 1999; KATAGI, 2013).

Os pesticidas solúveis são levados pelas moléculas de água, especialmente durante os eventos de precipitação, percolando para baixo nas camadas do solo e, eventualmente, atingindo as águas subterrâneas. Caso isso não ocorra, produtos com menor solubilidade acumulam-se na camada superficial do solo, com tendência de escoamento e erosão para as águas superficiais, contaminando lagos, córregos e rios (KATAGI, 2013; IBRAHIM *et al.*, 2020).

Os pesticidas são mais suscetíveis ao escoamento imediatamente após a aplicação na superfície do solo, na faixa de 0,25 cm a 0,85 cm da superfície (KATAGI, 2013). A contaminação da água também ocorre a partir da volatilização para a atmosfera, sendo carregados pela chuva, contaminando os corpos d'água superficiais e o solo. No entanto, este caminho é pouco significativo.

Em geral, os pesticidas entram no sistema hidrológico por lixiviação, através das camadas do solo, sendo o grau de contaminação de pesticidas na água afetado por: propriedades do pesticida; características do solo; condições locais, bem como práticas de aplicação e gestão de pesticidas (FOGG *et al.*, 2004a; 2004b).

Efeitos para a saúde

Apesar da grande importância dos pesticidas na manutenção da boa qualidade e proteção das culturas ou matérias-primas, eles representam um alto grau de preocupação para a saúde humana. Isto se deve pela tendência de acúmulo, junto à membrana celular, interrompendo o sistema de funcionamento do corpo (SANKHLA *et al.*, 2018; NUNES *et al.*, 2021).

Os seres humanos são expostos a pesticidas na água, principalmente por contato dérmico e por ingestão (NUNES *et al.*, 2021). Foi comprovado que a exposição a pesticidas resulta em imunossupressão, interrupção hormonal, redução da inteligência, distorção reprodutiva e câncer. Os impactos da exposição a pesticidas em humanos podem ser categorizados em problemas de saúde agudos e problemas de saúde crônicos.

Os problemas crônicos abrangem efeitos neurológicos, como o início da doença de Parkinson, redução da capacidade de atenção, distúrbios de memória, problemas reprodutivos, perturbação do desenvolvimento infantil, defeitos congênitos e câncer.

Já os efeitos agudos dependem da toxicidade do pesticida. Os mais comuns são: redução da visão, dores de cabeça, salivação, diarreia, náuseas, vômitos, sibilos, coma e até morte. O envenenamento moderado por pesticidas leva a mimetizar asma intrínseca, bronquite e gastroenterite (SANKHLA *et al.*, 2018).

Segundo Nunes *et al.* (2021), agricultores apresentam alta probabilidade de induzir câncer de próstata e asma alérgica ou não alérgica devido à exposição frequente ao pesticida



clorado, uma fonte considerável de contaminação da água. O inseticida é detectado mais profundamente em ambientes urbanos do que outros tipos de pesticidas, como herbicidas e fungicidas.

Como medida para proteger a saúde pública, níveis de orientação para pesticidas na água potável foram implementados pelos governos nacionais. Existem vários valores de orientação, mas poucos deles são emitidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO), que estabelecem níveis aceitáveis de resíduos de pesticidas.

Os valores de referência podem diferir com base nas condições socioeconômicas, dietéticas, geográficas e industriais; contudo, têm como objetivo visar à qualidade de água adequada para consumo a longo prazo (SOLOMON, 2015; SANKHLA *et al.*, 2018). A falta de dados sobre a ocorrência de contaminantes nas águas inibe a priorização das substâncias a serem regulamentadas e o estabelecimento de critérios para a água potável em relação aos riscos associados ao seu consumo (SANKHLA *et al.*, 2018).

Atualmente, no Brasil, existem 380 princípios ativos autorizados pelo Ministério da Agricultura para defensivos agrícolas utilizados nas lavouras e 1.670 produtos fitofarmacêuticos formulados no mercado. O registro de agrotóxicos é regulamentado pelo Decreto nº 4.074/2002. É uma responsabilidade compartilhada entre Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Saúde (MS).

Ainda em março de 2022, o Mapa registrou 26 defensivos agrícolas, sendo três de princípio ativo inédito para uso dos agricultores, dentre eles a Ametotradina, fungicida sistêmico, registrado em mistura com o fungicida Dimetomorfe, para uso em batata, alho, abóbora, abobrinha e chuchu, além de uma mistura inédita e quatro registros para uso na produção orgânica (MAPA, 2022).

São necessários métodos analíticos químicos adequados para a detecção de pesticidas e contaminantes emergentes.

Técnicas analíticas

Segundo Chow *et al.* (2020), as dificuldades na implementação de monitoramentos capazes de retornar dados significativos a respeito do real impacto sobre o meio ambiente aquático relacionado ao uso de muitos pesticidas no território nacional e internacional também podem ser atribuídas às criticidades analíticas ligadas à determinação de compostos químicos em diferentes matrizes ambientais. A seleção desses compostos a serem regulamentados não é fácil, tanto a identificação, como também a quantificação.

Existem diversas técnicas de preparo de amostras. As principais são: extração líquido-líquido (LLE), extração em fase sólida (SPE) e microextração em fase sólida (SPME). Além das citadas, muitas outras têm sido usadas para a preparação de pesticidas a partir de água e outras matrizes de amostra (MAJZIK-SOLYMOS *et al.*, 2001; VASILJEVIĆ *et al.*, 2012; MUHLEN; LANÇAS, 2014).

Metodologias da Agência de Proteção Ambiental (EPA) incluem a SPME como o procedimento recomendado para o pré-tratamento de poluentes orgânicos. A SPME é um dos métodos mais utilizados para extração, por ser inovador e mais vantajoso do ponto de vista de eficiência de tempo, redução de reagentes, segurança e maior sensibilidade. Estas abordagens inovadoras derivam da miniaturização dos procedimentos básicos de extração (HWANG; LEE, 2000).



O acoplamento de técnicas de Cromatografia Gasosa com SPME baseia-se no equilíbrio entre o analito e a fase de extração que cobre a fibra revestida com uma pequena quantidade de uma fase polimérica extratora, bastante semelhante às utilizadas para colunas de cromatografia gasosa – por exemplo, Polidimetilsiloxano (PDMS), Polietilenoglicol (PEG) e Poliacrilato (PA) (ABDULRA'UF *et al.*, 2012).

A extração de SPME pode ocorrer de duas maneiras: expondo a fibra na fase de vapor acima da amostra, ou seja, no *headspace* (HEAD SPACE-SPME) ou por imersão da fibra na amostra líquida (DIRECT-SPME). Ao processar matrizes complexas, o HEAD SPACE-SPME é o preferido, porque as interferências podem entupir o extrator que cobre a fibra; os analitos devem ser suficientemente voláteis para passar facilmente no *headspace* (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Em alguns estudos, a limitação do SPME também se refere à natureza dos analitos hidrofóbicos fixados na parede dos recipientes de amostra, reduzindo a precisão da determinação. Neste contexto, acredita-se que a amostragem no local da SPME seja a abordagem futura para resolver este problema (MENEZES *et al.*, 2009).

A Espectrometria de Massa (MS) é reconhecida como uma técnica extremamente sensível e específica, ganhando uma posição de destaque para análises ambientais orgânicas. A associação entre cromatografia e espectrometria de massa funde o grande poder discriminante de um instrumento com o forte poder de separação, alcançando a complementaridade do desempenho qualitativo e de quantificação das técnicas individuais. A GC-MS é, atualmente, essencial para a identificação estrutural positiva e sensível de pesticidas e outros poluentes no meio ambiente (RAINA, 2011).

A abordagem GC-MS combinada com técnicas de extração de SPME também é mencionada por métodos regulamentados (ISO 27108, 2013; ASTM D 6520, 2000). Esta técnica de extração traz várias vantagens, bem como algumas limitações (NATANGELO *et al.*, 1999).

O presente trabalho usa uma combinação de SPE e GC-MS como ferramenta analítica para a triagem de 31 de pesticidas em águas superficiais, na parte baixa do Rio São Francisco. Os objetivos deste estudo foram:

- (1) estabelecer um único procedimento de extração utilizando SPE que permita a determinação multirresíduo de compostos selecionados, pertencentes a diferentes grupos químicos, nas águas superficiais do Rio São Francisco;
- (2) combinar a etapa de preparação da amostra com o uso de GC-MS, usando o modo de monitoramento de íons (SIM; Selective Ion Monitoring) e (SCAN; Scanning) selecionado para a qualificação dos analitos-alvo e investigação de outros possíveis contaminantes;
- (3) aplicar a metodologia desenvolvida para a análise de rotina de amostras de água do Rio São Francisco, em diferentes estações, no âmbito de um inquérito alargado de monitorização da qualidade da água, que incluiu 1 amostra (jusante) em seis municípios na bacia do rio; e
- (4) avaliar o risco provocado pelos pesticidas no Rio São Francisco.

Área de estudo

O estudo foi realizado no Baixo São Francisco, correspondente à área entre Paulo Afonso, na Bahia, e a foz do rio, entre os Estados de Alagoas e Sergipe. O trajeto equivale a aproximadamente 214 km de extensão, tendo sido as amostragens coletadas no período de 02 a 09 de novembro de 2021, em pontos estratégicos do rio (Tabela 2).



Tabela 2 - Pontos de coleta de amostra de água, no Baixo São Francisco, à jusante de cada cidade percorrida

Cidades	Geolocalização da coleta de amostra
Piranhas	La 9°38'8.82"S; Lo 37°46'36.27"O
Pão de Açúcar	La 9°44'52.18"S; Lo 37°27'30.02"O
Traipu	La 9°58'20.72"S; Lo 37° 0'31.10"O
São Brás	La 10° 7'35.06"S; Lo 36°54'56.03"O
Propriá	La 10°12'17.79"S; Lo 36°50'21.44"O
Penedo	La 10°16'21.64"S; Lo 36°35'34.89"O

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

As amostras foram recolhidas em recipientes de vidro, devidamente higienizados, com capacidade de armazenamento de 20 mL, previamente identificadas e posteriormente armazenadas a temperatura de 3°C a 6°C.

Padrões e reagentes

Os compostos utilizados para estudo e identificação foram selecionados a partir de um levantamento bibliográfico referente aos principais cultivos da parte baixa do Rio São Francisco (de Paulo Afonso à foz). Os padrões dos pesticidas, um total de 31 compostos químicos, foram adquiridos da Supelco (USA), em ampola de 1 mL. A Tabela 3 apresenta alguns dados dos compostos monitorados, tais como: CAS (número ou registro de composto químico no banco de dados constante na Chemical American Society), fórmula química e massa molecular.

Tabela 3 - Compostos monitorados no Baixo São Francisco (total de 31)

Composto	Nº CAS	Fórmula química	Massa molecular (g.mol ⁻¹)
Ác. etilenodiamino tetra-acético	60-00-4	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	292,2
Alpha-BHC	319-84-6	C ₆ H ₆ Cl ₆	290,8
Beta-BHC	319-85-7	C ₆ H ₆ Cl ₆	290,8
Lindane	58-89-9	C ₆ H ₆ Cl ₆	290,8
Delta-BHC	319-86-8	C ₆ H ₆ Cl ₆	290,8
Heptacloro	76-44-8	C ₁₀ H ₅ Cl ₇	373,3
Aldrin	309-00-2	C ₁₂ H ₈ Cl ₆	364,9
Heptachlorepoxide Isomer B	1024-57-3	C ₁₀ H ₅ C ₁₇ O	389,4
γ-Clordano	5103-74-2	C ₁₀ H ₆ Cl ₈	409,7
α-Clordano	5103-71-9	C ₁₀ H ₆ Cl ₈	409,7
Endosulfan I (alpha)	959-98-8	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	406,9
DDE	72-55-9	C ₁₄ H ₈ Cl ₄	318,0
Dieldrin	60-57-1	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	380,9
Endrin	72-20-8	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	380,9
Endosulfan II (Beta Isomer)	33213-65-9	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	406,9
DDD	72-54-8	(C ₁₀ H ₇) ₂ CHCHCl ₂	320,0
Endrinaldehide	7421-93-4	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	380,9
Endosulfan sulfato	1031-07-8	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₄ S	422,9
DDT	50-29-3	(C ₁₀ H ₇) ₂ CHCCl ₃	354,4
Endrin Cetona	53494-70-5	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	380,9
Metoxicloro	72-43-5	C ₁₆ H ₁₅ Cl ₃ O ₂	345,6

Diquat	85-00-7	$C_{12}H_{12}N_2Br_2$	344
Metribuzin	21087-64-9	$C_8H_{14}N_4OS$	214,2
Glifosato	1071-83-6	$C_3H_8NO_3P$	169,0
Ametryn	834-12-8	$C_9H_{17}N_5S$	227,3
Atrazina	1912-24-9	$C_8H_{14}ClN_5$	215,6
Prometon	1610-18-0	$C_{10}H_{19}N_5O$	225,2
Prometryn	7287-19-6	$C_{10}H_{19}N_5S$	241,3
Propazine	139-40-2	$C_9H_{16}N_5Cl$	229,7
Simazine	122-34-9	$C_7H_{12}ClN_5$	201,6
Terbutryn	886-50-0	$C_{10}H_{19}N_5S$	241,3

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Cada composto foi identificado usando dados espectrais de massa, biblioteca NIST 14 (NIST/EPA/NIH Mass Spectra Library, versão 2.2, EUA), índices de retenção linear, dados da literatura e injeção de padrões. Os índices de retenção linear (LRI) foram calculados de acordo com a equação de Van den Dool e Kratz (1963), utilizando os padrões de n-alcenos (C7 – C30) com grau de pureza acima de 99,5%, (Sigma-Aldrich).

Foram utilizados hexano, metanol e acetonitrila com 99% de pureza, da Aldrich, como solventes para preparo preparadas soluções estoque contendo os pesticidas e armazenadas a $-4^{\circ}C$.

Procedimento de microextração de fase sólida (SPME) por *headspace*

Para a extração dos contaminantes de interesse, que apresentam pontos de ebulição menor ou igual a $270^{\circ}C$, foi aplicada a técnica de microextração em fase sólida por *headspace*. Em detalhe, Um frasco de 15 mL foi preenchido com cerca de 5 mL, avolumado com exatidão, da amostra das água coletadas nos pontos geográficos listados na Tabela 2 e homogeneizada e 2 mL de solução aquosa saturada de NaCl.

O frasco foi equipado com uma válvula “mininert” (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). A extração foi realizada no frasco de *headspace* (HS), mantido a $70^{\circ}C$, usando uma fibra de Divinilbenzeno/Carboxen /Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS), de espessura de filme de 50/30 μm (Supelco, Bellefonte, PA, EUA), alojado em seu suporte manual (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). A amostra foi equilibrada durante 10 min e depois extraída durante 50 min sob agitação constante. Após a amostragem, a fibra SPME foi mantida por 6 min a $260^{\circ}C$ no injetor sem divisão do GC/qMS.

Análise de cromatografia gasosa/espectrômetro de massa (GC-MS)

Foi utilizado um cromatógrafo de gás com interface direta com um espectrômetro de massa de armadilha de íons (Shimadzu, GC-MS-QP2010 Plus, Kyoto, Japan). As condições foram: temperatura do injetor $260^{\circ}C$; modo de injeção sem divisão; coluna capilar DB-5, 60 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno, espessura de película de 0,25 μm (Agilent J&W); temperatura do forno $45^{\circ}C$ mantida por 5 min, depois aumentada para $80^{\circ}C$ a uma taxa de $10^{\circ}C \text{ min}^{-1}$ e para $240^{\circ}C$ a $2^{\circ}C \text{ min}^{-1}$; gás hélio a uma pressão constante de 100 kpa; temperatura da linha de transferência $250^{\circ}C$; faixa de aquisição 40–500 m/z. Os cromatogramas GC-MS foram monitorados nos modos SIM e SCAN.

Validação do método HS-SPME/GC-MS

A necessidade de mostrar a qualidade de medições químicas através de sua comparabilidade, rastreabilidade e confiabilidade está sendo cada vez mais reconhecida e exigida. Por conta disso, foi realizada a validação da metodologia analítica a ser usada na caracterização dos pesticidas pelo método cromatográfico SIM.

Preparo das soluções-padrão

Para a análise qualitativa e quantitativa, foram preparadas soluções-estoque dos padrões, na concentração aproximada de 1 mg L^{-1} em diclorometano ou acetona, de acordo com a solubilidade do analito. A partir destas soluções, foi preparada uma solução de trabalho na concentração de $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ com todos os padrões. Para a análise por HS-SPME/GC-MS no modo SIM, foram construídas curvas analíticas nas concentrações entre $0,005 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ e $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$.

Os valores da curva foram determinados e ajustados pelo valor máximo permitido segundo a Resolução Conama nº 357 (BRASIL, 2005).

Curva de calibração e limites de detecção e quantificação

A linearidade foi determinada pela evolução das curvas de regressão (volume do pico em função da concentração do padrão adicionado) e expressa pelo coeficiente de determinação linear (R_2). Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram determinados com base no desviopadrão da intersecção da curva analítica (s) e da inclinação da reta (S), Equações 1 e 2, respectivamente.

$$LD = 3,3 \frac{s}{S} \quad (1)$$

$$LQ = 10 \frac{s}{S} \quad (2)$$

Todas as análises foram realizadas em triplicata, empregando o modo SIM, sendo utilizados os íons majoritários e secundários.

As análises das amostras não apresentaram picos interferentes, conferindo seletividade ao método desenvolvido. A Tabela 4 apresenta a faixa de linearidade investigada para os seis analitos ($n=6$), coeficientes de correlação linear, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) e valores máximos estabelecidos pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 518, de 2004.



Tabela 4 - Parâmetros analíticos obtidos para o método HS-SPME/GC-MS no modo SIM, sendo: R^2 coeficiente de correlação linear; LD o limite de detecção e LQ , o limite de quantificação

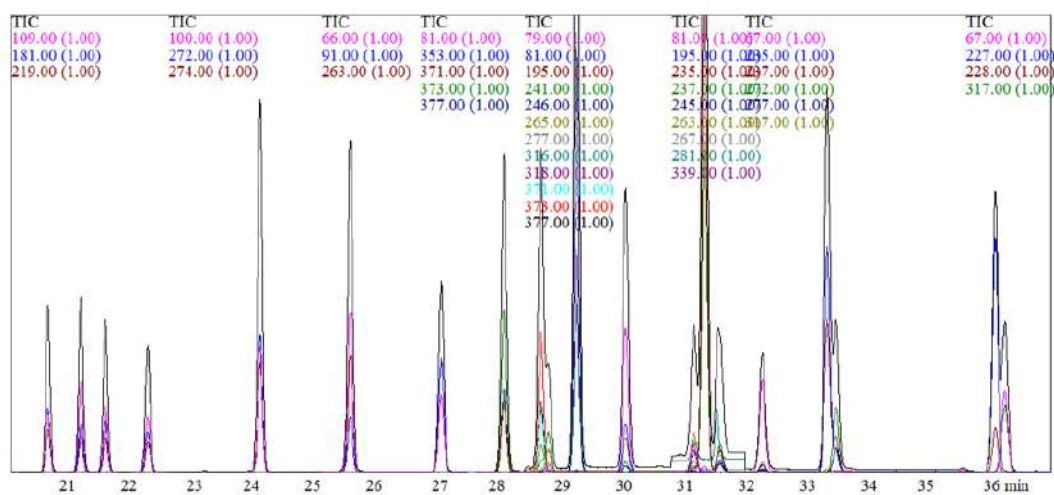
	Faixa linear ($\mu\text{g L}^{-1}$)	R^2	LD ($\mu\text{g L}^{-1}$)	LQ ($\mu\text{g L}^{-1}$)
DDT	0,005 – 0,05	0,996	0,0009	0,001
Aldrin	0,005 – 0,05	0,981	0,0008	0,002
Beta-BHC	0,05 – 0,5	0,993	0,0008	0,001
Heptachlorepoxide Isomer B	0,005 – 0,05	0,990	0,0007	0,001
Lindane	0,05 – 0,5	0,996	0,0009	0,002
γ -Chlordane	0,05 – 0,5	0,989	0,0008	0,003

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Foi confirmada a presença de seis compostos (Tabela 3) com coeficiente de correlação linear (R^2) variando entre 0,981 a 0,996. Os limites de detecção para o método permaneceram na faixa de $0,005 \mu\text{g L}^{-1}$ a $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ e os limites de quantificação ficaram entre $0,001 \mu\text{g L}^{-1}$ e $0,003 \mu\text{g L}^{-1}$, atendendo aos valores estabelecidos pela legislação.

Todo o monitoramento analítico foi realizado utilizando a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. O perfil cromatográfico no modo SIM é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Perfil cromatográfico no modo SIM dos compostos monitorados no Baixo São Francisco



Fonte: Autores, 2022.

A Tabela 5 apresenta os compostos identificados nos seis municípios estudados no Baixo São Francisco.

Tabela 5 - Compostos identificados nos seis municípios do Baixo São Francisco utilizando o método HS-SPME/GC-MS, modo SIM

	Piranhas	Pão de Açúcar	Traipu	São Brás	Propriá	Penedo
DDT					<i>id.</i>	<i>id.</i>
Aldrin					<i>id.</i>	<i>id.</i>
Beta-BHC					<i>id.</i>	<i>id.</i>
Heptachlorepoxide Isomer B			<i>id.</i>	<i>id.</i>		
Lindane		<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>
γ -Chlordane					<i>id.</i>	<i>id.</i>

id. - identificação do contaminante.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Os pesticidas identificados não tiveram valores acima do (*LQ*), portanto, estão abaixo da concentração permitida segundo a Resolução Conama nº 357(BRASIL, 2005).

A Tabela 6 apresenta os compostos identificados utilizando o método HS-SPME/GC-MS no modo SCAN, em seis municípios do Baixo São Francisco.

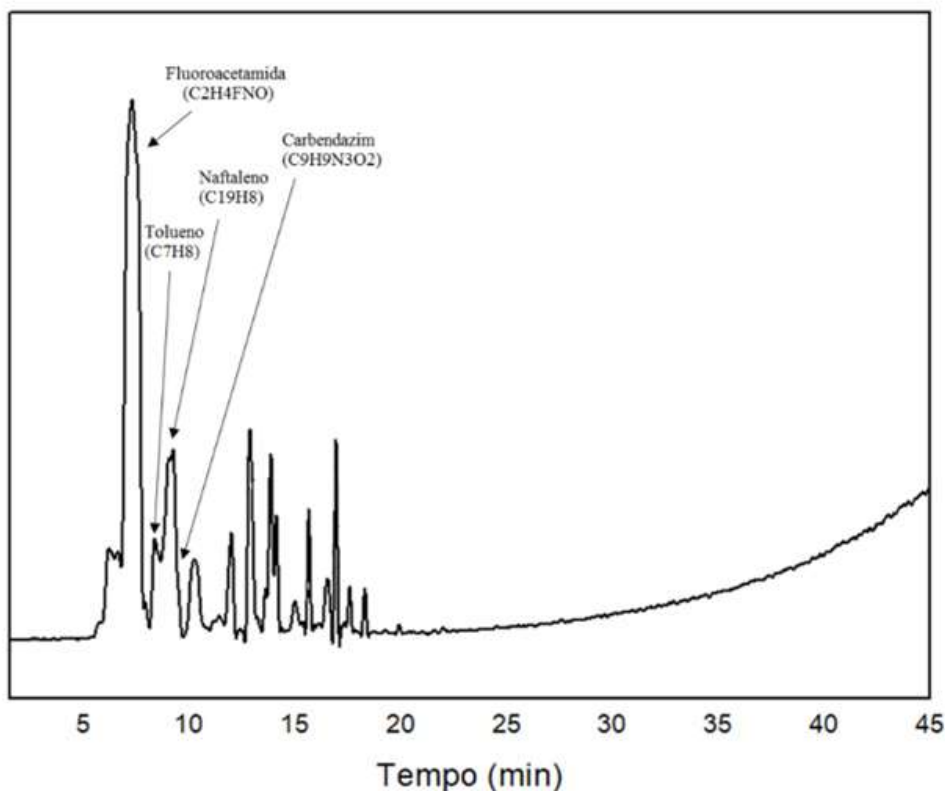
Tabela 6 - Compostos identificados nos seis municípios do Baixo São Francisco utilizando o método HS-SPME/GC-MS, modo SCAN

	Piranhas	Pão de Açúcar	Traipu	São Brás	Propriá	Penedo
1,4-Diclorobenzeno					<i>id.</i>	<i>id.</i>
2-Etil Hexanol						<i>id.</i>
2,6,10,15-Tetramethylheptadecane			<i>id.</i>			
3-Trifluoroacetoxypentadecane				<i>id.</i>		
Carbendazim	<i>id.</i>					
Fluoroacetamida	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>
Naftaleno	<i>id.</i>					
Oxíma-, metoxi-fenil-					<i>id.</i>	<i>id.</i>
Tolueno	<i>id.</i>	<i>id.</i>			<i>id.</i>	<i>id.</i>

id. - identificação do contaminante.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.



Figura 2 - Perfil cromatográfico da amostra oriunda da cidade de Piranhas

Fonte: Autores, 2022.

Utilizando o método HS-SPME/GC-MS modo SIM para o município de Piranhas, não foi detectado nenhum dos contaminantes estudados. Contudo, através do modo SCAN, foi possível identificar, por meio do cálculo referente ao LRI, quatro compostos com grande potencial toxicológico: carbendazim, fluoroacetamida, naftaleno e tolueno. O fungicida carbendazim é muito utilizado em culturas de frutas e vegetais no Brasil. O perfil cromatográfico é apresentado na Figura 2.

A Tabela 7 apresenta a classificação enquanto sua aplicação, como também sua classe toxicológica segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 294 (2019), correlacionando com a ocorrência à jusante das cidades.

Tabela 7 - Ocorrência e classificação de pesticidas e substâncias químicas identificados nos seis municípios do Baixo São Francisco

	Aplicação	Classe Toxicológica	Ocorrência
1,4-Diclorobenzeno	Inseticida	III	Propriá/Penedo
2-Etil Hexanol	Pesticida organoclorado	III	Penedo
2,6,10,15-Tetramethylheptadecane	Hidrocarboneto	II	Traipu
Aldrin	Inseticida	III	Propriá/Penedo
Beta-BHC	Fungicida/Inseticida	II	Propriá/Penedo
Carbendazim	Fungicida	1	Piranhas
DDT	Inseticida	II	Propriá/Penedo

Fluoroacetamida	Inseticida	II	Todas
Heptachlorepoixide Isomer B	Pesticida organoclorado	I	Traipu/São Brás
Lindane	Inseticida	II	Exceto Piranhas
Naftaleno	Inseticida / HPA	I	Piranhas
Oxima-, metoxi-fenil-	Fungicida	III	Propriá/Penedo
Tolueno	BTEX	III	Exceto Traipu e São Brás
y-Clordane	Fungicida/Inseticida	II	Propriá/Penedo

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Dentre os 14 compostos identificados, três são classificados como extremamente tóxicos (I), seis como altamente tóxicos (II) e cinco como medianamente tóxicos (III).

Na cidade de Pão de Açúcar, foi identificada a presença dos três compostos: lindane, fluoroacetamida e tolueno, sendo dois deles altamente tóxicos. Em Traipu, quatro compostos: heptachlorepoixideisomer B, lindane, 2,6,10,15-tetramethylheptadecane e fluoroacetamida, sendo um deles de extrema e dois de alta toxicidade. Em São Brás, quatro: heptachlorepoixideisomer B, lindane, 3-trifluoroacetoxypentadecane e fluoroacetamida, sendo três idênticos aos encontrados em Traipu.

Propriá e Penedo foram os municípios que apresentaram maior diversidade de contaminantes pesticidas: DDT, aldrin, beta-BHC, lindane, y-chlordane, 1,4-diclorobenzeno, fluoroacetamida, oxima-metoxi-fenil e tolueno. Além destes, também foi detectado o poluente 2-etil hexanol em Penedo. Portanto, em Propriá e Penedo foram identificados, respectivamente, 9 e 10 poluentes dos 31 estudados.

Pode-se observar que o composto fluoroacetamida, raticida agudo e altamente tóxico, esteve presente em todas as amostras, coletadas nas seis cidades, o que é motivo de grande preocupação.

A partir da identificação dos compostos, foi possível realizar uma avaliação bibliográfica sobre sua classificação toxicológica e possíveis danos ao meio ambiente e à saúde humana.

1,4-diclorobenzeno

O paradiclorobenzeno é um sólido cristalino branco sintético usado principalmente como desodorante de ambientes, blocos de mictórios e vasos sanitários. Ainda assim, pode ser empregada formulação de inseticidas para controle de traças (MARIA, 2021).

Quando o 1,4-diclorobenzeno é aquecido, libera vapores tóxicos. Assim, a exposição ou inalação desse composto pode trazer riscos à saúde, como: danos ao fígado, dores de cabeça, tontura, irritação aos olhos.

Um estudo do Programa Nacional de Toxicologia (NTP) relatou que o 1,4-diclorobenzeno causou tumores renais em ratos machos e tumores hepáticos em ambos os sexos de camundongos por gavagem (colocando experimentalmente o produto químico em seus estômagos). A EPA classificou o 1,4-diclorobenzeno como um grupo C, possível carcinógeno humano (PUBCHEM, 2022).



2-etil-hexanol

O 2-etil-hexanol é um composto que aparece na forma líquida marrom-escuro, com odor aromático. Em contato com a pele, pode causar irritação aos olhos e em membranas mucosas. Além disso, é tóxico por ingestão, inalação e absorção pela pele.

Ademais, o 2-etilhexan-1-ol é um produto interferente muito comum da produção de plástico (STAUFFER *et al.*, 2008).

2,6,10,15-tetramethylheptadecane

O 2,6,10,15-tetramethylheptadecane é um hidrocarboneto de cadeia longa, derivado de um hidreto de heptadecano.

É perigoso para a saúde humana, pois este composto pode fazer parte do metabolismo do câncer (VERMEERSCH, 2014). De acordo com um estudo realizado por Achiraman (2002), este composto está presente na urina de camundongos machos.

Aldrin

Amplamente utilizado como inseticida, o aldrin sólido fundido é marrom a branco. É tóxico por inalação e absorção pela pele quando pulverizado, oferecendo perigo à saúde por ser carcinogênico e teratogênico, ou seja, produz dano ao embrião ou feto durante a gravidez, ocasionando má formação e distúrbios, aumentando riscos de abortos espontâneos ou partos prematuros. Além disso, ocasiona toxicidade aguda, além de ser nocivo ao meio ambiente. É insolúvel em água e incombustível.

Aldrin é onipresente em água, ar, solo ou locais de resíduos, sendo muito tóxico para os organismos aquáticos. De acordo com Wrobel (2018) e estudos anteriores, eles também são detectados na carne, no leite e em sangue humano.

Nos EUA, no Japão e em muitos países da Europa, a produção e o uso desses inseticidas clorados já foram proibidos, mas, segundo Sruthi *et al.* (2017), na Índia, eles têm sido amplamente utilizados em programas de agricultura e ocasionado risco potencial à saúde pública.

Beta-BHC

Hexaclorociclohexano (HCH) é um pesticida organoclorado com uma mistura de vários isômeros, principalmente alfa (α), beta (β), gama (γ) e delta (δ). Na composição percentual de HCH industrial, encontram-se de 7% a 10% de β -HCH. Os isômeros exibem diferenças sutis nas características, sendo o β -HCH o mais estável física e quimicamente. Esta estabilidade reflete-se na persistência ambiental e biológica desta molécula. Apresenta-se como um pó cristalino e, em razão de sua elevada densidade, é insolúvel em água, podendo, assim, ser encontrado em níveis consideráveis depois de algum tempo exposto ao meio ambiente.

A exposição humana ao Beta-HCH pode ocorrer por ingestão de água ou alimentos contaminados, inalação de ar contaminado e contato da pele com o solo. Distúrbios sanguíneos, como anemia aplástica e alterações na contagem de glóbulos brancos, tonturas, dores de cabeça e possíveis alterações nos níveis de hormônios podem ser sintomas para um contato prolongado com determinado composto (CETESB, 2012).



Como é o mais lipofílico entre os isômeros, é prontamente absorvido e distribuído no organismo. Levando esses fatores em consideração, em 2015, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou o Beta-HCH (assim como todos os isômeros) como possivelmente carcinogênico para humanos.

Carbendazim

O Carbendazim é um ingrediente ativo utilizado na produção de fungicidas do grupo benzimidazois, que age com o intuito de inibir a formação de microtúbulos, resultando na morte do fungo (LI *et al.*, 2020).

Conhecido como fungicida sistêmico, ajuda no controle de doenças fúngicas, nas culturas de citros, feijão, maçã, soja e trigo e no tratamento das sementes das culturas de algodão, feijão e soja.

É bastante encontrado no fungicida bendazol, que é rapidamente convertido no meio ambiente, com tempo de meia-vida de 3 a 6 meses em turfa, 1 a 2 meses em sedimento de rio sob condições aeróbias e 25 meses sob condições anaeróbias. Devido ao uso intenso, tornou-se poluente muito persistente tanto no solo, quanto na água (GUPTA, 2018).

O carbendazim mostrou-se altamente tóxico: anfíbios (efeitos genéticos e mortalidade), plantas aquáticas (reprodução), crustáceos (mortalidade), peixes (bioacumulação e mortalidade), fungos (desenvolvimento e reprodução), moluscos (intoxicação e mortalidade) e plâncton (intoxicação, crescimento, reprodução e mortalidade) (GUPTA, 2018).

Em humanos, o carbendazim pode causar disfunções do sistema nervoso central, dano ocular e dermatite, bem como disfunções hepáticas, renais, estomacais, anemia e outras disfunções sanguíneas.

DDT

Segundo Maria *et al.* (2021), o DDT, também conhecido como clofenotano, é um hidrocarboneto clorado cristalino branco, inodoro e insípido, bastante encontrado em nosso ambiente agrícola como pesticida e inseticida e também usado para controlar a malária. Sendo incapaz de se decompor, domina a água e o solo em áreas expostas.

O DDT é um composto orgânico solúvel em solventes orgânicos e óleos e tende a se acumular nos ecossistemas. Foi amplamente usado como inseticida para controlar insetos agrícolas e contra malária, tifo e piolhos; contudo, sua prevalência generalizada é agora limitada, devido aos seus efeitos nas condições de saúde humana e animal, como distúrbios neurológicos, náuseas, perda de coordenação, câncer e sibilância em crianças, afetando, principalmente, o sistema nervoso, causando tremores, tonturas, convulsões (MARIA *et al.*, 2021).

Fluoroacetamida

A fluoracetamida é um raticida agudo, altamente tóxico, que se apresenta em forma de pó cristalino e incolor e possui grande solubilidade em água (BUDAVARI, 1996).

Ao passar por um processo de aquecimento, ocorre a emissão de gases tóxicos, como, por exemplo, fluoreto de hidrogênio e óxidos de azoto (WILLIAMS, 2013). Nos animais, essa substância atua bloqueando o sistema nervoso central, o que ocasionou a proibição da comercialização, em virtude, principalmente, dos incontáveis acidentes fatais com humanos ocorridos em todo o território nacional (ALMEIDA *et al.*, 2002).



Heptacloropóxido Isomer B

O heptacloropóxido (isômeros cis e trans) é um produto da quebra da molécula de heptacloro por meio de reações produzidas por organismos (bactérias e animais), sendo cerca de 20% do heptacloro convertido em heptacloropóxido em curto período de tempo no ambiente (ATSDR, 2007).

O heptacloro, quando no ambiente, é metabolizado em heptacloropóxido, composto estável com potencial carcinogênico. Este composto é persistente e relativamente estacionário no solo, podendo desaparecer pela evaporação e pela oxidação lenta. Suas propriedades físico-químicas de solubilidade baixa na água e volatilidade parcial tendem a favorecer o transporte a longa distância.

É bastante utilizado na agricultura, com a finalidade de eliminar cupins, formigas e insetos e tratar sementes. Pode permanecer em áreas contaminadas durante longos anos e pode ter dissipação mais rápida em regiões tropicais.

Segundo a ATSDR (2003), sua utilização está suspensa desde 1988; contudo, devido à lenta degradação, ele permanece por um longo período em corpos hídricos e no solo, além de ter potencial de acumulação dentro da cadeia trófica. Este relato corrobora com os contaminantes localizados no rio estudado, que, apesar de estarem proibidos há mais de 30 anos, ainda têm seus vestígios encontrados em recursos hídricos.

Lindane

O lindane, γ -hexaclorociclohexano (γ -HCH), é um inseticida organoclorado com propriedades neurotóxicas semelhantes ao DDT (clofenotano). É um sólido branco que pode evaporar no ar como um vapor incolor, com leve odor de mofo, amplamente utilizado como um pesticida organoclorado para proteger as culturas de doenças agrícolas. Também é empregado para tratar ectoparasitas humanos (piolhos e sarna), na forma de loção, creme ou xampu (LOOMIS *et al.*, 2015).

Em seres humanos, a exposição oral é moderadamente tóxica, causando sinais de hiperirritabilidade e excitação excessiva do sistema nervoso central, como vômitos, desmaios, tremores, inquietação, espasmos musculares, ataxia e crises epilépticas clônicas e tônicas.

O lindane possui característica lipofílica. Este grupo de substâncias é armazenado no tecido gorduroso, apresenta toxicidade aguda moderada e afeta, principalmente, o sistema nervoso central, sendo prontamente absorvido por todas as vias de exposição e amplamente distribuído no organismo, o que explica os três casos de leucemia (paramieloblastos e mielomonócitos) relatados em homens expostos ao lindane, com ou sem coexposição a outros produtos químicos (LOOMIS *et al.*, 2015).

Muitos casos de anemias aplásticas, mortes por câncer de pulmão e aumento da dermatite entre trabalhadores agrícolas também estão associados ao produto. Além disso, o lindane inibe a divisão celular em linfócitos do sangue periférico humano *in vitro*, o que resulta em um aumento na frequência de fragmentação das cromátides, dependendo da concentração. Devido aos seus efeitos letais, seu uso é proibido ou restrito na maioria dos países.

Naftaleno

Naftaleno é um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA). Está presente na composição química dos derivados de petróleo, principalmente na gasolina e no diesel, sendo também utilizado na fabricação de inseticidas (FRESCURA, 2019).



O efeito característico da toxicidade do naftaleno é hemólise intravascular aguda, acompanhada de anemia, leucocitose, febre, hematúria, icterícia e disfunção renal e hepática. A ingestão de naftaleno não é uma via de exposição comum; porém, os efeitos observados são similares aos da inalação aguda. A exposição dérmica por curto prazo causa leve irritação da pele e dermatite em pessoas suscetíveis, podendo levar à toxicidade sistêmica similar à observada na inalação e ingestão. A exposição ocular pode irritar os olhos, danificar a córnea e levar a opacidade das lentes e, em alguns casos, resultar na formação de cataratas (FRESCURA, 2019).

Os efeitos adversos da inalação crônica são similares àqueles observados após exposição aguda, como náusea, cefaleia, mal-estar e anemia hemolítica, e existe relato de efeitos renais e hepáticos.

Oxima-, metoxi-fenil-

Oxime-, methoxy-phenyl podem ser usados como constituintes de biocidas, repelentes ou atrativos de pragas, ou, ainda, como reguladores de crescimento de plantas contendo compostos heterocíclicos com anéis com dois átomos de nitrogênio como os únicos heteroátomos do anel.

Tolueno

O tolueno ou metilbenzeno é um solvente orgânico derivado do petróleo e utilizado como matéria-prima industrial. É um hidrocarboneto aromático, incolor e com odor característico. Está presente em colas, gasolinas, solventes, agentes de limpeza e na síntese de outros produtos químicos, como uretano, poliuretano e benzeno. É utilizado como solvente para tintas, na produção de explosivos, corantes, medicamentos e detergentes e como solvente industrial para borrachas e óleos e, ainda, na produção de outros químicos (AZEVEDO, 2004).

A maior fonte de exposição ambiental ao tolueno é a produção e o uso da gasolina (FORSTER *et al.*, 1994). O tolueno é rapidamente absorvido pelos tratos respiratório e gastrointestinal e, de forma mais lenta, através da pele. A exposição pode irritar os olhos, o nariz e a garganta, causar tonturas, cefaleia, letargia, inebriação, sonolência, marcha cambaleante, náusea e depressão do sistema nervoso central, podendo progredir com midríase e insônia em concentrações acima de 200 ppm.

Altas concentrações podem causar delírios, desmaios e até coma e morte. Os efeitos crônicos podem ocorrer algum tempo após a exposição a tolueno e permanecer por meses ou anos. Outros efeitos, tais como a exposição repetida, podem causar danos à medula óssea e redução na contagem das células. A exposição prolongada pode causar ressecamento e rachadura da pele, perda de apetite, náusea e danos aos rins, fígado e cérebro (ALCÂNTARA; BRASIL, 1974).

y-clordano

O clordano é empregado como pesticida organoclorado ciclodieno. É um produto sintético, usado contra formigas, coleópteros, larvas e cupins subterrâneos, dentre outras pragas de insetos.

É caracterizado como um inseticida e fungicida de contato, ou seja, não penetra o local em que foi aplicado, sendo apenas adsorvido; por esse motivo, o agrotóxico pode ser levado pela chuva e, assim, contaminar além da sua área de aplicação. É tóxico por inalação, ingestão



ou absorção pela pele. Também estimula o sistema nervoso central e causa complicações no fígado e nos rins.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi realizado na parte do Baixo São Francisco entre Paulo Afonso e a foz do rio, com trajeto de aproximadamente 214 km de extensão, sendo as amostragens de água feitas no período de 02 a 09 de novembro de 2021, em pontos estratégicos do rio, à jusante das cidades de: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Propriá e Penedo.

O método HS-SPME/GC-MS desenvolvido neste trabalho demonstrou ser fundamental para determinar a existência de pesticidas no Baixo São Francisco, com extrema sensibilidade e seletividade, atendendo a requisitos na faixa de $\mu\text{g L}^{-1}$, mesmo na presença de matéria orgânica e em diferentes concentrações.

Os modos SIM e SCAN, aplicados na determinação dos pesticidas, apresentaram bons resultados, mesmo na presença de matéria orgânica. Os limites de detecção e de quantificação encontrados foram baixos, porém, suficientes para detectar estas substâncias em nível inferior ao estabelecido pela legislação nacional.

Na cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, foi detectada a presença de 14 pesticidas, dentre os 31 avaliados. Dentre os compostos identificados, três são classificados como extremamente tóxicos, seis são classificados como altamente tóxicos e cinco são classificados como medianamente tóxicos. Na cidade de Pão de Açúcar, foi identificada a presença dos três compostos, sendo dois deles altamente tóxicos. Em Traipu, quatro compostos, sendo um deles de extrema e dois de alta toxicidade. Em São Brás, quatro, sendo três idênticos aos encontrados em Traipu. Propriá e Penedo foram os municípios que apresentaram mais diversidade de contaminantes pesticidas: respectivamente, 9 e 10 poluentes dos 31 estudados.

Este estudo mostrou-se fundamental para alertar e conscientizar a população e os responsáveis pelas políticas públicas e pelo meio ambiente. Além disso, a ocorrência de novos contaminantes “não regulamentados” requer um monitoramento mais constante. Portanto, este estudo dará subsídios para a implementação de novas políticas e regulamentações específicas, fundamentais para alcançar e manter o equilíbrio saudável do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABDULRAUF, L.B.A.B.; WASIU, A.H.A.; TAN, G.H. SPME Fibers for the Analysis of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables: a review. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v.42, n.2, p.152-161, 2012.

ACHIRAMAN, S.; ARCHUNAN, G. Characterization of urinary volatiles in Swiss male mice (*Mus musculus*): bioassay of identified compounds. **J. Biosci**, v.27, n.7, p.679-686, 2002.

ALCÂNTARA, H.R.; BRASIL, A.O.M. **Toxicologia Geral**. São Paulo: Andrei Editora, 1974.p.450.



AMARAL, A.V.C.; ASSIS, P.R.; FRANÇA, F.M. Intoxicação por organoclorado em Tamanduá-Bandeira: relato de caso. **Enciclopédia Biosfera**, v.1, n.21. Goiânia: Centro Científico Conhecer, 2015. Disponível em: <https://tinyurl.com/26a9rc64>. Acesso em: 13 abr. 2022.

ATSDR. **Resumen de Salud Pública Heptacloro y epóxido de heptacloro**. División de Toxicología y Medicina Ambiental, 2007. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs12.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

AYESHA, A.; SHAHID, R. Green Revolution: a review. **International Journal of Advances in Scientific Research**, v.3, n.12, p.129-137, 2018.

AZEVEDO, A.P.M. **Efeito de produtos químicos e ruído na gênese de perda auditiva ocupacional**. 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2004.

BEDMAR, F. *et al.* Transport of atrazine and metribuzin in three soils of the humid pampas of Argentina. **Weed Technol**, v.18, n.1, p.1-8, 2004.

BEIGEL, C.; DI PIETRO, L. Transport of triticonazole in homogeneous soil columns: influence of nonequilibrium sorption. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v.63, n.5, p.1077-1086, 1999.

BERGSTRÖM, L. Leaching of agrochemicals in field lysimeters: a method to test mobility of chemicals in soil. In: CORNEJO, J.J.P. (Ed.). **Pesticide/Soil Interactions**: some current research methods. Paris: INRA, 2000.

BHUVANESWARI, R.; NAGARAJAN, V.; CHANDIRAMOULI, R. DFT study on the adsorption properties of aldrin and dieldrin molecules on blue phosphorene nanotubes. **Physica B: condensed matter**, v.626, p.413545, 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357, de 15 de junho de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BURALLI, R.J. *et al.* Occupational exposure to pesticides and health symptoms among family farmers in Brazil. **Rev. Saúde Pública**, v.54, p.133, 2020.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, v.19, n.2, p.465-473, 2003.

CHOW, R. *et al.* A review of long-term pesticide monitoring studies to assess surface water quality trends. **Water Research X**, v.9, p.100064, 2020.

FOGG, P. *et al.* Degradation and leaching potential of pesticides in biobed systems. **Pestic. Manag. Sci.**, v.60, n.7, p.645-654, 2004.



- FOGG, P. *et al.* Leaching of pesticides from biobeds: effect of biobed depth and water loading. **J. Agric. Food. Chem.**, v.52, n.20, p.6217-6227, 2004.
- FORSTER, L.M.K.; TANNHAUSER, M.; TANNHAUSER, S.L. Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso. **Revista de Saúde Pública**, v.28, n.2, p.167-172, 1994.
- FRESCURA, L.M. *et al.* Application of multivariate analysis on naphthalene adsorption in aqueous solutions. **Environmental Science and Pollution Research**, v.27, n.3, p.3329-3337, 2019.
- GEISSEN, V. *et al.* Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. **International Soil and Water Conservation Research**, v.3, n.1, p.57-65, 2015.
- GUEDES, R.N.C. *et al.* Características dos principais grupos de inseticidas e acaricidas. **Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)**, p.489-518 2008.
- GUNESER, O. *et al.* Production of flavor compounds from olive mill waste by *Rhizopus oryzae* and *Candida tropicalis*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.48, n.2, p.275-285, 2017.
- GUPTA, P.K. Chapter 45: toxicity of fungicides. In: GUPTA, R.C. (Ed.). **Veterinary Toxicology**. 3.ed. New York: Academic Press, 2018. p.569-580.
- HWANG, B.H.; LEE, M.R. Solid-phase microextraction for organochlorine pesticide residues analysis in Chinese herbal formulations. **J. Chromatogr. A.**, v.898, n.2, p.245-56, 2000.
- IBRAHIM, H.M.; AL-TURKI A.M. Assessment of the Environmental Risk of Pesticides Leaching at the Watershed Scale under Arid Climatic Conditions and Low Recharge Rates. **Water**, v.12, n.2, p.418, 2000.
- JARDIM, I.C.S.F.; ANDRADE, J.A.; QUEIROZ, S.C.N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Quím. Nova**, v.32, n.4, p.996-1012, 2009.
- KATAGI, T. Soil Column Leaching of Pesticides. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.221, p.1-105, 2009.
- LOOMIS, D. *et al.* Carcinogenicity of lindane, DDT, and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **The Lancet Oncology**, v.16, n.8, p.891-892, 2015.
- LI, J. *et al.* Effects of Carbendazim on Acute Toxicity, Development, and Reproduction in *Caenorhabditis elegans*. **J. Food Quality**, v.2020 p.6, 2020.
- MAJZIK-SOLYMOS, E. *et al.* Comparison of extraction methods to monitor pesticide residues in surface water. **J. Chromatogr. Sci.**, v.39, n.8, p.325-31, 2001.
- MARCHI, G.; MARCHU, E.C.S.; GUIMARÃES, T. G. Os herbicidas são compostos exterminadores de ervas. **Technical Report**, Embrapa, 2008.



MARIA, J.P.; NAGARAJAN, V.; CHANDIRAMOULI, R. Chemosensing nature of black phosphorene nanotube towards $C_{14}H_9Cl_5$ and $C_{10}H_5Cl_7$ molecules – a first-principles insight. **Computational and Theoretical Chemistry**, v.1196, p.113109, 2021.

MENEZES FILHO, A.; DOS SANTOS, F.N.; PEREIRA, P.A. Development, validation and application of a methodology based on solid-phase micro extraction followed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (SPME/GC-MS) for the determination of pesticide residues in mangoes. **Talanta**, v.81, n.2, p.346-54, 2010.

MONTAGNER, C.C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R.D. Contaminantes Emergentes em Matrizes Aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Quím. Nova**, v.40, n.9, 2017.

MÜHLEN, C.V.; LANÇAS, F.M. SPME-GC-MS determination of selected aniline pesticides in surface water. **Scientia Chromatographica**, Instituto Internacional de Cromatografia, v.6, n.2, p.117-123, 2014.

NASCIMENTO, R.F. *et al.* **Advances in chromatographic analysis**. [e-book]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019.

NATANGELO, M. *et al.* Analysis of some pesticides in water samples using solid-phase microextraction-gas chromatography with different mass spectrometric techniques. **J. Chromatogr. A**, v.859, n.2, p.193-201, 1999.

NORMAN NETWORK. **Rede de laboratórios de referência, centros de pesquisa e organizações relacionadas para monitoramento de substâncias ambientais emergentes**. Disponível em: <http://www.norman-network.net>. Acesso em: 17 out. 2021.

NUNES, A.C.S.; SIDNEI, M.; MARCELO, M. The Use of Pesticides In Brazil And The Risks Linked To Human Health. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p.37885-37904, 2021.

OLIVEIRA, J.P.R. **Estudo dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) em regiões industriais da Grande São Paulo**: via cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) e captura de elétrons (GC-ECD). 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PIZZOCHERO, A.C. *et al.* Occurrence of legacy and emerging organic pollutants in white mouth croakers from Southeastern Brazil. **Science of The Total Environment**, v.682, p.719-728, 2019.

PRATHAP, M.; SRIVASTAVA, R. Electrochemical reduction of lindane (γ -HCH) at $NiCo_2O_4$ modified electrode. **Electrochimica Acta**, v.108, p.145-152, 2013.

PROGRAMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (PNQA). **Agência Nacional de Águas**. 2022. Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 11 nov. 2021.

PUBCHEM. **PubChem Compound Summary for CID 3036, Clofenotane, 2022**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Clofenotane>. Acesso em: 13 abr. 2022.



PUBCHEM. **PubChem Compound Summary for CID 5993, Chlordane, 2004**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlordane>. Acesso em: 13 abr. 2022.

RAINA, R. Chemical Analysis of Pesticides Using GC/MS, GC/MS/MS, and LC/MS/MS. In: STOYTCHIEVA, Margarita. **Pesticides**, 2011.

RIBEIRO, M.L. *et al.* Contaminação de Águas Subterrâneas por Pesticidas: avaliação preliminar. **Quím. Nova**, v.30, n.3, p.688-694, 2007.

RIGOTTO, R.M.; VASCONCELOS, D.P.; ROCHA M.M. Pesticide use in Brazil and problems for public health. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.30, n.7, p.1360-1362, 2014.

SANKHLA, M.S. *et al.* Water Contamination through Pesticide & Their Toxic Effect on Human Health. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), v.6, n.1, p.967-969, 2018.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). Alfa-Hexaclorociclohexano, Beta-Hexaclorociclohexano e Lindano. Laboratório de Informações Toxicológicas. **Ficha de Informação Toxicológica (FIT)**. Governo de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://tinyurl.com/z9dekk66>. Acesso em: 13 abr. 2022.

SAQUIB, S.; YADAV, A.K.; PRAJAPATI, K.B. Chapter 19 – Emerging pollutants in water and human health. **Contamination of Water Health: risk assessment and treatment strategies**.v.1. New York: Academic Press, 2021. p.285-299.

SOLOMON, B. Socioeconomic analysis options for pesticides management in developing countries: a review. **Environmental Practice**, v.17, n.1, p.1-12, 2015.

STAUFFER, E.; DOLAN, J.A.; NEWMAN, R. Interpretation of Ignitable Liquid Residues Extracted from Fire Debris. **Fire Debris Analysis**. New York: Academic Press, 2008. p.441-493.

VASILJEVIĆ, T. *et al.* Methods for monitoring of pesticide residues in water: current status and recent trends. **Water Sci. Technol.**, v.66, n.5, p.965-975, 2012.

VERMEERSCH, K. *et al.* Distinct metabolic responses of an ovarian cancer stem cell line. **BMC Systems Biology**, v.8, n.134, 2014.

WILLIAMS, M. The Merck Index: an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. In: O'NEIL, M.J. **Royal Society of Chemistry**, 15th.ed, v.74, n.5, p.339-339, 2013.

WROBEL, M.H. Do chlorinated insecticides (aldrin and DDT) or products of their transformations (dieldrin and DDE) impair signal transfer from regulators (oxytocin and relaxin) of bovine myometrium motility *in vitro*?. **Environmental Research**, v.167, p.234-239, 2018.



CAPÍTULO 11 - AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS NO BAIXO SÃO FRANCISCO

João Inácio Soletti¹

Mateus Ferreira da Silva²

Samara Farias de Melo³

Mozart Bispo Daltro⁴

Emerson Carlos Soares⁵

Adryelle Suelen Gomes Silva⁶

Sandra Helena Vieira de Carvalho⁷



Resumo: O descarte de óleo e graxas de forma inadequada pode apresentar elevado potencial de toxicidade, capacidade de bioacumulação e provocar danos irreparáveis para fauna e flora aquáticas, provocando inúmeros problemas ambientais, muito deles irreversíveis na natureza. Monitorar o teor de óleos e graxas (TOG) em águas é de grande importância, sendo este um trabalho que deve ser realizado com frequência, principalmente em aquíferos utilizados para a obtenção de água potável. Este monitoramento, além de identificar possíveis poluentes derivados do petróleo e óleos vegetais, dentre outros, pode ser caracterizado por técnicas específicas. A técnica aplicada foi a de espectrometria na região de infravermelho, utilizando-se do equipamento Horiba Oema-350. As amostras de águas retiradas dos diferentes locais do Rio São Francisco foram analisadas a fim de determinar as concentrações de óleos e graxas absorvidas ou não pelas águas. Estas análises compreendem os estudos realizados na III e na IV Expedições do Rio São Francisco, nos períodos de 01/12 a 10/12/2021 2 e de 31/10 a 10/11 de 2021, respectivamente. A partir dessas análises, foi possível determinar quantidades significativas de óleos presentes nas águas, chegando a concentrações de até 42,2 mg/L de contaminação. Este estudo, e sua continuidade, possibilitará, através do conhecimento dos teores de TOG presentes em algumas localidades do Rio São Francisco, avaliar e, conseqüentemente, tomar decisões que viabilizem a criação de políticas públicas para a operação e o funcionamento adequado do sistema de tratamento das águas residuais e evitar problemas ambientais em função do seu acúmulo no ambiente.

Palavras-chave: TOG. Rio São Francisco.

1 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

2 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

3 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

4 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

5 Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

6 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

7 Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

INTRODUÇÃO

O descarte de óleo e graxas, usualmente presentes em esgotos domésticos, bem como em descarte de oficinas, embarcações, poços de petróleo, refinarias, dentre outras causas, pode apresentar elevado potencial de toxicidade, capacidade de bioacumulação e provocar danos irreparáveis para fauna e flora aquáticas, provocando inúmeros problemas ambientais, muito deles irreversíveis na natureza. Monitorar o teor de óleos e graxas (TOG) em águas é de grande importância, sendo este um trabalho que deve ser realizado com frequência, principalmente em aquíferos utilizados para a obtenção de água potável.

Definição

Óleos e graxas são compostos por hidrocarbonetos, gorduras e ésteres, dentre outros materiais de origem orgânica, mineral ou vegetal. Normalmente, não são encontrados em águas naturais, mas sim provenientes de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolinas, estradas e vias públicas (ORSSATTO *et al.*, 2010). No seu processo de decomposição, óleos e graxas reduzem o oxigênio dissolvido, elevando a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e causando sérios problemas ao ecossistema aquático (METCALF; EDDY, 1991).

O TOG constitui um dos parâmetros ambientais de grande relevância para localidades onde exista a presença de locais sujeitos ao derramamento ou descarte de óleo em ambientes aquáticos. Cidades ribeirinhas com a presença de embarcações são suscetíveis a acidentes que provocam o derramamento de óleo, quer seja pelo vazamento em motores, manutenção ou acidentes, bem como no descarte em efluentes domésticos.

Mistura óleo-água

Com relação às misturas óleo-água, elas podem ser homogêneas, heterogêneas ou coloidais. As homogêneas, ou soluções, são aquelas em que não ocorre a formação de fases em que, pelo efeito da solvatação, as partículas não se precipitam. No sistema heterógeno, ocorre a formação de fases, com duas ou mais, sendo o sistema água-óleo usualmente presente neste grupo (BROWN *et al.*, 1992). Nos sistemas coloidais, ocorre o fenômeno da emulsão, em que algumas gotículas de óleo acabam sendo solubilizadas pela fase aquosa, sendo este um fenômeno bastante comum nas misturas de óleo e água (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

Podemos classificar as misturas óleo-água presentes nos efluentes de cinco formas:

1) Óleo livre: neste estado, as gotículas de óleo, com diâmetros iguais ou superiores a 20 micrômetros, possuem pouca ou nenhuma água associada e, devido ao seu peso específico ser menor que o da água, elas flutam (SAWAMURA *et al.*, 1999);

2) Óleo fisicamente emulsionado: são partículas de óleo, na ordem de 5 a 20 micrômetros, em que o óleo disperso na água encontra-se na forma estável. Isto pode ocorrer por ações mecânicas, tipo bombeamento, fechamento ou abertura de válvulas ou restrições de fluxo. Outra possibilidade de formação pode ser causada por incidência de chuva ou jateamento de água (SAWAMURA *et al.*, 1999);

3) Óleo quimicamente emulsionado: usualmente formado através do uso de detergentes, desengraxantes, solventes e produtos afins, possui gotículas na ordem de 5 micrômetros (BROWN *et al.*, 1992);



4) Óleo dissolvido: são as gotículas solúveis na água, com diâmetros inferiores a 0,01 micrômetro (BROWN *et al.*, 1992);

5) Óleo adsorvido em partícula sólida: neste caso, o óleo encontra-se aderido ao material particulado e sedimenta, devido à ação da força gravitacional (BROWN *et al.*, 1992).

Outra consideração importante a ser feita para a mistura água e óleo consiste na polaridade das duas substâncias envolvidas. A água é uma substância polar e o óleo é uma substância apolar (SGPA-12, 2010). Esta característica é importante para que possamos analisar a solubilidade das substâncias.

Uma molécula recebe a classificação de polar quando o centro das cargas positivas e negativas não são coincidentes, caso específico da água. De uma maneira geral, as substâncias polares solubilizam-se em substâncias polares e, da mesma forma, esta regra é válida para as substâncias apolares (BROWN *et al.*, 1992). Assim, a água e o óleo não são solúveis entre si, a não ser em condições especiais, como relatado em tópicos anteriores. Estas informações são importantes na concepção de equipamentos que possibilitem a separação óleo.



Fontes poluidoras e suas consequências

Uma fonte bastante comum de poluição, com alto impacto poluidor, principalmente nas cidades ribeirinhas, são as provenientes dos serviços de lavagem de veículos, pois contêm surfactantes, óleos e graxas (BROWN *et al.*, 1992; SMITH; SHILLEY, 2009; INEA, 2014). Dados do Ministério da Infraestrutura registram mais de 111 milhões de veículos automotivos (automóveis, caminhões, tratores, dentre outros) no Brasil.

Outra forma de geração dos efluentes oleosos está relacionada ao carreamento dos poluentes, através da água da chuva, em áreas abertas de estacionamento, lavagem de pisos em áreas cobertas, postos de gasolina, dentre outros.

Nos sistemas aquáticos, a presença de óleos e graxas causa impactos gravíssimos. O plâncton, base da cadeia alimentar dos organismos marinhos, é o primeiro a ser contaminado e contaminao restante dos animais que dele se alimentam. No caso do petróleo, no derramamento em grandes extensões, os fitoplânctons e as algas, responsáveis pela produtividade de alimento na cadeia alimentar aquática, não sobrevivem, devido ao bloqueio da entrada de luz pela camada de óleo que flutua na superfície. Outro problema é a impregnação do óleo nos animais, impedindo a respiração em peixes, o voo em aves e o controle de temperatura em mamíferos.

O lançamento de óleos e graxas em corpos hídricos deve cumprir a legislação federal, Resolução nº 20 do Conama, que estabelece os limites máximos de descarte de óleos em efluentes, como 50 mg/L para óleos de origem vegetal e 20 mg/L para óleos minerais (KLEMZ *et al.*, 2020).

Legislação e Portarias

Existem várias legislações aplicáveis à problemática do lançamento de efluentes oleosos no meio ambiente.

Um marco regulatório foi estabelecido com o MARPOL 73/78, na Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, adotada em 1973 e, posteriormente, emendada pelo Protocolo de 1978. Ela teve por propósito o estabelecimento de regras para a completa eliminação intencional do descarte de óleo e outras substâncias danosas oriundas de navios, bem como a minimização da descarga acidental daquelas substâncias no ar e no meio ambiente.

A Lei nº 9478, de 6 de agosto de 1997 (BRASIL, 1997), dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo e institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo, além de outras providências. Destaca-se, nesta lei, o artigo primeiro, inciso quarto, que trata da proteção ao meio ambiente e promoção da conservação da energia.

A Lei nº 9966, de 28 de abril de 2000 (BRASIL, 2000), dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Considera que a saúde e o bem-estar humano, assim como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas. A resolução também considera que os Estados e municípios devem possuir parâmetros próprios de lançamento, independentemente de estarem inclusos ou não na Resolução, seja através de norma específica ou por licenciamento de atividade.

A Resolução Complementar 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes” e altera a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005). Ela foi resultado da Portaria nº 422, de 26 de outubro de 2011 (BRASIL, 2011), do Ministério do Meio Ambiente, que dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zonas de transição terra-mar.

Apesar de existirem várias legislações e resoluções sobre o descarte de óleos e graxas, cabe à cada Unidade da Federação, ou mesmo município, estabelecer limites para o lançamento em corpos receptores através de suas legislações ambientais, sem, no entanto, exceder os valores máximos estabelecidos pela União, sendo apenas mais restritivos.

As ações dos municípios em relação às legislações ambientais são fundamentais, pois nem todos os parâmetros contidos na Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005) estão devidamente estabelecidos. Desta forma, os municípios podem considerar diferentes parâmetros de análise, bem como metodologia que considerem importantes como maneira complementar, dentro da jurisdição, sobre enquadramentos previstos no corpo d’água.

Tecnologias para remoção de óleos e graxas

Normalmente, os separadores óleo-água consistem de uma câmara de sedimentação, com o objetivo de remover a borra oleosa, seguida de outras câmaras que permitem o controle da vazão com dispositivos para a coleta do óleo retido. Neste processo, o efluente oleoso escoar através das câmaras, promovendo a coalescência das gotículas de óleo que ascendem até a superfície, onde são coletadas.

Outros tratamentos complementares são:

- Sistemas de filtros;
- Sistemas compactos de tratamento;
- Separação gravitacional, flotação e filtração;
- Tratamentos biotecnológicos com recuperação e reutilização de águas residuárias;



- Biorreatores com filtração;
- Filtros de areia com carvão ativado;
- Argilo-minerais;
- Lodos ativados com flotação e coagulação química;
- Eletrocoagulação.

As tecnologias mais compactas para tratamento de óleos e graxas são bastante difundidas e normalmente direcionadas a efluentes e águas residuárias. Em muitos casos, estas tecnologias são acopladas ao reaproveitamento das águas em sistemas fechados ou, mesmo quando o efluente está dentro dos padrões ambientais adequados, descartadas (BRASIL, 2005).

A destinação final do efluente pode ser o reaproveitamento ou lançamento em rede coletora, desde que atenda aos limites estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores.

Importância do monitoramento

O monitoramento de óleos e graxas, além de identificar possíveis poluentes derivados do petróleo e de óleos vegetais, dentre outros, pode ser caracterizado por técnicas específicas. A técnica aplicada neste estudo foi a de espectrometria na região de infravermelho, utilizando-se do equipamento Horiba Ocma-350. As amostras de águas retiradas dos diferentes locais do Rio São Francisco foram analisadas a fim de determinar as concentrações de óleos e graxas absorvidas ou não pelas águas. Estas análises compreendem os estudos realizados na III e na IV Expedições do Rio São Francisco, de 01/12 a 10/12/2020 e de 31/10 a 10/11 de 2021, respectivamente.

Apesar dos gravíssimos danos causados pelo derramamento de poluentes em ambientes aquáticos, ainda são poucos os estudos publicados que ressaltam o impacto do lançamento de óleos e graxas em rios e oceanos. De uma forma geral, isto se deve à falta de monitoramento deste parâmetro, bem como à dificuldade de acesso aos dados monitorados. Além disso, é difícil mensurar os potenciais impactos, visto que muitos dos seus efeitos são sinérgicos e os poluentes podem sofrer bioacumulação ao longo da cadeia trófica, ao longo do tempo.

Neste trabalho, foi identificada a necessidade de maior rigor no monitoramento das águas do Rio São Francisco, de forma que seja possível prever potenciais danos relacionados à presença de óleo. O monitoramento deve ser mais efetivo, principalmente em regiões com maior concentração de embarcações, como Penedo, Piaçabuçu e Propriá, dentre outras cidades ribeirinhas.

Esta pesquisa teve início na III Expedição do Rio São Francisco e recomenda-se a ampliação dos estudos, com divulgação das informações levantadas, de forma a se obter uma base de dados coesa, para análise dos impactos atuais e futuros.

Análises

As análises foram realizadas nos espaços da Expedição, como também no Laboratório de Sistema de Separação e Otimização de Processos (Lassop), situado no Centro de Tecnologia (Ctec) da Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

Para medir e quantificar a concentração de óleos e graxas nas águas, descritos por órgãos ambientais como Total Oil and Grease (TOG), foi utilizado o analisador de óleo Horiba® modelo Ocma-350. Esta técnica representa uma abordagem rápida e direta comumente utilizada na literatura (KLEMZ *et al.*, 2020). As medições são baseadas na



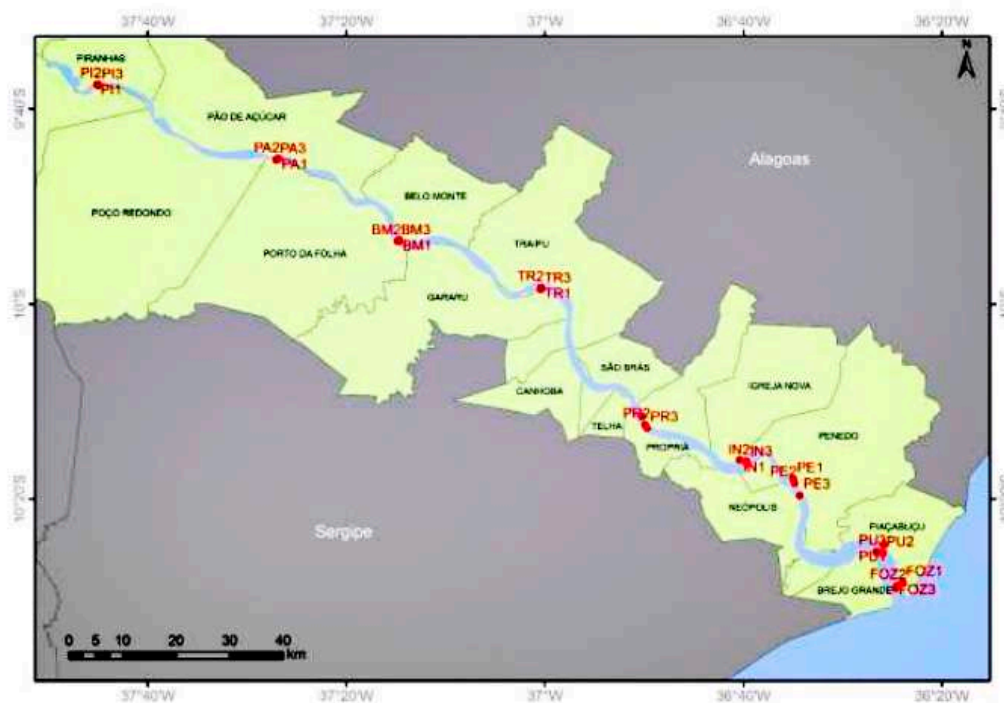
absorção, no infravermelho, na faixa de 3,4 – 3,6 μm . Para a extração de TOG da amostra de PW, o solvente poli-triclorofluoroetileno (S-316, Horiba®) foi usado em uma proporção de 1:1 segundo solvente para amostra, de acordo com o manual de instruções Horiba Ocma-350.

Coleta das amostras

Foram selecionados nove pontos para a coleta de amostras de água, associados a nove cidades ribeirinhas, objetivando diagnosticar o comportamento do teor médio de óleos e graxas presentes em cada município. Desta forma, foram realizadas coletas próximas às margens e em um ponto à jusante do sistema de despejos dos municípios. Os pontos de coleta das amostras de água estão apresentados na Figura 1 e suas coordenadas geográficas, na Tabela 1.

As amostras de água foram coletadas na superfície utilizando-se garrafa de Van Dorn. A água foi transferida a bordo para garrafas de polietileno de 500 mL, previamente limpas com detergente neutro, e, em seguida, em banho ácido de HNO_3 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água Mili-Q (18 $\mu\Omega$), devidamente identificadas, transportadas refrigeradas em caixas térmicas até o laboratório e estocadas em temperaturas abaixo de -15°C em freezer até o momento das análises.

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de amostras de água no Baixo São Francisco



Fonte: Autores, 2020.

Tabela 1 - Localização dos pontos de coleta de amostras de água no Baixo São Francisco em dezembro de 2020

Amostras	Ponto	Longitude	Latitude
Pão de Açúcar	PA3	-37.450444	-9.753866
Penedo	PE3	-36.571452	-10.327155
Piranhas	PI3	-37.749370	-9.626304
Piaçabuçu	PU3	-36.442632	-10.423743
Propriá	PR3	-36.827987	-10.212273
Igreja Nova	IN3	-36.660687	-10.271721
Traipu	TR3	-37.006676	-9.974881
Brejo Grande	BG3	-36.410863	-10.485840
Foz do São Francisco	FOZ3	-36.410863	-10.485840

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.



Preparação do equipamento (Horiba Ocma-350)

Para melhor confiabilidade dos dados, foi realizada a preparação da solução padrão para calibração do equipamento segundo as instruções indicadas no *Instruction Manual Horiba Ocma-350*. Foi utilizando b-heavy oil como referência padrão. Foram extraídos 5,6 microlitros do b-heavy (A) usando microsseringa e colocado em um balão volumétrico de 25 mL avolumado com o poli-triclorofluoroetileno (S-316, Horiba®) (C). O equipamento foi calibrado com a solução padrão com concentração de 200 mg/L.

Foi utilizado o método de extração de fase orgânica, pelo fato de que hidrocarbonetos, tais como óleo e graxa, podem ser extraídos da água ou do solo através de um procedimento de extração com solvente apropriado, sendo, neste caso, o solvente (poli [triclofluoretileno]) S-316 (C). Os hidrocarbonetos extraídos absorvem energia infravermelha a um comprimento de onda específico e a quantidade de energia absorvida é proporcional à concentração de óleo/graxa no solvente (BATIRA, 2014).

A extração foi realizada na proporção de 1:1, colocando 5 mL da amostra de água previamente acidificada a pH igual a 2, em um tubo de ensaio, juntamente com 5 mL do solvente, agitando e retirando a fase decantada para análise de espectrometria no equipamento Horiba Ocma-350 (B).

Extração e leitura

A Figura 2 mostra o equipamento utilizado durante a expedição para a análise do teor de óleos e graxas.

Figura 2 - Análise de TOG durante a III Expedição do Rio São Francisco

Fonte: Autores, 2020.

Respeitando as Resoluções descritas abaixo, foi possível interpretar e discutir os dados encontrados.

Resolução Conama nº 393/2007

Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências.

Art. 5º - O descarte de água produzida deverá obedecer à concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/L, com valor máximo diário de 42 mg/L. (BRASIL, 2007).

Resolução Conama nº 274/2001

Art. 8º - Para as águas de Classe 5, são estabelecidos os limites ou condições seguintes: [...]

i) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade; [...]. (BRASIL, 2001).

Durante a III e a IV Expedições do Rio São Francisco, foi observada a presença de óleo nas regiões ribeirinhas em algumas cidades visitadas. Destaca-se, como pode ser observado nas Figuras 3 e 4, a presença de óleo na região de Piaçabuçu. Episódio semelhante também foi notado em Penedo. Provavelmente, a presença deste óleo é decorrente do vazamento de combustível de embarcações pesqueiras que ficam atracadas no rio, bem como do despejo de efluentes que são lançados diretamente nas águas, sem tratamento prévio.

Figura 3 - Mancha de óleo registrada durante a III Expedição do Rio São Francisco, em Piaçabuçu



Fonte: Autores, 2020.

Figura 4 - Registro de mancha de óleo identificado durante a III Expedição do Rio São Francisco, em Piaçabuçu



Fonte: Autores, 2020.

Em outras localidades, foram observadas a prática da lavagem de carros (Penedo) (Figura 5), de animais e de roupa, dentre outras atividades, como limpeza de utensílios domésticos (Figura 6).

Figura 5 - Lavagem de automóveis nas margens do Rio São Francisco, em Penedo



Fonte: Autores, 2020.

Figura 6 - Limpeza de utensílios domésticos nas margens do Rio São Francisco, em Piaçabuçu



Fonte: Autores, 2020.

A Tabela 2 apresenta os resultados parciais do teor de óleo e graxas (TOG) em diferentes locais e horários realizadas a bordo, na Terceira Expedição.

Nos pontos de coleta apresentados na Tabela 2, em Penedo e na foz do Rio São Francisco, não foi observada a presença de óleo no período de coleta das amostras, muito provavelmente devido à dispersão do óleo no rio, bem pela ausência visual de óleo no momento da coleta. Em Piaçabuçu, as análises indicaram traços de óleos, como identificados nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2 - Teor de óleo e graxas em pontos críticos da III Expedição do Rio São Francisco

Data	Local	Horário (h)	Resultado TOG (mg/L)
06/12/20	Barcas/Penedo	14:00	< 0,1
09/12/20	Foz do rio	12:00	< 0,1
09/12/20	Penedo, após captação de água da cidade	12:00	< 0,1
09/12/20	Penedo, antes da captação de água da cidade	12:00	< 0,1
07/12/20	Piaçabuçu, saída esgoto	15:00	0,3±0,1
07/12/20	Piaçabuçu, banho	15:30	0,6±0,1
07/12/20	Piaçabuçu, parada barco	14:00	0,7±0,1
08/12/20	Propriá C	14:00	42,2 ± 2,5
09/12/20	Água filtro	09:00	6,4 ± 2,

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

O ponto de maior contaminação foi identificado em Propriá, com um valor de 42,2 mg/L, bem acima do que a legislação ambiental permite.

Durante a Expedição, a água utilizada na embarcação era captada diretamente do Rio São Francisco e passava por um sistema de filtração que, após processo de cloração, era depositada em reservatórios. Ao término da Expedição, foi coletada uma amostra da água contida no meio filtrante que apresentou um teor de TOG em torno de 6,4 mg/L, como mostrado na Tabela 1, revelando que, nesse sistema, ocorre acúmulo de óleo e graxas.

A partir dos dados obtidos (Tabela 3), foram observados níveis variáveis de contaminação nas amostras de água coletadas. Nesta análise, a relação direta entre o pH e o nível de contaminação (valores de TOG) estava ausente, uma vez que as amostras com pH semelhante foram obtidas em diferentes concentrações de TOG. Em geral, as análises de TOG apresentam altos valores, chegando a $30,5 \pm 2,3 \text{ mg L}^{-1}$ em Propriá (SE).

O Ponto C (Propriá) apresentou a maior concentração registrada de teores de óleo e graxas entre as amostras de água coletadas. Este ponto superou a concentração média estipulada pela OMS (2003) e pela Resolução Conama nº 393/2007 (BRASIL, 2007); de acordo com a Resolução, trata-se de efluente da produção de petróleo no Brasil, com suas concentrações de disposição de $29,0 \text{ mg L}^{-1}$. Embora seja um valor médio aritmético mensal simples de óleos e graxas para águas de produção, mostra as concentrações presentes nas águas como irregulares.

Portanto, pode causar vários problemas ambientais e de saúde humana, uma vez que o óleo identificado é uma mistura complexa que contém uma variedade de espécies de toxicidade comprovada, incluindo compostos orgânicos voláteis (VOCs), PAH, sulfeto de hidrogênio e metais potencialmente tóxicos, podendo ter várias origens (barcos, restaurantes, turismo e cidades).

Em todos os pontos analisados, durante a Terceira e a Quarta Expedições do Rio São Francisco, em dezembro de 2020, foi identificada a presença de óleo. A tomada destes pontos sempre foi à jusante do ponto de captação de água.

A gravidade da exposição ocorre por ingestão, absorção pela pele intacta e inalação. Os riscos toxicológicos envolvidos são graves, agudos e crônicos, com atenção especial às frações tóxicas do óleo, que podem levar à morte por envenenamento, principalmente quando associadas a compostos aromáticos. Tais concentrações devem ser consideradas, pois sabemos que as amostras não são de água de campos de produção de petróleo ou próxima de indústrias.

Na Quarta Expedição, em novembro de 2021, foram avaliados vários pontos de coleta, procurando manter o mesmo posicionamento da Terceira Expedição. Na Tabela 3,



encontram-se dispostos os dados referentes aos valores de TOG em pontos críticos, locais onde se identificava a presença de óleo na superfície da água, em Piaçabuçu e Traipu. Observa-se que, em todos eles, foi identificada a presença de óleo.

Tabela 3 - Análise do teor de óleos e graxas em diferentes localidades do Baixo São Francisco, em dezembro de 2020

Amostras	pH	Longitude	Latitude	Teor (mg/L)
Pão de Açúcar	8,91	-37.450444	-9.753866	10,2 ± 0,3
Penedo	7,35	-36.571452	-10.327155	13,9 ± 2,1
Piranhas	7,62	-37.749370	-9.626304	6,2 ± 0,3
Piaçabuçu	8,71	-36.442632	-10.423743	19,8 ± 1,8
Propriá	9,13	-36.827987	-10.212273	30,5 ± 2,3
Igreja Nova	9,18	-36.660687	-10.271721	26,5 ± 3,3
Traipu	9,14	-37.006676	-9.974881	26,2 ± 1,2
Brejo Grande	8,11	-36.410863	-10.485840	7,7 ± 1,0
Foz do São Francisco	7,34	-36.410863	-10.485840	10,6 ± 0,7

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Em Piaçabuçu, onde, em 2020, já havíamos identificado a presença de óleo, o quadro manteve-se em 2021. Este ponto refere-se a um local de recreação da população local, à jusante de pontos de despejos da cidade.

Em Propriá, no ponto onde os caminhões-pipa abastecem localidades com água, identificou-se um teor de 2,7 mg/L de TOG. Este valor, apesar de estar com concentrações baixas, torna-se expressivo, por se tratar de um sistema de captação que será a única fonte de água para vários povoados do interior do Estado de Sergipe. Destaca-se, também, que este local fica à jusante do ponto de despejo da cidade de Propriá.

A Tabela 4 apresenta os dados referente às análises realizadas em vários pontos ao longo do Baixo São Francisco. Observa-se que, mesmo com valores menores que nos anos anteriores, foi identificada a presença de óleos e graxas em quase todos os pontos analisados. Este fato é preocupante e fundamenta a necessidade de análises com maior periodicidade do TOG ao longo do ano, e não somente durante o período de Expedição. Destaca-se que os valores são baixos, porém, como não estamos identificando o tipo de óleo presente, mas tão somente a sua presença, tornam-se necessárias análises mais criteriosas para a identificação de sua origem.

Tabela 4 - Resultado de TOG em pontos críticos

Cidade	Georreferenciamento	Motivação da coleta	TOG (mg/L)
Piaçabuçu	La 10°24'27.98"S; Lo 36°26'8.38"O	Lavagem de utensílios de cozinha	5,7±0,1
Piaçabuçu	La 10°24'28.32"S; Lo 36°26'8.75" O	Recreação de contato primário	0,8±0,1
Piaçabuçu	La 10°24'27.98"S; Lo 36°26'8.38"O	Esgoto a céu aberto	0,6±0,1
Traipu		Fonte de abastecimento de água para quilombolas	1,0±0,1
Propriá		Ponto de coleta de água por caminhões-pipa	2,7±0,1

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Neste período, em novembro de 2020, não foi detectada a presença de óleo na foz do Rio São Francisco, bem como em outras duas localidades. O maior índice foi observado em Piaçabuçu: 12,3 mg/L, município que, em 2019, também obteve valores elevados: 19,8 mg/L. Nesta localidade, ficam evidenciadas, além dos inúmeros despejos a céu aberto, várias embarcações com vazamento de óleo, além de outras atividades, como lavagem de material domiciliar no rio.

Tabela 5 - Análise do teor de óleos e graxas em diferentes localidades do Baixo São Francisco, em novembro de 2020

Amostras	pH	Longitude	Latitude	Teor (mg/L)
Pão de Açúcar	6,3	-37.450444	-9.753866	0,20 ± 0,1
Penedo	7,35	-36.571452	-10.327155	12,30 ± 0,1
Piranhas	7,62	-37.749370	-9.626304	3,20 ± 0,1
Piaçabuçu	8,71	-36.442632	-10.423743	16,50 ± 0,1
Propriá	9,13	-36.827987	-10.212273	14,80 ± 0,1
Igreja Nova	9,18	-36.660687	-10.271721	0,50 ± 0,1
Traipu	9,14	-37.006676	-9.974881	0,00 ± 0,1
Brejo Grande	8,11	-36.410863	-10.485840	0,00 ± 0,1
Foz do São Francisco	7,34	-36.410863	-10.485840	0,00 ± 0,1

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado das análises do teor de óleo e graxas nas águas do Baixo São Francisco, durante a III e a IV Expedições, indicaram a presença de óleo em pequenas, porém relevantes, quantidades, na quase totalidade das cidades ribeirinhas. Em Piaçabuçu e em Penedo, foi detectada a presença visual do óleo, em alguns momentos. Em Piaçabuçu, foi possível coletar a amostra no momento da presença visual do óleo. Em alguns pontos de Piaçabuçu, a análise detectou teor de óleos e graxas, mesmo não havendo presença visual do óleo. Segundo a Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005), o teor de óleos e graxas em água doce deve ser virtualmente ausente.

É importante salientar a necessidade de uma periodicidade das análises em pontos críticos das cidades ribeirinhas a serem identificados. Isto se deve à grande variação do teor de óleos e graxas, em função de descarte de efluentes, vazão do rio, águas pluviais e despejos, dentre outros fatores que levam à diluição ou ao acúmulo do óleo e outros contaminantes nas águas.

A foz do Rio São Francisco apresentou contaminação no ano de 2019, pelo derramamento de petróleo em alto-mar, e este nível de contaminação esteve mantido nos padrões de outras localidades ao longo do Baixo São Francisco.

Localidades como Piaçabuçu e Propriá merecem uma fiscalização mais efetiva dos setores públicos com relação aos índices de contaminação de TOG.

Sugerimos que as análises sejam continuadas, haja vista que os índices de contaminação ainda estão sendo identificados, bem como análises das areias de regiões próximas às cidades ribeirinhas, a fim de se verificar a contaminação do solo.

REFERÊNCIAS

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. **Badct Guidance document for pretreatment with Oil/Water Separators Draft**, USA, p.34, 1996.

BATIRA, F. **Estudo do tratamento de água de produção de petróleo utilizando unidade de separação por biosorção**. 2014. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução no 20/86 (revogada pela Resolução nº 357/05) e define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357, de 15 de junho de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 393, de 8 de agosto de 2007**. Complementa a Resolução Conama nº 357/05 (art. 43, § 4º). Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências.

BROWN, T.L.; LEMAY JR., H.E.; BURSTEN, R.E. Química: ciência central. **Prentice Hall**, ed.9, p.702, 1997.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Oficinas mecânicas e lava a jato: orientações para o controle ambiental. **Gestão ambiental**, v.8. 2.ed. Secretaria do Ambiente. Rio de Janeiro: Inea, 2014. p.48.

KLEMZ, A.C. *et al.* Treatment of real oilfield produced water by liquid-liquid extraction and efficient phase separation in a mixer-settler based on phase inversion. **Chemical Engineering Journal**, v.417, p.127926, 2021.

METCALF, L.; EDDY, H.; THOBANOGLIOUS, G. Inc. Wastewater Engineering. Treatment. **Wastewater University & Research**, 4.ed., p.1334, 1991.

ORSSATTO, F.; HERMES, E.; VILAS BOAS, M.A. Eficiência de Remoção de Óleos e Graxas de uma Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.4, p.249, 2010.

SAWAMURA, M.Y.; MORITA, D.M. Mecanismos de desemulsificação de águas residuárias de indústrias de refino de óleo lubrificante pelo processo ácido-argila com cloreto férrico. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.4, p.76-83, 1999.

SMITH, D.J.; SHILLEY, H. Residential car washwater monitoring study. **Surface Water Management**, p.20, 2009. Disponível em: <https://tinyurl.com/sxzrsc4w>. Acesso em: 13 abr. 2022.



CAPÍTULO 12 - A SALINIDADE DA ÁGUA NO BAIXO SÃO FRANCISCO

Marcus Aurélio Soares Cruz¹
Carlos Alberto da Silva²
Silvânio Silvério Lopes da Costa³
Carlos Alexandre Borges Garcia⁴
Joel Marques da Silva⁵
Petrônio Alves Coelho Filho⁶
Marco Yves de Aguiar Vitorio Praxedes⁷
Lucas Cruz Fonseca⁸



Resumo: O monitoramento dos teores de sais presentes nas águas do Baixo São Francisco durante as Expedições Científicas realizadas em 2020 e 2021 indicou a presença de dois trechos distintos claramente definidos no rio, um situado de Piranhas (AL) até antes de Piaçabuçu (AL), de baixos teores de sais e sem restrições aos usos avaliados neste estudo; e outro localizado à jusante de Piaçabuçu (AL) até Brejo Grande (SE), junto à foz do rio, no Oceano Atlântico, com salinidade variável e altamente dependente da condição de maré, com restrições moderadas a severas para consumo ou irrigação de culturas, por exemplo. A salinidade média, em profundidade, do trecho de jusante foi de 9,15‰ no ano de 2021, por exemplo, contrapondo os 2,34‰ obtidos de média neste trecho em 2020. Observou-se, também, aumento na variabilidade das concentrações de sais na IV Expedição, comparativamente à III edição. Medições realizadas em locais intermediários neste trecho indicam a presença da cunha salina a distâncias superiores a 7 km a partir da foz, bem como uma predominância de maiores teores de sais na margem alagoana. Ressalta-se a necessidade de monitoramentos contínuos, visando ao avanço no entendimento da influência das marés na presença de sais nas águas do Baixo São Francisco e sua relação com diferentes condições de escoamento presentes no rio ao longo do ano.

Palavras-chave: Condutividade Elétrica. Sólidos Totais Dissolvidos. Salinidade. Restrição ao Uso.

INTRODUÇÃO

A população do Baixo São Francisco (BSF) vem enfrentando problemas relacionados à presença excessiva de sais em decorrência da entrada das águas do Oceano Atlântico na calha do Rio São Francisco (CAVALCANTE *et al.*, 2020; SOARES *et al.*, 2020). Esta intrusão

1 Embrapa Tabuleiros Costeiros

2 Embrapa Tabuleiros Costeiros

3 Universidade Federal de Sergipe

4 Universidade Federal de Sergipe

5 Universidade Federal de Sergipe

6 Universidade Federal de Alagoas

7 Universidade Federal de Alagoas

8 Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe

salina, associada à poluição hídrica, vem afetando negativamente as atividades econômicas da região, podendo vir a inviabilizar, em último caso, a utilização das águas para fins de abastecimento humano, com prejuízos não restritos apenas aos municípios ribeirinhos à calha do Rio São Francisco (GONÇALVES, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2016), mas a todos os municípios que utilizam estas águas para fins de abastecimento, como é o caso de Aracaju (SE).

Este cenário tem mostrado sinais de piora nos últimos anos e pode estar associado à exploração excessiva de recursos naturais, como a remoção de mata ciliar em rios tributários e a ausência de tratamento de esgoto urbano nos municípios da região, com impactos agravados pela ocorrência de longos períodos de seca, levando a decisões gerenciais que não promoveram adequadamente os usos múltiplos da água do rio (CUNHA, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2018).

O regime de vazões do Rio São Francisco nesta área é regido pelos reservatórios localizados nas partes mais altas da bacia, como as barragens de Sobradinho, Itaparica e Xingó, cujas afluições foram reduzidas, nos últimos anos, devido ao uso inadequado da terra, com diminuição da produção de água na bacia e aumento da erosão do solo, bem como sucessivos períodos de seca (CHESF, 2017; SANTOS *et al.*, 2022).

Como consequência, há uma redução gradual dos fluxos mínimos no rio, com impactos significativos, dentre os quais o avanço da cunha salina na região da foz, causando a salinização das águas utilizadas para abastecimento e atividades agrícolas, com alterações na biota local e diminuição dos estoques pesqueiros, resultando no desaparecimento de algumas espécies de peixes e crustáceos, e o surgimento de outros afeitos a ambientes salinizados (FONSECA *et al.*, 2020; PAIVA; SCHETTINI, 2021). Associada a estas questões, a menor capacidade depurativa do rio, resultado de vazões mais baixas ao longo de períodos mais longos, contribui significativamente para a manutenção de poluentes em concentrações prejudiciais à biota, consumo e irrigação de culturas (MEDEIROS *et al.*, 2016).

Assim, verifica-se uma diminuição da capacidade produtiva dos setores econômicos que dependem da flutuação dos níveis de água para o seu desenvolvimento adequado, como o cultivo de arroz e a piscicultura, por exemplo, e, logicamente, uma diminuição nos índices de desenvolvimento humano da população na região (CUNHA, 2015; D'ÁVILA *et al.*, 2021).

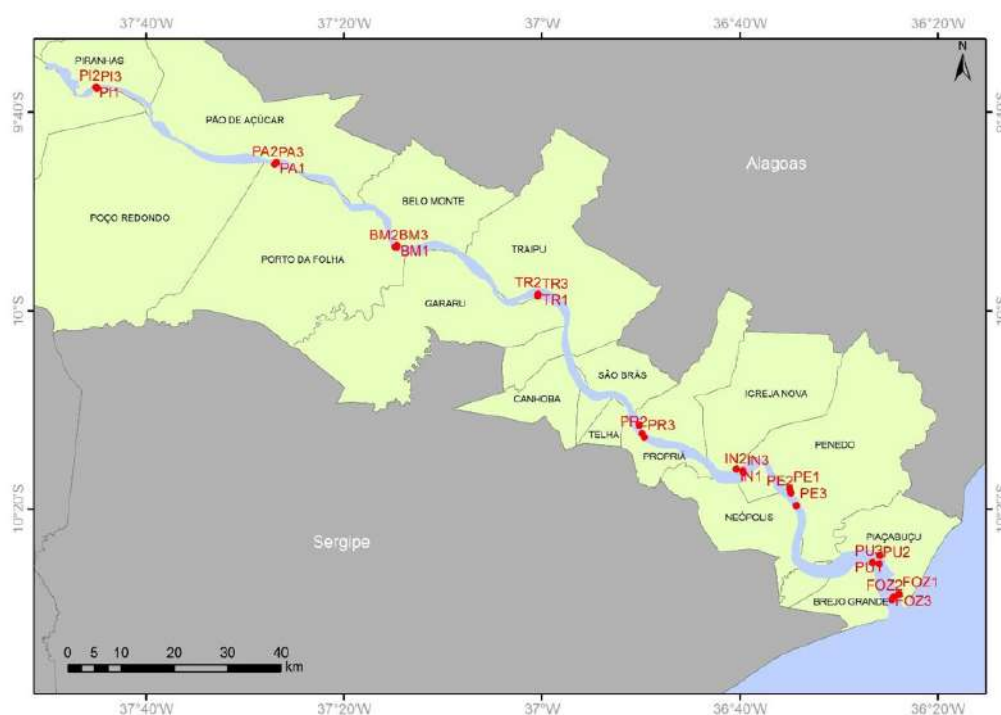
Este estudo buscou caracterizar a atual situação da presença de sais nas águas do Baixo São Francisco, por meio de análises de medições realizadas ao longo de pontos localizados em diferentes municípios da região, nos anos 2020 e 2021, durante a III e a IV Expedições Científicas no Baixo São Francisco.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na região do Baixo São Francisco (BSF), entre os Estados de Sergipe e Alagoas, cobrindo 25.500 quilômetros quadrados, onde vive uma população de cerca de 1,5 milhão de habitantes, dos quais 440.000 residem em áreas ao longo do Rio São Francisco (CBHSF, 2021; IBGE, 2021). O estudo abrangeu os municípios alagoanos de Piranhas, Pão de Açúcar, Belo Monte, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu e os municípios sergipanos de Neópolis, Propriá e Brejo Grande, conforme pontos de amostragem referenciados na Figura 1.



Figura 1 - Localização dos pontos de monitoramento de água do rio na região do Baixo São Francisco



Fonte: SOARES *et al.*, 2020.

A salinidade nas águas do Baixo São Francisco

A avaliação da salinidade das águas na região do Baixo São Francisco foi realizada por meio da utilização de uma sonda multiparamétrica YSI modelo EXO1, onde foram mensurados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura da água, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade.

Foram selecionados 27 pontos de amostragem de água de forma aleatória, buscando representar o comportamento médio das seções de medição do rio presentes em cada município. Assim, foram realizadas medições em barco próximas às duas margens e em um ponto intermediário (Figura 1), priorizando os horários de maré alta. A sonda era lançada em cada local, iniciando sua leitura na maior profundidade possível, sendo realizadas leituras intercaladas a cada três segundos, à medida que a sonda era içada à superfície, de modo a criar um perfil vertical de variação de cada parâmetro. Na Tabela 1, estão apresentadas as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem no Datum WGS1984.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa R Studio e foram produzidos mapas utilizando o *software* livre QGIS e Google Earth.

Tabela 1 - Localização dos pontos de coleta de amostras de água no BSF

Município	Ponto	Longitude	Latitude
Piranhas (AL)	PI1	-37.751278	-9.624347
	PI2	-37.749750	-9.624700
	PI3	-37.749370	-9.626304
Pão de Açúcar (AL)	PA1	-37.447327	-9.750914
	PA2	-37.449494	-9.752503
	PA3	-37.450444	-9.753866
Belo Monte (AL)	BM1	-37.244480	-9.889896
	BM2	-37.244013	-9.892764
	BM3	-37.247284	-9.892921
Traipu (AL)	TR1	-37.006143	-9.971428
	TR2	-37.005506	-9.972609
	TR3	-37.006676	-9.974881
Propriá (SE)	PR1	-36.836774	-10.192243
	PR2	-36.831299	-10.206496
	PR3	-36.827987	-10.212273
Igreja Nova (AL)	IN1	-36.672528	-10.266311
	IN2	-36.661799	-10.268844
	IN3	-36.660687	-10.271721
Penedo (AL)	PE1	-36.582383	-10.299611
	PE2	-36.580135	-10.306073
	PE3	-36.571452	-10.327155
Piaçabuçu (AL)	PU1	-36.430666	-10.412070
	PU2	-36.431902	-10.426152
	PU3	-36.442632	-10.423743
Brejo Grande (SE)	FOZ1	-36.398627	-10.476388
	FOZ2	-36.407867	-10.481488
	FOZ3	-36.410863	-10.485840

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

A avaliação da condição ambiental e de usos múltiplos das águas foi realizada por meio da comparação com os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005); pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28/09/2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), sobre padrões de potabilidade, e pelo documento da FAO relacionado ao uso para irrigação (AYERS; WESTCOT, 1994). Os valores limites utilizados, bem como as respectivas fontes de consulta, estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Limites comparativos de avaliação ambiental e de usos múltiplos para os parâmetros medidos nas amostras de água coletadas no Baixo São Francisco

Parâmetro	Limites	Fonte
pH	6,0 a 9,0	
Salinidade	Águas doces < 0,5 ‰ 0,5 ‰ < Águas salobras < 30,0‰ 30,0‰ > Águas salinas	Conama 357/05
CE (dS.m ⁻¹) Restrição para irrigação	Nenhuma < 0,7 0,7 < Moderada < 3,0 Severa > 3,0	FAO (AYERS; WESTCOT, 1994)
SDT	2000,0 mg/L	

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

O comportamento das variáveis relacionadas aos teores de sais presentes nas águas do BSF mostrou-se claramente distinto entre dois trechos, segundo os pontos de monitoramento: o primeiro iniciando em Piranhas (AL), ponto de partida das Expedições, até antes de Piaçabuçu (AL), que aqui utiliza-se Neópolis (SE) como referência; e o segundo com início em Piaçabuçu, seguindo até Brejo Grande (SE), na foz do rio, junto ao Oceano Atlântico.

As águas monitoradas em diferentes profundidades, de Piranhas até Neópolis, foram enquadradas como “águas doces” (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰) segundo a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) (Tabela 2). A salinidade média no ano de 2020 foi de 0,04‰ ± 0,005‰ e valores mínimos de 0,00‰ e máximos de 0,04‰, enquanto em 2021 estes valores pouco sofreram alteração, com média de 0,04‰ ± 0,01‰, e 0,00‰ e 0,06‰, como valores máximo e mínimo, respectivamente (Tabela 3).

Os valores de Condutividade Elétrica (CE) medidos em 2020 apresentaram média de 0,085dS/cm ± 0,01 dS/cm e de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) de 55,43 mg/L ± 6,22 mg/L, estando as águas classificadas como de nenhuma restrição ao seu uso para fins de irrigação de culturas segundo a FAO (Tabela 2). Este comportamento mostrou-se praticamente inalterado em 2021, com CE média de 0,093 dS/cm ± 0,014 dS/cm e SDT de 60,42mg/L ± 9,23 mg/L.

Tabela 3 - Parâmetros ambientais medidos nos pontos amostrais de Piranhas (AL) até Neópolis (SE), durante a III e a IV Expedições no Baixo São Francisco (Média ± Desvio Padrão – D.P., Mínimo e Máximo)

Parâm.	III Expedição Científica do BSF 2020					IV Expedição Científica do BSF 2021				
	Temp.	pH	CE	SDT	Sal	Temp.	pH	CE	SDT	Sal
Unid.	°C		dS/cm	mg/L	ppt	°C		dS/cm	mg/L	ppt
Média	28,32	7,68	0,085	55,43	0,04	28,14	7,43	0,093	60,42	0,04
D.P.	1,04	0,22	0,010	6,22	0,005	0,84	0,24	0,014	9,23	0,01
Mín.	27,53	6,62	0,002	1,00	0,00	26,81	6,88	0,009	6,00	0,00
Máx.	37,48	8,50	0,097	63,00	0,04	29,78	8,64	0,126	82,00	0,06

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Como pode ser observado na Tabela 4, nos pontos de medição no Rio São Francisco, nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, as águas medidas em superfície (profundidade inferior a 30 cm) na III Expedição do BSF (2020) foram enquadradas como “águas doces” (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰), com valores médios de $0,06‰ \pm 0,07‰$; no entanto, com valores máximos em Brejo Grande, aproximando-se do limite para águas salobras. Tal fato pode estar relacionado à profundidade da cunha salina no momento das medições, que, normalmente, localiza-se em camadas mais profundas dos corpos d’água.

Este comportamento foi diverso na IV Expedição, em 2021, uma vez que a salinidade média atingiu $0,75‰ \pm 1,04‰$, classificando estas águas superficiais como salobras, conforme a Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005), com ocorrência de um valor de salinidade máximo de 3,26‰ no município de Brejo Grande. Ressalte-se, aqui, no entanto, que o valor máximo de salinidade em Piaçabuçu ficou em 0,06‰, indicando que há uma gradação da foz no sentido a Piaçabuçu, com aprofundamento da cunha.

Esta diferença observada entre os anos 2020 e 2021 pode estar associada à condição de maior vazão no rio no período da III Expedição (cerca de $2500 \text{ m}^3/\text{s}$, em média), o que dificultaria o avanço da cunha salina a maiores distâncias. Porém, essa influência apenas pode ser efetivamente comprovada com a realização de um monitoramento contínuo.

Com relação à CE, o valor médio registrado em 2020 foi de $0,136 \text{ dS/cm} \pm 0,137 \text{ dS/cm}$ e SDT de $88,29 \text{ mg/L} \pm 89,14 \text{ mg/L}$, apontando para grande variabilidade no trecho, com menores valores à medida que se aproxima de Piaçabuçu, vindo da foz, indicando, neste local, águas superficiais sem restrição de uso para irrigação de culturas (Tabela 2).

Na IV Expedição, os valores médios de CE e SDT foram de $1,436 \text{ dS/cm} \pm 1,961 \text{ dS/cm}$ e $933,55 \text{ mg/L} \pm 1274,72 \text{ mg/L}$, indicando restrições moderadas à utilização das águas para fins de irrigação.

Tabela 4 - Análise estatística dos parâmetros medidos em medições superficiais (< 30 cm) nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, na III e na IV Expedições do Baixo São Francisco

Parâm.	III Expedição Científica do BSF 2020					IV Expedição Científica do BSF 2021				
	Temp.	pH	CE	SDT	Sal	Temp.	pH	CE	SDT	Sal
Unid.	°C		dS/cm	mg/L	ppt	°C		dS/cm	mg/L	ppt
Média	28,53	7,76	0,136	88,29	0,06	28,56	7,62	1,436	933,55	0,75
D.P.	0,34	0,16	0,137	89,14	0,07	0,16	0,24	1,961	1274,72	1,04
Mín.	28,01	7,54	0,087	56,00	0,04	28,29	7,29	0,125	82,00	0,06
Máx.	28,98	8,38	0,590	383,00	0,28	28,87	8,00	6,033	3922,00	3,26

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Buscando identificar melhor o comportamento do avanço da cunha salinana IV Expedição do BSF, foram feitas medições em pontos intermediários (PF1, PF2 e PF3) situados entre os municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, a aproximadamente 7,0 km, 6,0 km e 5,0 km do encontro com o Oceano Atlântico (Figura 2).

Nesta região, como se pode observar na Figura 3, as concentrações de sais em águas superficiais apresentam alteração significativa apenas a distâncias muito próximas à foz, uma vez que, nos pontos intermediários de monitoramento, que iniciam a partir de 4,0 km do encontro com o oceano, as alterações foram muito pequenas, com o maior valor sendo registrado no ponto PF2 (0,120‰).

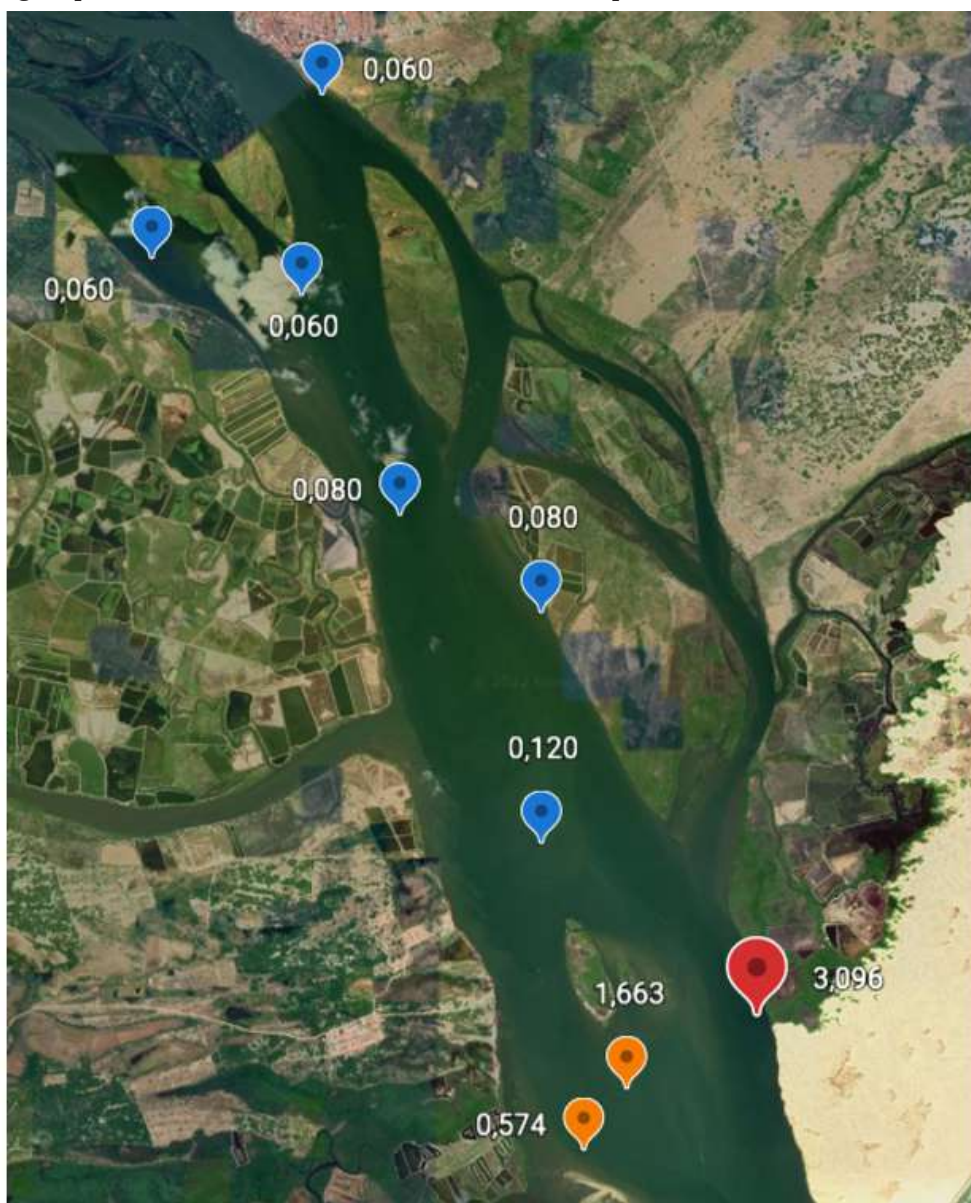
Ressalte-se, no entanto, que o ponto mais próximo à foz situado na margem alagoana (FOZ1) mostrou-se com os maiores valores de salinidade nas águas superficiais, indicando menor presença de águas doces neste local ou, ainda, a existência de caminhos preferenciais de correntes de entrada da água marinha, influenciados pelo relevo de fundo do rio.

Figura 2 - Pontos monitorados na região próxima à foz do Rio São Francisco, com indicação de três pontos intermediários (PF1, PF2 e PF3) utilizados na IV Expedição do BSF



Fonte: AUTORES; GOOGLE EARTH, 2021.

Figura 3 - Valores médios de salinidade (‰) em superfície (< 30 cm) nos pontos monitorados na região próxima à foz do Rio São Francisco, na IV Expedição do BSF



Fonte: AUTORES; GOOGLE EARTH, 2021.

Para as medições em profundidade (Tabela 5), as águas, nestes locais, foram enquadradas como “águas salobras” (com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰), conforme a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) (Tabela 2). A salinidade das águas de fundo na III Expedição (ano 2020) variou de 0,04‰ a 24,11‰ no trecho do Rio São Francisco na localidade de Piaçabuçu (AL) a Brejo Grande (SE). Os valores mínimos ocorreram em Piaçabuçu, localizado a mais de 10 km da foz, indicando limite de alcance da cunha salina em condição de maré alta em profundidade.

Nas medições realizadas na IV Expedição, em 2021, esta variação foi de 0,06‰ a 32,89‰, o que coloca parte dessas águas em condição de “salinas”, segundo a classificação Conama 357/2005 (BRASIL, 2005). Medições realizadas nos pontos intermediários entre os municípios indicaram valores máximos de salinidade de 17,68‰ nas maiores profundidades, mostrando que a cunha teve avanço superior a 7,0 km durante a IV Expedição.

Tabela 5 - Análise estatística dos parâmetros medidos em amostras em profundidade nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, na III e na IV Expedições do Baixo São Francisco

Parâm.	III Expedição Científica do BSF 2020					IV Expedição Científica do BSF 2021				
	Temp.	pH	CE	SDT	Sal	Temp.	pH	CE	SDT	Sal
Unid.	°C		dS/cm	mg/L	ppt	°C		dS/cm	mg/L	ppt
Média	28,34	7,80	3,853	2504,67	2,34	27,74	7,82	14,514	9434,22	9,15
D.P.	0,36	0,23	9,800	6370,16	6,15	0,50	0,35	16,722	10869,65	10,78
Mín.	27,84	7,48	0,087	56,00	0,04	27,26	7,28	0,125	82,00	0,06
Máx.	28,98	8,38	38,092	24760,00	24,11	28,86	8,40	50,292	32690,00	32,89

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Pode-se observar, na Figura 4, a variação da salinidade ao longo dos perfis de profundidade nos locais de medição, com desvios padrão que, às vezes, ultrapassam a grandeza dos valores médios, como nos pontos FOZ3 ($8,162\text{‰} \pm 11,890\text{‰}$) e PF2 ($1,953\text{‰} \pm 4,177\text{‰}$). Isto se deve ao gradiente de avanço da cunha salina, com maiores concentrações próximas ao fundo do rio, reduzindo rapidamente ao se aproximar da superfície.

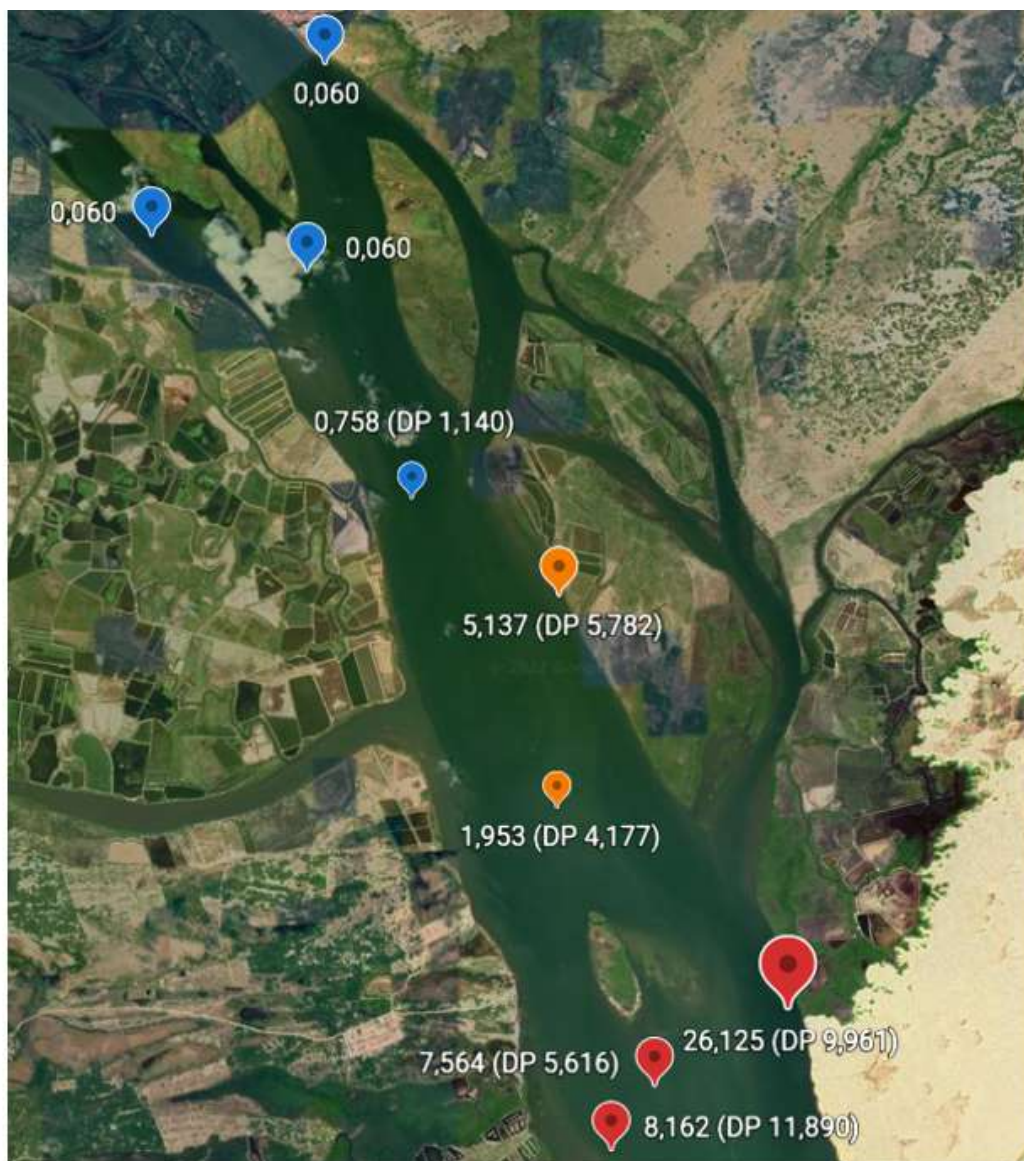
Observa-se, aqui, assim como no caso das águas superficiais, uma tendência de maior concentração de sais na margem alagoana do rio, com valor médio, por exemplo, de $5,137\text{‰} \pm 5,782\text{‰}$ (PF1), superior aos valores médios obtidos no ponto PF2. Cabe ressaltar, também, a presença de maiores profundidades junto à margem esquerda do rio neste trecho, o que se torna, naturalmente, um caminho preferencial ao avanço das águas marinhas.

Os valores de Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (SDT) também mostraram-se diferentes entre as duas Expedições, com valores médios de $3,853 \text{ dS/cm} \pm 9,800 \text{ dS/cm}$ e $2504,67 \text{ mg/L} \pm 6370,16 \text{ mg/L}$, respectivamente, na III Expedição, com aumento na IV Expedição, atingindo médias de CE da ordem de $14,514 \text{ dS/cm} \pm 16,722 \text{ dS/cm}$ e SDT de $9434,22 \text{ mg/L} \pm 10869,65 \text{ mg/L}$.

Em ambos os casos, as águas foram classificadas como de restrição severa ao uso em irrigação e culturas. Assim como nas águas de superfície, em profundidade, a influência das vazões do rio pode ser um fator significativo nesta variação de condição de salinização das águas – neste caso, com maior intensidade, em virtude da maior diferença de densidade das águas oceânicas, que se deslocam abaixo das águas doces.



Figura 4 - Valores médios e desvios padrão (DP) para salinidade (‰) em profundidade nos pontos monitorados na região próxima à foz do Rio São Francisco, na IV Expedição do BSF



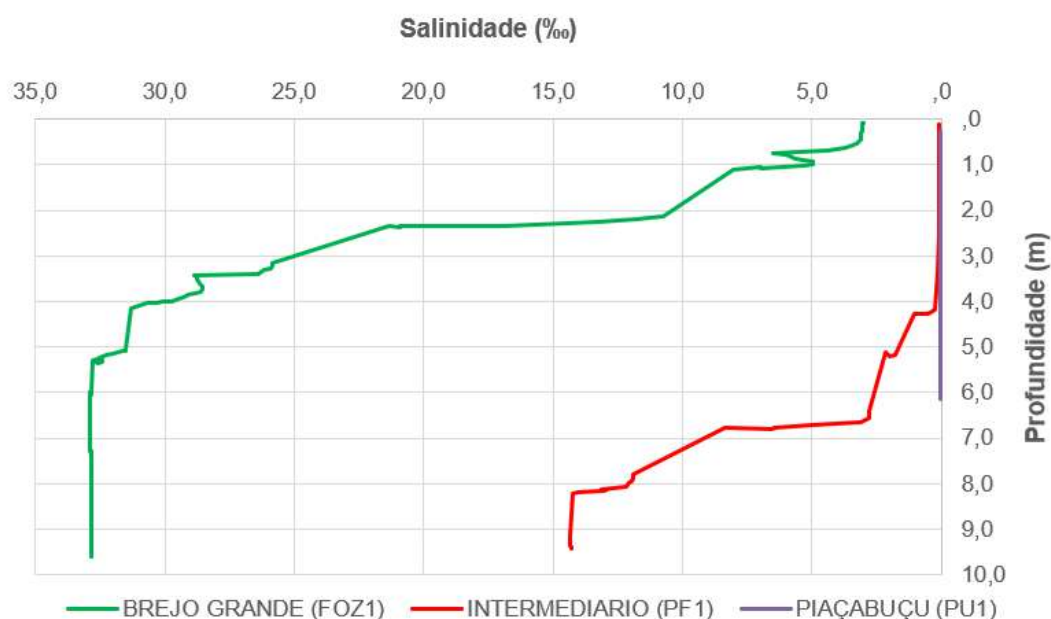
Fonte: AUTORES; GOOGLE EARTH, 2021.

Um exemplo do comportamento da cunha salina em condição de maré alta pode ser observado na Figura 5, onde estão plotados os perfis de salinidade medidos pela sonda em pontos do rio entre os municípios de Brejo Grande (SE) e Piaçabuçu (AL). Observou-se que, à medida que há o afastamento da foz em direção ao interior, ocorre o aprofundamento das águas com maiores teores de sais. Em Brejo Grande, junto à foz (ponto FOZ1), observou-se um aumento de salinidade entre 2,0 m e 3,0 m de profundidade com incrementos graduais, atingindo o máximo (cerca de 33‰) próximo a 5,0 m de profundidade, onde a água já se restringe à água marinha.

No ponto intermediário (PF1), as águas começam a apresentar teores de sais mais significativos a partir de 4,0 m de profundidade, e os maiores teores de sais estão situados a partir de 6,0 m, com aumento gradual ocorrendo entre 7,0 m e 8,0 m, atingindo a concentração

máxima (próximo a 15‰) após os 8,0 m de profundidade. As medições em Piaçabuçu não apresentaram variação nos teores de sais com aumento da profundidade, mantendo-se com salinidade baixa durante todo o período de medição.

Figura 5 - Perfis de salinidade nos locais de medição próximos à foz do Rio São Francisco em condição de maré alta, na IV Expedição do Baixo São Francisco (vazão média do rio 1400 m³/s)



Fonte: Autores, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento da salinidade das águas na região objeto das Expedições Científicas do Baixo São Francisco apresenta dois trechos distintos claramente definidos: o primeiro, de baixos teores de sais, situado de Piranhas (AL) até antes de Piaçabuçu (AL); e o segundo localizado à jusante de Piaçabuçu (AL) até Brejo Grande (SE), junto à foz do rio, no Oceano Atlântico, com salinidade variável e altamente dependente da condição de maré.

Este capítulo reúne os resultados das medições em campo relacionadas à salinidade obtidas durante a III e a IV Expedições Científicas do BSF, que ocorreram nos anos 2020 e 2021, respectivamente. As condições de avaliação da qualidade das águas foram distintas entre as Expedições, uma vez que, em 2020, a vazão média no Rio São Francisco, nesta região, foi de 2500 m³/s, superior aos 1400 m³/s registrados em média no período da realização da IV edição da Expedição, em 2021. Esta diferença pode ter influência direta sobre a condição e o avanço da cunha salina proveniente das águas marinhas em direção ao continente; no entanto, o grau desta influência apenas poderá ser objetivamente definido a partir de um monitoramento contínuo na região.

A condição de utilização das águas do Rio São Francisco para diferentes fins mostra-se prejudicada, atualmente, por conta da condição de salinidade à jusante do município de Piaçabuçu (AL), conforme demonstram as medições realizadas em pontos situados a diferentes

distâncias à montante da foz, onde os teores de sais atingem valores da ordem de 15,0‰ a cerca de 8,0 m de profundidade em condição de maré alta.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S.S.; AGUIAR NETTO, A.O. de. (Un)sustainability in the lower course of São Francisco River in the States Sergipe and Alagoas (Brazil). **Water and Landscape**, n.11, p.83-95, 2018.

BASSOI, L.J.; GUAZELLI, M.R. Controle Ambiental da Água. In: PHILIPPI JR., A.; ROMÉRIO, M.A.; BRUNA, G.C. **Curso de Gestão Ambiental**, Universidade de São Paulo, p.53-99, 2004.

CAVALCANTE, G. *et al.* Temporal streamflow reduction and impact on the salt dynamics of the São Francisco River Estuary and adjacent coastal zone (NE/Brazil). **Regional Studies in Marine Science**, v.38, p.101363, 2020.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Regiões hidrográficas**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/#regioes-hidrograficas>. Acesso em: mar. 2021.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF). Redução temporária da vazão mínima do Rio São Francisco para 550 m³/s, a partir da UHE Sobradinho. **45º Relatório Mensal de Acompanhamento**, Companhia Hidrelétrica do São Francisco, dez. 2017.

CUNHA, C.J. **Regularização da vazão e sustentabilidade de agroecossistemas no estuário do Rio São Francisco**. 2015. 231f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

D'AVILLA, T.; COSTA-NETO, E.M.; BRITO, M.F. Impacts on fisheries assessed by local ecological knowledge in a reservoir cascade in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.19, 2021.

DA SILVA, D.F. *et al.* Variabilidade da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v.9, n.3, p.1-17, 2010.

FONSECA, S.L.M. *et al.* Effect of the reduction of the outflow restriction discharge from the Xingó dam in water salinity in the Lower Stretch of the São Francisco River. **RBRH**, v.25, 2020.

GONÇALVES, M.J.S. Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do Rio São Francisco. In: SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 1., 2016, Juazeiro (BA). **Anais...** Juazeiro (BA), 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>. Acesso em: mar. 2021.



KEMKER, Christine. Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids: fundamentals of Environmental Measurements. **Fondriest Environmental**, v.3, mar. 2014. Disponível em: <https://tinyurl.com/3psn8e>.

MEDEIROS, P.R.P. *et al.* Inter-annual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.28, 2016.

PAIVA, B.P.; SCHETTINI, C.A. Circulation and transport processes in a tidally forced salt-wedge estuary: the São Francisco River estuary, Northeast Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v.41, p.101602, 2021.

SANTOS, V.J.; CALIJURI, M.L.; ASSIS, L.C. de. Land cover changes implications in energy flow and water cycle in São Francisco Basin, Brazil, over the past 7 decades. **Environmental Earth Sciences**, v.81, n.3, p.1-24. 2022.

SOARES, E.C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.1, p.3047-3064, 2020.

SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco**: características ambientais e sociais. Maceió: Edufal, 2020.



CAPÍTULO 13 - ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA E DENSIDADE POPULACIONAL DO CARANGUEJO-UÇÁ NO BOSQUE DE MANGUE DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO

Alexandre Oliveira¹

Ludmylla Wolpert²

Chaiane Assunção³

Milena Dutra⁴

Nadjacleia Vilar Almeida⁵



Resumo: Os manguezais são ecossistemas costeiros comuns em regiões de clima tropical e subtropical e sujeitos ao regime de marés e à conexão de ambientes de água doce e marinhos, podendo ser encontrados em quase toda a costa brasileira (04°30'N; 28°28'S), o que representa cerca de 8,9% dos manguezais do mundo. Por suas características únicas, são considerados excelentes indicadores de mudanças climáticas. Em Alagoas e Sergipe, os manguezais ocorrem em todas as áreas estuarinas, rios e canais com conexões aos corpos d'água das principais lagoas costeiras. A ocorrência do caranguejo-uçá é limitada à costa oeste do Oceano Atlântico, acompanhando a ocorrência dos manguezais. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a estrutura do manguezal e a dinâmica populacional do caranguejo-uçá na foz do Rio São Francisco. Para a amostragem da vegetação, foram utilizados parâmetros fitossociológicos. A dinâmica populacional dos caranguejos foi avaliada por métodos não-destrutivos. O manguezal da foz do Rio São Francisco possui duas das mais comuns espécies do ecossistema manguezal, *R. mangle* e *L. racemosa*, apresentando bons valores de parâmetros fitossociológicos. Os valores de densidade (ind./m²) e frequência das classes de tamanho indicam que esta área pertence ao estoque juvenil, portanto não é recomendada para a captura de caranguejos, pelo menos durante o período em que as coletas ocorreram. Finalmente, é necessário implementar programas de monitoramento do manguezal, bem como das populações, tanto no habitat natural, quanto nos locais de desembarque pesqueiro, a fim de realizar estimativas periódicas de densidade populacional deste importante recurso pesqueiro.

Palavras-chave: Conservação. *Ucides cordatus*. Métodos NãoDestrutivos. Expedição Científica do São Francisco.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros comuns de regiões com clima tropical e subtropical e sujeitos ao regime das marés e da conexão dos ambientes de água doce e marinho

1 Professor associado IV da Universidade Federal de Alagoas (Ufal/Penedo), Laboratório de Pesquisas em Estuários e Manguezais (Lapem).

2 Graduanda em Engenharia de Pesca, Unidade Educacional Penedo, Laboratório de Pesquisas em Estuários e Manguezais (Lapem), Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

3 Graduanda em Engenharia de Pesca, Unidade Educacional Penedo, Laboratório de Pesquisas em Estuários e Manguezais (Lapem), Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

4 Professora adjunta, Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

5 Professora adjunta, Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

(SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015), sendo considerados indicadores de mudanças climáticas regionais e globais (LIMA; OLIVEIRA, 2011).

Os manguezais ocupam uma área de cerca de 137.760 km², distribuídos em 118 países. Essa estimativa diminui com o aumento da latitude, exceto entre 20° e 25° de latitude norte, onde se localizam os Sundarbans, a maior área de manguezais do mundo, na divisa entre o Estado indiano de Bengala Ocidental e Bangladesh (GIRI *et al.*, 2011; BUNTING *et al.*, 2018).

Este ecossistema pode ser encontrado em quase todo o Litoral brasileiro, desde o Oiapoque (04°30'N) até a Lagoa de Santo Antônio (28°28'S) (SOARES *et al.*, 2012; CAVANAUGH *et al.*, 2018), sendo que levantamentos mais recentes sobre a área de cobertura dos manguezais no Brasil indicam uma área entre 962.683 ha e 1,071,083.74 ha, o que representa cerca de 7,0% a 8,9% do total mundial da área de ocorrência desse ecossistema (MAGRIS; BARRETO, 2010; BRASIL, 2010; GIRI *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2012).

O manguezal pode ser estruturado como feições conectadas de acordo com características específicas de cada zona, sendo classificadas como apicum, bosque de mangue e lavado (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CITRÓN, 2015). Estas regiões são resultado da influência em relação à linha d'água, constituindo formações de vegetação de mangue peculiares à periodicidade das inundações (ALMEIDA *et al.*, 2014).

A dinâmica da vegetação de mangue pode modificar-se através do tempo, com as mudanças na quantidade de inundações marinhas por mudanças no uso e ocupação de uma determinada bacia e influxo de água doce proveniente dos rios, sendo excelentes bioindicadores, pois respondem aos gradientes de inundação, de nutrientes e de salinidade (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015). Tal heterogeneidade parece ser uma resposta à interação de vários fatores abióticos e antrópicos que atuam em diferentes escalas locais e/ou regionais (microescala e mesoescala) e temporais (BERNINI; REZENDE, 2010; CUNHA-LIGNON *et al.*, 2011).

A vegetação apresenta baixa diversidade, uma vez que poucas espécies conseguem se adaptar às oscilações da maré e salinidade, ao substrato inconsolidado e pouco oxigenado (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2011; LONDE *et al.*, 2013; OLIVEIRA; TOGNELLA, 2014). Nos manguezais brasileiros, ocorrem três gêneros: *Rhizophora* L., *Laguncularia* C.F. e Gaertne *Avicennia* L., com um total de seis espécies: *Rhizophoramangle* L. (Rhizophoraceae), *Rhizophora harrisonii* Leechm. (Rhizophoraceae), *Rhizophora racemosa* G. Mey. (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (Combretaceae), *Avicennias chaueriana* Stapfand & Leechm. ex Moldenke (Acanthaceae) e *Avicennia germinans* (L.) L. (Acanthaceae) (GONÇALVEZ *et al.*, 2018; BRASIL, 2018).

Em Alagoas, os manguezais ocorrem ao longo de todas as áreas estuarinas, rios e canais com ligações com os corpos d'água das principais lagunas costeiras (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2009; NEVES, 2014; RODRIGUES, 2015; SILVA; BARROS; OLIVEIRA, 2020), assim como em Sergipe (SANTOS, 2013). São habitats de diversas populações, pois possuem condições ideais de reprodução e desenvolvimento de diversas espécies de peixes, crustáceos e moluscos, além de ser considerados um dos ambientes naturais mais produtivos do planeta (BERNINI *et al.*, 2014; BLOTTA *et al.*, 2016).

A dinâmica do manguezal é diretamente influenciada pela interação da biota e das características ambientais. Os padrões edáficos e geomorfológicos e a composição vegetal e fatores abióticos atuam sobre a abundância e distribuição espacial dos microrganismos, bem



como daqueles que constituem a meio e a macrofauna (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; A. NETTO; GALLUCCI, 2003). O tamanho e a dominância relativa vegetal mostram associação com a presença e a densidade de crustáceos braquiúros que escavam galerias no sedimento (AMOROUX; TAVARES, 2005), sendo importantes componentes dos manguezais (NICOLAU; OSHIRO, 2007).

Dos animais que o manguezal abriga, os caranguejos destacam-se pela quantidade e diversidade apresentadas, o que os torna alvo da exploração econômica. Dentre os caranguejos, o *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) destaca-se por seu grande valor econômico (IVO *et al.*, 2000; BOTELHO; SANTOS 2002). O caranguejo-uçá é um dos crustáceos de maior importância econômica e social encontrados, principalmente, no Nordeste do Brasil (ARAÚJO; CALADO, 2008).

A ocorrência do caranguejo-uçá está limitada à costa oeste do Oceano Atlântico, partindo da Flórida, passando pelo Golfo do México, Antilhas, norte da América do Sul e Guianas, até chegar ao Brasil (MELO, 1996). No Brasil, sua distribuição acompanha a dos manguezais, sendo Laguna, no Estado de Santa Catarina, seu limite de distribuição austral (COELHO; RAMOS, 1972; SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 1990; CASTRO *et al.*, 2008).

Dentre os principais recursos utilizados pelas comunidades ribeirinhas estão os peixes, crustáceos e moluscos, em grau de exploração, respectivamente, sendo a pesca de crustáceos equivalente a aproximadamente 30% das pescarias de alto valor no mundo (SMITH; ADDISON, 2003). É uma atividade importante para diversos países, considerada como uma das mais valiosas do planeta (TULLY, 2003).

O estabelecimento de um método indireto pode ser mais adequado nos estudos de estrutura populacional (JORDÃO; OLIVEIRA, 2003). Dentre as vantagens do estudo da dinâmica populacional de *U. cordatus* através da medição da abertura das tocas, destacam-se a rapidez e o conseqüente aumento do número amostral; a realização de amostragens não destrutivas, importante quando o trabalho envolve espécies ameaçadas e a possibilidade de se conseguir medidas relativas de todos os indivíduos dentro das unidades amostrais, o que é raramente possível quando a remoção dos caranguejos é necessária (SCHMIDT *et al.*, 2008).

Sendo assim, torna-se o objetivo deste trabalho a caracterização estrutural do bosque de mangue e da dinâmica populacional do caranguejo-uçá do manguezal da foz do Rio São Francisco.

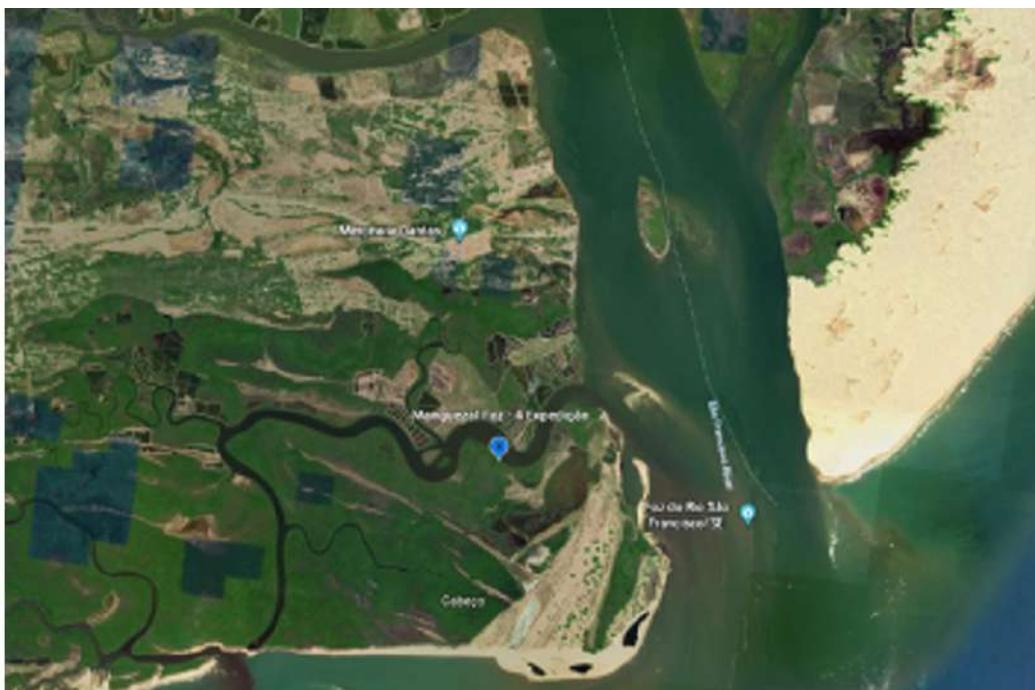
Fitossociologia

Para a caracterização e estudo dos bosques de mangue da foz do Rio São Francisco, foi selecionada uma área amostral em que foram mensurados e analisados parâmetros fitossociológicos da vegetação, bem como aspectos populacionais do caranguejo-uçá. As amostragens ocorreram no mês de novembro de 2021, no período matutino, durante a baixa-mar de quadratura. As coletas foram registradas no formulário para Coleta de Material Botânico nº 80978-1.

A área amostral foi escolhida conforme a representatividade do habitat, aliada à melhor logística possível para a realização das atividades (Figura 1).



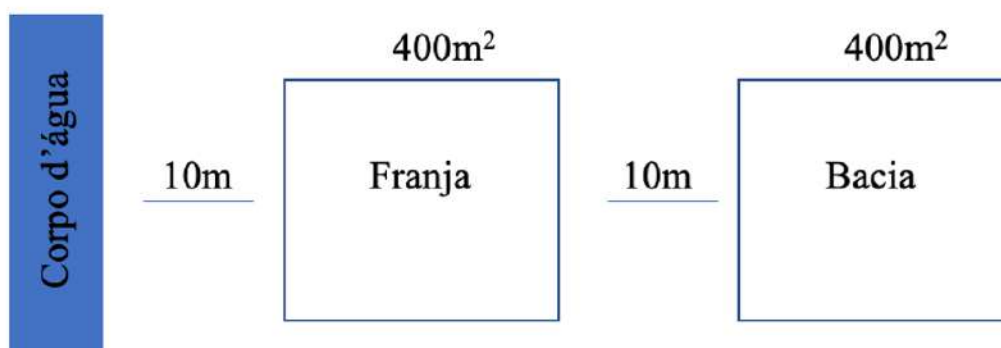
Figura 1 - Área de estudo ($10^{\circ}29'38''\text{S}$; $036^{\circ}25'20''\text{W}$) do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

O estudo da vegetação seguiu a metodologia sugerida por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). No transecto de pesquisa, foram demarcadas duas parcelas, denominadas franja e bacia (medindo 400 m^2 cada, distanciadas em 10 m entre si e perpendiculares à margem do rio). A parcela denominada franja corresponde à zona do bosque de mangue mais próxima ao canal estuarino e sob maior influência da variação de maré; a parcela denominada bacia correspondente à zona média do bosque (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama das parcelas para o estudo das estruturas fitossociológicas do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2022.

As árvores foram identificadas ao nível de espécie, sendo que, para cada espécie arbórea, foram mensuradas altura (estimativa visual) e circunferência (auxílio de fita métrica)

(Figura 3), a fim de se obter o Perímetro à Altura do Peito (PAP), para posterior transformação em Diâmetro à Altura do Peito (DAP). Foram considerados, para a contagem de indivíduos adultos, todos os organismos com DAP maior ou igual a 2,5 cm.

Figura 3 - Medida do DAP em exemplar de *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

O cálculo dos parâmetros estruturais mencionados por parcela, espécie e classe diamétrica seguiu a metodologia de Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). Foram mensurados: Diâmetro da Altura do Peito (DAP); Altura das árvores; Densidade, Densidade Relativa (DR); Área Basal (AB) e Área Basal Relativa (ABR).

Dinâmica populacional do caranguejo-uçá

A estimativa da densidade do caranguejo-uçá (*Ucidescordatus*) (Figura 4) na área amostral foi determinada pela totalização das galerias abertas com atividade biogênica (lama fluida e/ou fezes próximas à abertura da toca) presentes nos quadrados de amostragem. As coletas foram realizadas sob permissão do ICMBio (Licença Permanente para Coleta de Material Zoológico nº 20291-5).

Figura 4 - Exemplar de *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá) no manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

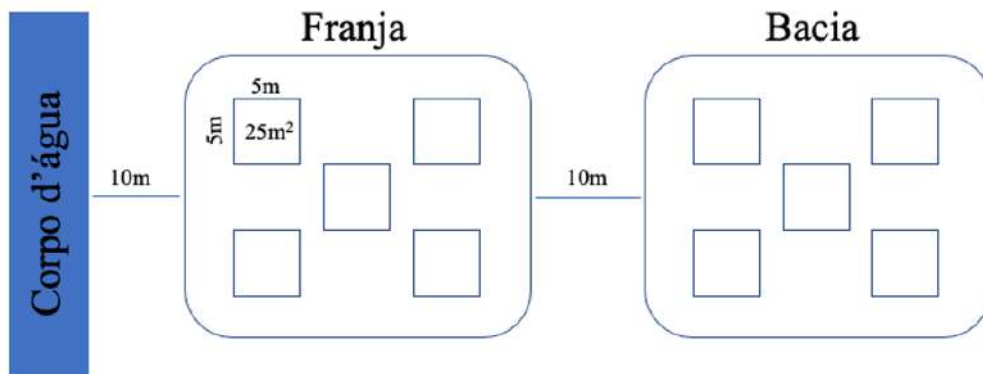
Os quadrados utilizados totalizavam área de 25 m² (mediam 5 m x 5 m). A primeira área foi iniciada a 10 m após o corpo d'água (área de franja do bosque), sendo a segunda posicionada (área de bacia do bosque) a 10 m de distância da primeira área (Figura 5).

As medidas das tocas foram mensuradas com o auxílio de paquímetro digital. Foram realizadas duas medidas para cada toca, sendo que o valor registrado era sempre o menor entre eles. Este valor foi, então, adicionado à equação:

$$\text{Comprimento do Caranguejo} = -5,739 + (1,265 * \text{Diâmetro da toca}),$$

relacionando o tamanho do indivíduo com o diâmetro da abertura da galeria (SCHMIDT *et al.*, 2008).

Figura 5 - Diagrama das áreas para o estudo da estrutura populacional do caranguejo-uçá no manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2022.

As galerias do caranguejo-uçá foram diferenciadas das demais espécies pela posição oblíqua de sua abertura em relação à superfície do sedimento, conforme descrito por Costa (1979). As galerias com dupla abertura foram identificadas, mas somente foram medidas as que apresentaram sinais de atividade biogênica.

Durante o estudo da estrutura vegetal do manguezal da foz do Rio São Francisco, foram amostrados indivíduos de *Rhizophora mangle* (Figura 6) e *Laguncularia racemosa* (Figura 7).

Figura 6 - Exemplares de *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.



Figura 7 - Exemplar de *Laguncularia racemos* no manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

Foram observadas, ainda, árvores mortas e cortadas, indicando ação antrópica. Nas parcelas amostradas, também foram notadas várias plântulas, em diversas fases de desenvolvimento, tanto de *R. mangle*, quanto de *L. racemosa*.

Os parâmetros fitossociológicos apontam para uma superioridade de organismos vivos em relação às árvores mortas (Tabela 1); consequentemente, os valores de área basal são maiores para indivíduos vivos.

Não houve ocorrência de indivíduos mortos na feição bacía, indicando uma área bem preservada. Os valores de área basal mostram maior quantidade de organismos na feição franja, indicando maior reposição de indivíduos. Este fato é característico das áreas de franja dos manguezais, sujeitas à maior dinâmica do ambiente, pois estão relacionadas às variações de maré e às taxas de nascimento de plântulas.

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos do bosque de mangue do estuário da foz do Rio São Francisco

Parâmetros Fitossociológicos	Feição	
	Franja	Bacia
Área Basal (m ² /ha) Vivos	1,09	0,72
Área Basal (m ² /ha) Mortos	0,19	0,00
Área Basal Relativa (%) Vivos	85,29	100,00
Área Basal Relativa (%) Mortos	14,71	0,00
Densidade (troncos/ha) Vivos	350,00	75,00
Densidade (troncos/ha) Mortos	50,00	0,00
Densidade Relativa (%) Vivos	87,50	100,00
Densidade Relativa (%) Mortos	12,50	0,00
Altura (média)	6,42	13,33
DAP (média)	6,30	11,00

Fonte: Oliveira, 2022.

Valores bem superiores na Densidade (Tabela 1) de troncos na feição franja são justificados pela maior ocorrência da espécie *R. mangle*, árvore esta que tem como característica múltiplos troncos, diferentemente de *L. racemosa*, com maior ocorrência na feição bacia, que possui muito menos ramificações e, geralmente, apenas um tronco principal.

Os valores de DAP e Altura (Tabela 1) apontam superioridade da feição bacia em relação à franja, indicando indivíduos maiores e mais largos, devido, provavelmente, aos indivíduos da bacia serem mais velhos, estando numa região mais estável e menos propensa à grande dinâmica que ocorre mais próxima ao principal corpo d'água que banha o bosque.

Foram amostradas 274 tocas do caranguejo-uçá na feição franja. Pela equação utilizada para estimar os tamanhos dos caranguejos através do tamanho da abertura das tocas, os organismos amostrados foram classificados em juvenis e adultos (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição de juvenis e adultos do caranguejo-uçá da feição franja do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco

POTENCIAL EXTRATIVO TOTAL - FRANJA		
QUADRADOS	JOVENS (LC < 60 mm)	ADULTOS (LC ≥ 60 mm)
Q1	72	5
Q2	59	3
Q3	33	0
Q4	40	17
Q5	26	19
Subtotal	230	44
Total	274	

Fonte: Oliveira, 2021.

Os indivíduos juvenis representaram 83,94% do total de tocas amostradas, enquanto os adultos representaram 16,06%. Estes valores indicam que os organismos estão, na feição franja, em sua maioria, em estágio imaturo de desenvolvimento e pertencem ao estoque juvenil (BLANKENSTEYN; CUNHA FILHO; FREIRE, 1997; IVO *et al.*, 2000; MORAES; NUNESMAIA; PINHEIRO, 2015). Portanto, esta feição possui indivíduos juvenis, inapropriados para a captura, pois são organismos menores que os tamanhos comerciais recomendados (60mm – tamanho comercial).

Em relação à Densidade, os quadrados amostrais apresentaram diferença entre todos os quadrados amostrados (Tabela 3). A densidade média foi de $2,3 \text{ ind/m}^2 \pm 0,7 \text{ ind/m}^2$.

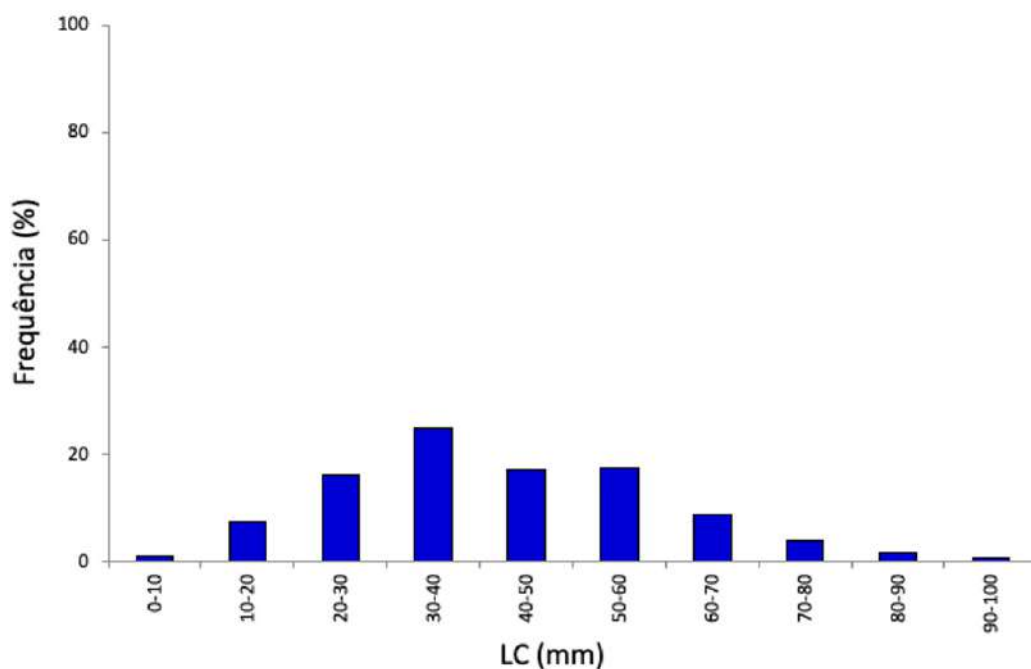
Tabela 3 - Média de indivíduos (m^2) do caranguejo-uçá na feição franja do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco

Densidade Geral - Franja	Média do Quadrado
Q1	3,3
Q2	2,6
Q3	1,6
Q4	2,4
Q5	1,8

Fonte: Oliveira, 2021.

Já a frequência das classes de tamanhos apresentou um pico de maior ocorrência no intervalo de tamanho 30 mm –40mm (Figura 8).

Figura 8 - Distribuição de frequência nas classes de tamanho do caranguejo-uçá na feição franja do manguezal do estuário da Foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

A frequência de tamanhos apresentada pela feição franja corrobora o alto valor de densidade de juvenis. As menores classes de tamanho com maior frequência de ocorrência encontradas na feição franja podem estar relacionadas ao comportamento reprodutivo da espécie, pois os organismos recém-assentados irão povoar as áreas mais próximas à água, já que a desova de *U. cordatus* é realizada em águas mais salinas (BLANKENSTEYN; CUNHA FILHO; FREIRE, 1997; IVO *et al.*, 2000, MORAES; NUNESMAIA; PINHEIRO, 2015).

Os tamanhos encontrados estão, na sua grande maioria, fora do permitido para a captura. Segundo a Portaria nº 034/03-N do Ibama, de junho de 2003 (BRASIL, 2003), são proibidos: captura, manutenção em cativeiro, transporte, beneficiamento e industrialização de qualquer indivíduo da espécie *Ucides cordatus* cuja largura de carapaça seja inferior a 6,0cm nos Estados do Nordeste e do Norte do Brasil.

Já na feição bacia, foram amostradas 235 tocas do caranguejo-uçá. Pela equação utilizada para estimar os tamanhos dos indivíduos através do tamanho da abertura das tocas, os organismos amostrados foram classificados em juvenis e adultos (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição de juvenis e adultos do caranguejo-uçá da feição bacia do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco

POTENCIAL EXTRATIVO TOTAL - Bacia		
QUADRADOS	JOVENS (LC < 60 mm)	ADULTOS (LC ≥ 60 mm)
Q1	32	4
Q2	59	16
Q3	20	27
Q4	19	18
Q5	23	17
Subtotal	153	82
Total	235	

Fonte: Oliveira, 2021.

Os indivíduos juvenis representaram 65,11% do total de tocas amostradas, enquanto os adultos representaram 34,89%. Nesta feição, o valor de porcentagem de juvenis também foi alto, porém, significativamente mais baixo. O valor de porcentagem de adultos foi maior quando comparado com a feição franja. No entanto, os valores obtidos também indicam área predominante de indivíduos juvenis (MORAES; NUNESMAIA; PINHEIRO, 2015).

Em relação à Densidade, os quadrados amostrais apresentaram diferença entre todos os quadrados amostrados (Tabela 5). A densidade média foi de $2,0 \text{ ind/m}^2 \pm 0,7 \text{ ind/m}^2$.

Tabela 5 - Média de indivíduos (m^2) do caranguejo-uçá na feição bacia do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco

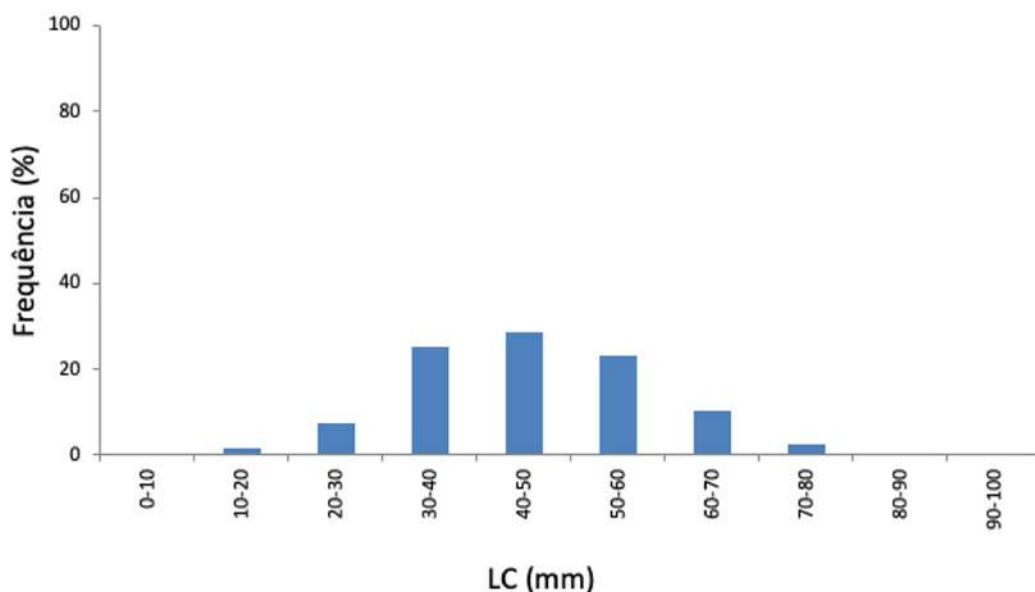
Densidade Geral - Bacia	Média do Quadrado
Q1	1,6
Q2	3,2
Q3	2,1
Q4	1,5
Q5	1,8

Fonte: Oliveira, 2021.

A densidade (ind/m^2) da feição bacia foi menor do que a apresentada pela franja, indicando uma menor quantidade de organismos na área. Isto pode estar relacionado ao maior tamanho dos organismos na feição bacia, levando, conseqüentemente, a uma menor densidade, já que organismos maiores são mais territorialistas (COSTA, 1979; PINHEIRO; HATTORI, 2006), aumentando a competição intraespecífica.

A frequência das classes de tamanhos apresentou um pico de maior ocorrência no intervalo de tamanho 40 mm – 50mm, intervalo superior na distribuição das classes de tamanho (Figura 9).

Figura 9 - Distribuição de frequência nas classes de tamanho do caranguejo-uçá na feição bacia do manguezal do estuário da foz do Rio São Francisco



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

A frequência de ocorrência da feição bacia (Figura 9) demonstra que os organismos presentes nesta área são, em sua maioria, das classes de tamanho inferior ao mínimo permitido para a captura, segundo a Portaria nº 034/03-N do Ibama (BRASIL, 2003).

Os valores de densidade (ind./m²) foram superiores aos observados por Schmidt (2006) em manguezais de Canavieiras, na Bahia, e Duarte *et al.* (2014) em manguezais da Jureia e de Cubatão, em São Paulo. Porém, foram inferiores aos valores encontrados por Paiva (1987) nos estuários de Sergipe, Lima e Mochel; Castro (2010), nos manguezais do Norte Maranhense, e Silva (2014), no estuário do Rio Coruripe, em Alagoas. Assim, podemos sugerir que a densidade pode diminuir conforme o aumento da latitude.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bosque de mangue da foz do Rio São Francisco abriga duas das mais comuns espécies do ecossistema manguezal, *R. mangle* e *L. racemosa*, apresentando bons valores dos parâmetros fitossociológicos.

Os valores de densidade (ind./m²) e frequência das classes de tamanho indicam que esta área pertence ao estoque juvenil e, portanto, não é recomendada para a captura dos caranguejos, pelo menos durante o período em que se deram as coletas.

Por fim, faz-se necessária a implementação de programas de monitoramento das populações, tanto no habitat natural, quanto nos locais de desembarque do pescado, com o objetivo de realizar estimativas periódicas da densidade populacional. Vale frisar que há necessidade da intensificação da fiscalização, principalmente no período da andada.

Além disso, práticas de educação e sensibilização ambiental dos pescadores, das comunidades ribeirinhas e, principalmente, nas escolas do sistema público de ensino são ferramentas importantes na prática da informação sobre a exploração sustentável dos recursos pesqueiros.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V.C. *et al.* Caracterização estrutural do manguezal do Rio Tabatinga, Suape, Pernambuco. **Tropical Oceanography**, Recife, v.42, n.1, p.33-47, 2014.
- AMOUROUX, J.M.; TAVARES, M. Natural recovery of Amazonian mangrove forest as revealed by brachyuran crab fauna: preliminary description. **Vie Milieu**, v.55, n.2, p.71-79, 2005.
- NETTO, S.A.; GALLUCCI, F. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. **Hydrobiologia**, v.505, p.1-3, 2003.
- ARAÚJO, M.S.L.C.; CALADO, T.C.S. Bioecologia do Caranguejo-Uçá *Ucidescordatus* (Linnaeus) no Complexo Estuarino Lagunar Mundáu/Manguaba (Celmm), Alagoas, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.8, n.2, p.169-180, 2008.
- BERNINI, E. *et al.* Fitossociologia de florestas de mangue plantadas e naturais no estuário do Rio das Ostras, Rio de Janeiro. **Biotemas**, São Carlos, v.27, n.1, p.37-48, 2014.
- BERNINI, E.; REZENDE, C.E. Variação estrutural em florestas de mangue do estuário do Rio Itabapoana, ES-RJ. **Biotemas**, São Carlos, v.23, n.1, p.49-60, 2010.
- BLOTTA, K.D. *et al.* Fitossociologia comparativa de dois manguezais: Canal de Bertioga/SP e do estuário da Barra do Rio Una-Peruíbe-SP. **Unisanta Bioscience Journal**, v.5, n.3, p.271-282, 2016.
- BOTELHO, E.R.O.; SANTOS, M.C.F. **Boletim técnico-científico Cepene**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis, 2002.
- BLANKENSTEYN, A.; CUNHA FILHO, D.; FREIRE, A.S. Distribuição, estoque pesqueiro e conteúdo protéico do caranguejo de mangue *Ucidescordatus* (LINNAEUS, 1763) (Brachyura, Ocypodidae) nos manguezais da Baía de Laranjeiras, Paraná, Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.40, n.2, p.331-349, 1997.
- BRASIL. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO E BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília, 2010. 148p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria Ibama nº 34**. Proíbe, anualmente, no período de 1º de dezembro a 31 de maio, a captura, a manutenção em cativeiro, o transporte, o beneficiamento, a industrialização e a comercialização de fêmeas da espécie *Ucidescordatus*, conhecido popularmente por caranguejo, caranguejo-uçá, nos Estados do Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Brasília: Ibama, 2003.
- BUNTING, P. *et al.* The global mangrove watch: a new 2010 global baseline of mangrove extent. **Remote Sens.**, v.10, p.1669, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/rs10101669>.



CASTRO, A.C.L. *et al.* Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá (*Ucidescordatus cordatus* L., 1763) (Decapoda, Brachyura) nos manguezais da Ilha de São Luís e Litoral Oriental do Estado do Maranhão, Brasil. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, v.3, n.6, p.17-36, 2008.

CAVANAUGH, K.C. *et al.* Sensitivity of mangrove range limits to climate variability. **Global Ecol. Biogeogr.**, v.27, p.925-935, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/geb.12751>.

COELHO, P.A.; RAMOS, M.A. A constituição e a distribuição da fauna de decápodes do Litoral Leste da América do Sul, entre as latitudes 5°N e 39°S. **Trab. Oceanogr.**, v.13, p.133-236, 1972.

CORREIA, M.D.; SOVIERZOSKI, H.H. **Ecosistemas costeiros de Alagoas: the mangrove ecosystem – research methods**. Bungay: Unesco, 1984; Rio de Janeiro: Technical Books, 2009.

COSTA, R.S. Bioecologia do caranguejo-uçá. *Ucidescordatus* (LINNAEUS, 1763) Crustacea, Decapoda no Nordeste brasileiro. **Bol. Cear. Agron.**, v.20, p.1-74, 1979.

CUNHA-LIGNON, M. *et al.* Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys. **Journal of Coastal Research**, Coconut Creek, v.1, p.344-348, 2011.

DUARTE *et al.* Fishery of the uçá crab *Ucidescordatus* (LINNAEUS, 1763) in a mangrove area in Cananeia, state of São Paulo, Brazil: fishery performance, exploitation patterns and factors affecting the catches. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.62, n.3, p.187-199, 2014.

GIRI, C. *et al.* Status and distribution of mangrove forests of the world using Earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, New Jersey, v.20, p.154-159, 2011.

GONÇALVES, A.L. *et al.* Composição florística e fitossociológica do manguezal da zona portuária de São Luís, Maranhão, Brasil. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v.3, n.1, p.01-07, 2018.

IVO, C.T.G. *et al.* Caracterização das populações de caranguejo-uçá, *Ucidescordatus* (LINNAEUS, 1763), capturadas em estuários do Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepene**, v.8, n.1, p.9-43, 2000.

JORDÃO, J.M.; OLIVEIRA, R.F. Comparison of non-invasive methods for quantifying population density of the fiddler crab *Uca tangeri*. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.**, v.83, n.5, p.981-982, 2003.

LIMA, C.O.; OLIVEIRA, R.C. Análise Ambiental de Ocupação nas Áreas de Manguezais no município de Santos-SP. **Revista Geográfica de América Central**, n.esp. Egal, Costa Rica, v.2, n.47e, 2011.

LIMA, M.N.B.; MOCHEL, F.R.; CASTRO, A.C.L. Bioecologia do caranguejo-uçá *Ucidescordatus* (LINNAEUS, 1763) (Decapoda: Brachyura) na área de proteção ambiental das reentrâncias maranhenses, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v.23, p.01-10, 2010.



LONDE, V. *et al.* Estrutura da vegetação de mangue associada ao gradiente de inundação no Litoral Norte do Espírito Santo, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.629-637, 2013.

MAGRIS, R.A.; BARRETO, R. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Rio Grande, v.5, n.4, p.546-556, 2010.

MELO, G.A.S. **Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris do Litoral Brasileiro)**. São Paulo: Editora Plêiade/Fapesp, 1996. 604p.

MORAES, E.E.B.; NUNESMAIA, B.J.B.; PINHEIRO, M.A.A. Population biology of the “uçá”-crab, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (Brachyura: Ucididae), in mangroves of the Joanes River, Bahia State, Brazil. **Nauplius**, v.3, n.1, p.59-71, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-64972015002309>.

NEVES, M.A. **Caracterização estrutural e serapilheira dos bosques de mangue da região estuarina do Rio São Francisco (Baixo São Francisco)**. 2014. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas, Penedo, 2014.

NICOLAU, C.F.; OSHIRO, L.M.Y. Distribuição espacial, sazonal e estrutural do caranguejo *Aratus pisonii* (H. MILNE EDWARDS) (Crustacea, Decapoda, Sesarmidae) do manguezal de Itacuruçá, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.2, p.463-469, 2007.

OLIVEIRA, R.G.; TOGNELLA, M.M.P. Processo de colonização do manguezal do Rio Tavares por análise da estrutura de diferentes bosques. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v.18, n.1, p.9-18, 2014.

PAIVA, M.P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 1997.

PINHEIRO, M.A.A.; HATTORI, G.Y. Relative growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) at Iguape, São Paulo, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, n.5, p.813-823, 2006.

RODRIGUES, I.D.B. **Caracterização estrutural do bosque de mangue do estuário do Rio Coruripe, Coruripe-AL**. 2015. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas, Penedo, 2015.

SANTOS, T.O. **Florística, estrutura fitossociológica e produção de serapilheira do manguezal do Rio São Francisco**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2013.

SILVA, D.F. **Densidade do caranguejo *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) e avaliação de sua área de ocupação no mangue do estuário do Rio Coruripe, Coruripe, Alagoas**. 2014. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas, Penedo, 2014.

SILVA, S.A.; BARROS, V.; OLIVEIRA, A. Phytosociological structure of mangrove in Roteiro Lagoon, Alagoas State, Northeastern Brazil. **Ciência Florestal**, v.30, n.2, p.1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509839676>.



- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *et al.* Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, v.13, p.204-218, 1990.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal**: estrutura, função e flora. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986. 150p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C.C.; CINTRÓN, G. Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais. In: TURRA, A.; DENADAI, M.R. (Orgs.). **Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros**: Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros (Rebentos). São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015. p.62-80.
- SCHMIDT, A.J. **Estudo da dinâmica populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (LINNAEUS, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura) e dos efeitos de uma mortalidade em massa desta espécie em manguezais do Sul da Bahia**. 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SCHMIDT A.J. *et al.* Relação entre abertura de galeria e comprimento de cefalotórax do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura). **Bol. Téc. Cient. Cepene**, v.16, p.51-58, 2008.
- SMITH, M.T.; ADDISON, J.T. Methods for stock assessment of crustacean fisheries. **Fisheries Research**, v.65, p.231-256, 2003.
- SOARES, M.L.G. *et al.* Southern limit of the Western South Atlantic mangroves: assessment of the potential effects of global warming from a biogeographical perspective. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Amsterdam, v.101, p.44-53, 2012.
- TULLY, O. Crustacean fisheries. **Fisheries Research**, v.65, p.1-2, 2003.



CAPÍTULO 14 - A CARTA ARQUEOLÓGICA SUBAQUÁTICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO: CONTRIBUIÇÕES DA ARQUEOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS ÀS EXPEDIÇÕES CIENTÍFICAS DO RIO SÃO FRANCISCO

Gilson Rambelli¹

Leandro Domingues Duran²

Paulo Fernando Bava de Camargo³

Luis Felipe Freire Dantas Santos⁴



Resumo: Neste capítulo, apresenta-se a contribuição da equipe de Arqueologia Subaquática do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe para as 3ª e 4ª Expedições Científicas do Rio São Francisco. Seguindo um projeto proposto há mais de 10 anos – o desenvolvimento de uma Carta Arqueológica dos bens culturais depositados em meio aquático –, conseguiu-se obter resultados de significativa importância para a gestão do Patrimônio Cultural Subaquático existente nesse importante rio brasileiro. Foram identificados remanescentes materiais do plural patrimônio náutico do grande Opará, tais como uma âncora lítica, canoas de tolda, barco a vapor e um naufrágio mais antigo, quicá do período da Independência do Brasil.

Palavras-chave: Arqueologia de Ambientes Aquáticos. Arqueologia Subaquática. Patrimônio Cultural Subaquático. Carta Arqueológica. Sítio Arqueológico de Naufrágio.

INTRODUÇÃO

Na última década, iniciativas de mapeamento do Patrimônio Cultural Subaquático (PCS) no Baixo São Francisco têm sido constituídas, graças ao esforço conjunto de muitas instituições. O Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (Laaa/UFS), por meio da articulação com instituições interessadas na preservação do Patrimônio Cultural brasileiro, tem se dedicado ao estabelecimento de pesquisas arqueológicas e formas de gestão dos recursos culturais da região, buscando, com isso, uma mudança na situação de fragilidade existente no que concerne à preservação dos vestígios arqueológicos localizados parcialmente ou totalmente submersos.

1 Professor associado do Departamento de Arqueologia (Darq) e do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (Proarq) e de Antropologia (PPGA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Coordenador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (Laaa). Bolsista de Produtividade do CNPq.

2 Professor adjunto do Departamento de Arqueologia (Darq) e do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (Proarq) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Coordenador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (Laaa).

3 Professor adjunto do Departamento de Arqueologia (Darq) e do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (Proarq) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Coordenador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (Laaa).

4 Doutor em Arqueologia pela Universidade Federal de Sergipe. Pesquisador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (Laaa/UFS).

Tem-se também a preocupação com o retorno do conhecimento produzido para as comunidades presentes ao longo das margens, de maneira que elas integrem o PCS às suas práticas sociais. Buscamos uma Arqueologia para o Baixo São Francisco que aja de forma decisiva para entender não apenas o passado da região, mas também que pense alternativas para um futuro de integração, respeito pelas comunidades e desenvolvimento autossustentado (FERREIRA, 2005).

A região tem um contexto arqueológico construído, em grande parte, pelas ações do Projeto Arqueológico de Xingó (PAX), iniciado em 1988 e desenvolvido em boa parte da década de 1990, que identificou em torno de 223 sítios arqueológicos, sítios pré-históricos de arte rupestre e a céu aberto nos Estados de Sergipe, Alagoas e Bahia. Propiciou, o PAX, assim, uma visibilidade em nível nacional de um passado indígena na região, mas sempre sob uma ótica que distanciava os povos ribeirinhos ancestrais de suas práticas sociais no ambiente aquático do São Francisco (SANTOS, 2013). Contudo, somente nos últimos anos, ações para a identificação e o registro de sítios arqueológicos vêm visibilizando o *rico* patrimônio existente nas águas do Velho Chico.

Dentre as principais iniciativas em prol da salvaguarda do PCS do Baixo São Francisco, podemos mencionar o processo de registro, no ano de 2012, do antigo povoado Cabeço, sendo ele o primeiro sítio arqueológico subaquático de Sergipe. A ação decorreu de uma vistoria técnica realizada em agosto de 2011, que visava responder ao questionamento dirigido à Superintendência, em Sergipe, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) acerca da existência de *valor cultural* no Farol São Francisco do Norte, contando com a participação dos especialistas do Laaa/UFS.

A área do sítio arqueológico tem, enquanto marcador paisagístico, o antigo farol, popularmente conhecido como Farol do Cabeço. Hoje, o farol encontra-se em uma *ilha submarina*, sendo o único ponto visível do antigo povoado Cabeço, Ilha de Arampibe, município de Brejo Grande (RIBEIRO JR.; RAMBELLI, 2012).

Além do exposto acima, atendendo à solicitação da Procuradoria da República de Sergipe, conforme Ofício MPF/PRSE/LNT nº 330/2009 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, 2009), em 2009, iniciou-se o trabalho de levantamento de acervos arqueológicos (oriundo da pilhagem do PCS), permitindo a construção teórico-metodológica da pesquisa hoje em desenvolvimento. Estas ações do Laaa/UFS resultaram na dissertação de mestrado *Nas Águas do Velho Chico: por uma Arqueologia de Ambientes Aquáticos no Baixo Rio São Francisco, Sergipe/Alagoas* (SANTOS, 2013).

Neste processo de consolidação da Arqueologia úmida são-franciscana, cabe apontar a função determinante, em termos de gestão ativa do PCS, do projeto de Fiscalização Preventiva Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, uma força-tarefa coordenada pelos Ministérios Públicos Estadual (Sergipe) e Federal, que contou com o apoio dos coordenadores do Laaa/UFS. Vencedora do Prêmio CNMP 2020 na categoria Indução de Políticas Públicas, a ação realizou o registro de 18 sítios arqueológicos subaquáticos, de diferentes épocas, ao longo do Baixo São Francisco (BAVA DE CAMARGO; DURAN; 2018).

Uma característica que permeia as iniciativas mencionadas é a importância da existência de articulações entre instituições e a sociedade civil para a concretização de mudanças sociais profundas – neste caso, a relação predatória do PCS da região. As referidas pesquisas vêm possibilitando, nos últimos anos, a identificação e a investigação *in situ* de sítios arqueológicos, e também a localização de acervos arqueológicos gerados pela coleta



indevida de remanescentes materiais dos sítios subaquáticos, realizada, em grande parte, por indivíduos das comunidades ribeirinhas que, por desconhecimento da legislação patrimonial e de sua preservação, vêm continuamente efetuando a retirada dos objetos dos seus contextos de origem.

O PCS, no Brasil, é vítima de constantes ataques e dilapidação. Esta lamentável realidade, que faz com que desapareçam, paulatinamente, diferentes testemunhos, únicos e não renováveis de atividades humanas pretéritas, representadas por uma enorme diversidade de cultura material submersa, deixa notório não só o descaso das autoridades brasileiras, mas também a não compreensão da importância desses sítios arqueológicos subaquáticos para a produção de conhecimento nacional e internacional (RAMBELLI, 2006).

O desrespeito e a depredação do PCS, principalmente restos de navios naufragados (denominados sítios arqueológicos de naufrágio), devem-se, em grande parte, ao desconhecimento, à desinformação e, principalmente, à falta de identidade dos depredadores com os sítios arqueológicos que destroem.

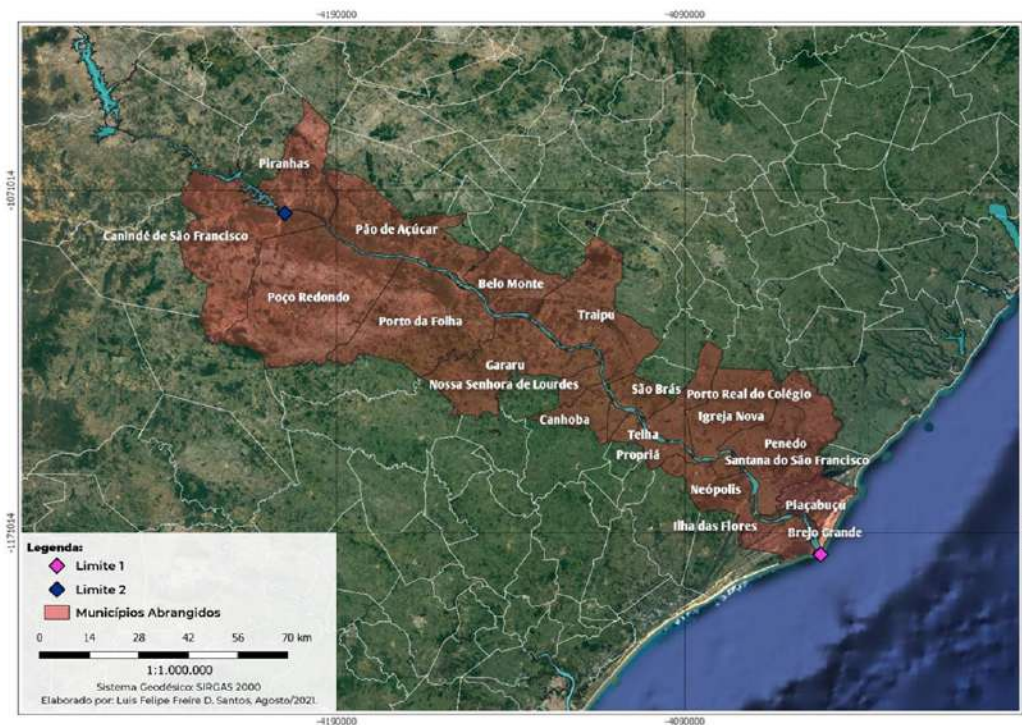
Diante deste contexto injustificável para com o PCS em águas brasileiras, imbuídos dos valores de preservação do PCS e na (re)construção de elos das comunidades com o seu patrimônio, passamos, atualmente, por um processo de amplificação destas ações, em parceria com a Expedição Científica do Baixo São Francisco, que passou a contar com os pesquisadores do Laaa/UFS nos anos 2020 e 2021.

Devido à dinâmica itinerante da Expedição, temos alinhado a suas edições anuais as práticas do projeto da Carta Arqueológica Subaquática do Baixo Rio São Francisco: Inventário Sistemático do Patrimônio Cultural Subaquático, que conta com autorização de pesquisa do Centro Nacional de Arqueologia/Iphan (Processo nº: 01450.002827/2021-55), fortalecendo as bases de desenvolvimento de uma ferramenta de utilidade pública capaz de mudar a realidade da depredação dos sítios arqueológicos subaquáticos da região.

O projeto visa atingir grande parte dos municípios do Baixo São Francisco, sendo eles: margem sergipana – Amparo de São Francisco, Brejo Grande, Canhoba, Canindé de São Francisco, Gararu, Ilha das Flores, Neópolis, Nossa Senhora de Lourdes, Poço Redondo, Porto da Folha, Propriá, Santana do São Francisco, Telha; margem alagoana – Belo Monte, Igreja Nova, Pão de Açúcar, Penedo, Piaçabuçu, Piranhas, Porto Real do Colégio, São Brás, Traipu.

Conforme apresentado na Figura 1, o objetivo da pesquisa é trabalhar com o levantamento do PCS no trecho do rio delimitado pelos pontos: Limite 1 (24 L 785532/8836341), na área da foz do rio; e o Limite 2 (24 L 634614/8934703), nas proximidades da Hidrelétrica de Xingó.



Figura 1 - Mapa dos municípios abrangidos pela pesquisa

Fonte: AUTORES, 2021.

Programas como este, visando à confecção de Cartas Arqueológicas Subaquáticas regionais, estão sendo elaborados, com sucesso, em vários países, envolvendo Universidades, centros de pesquisa e mergulhadores recreativos, dentre outros segmentos das sociedades, porque possibilitam conhecer e divulgar este patrimônio como uma herança comum de todos para todos.

No Brasil, a ideia de um inventário dos bens culturais subaquáticos e relacionados aos temas náuticos não representa nenhuma novidade. No final da década de 1980, uma proposta de inventário foi sugerida por pesquisadores da Universidade Federal da Bahia, por meio do projeto Archenave: Centro de Estudos de Arqueologia, História e Etnografia Naval ao Iphan. Uma iniciativa que, embora apresentasse uma preocupação bastante interessante com a temática, acabou não se concretizando (AGOSTINHO, 1988; 1989; RAMBELLI, 1998; 2002; 2006; 2007).

É válido destacar que o presente projeto é um desmembramento de um programa acadêmico de amplitude maior: a Carta Arqueológica Subaquática de Sergipe: Inventário Sistemático do Patrimônio Cultural Subaquático, também vinculado ao Laaa/UFS, programa este que objetiva o levantamento e o cadastro do PCS em todo o espaço sergipano, servindo como um mecanismo de conhecimento e gestão.

Portanto, aproveitando do aporte interdisciplinar da Expedição Científica do Rio São Francisco, buscamos somar esforços na consolidação da Carta Arqueológica Subaquática, para que, nos próximos anos, toda esta gama de conhecimento produzido sobre estes bens culturais possa ser integrada pelas comunidades que vivem às margens do rio.

A Carta Arqueológica

Devemos reafirmar que nosso principal objetivo é a confecção da Carta Arqueológica Subaquática para o Baixo São Francisco, como uma ferramenta para sensibilizar a sociedade como um todo, através da Arqueologia de ambientes aquáticos, sobre a importância desta cultura material, composta pelo PCS, para o entendimento de nossa diversidade cultural.

A Carta Arqueológica Subaquática servirá como um mecanismo para se conhecer e garantir proteção e gestão do PCS de Sergipe e Alagoas. Ela representa o primeiro passo para o estabelecimento de uma política de proteção e gestão do patrimônio arqueológico, pois não é possível gerenciar o que se desconhece (SCATAMACCHIA; RAMBELLI, 2001). Logo, quando nos referimos à necessidade da confecção de uma Carta Arqueológica específica sobre o PCS, não estamos inventando nada de novo. Trata-se de uma tendência da Arqueologia contemporânea preocupar-se com o inventário dos sítios arqueológicos.

É necessário lembrar que, nos últimos 50 anos, foram vários os documentos internacionais que recomendaram, entre outros aspectos, a necessidade de se conhecer o potencial patrimonial de cada país, a fim de se poder determinar as medidas adequadas para sua proteção (PUJANTE, 2001), ajudando na definição de estratégias de curto e/ou longo prazo. Devemos ressaltar que os programas de Carta Arqueológica são considerados, nas últimas décadas, em todo o mundo, sistemas de base imprescindíveis para a gestão nesta área do patrimônio, tanto no plano científico, como no administrativo ou operacional (ALVES, 2001).

Estes planos interagem e podem ser compreendidos da seguinte forma: o plano científico é o inventário que integra a análise exaustiva do sítio e de seu contexto; o administrativo é o que tem uma orientação meramente protecionista e o operacional é o que, inicialmente, apresenta um conteúdo superficial, mas, posteriormente, serve de base ao científico (FERNÁNDEZ-POSSE-DE; ÁLVARO, 1993; PUJANTE, 2001).

Pode-se afirmar que a Carta Arqueológica cumpre seus objetivos quando: permite programar ações arqueológicas preventivas e futuras, atendendo a critérios de prioridades; contribui para uma visão global do conjunto patrimonial, proporcionando as bases para uma investigação planejada, e, principalmente, permite, através de sua difusão, uma aproximação da comunidade ao potencial patrimonial regional e/ou nacional (PUJANTE, 2001).

A importância dos inventários vem sendo contemplada desde a Carta de Paris da United Nations Educacional, Scientific and Cultural Organization (Unesco), de 1972. Os artigos 29, 30 e 31 já chamavam a atenção dos Estados-membros para a necessidade de se inventariar, através de documentação e mapas, o máximo possível, para poder garantir sua proteção.

Hoje, a Convenção da Unesco para Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático, de 2001, mantém a mesma preocupação e continua incentivando os inventários. Há apenas um ponto de discordância entre a proposta da Carta Arqueológica Subaquática do Baixo São Francisco com esta Convenção da Unesco de 2001: o projeto não se restringe ao limite de 100 anos, estabelecido na Convenção, para o reconhecimento do PCS, pois acreditamos que todos os testemunhos de atividades humanas que deixaram vestígios merecem atenção. Essa linha arbitrária do tempo desconsideraria sítios arqueológicos preciosos para a História das dinâmicas náuticas são-franciscanas, a exemplo dos remanescentes de canoas de tolda e outras embarcações naufragadas no século XX.

É importante ressaltar que o tema Carta Arqueológica evoluiu deste modo devido à sua importância para as demandas contemporâneas das sociedades: o conceito de inventário,



hoje, está diretamente relacionado à proteção do patrimônio enquanto vetor de cultura. Pelo menos, esta é a ideia que se mantém constante nos fóruns de debates sobre o assunto, que reúnem especialistas ao redor do mundo (PUJANTE, 2001; RAMBELLI, 2003; 2009). E é quase unânime a posição de que a responsabilidade do arqueólogo deve ir além da pesquisa, pois ele deve, também, exercer um papel social de divulgador e gerenciador do patrimônio arqueológico, ampliando seu campo de atuação (SCATAMACCHIA; RAMBELLI, 2001).

Logo, neste caso, o desenvolvimento da Carta Arqueológica Subaquática específica para os bens culturais submersos dentro de um projeto de Arqueologia pretende contribuir enquanto proposta de aplicação concreta, como um modelo regional, que possa colaborar, futuramente, para a realização de um Inventário Nacional do Patrimônio Cultural Subaquático (RAMBELLI, 2003; 2009).

O projeto acredita que a Arqueologia não pode esquecer-se da comunicação, levando em conta que o conhecimento produzido sobre o passado não é privilégio de um pequeno círculo intelectual, mas que deve ser dividido com toda a população. Assim, os vestígios arqueológicos têm urgência de passar do estágio de relato técnico para o significado de ações que envolvem os atores sociais que as produziram. Isto só pode ser feito com uma Arqueologia interpretativa, que ultrapasse o nível descritivo (SCATAMACCHIA; RAMBELLI, 2001).

Existe uma grande lacuna entre o patrimônio arqueológico e as comunidades. Quando se enfatiza o PCS, então, a distância aumenta. Preocupados com isso, acreditamos que a Arqueologia deve explicar e, na medida do possível, reconstituir o processo de ocupação que se deu na região, buscando esclarecer a herança cultural recebida, mostrando que ela deve ser usada e usufruída pelas comunidades atuais, mas com o compromisso obrigatório de transmissão para as gerações futuras (SCATAMACCHIA; RAMBELLI, 2001).

E isso só é possível através do envolvimento direto das pesquisas com o público. Assim, ao pensarmos no uso social do PCS, que desperta não só interesse corriqueiro, mas também identidades com as comunidades, pretendemos, futuramente, levar moradores e visitantes para debaixo d'água, desenvolvendo programas de turismo monitorado. E para os que não têm condições/não querem mergulhar, serão desenvolvidos programas de visitação virtual dos sítios, efetivamente divulgando, de forma ampla, o PCS.

A criação destes programas monitorados de turismo cultural subaquático corresponde a uma tendência internacional que permeia tanto a educação patrimonial, como sua gestão e proteção; deste modo, o patrimônio deve ser repensado como um elemento-chave para a sustentabilidade (CAMERON; NOELLE, 2001).

Por fim e apertando de novo a mesma tecla, o ponto de partida é o desenvolvimento da Carta Arqueológica Subaquática, porque só a partir dela pode-se fazer o gerenciamento destes bens culturais submersos, avaliando o estado de conservação do PCS e os impactos que ele poderia absorver sem danos, além de estabelecer rotinas de monitoramento do uso social aplicado.

As ações da Carta Arqueológica nas Expedições

O projeto da Carta Arqueológica tem buscado atuar nas Expedições Científicas de 2020 e de 2021 de forma a compartimentar as metodologias de trabalho de acordo com a dinâmica de mobilidade das Expedições.

Um dos principais fundamentos para o êxito em uma pesquisa arqueológica subaquática deste tipo é um minucioso planejamento. Por conta disso, encontramos-nos ainda em um



momento inicial de integração de esforços com o projeto da Expedição Científica, período em que buscamos estratégias de pesquisa que se coadunem com ações diretas em âmbito local/regional e, ao mesmo tempo, sirvam para a construção de conhecimento que tenha maior abrangência – nacional e internacional – e que permita a atuação de longa duração no São Francisco.

Neste processo de integração, os objetivos específicos desta pesquisa envolveram: (1) a averiguação do estado de conservação de sítios arqueológicos submersos previamente cadastrados (RAMBELLI; DURAN, 2020; BAVA DE CAMARGO; DURAN, 2019) e a obtenção de mais informações sobre eles (dimensões, tipologia, vestígios materiais móveis e estruturas, dentre outros); (2) a localização de novos sítios arqueológicos a partir de prospecção extensiva; (3) a averiguação do potencial arqueológico de alvos identificados por varredura geofísica com sonar de varredura lateral (SOUZA, 2006) na 3ª e na 4ª Expedições Científicas.

Destaca-se que estes objetivos foram realizados através de técnicas arqueológicas associadas ao mergulho autônomo científico (NAUTICAL ARCHAEOLOGY SOCIETY, 2009; GREEN, 2004; RAMBELLI, 2002).

A Arqueologia na 3ª Expedição Científica do São Francisco (ECSF)

Em nossa primeira participação expedicionária (2020), optou-se por entender como a Arqueologia poderia se encaixar com os propósitos da 3ª ECSF para um pleno desenvolvimento da pesquisa nas Expedições subsequentes. Logo, seguimos uma abordagem pautada na integração com outras frentes de pesquisa já desenvolvidas anteriormente na Expedição.

Quando possível, realizavam-se inspeções subaquáticas, sem qualquer intervenção nos contextos materiais ou coleta de vestígios, para atualização do conhecimento sobre a conservação dos bens já conhecidos (RAMBELLI; DURAN, 2020).

Neste sentido, buscando o aproveitamento das potencialidades da 3ª ECSF e visando à geração de novos dados para a Carta Arqueológica Subaquática, atuamos em conjunto à equipe de levantamento geofísico (batimetria e sonar de varredura lateral), coordenada pelo pesquisador Gilberto Schwertner. A pesquisa geofísica contou com a utilização do sensor Starfish 450®, que produziu dados que puderam ser aproveitados para a pesquisa arqueológica.

O sonar de varredura lateral (Starfish 450®) é um equipamento fixado em uma embarcação e emite um feixe lateral de ondas acústicas, a partir de uma frequência de 450 kHz, produzindo uma imagem do fundo, cujo resultado final em muito assemelha-se a uma “fotografia aérea”.

A prospecção indireta por métodos geofísicos é amplamente aceita pela comunidade arqueológica e é considerada, atualmente, um instrumental básico na pesquisa arqueológica subaquática, sendo citada pela bibliografia especializada tanto no âmbito internacional quanto no nacional (ARNOLD III; CLAUSEN, 1975; EDGERTON, 1976; BASS, 1988; MAZEL, 1988; ESPANHA, 1988; DELGADO, 1997; NAUTICAL ARCHAEOLOGY SOCIETY, 2009; RAMBELLI, 1998, 2002, 2003; BAVA DE CAMARGO, 2002; GREEN, 2004; SOUZA, 2006; DURAN, 2008).

Devemos, ainda, ressaltar que a utilização de equipamentos geofísicos significa uma grande economia de tempo nas desgastantes tarefas a serem realizadas embaixo d’água (MAZEL, 1988). Em comparação com os métodos diretos de investigação, estas técnicas apresentam pelo menos outras duas grandes vantagens: o fato de não serem afetadas pelas condições de baixa visibilidade que, muitas vezes, dominam as áreas de pesquisa e o fato de possibilitarem a formação de uma visão mais completa da totalidade do espaço investigado.



O trabalho feito em conjunto com a equipe de levantamento geofísico (topologia) foi iniciado no município de Piranhas e seguiu até a foz do rio. Com vistas a não comprometer o cronograma da 3ª ECSF, nas áreas onde não havia referências de contextos arqueológicos conhecidos, o levantamento focou na produção de um levantamento contínuo, enquanto realizava-se o deslocamento até o próximo ponto de parada.

A partir da análise sistemática da grande quantidade de dados gerados, buscou-se a identificação de alvos potenciais (anomalias geofísicas), ou seja, feições conspícuas detectadas na superfície doleito do rio que indicam remanescentes materiais de atividade humana. Ao mesmo tempo, foi sugerido o levantamento geofísico nas áreas dos sítios arqueológicos conhecidos, para melhor dimensionamento destes contextos, economizando uma razoável quantidade de horas de investigação direta com a utilização de mergulhadores científicos.

Adicionalmente, foi proposta a avaliação de áreas que teriam maior potencial de abrigar vestígios náuticos, devido às suas características ambientais e às paisagens culturais. Estas foram, em parte, identificadas através da análise de imagens de satélite: com o mapeamento de antigas estradas e povoados de maior porte, definiram-se quais locais teriam tido, historicamente, uma maior atividade portuária. Assim, nossa navegação era feita com base nestas referências, o que possibilitou o mapeamento geofísico tanto de partes das margens sergipanas, como das alagoanas.

Apesar da metodologia preestabelecida, a oportunidade e a casualidade também atuaram durante o levantamento. Alvos que, muitas vezes, eram identificados aleatoriamente, enquanto a navegação era realizada, ajudavam na definição das áreas de levantamento acústico. Com a identificação desses alvos casuísticos durante o levantamento geral, buscava-se um refinamento do levantamento nas áreas potenciais.

Tratando em específico das áreas arqueologicamente conhecidas, a dinâmica de trabalho com o levantamento geofísico funcionava de forma distinta: em primeiro lugar, realizávamos uma pré-seleção dos contextos, focando somente naqueles que, por suas características estruturais, seriam passíveis de registro com o método geofísico, especificamente os sítios de embarcações naufragadas.

Os sítios arqueológicos depositários, geralmente localizados em áreas portuárias construídas ou em portos naturais (áreas abrigadas) que foram utilizados para o fundeio de embarcações e transbordo de pessoas e mercadorias, acolhem vestígios materiais móveis de pequeno porte, resultantes das atividades rotineiras das comunidades fluviais, descartados voluntariamente ou perdidos por azar. Por serem formados por objetos relativamente pequenos e fragmentos de utensílios, sua localização, praticamente, só é possível através da observação arqueológica direta, com utilização de mergulho.

Portanto, o sonar de varredura lateral foi empregado com maior ênfase nas áreas com estruturas de embarcações naufragadas. Com o auxílio de um aparelho GPS, orientamos nossa navegação nessas áreas, estabelecendo linhas de aquisição de dados longitudinais à margem, espaçadas em 10-20 metros ou conforme as condições de navegabilidade.



Tabela 1 - Relação dos sítios arqueológicos subaquáticos conhecidos levantados com Sonar de Varredura Lateral (Datum Sirgas 2000, zona 24 L)

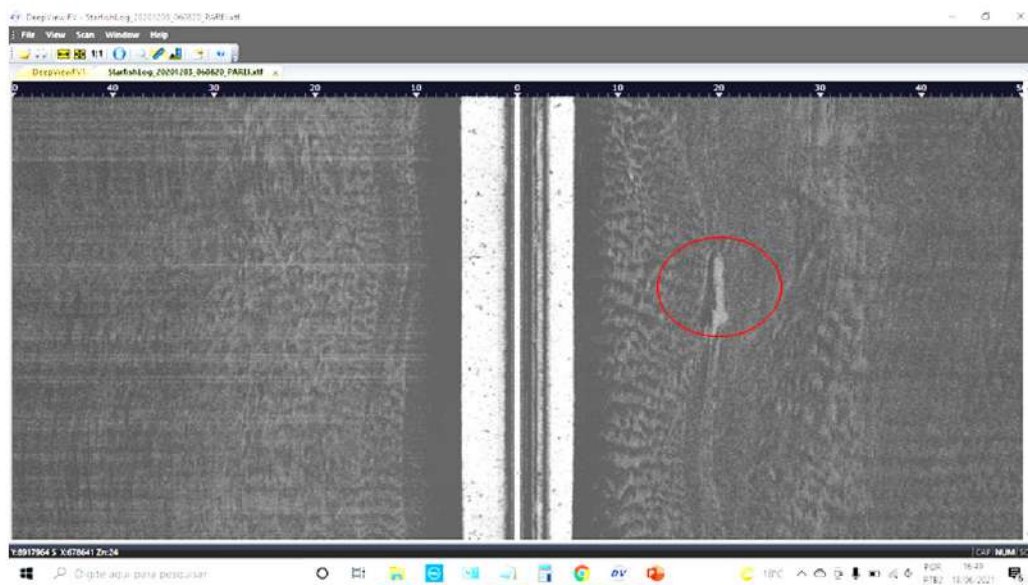
Sítios Arqueológicos	X	Y
Naufrágio Canoa do Sítio Cruz	647489	8928834
Canoa Caiçara/Xokó	678492	8917929
Naufrágio Canoa de Propriá	737751	8870431
Lancha Moxotó	660504	8922592
Naufrágio de Neópolis	765732	8858525

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Como resultado do levantamento indireto realizado entre os dias 1º e 9 de dezembro de 2020, foram obtidos 424 arquivos de log do *software* StarFish Scanline® (.LOGDOC), todos convertidos em arquivo eXtended Triton Format(.XTF), resultando em mais de 5GB de dados.

Diante da grande quantidade de dados, realizamos a análise de parte dos registros sonográficos. Neste processo, desconsideramos as feições geomorfológicas que são atribuídas a formas naturais do fundo do rio, como rochas e depósitos arenosos.

Atendendo ao nosso critério de análise, buscamos, como principais alvos, as feições geométricas, de alto contraste de impedância acústica, formas não reconhecíveis e/ou objetos de nítida origem antrópica, cabendo a avaliação do seu potencial arqueológico através de investigação direta, com a utilização de arqueólogos-mergulhadores, nas próximas Expedições.

Figura 2 - Exemplo de anomalia geofísica (A2) identificada pelo levantamento

Fonte: AUTORES, 2021.

Em relação ao levantamento acústico nas áreas dos sítios arqueológicos subaquáticos, os dados não apontaram elementos substanciais para um processo de construção de registros espaciais detalhados sobre as estruturas dos sítios. Esta situação demandou, na 4ª ECSF, maior esforço na realização deste tipo de levantamento nas áreas dos sítios arqueológicos.

Mas o trabalho não foi em vão: o levantamento com sonar de varredura lateral dos contextos arqueológicos, principalmente quando realizado periodicamente, permite o monitoramento da conservação dos sítios face à intensa dinâmica do Rio São Francisco.

Além da investigação indireta com o sonar de varredura lateral, realizamos a investigação direta não interventiva, com o emprego de técnicas de mergulho científico, em antigas áreas portuárias, a exemplo do Porto de Piranhas, Porto de Bonsucesso, Porto de Propriá e o Porto de Piaçabuçu, sendo este último um ponto que ainda não havia sido investigado por pesquisas anteriores. Apesar dos nossos esforços, não foi possível avançar muito com a investigação naquele ano, em função da intensa correnteza.

Nosso principal objetivo, na investigação de áreas portuárias, era a reavaliação dos contextos outrora identificados (BAVA DE CAMARGO; DURAN, 2018), objetivando a coleta de dados para o desenvolvimento de nossa proposta de estudo preliminar de potencial e de vulnerabilidade arqueológica. No entanto, durante este processo, como no caso de Propriá, novos contextos arqueológicos foram identificados, a exemplo dos remanescentes estruturais de uma canoa de tolda no porto central daquela cidade (24 L 737594 8870544). Já no Porto de Piaçabuçu (24 L 780765 8848359), identificamos alguns fragmentos de louças domésticas (faianças finas) do século XIX, o que pode caracterizar o contexto como sítio depositário.

Aproveitando o cronograma dos pontos de parada da expedição, também foram achados dois contextos arqueológicos de ocupação histórica costeira na foz do Rio São Francisco (24 L 785274 8840676 e 24 L 785511 8840898), na margem alagoana, implantados na área de dunas. Apresentam, eles, material cerâmico, faianças finas, vidros, dentre outros tipos de vestígios. Todos os novos contextos arqueológicos identificados foram delimitados com aparelho GPS; contudo, ainda buscaremos, nas futuras ações do projeto, maior aprofundamento do conhecimento sobre eles.

Figura 3 - Registro arqueológico de um fragmento de faiança fina do sítio arqueológico depositário Porto de Bonsucesso



Fonte: AUTORES, 2020.

A Arqueologia na 4ª Expedição Científica do São Francisco

Para atingir os objetivos da Carta Arqueológica Subaquática, alinhados às características da ECSF, na quarta edição, ocorrida no período de 31 de outubro a 10 de novembro de 2021, optamos por um aprofundamento do levantamento de dados dos contextos arqueológicos com maior potencial arqueológico, através da investigação indireta (*fishfinder* Humminbird Helix 10®) e da investigação direta, por meio do mergulho autônomo. Somou-se a isso a identificação de novos contextos arqueológicos submersos.

Adotaram-se, como estratégias de pesquisa, a avaliação não interventiva do potencial arqueológico (sem escavação e sem coleta amostral) e a mensuração de impactos negativos que, eventualmente, estariam sendo infligidos ao PCS da região, localizado tanto em zona de interface terra/água quanto no leito do rio, tendo como base as definições internacionais determinadas na Convenção da Unesco para Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático, de 2001 (UNESCO, 2001).

A pesquisa arqueológica subaquática foi autorizada pela Portaria Iphan/Depam/CNA nº 61, de 1º de outubro de 2021, publicada no Diário Oficial da União nº. 188, de 4 de outubro de 2021, seção 1, p.308 (Processo nº 01450.002827/2021-55).

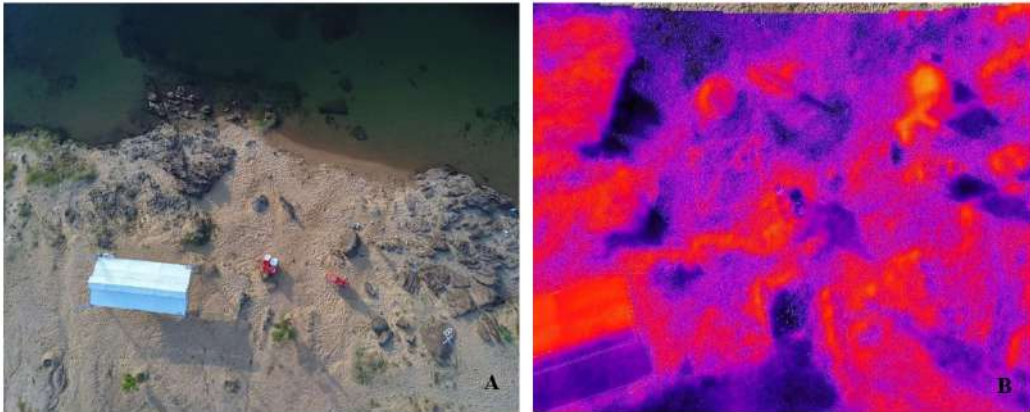
De início, foram realizados mergulhos no sítio arqueológico Porto de Piranhas (AL), acompanhando o talude para oeste. Na praia contígua, localizaram-se estruturas emersas (fundações em rocha e argamassa – 24 L 636575 8935650) que podem corresponder à parte de um cais. Buscando a ampliação na localização de estruturas enterradas na área, utilizou-se, experimentalmente, o Vant com câmera térmica para o mapeamento das estruturas do Porto de Piranhas, o que permitiu a identificação de estruturas soterradas por fina camada de areia, que serão investigadas em detalhes, em um futuro próximo.

Figura 4 - Trabalho no sítio arqueológico Porto de Piranhas



Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 5 - Imagem aérea das estruturas de alvenaria localizadas na Praia de Piranhas (A). Imagem aérea com leitura térmica das estruturas de alvenaria localizadas na Praia de Piranhas (B)



Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 6 - Estruturas localizadas na Praia de Piranhas



Fonte: AUTORES, 2021.

No povoado Bom Sucesso, no município de Poço Redondo (SE), vistoriaram-se os sítios arqueológicos da lancha Moxotó (1917) (AMORIM, s.d.) e Banho dos Homens, com a localização de vestígios arqueológicos industrializados (louças dos sécs. XVIII e XIX; vidros dos sécs. XIX e XX). O processo de registro dos remanescentes materiais contou com a realização de filmagens técnicas e o levantamento sonográfico das áreas dos sítios arqueológicos mencionados.

Figura 7 - Utilização do sonar de varredura lateral



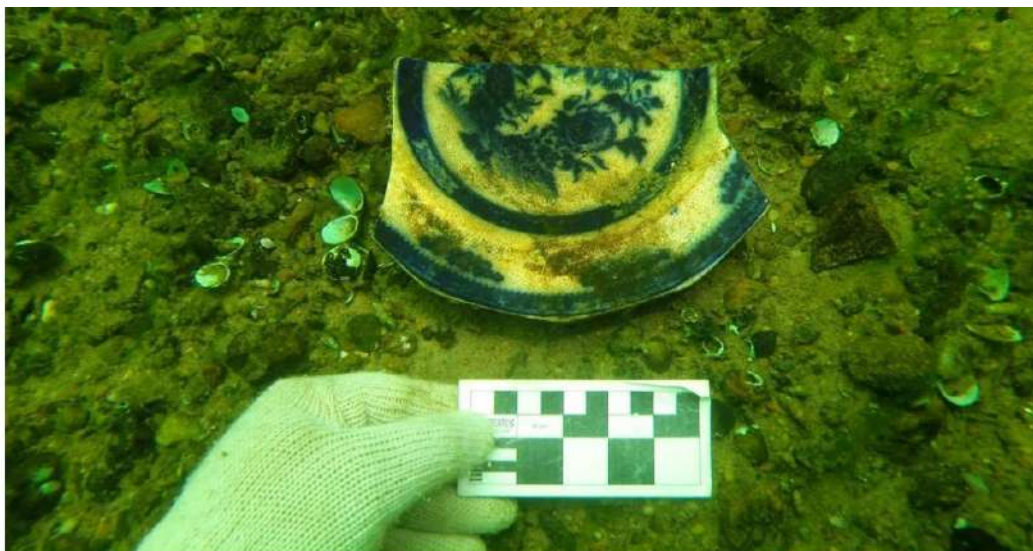
Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 8 - Investigações no sítio arqueológico de naufrágio da Lancha Moxotó



Fonte: AUTORES, 2021.

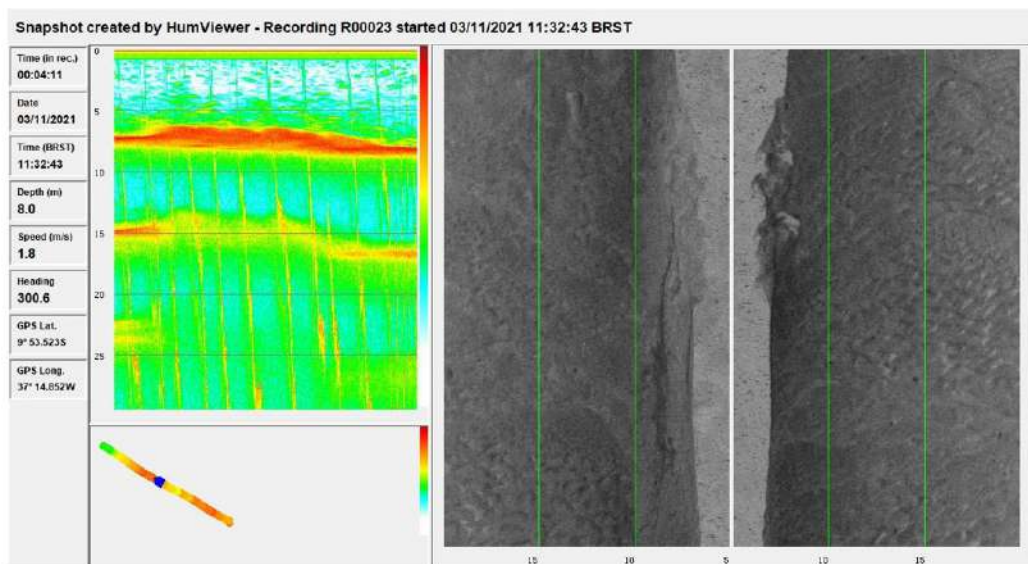


Figura 9 - Fragmento de prato do séc. XIX no sítio arqueológico Banho dos Homens

Fonte: AUTORES, 2021.

No município de Porto da Folha, realizou-se o levantamento sonográfico no sítio arqueológico da Canoa Caiçara/Xocó, buscando o registro das estruturas de uma canoa de tolda afundada há mais de 90 anos. Por problemas operacionais, este levantamento não apresenta as qualidades técnicas desejadas, de forma que terá que ser refeito em uma próxima etapa da Expedição.

No povoado Ilha do Ouro, município de Porto da Folha (SE), utilizou-se o sonar para a localização da canoa de tolda Ouro Branco, naufragada há, no máximo, duas décadas. A indicação deste naufrágio foi feita pela população local em 2016, durante etapa da Fiscalização Preventiva Integrada, mas, na época, os mergulhos realizados foram infrutíferos, muito em função da forte correnteza e da baixa visibilidade.

Figura 10 - Imagem sonográfica das estruturas da canoa de tolda Ouro Branco

Fonte: AUTORES, 2021.

Buscando a identificação de novos contextos de naufrágios por meio do levantamento sonográfico, investigamos a região conhecida como Buraco de Maria Pereira, no município de Traipu (AL), onde, na década de 1960, naufragou a canoa de tolda Topázio, de propriedade do Sr. João Bonfim. O levantamento acabou não apontando dados para a localização do naufrágio, estando a canoa, muito provavelmente, enterrada no leito do rio, o que coincide com os relatos do Sr. Everaldo Fernandes da Silva, parente do antigo proprietário.

Na fachada ribeirinha de Traipu, realizaram-se investigações diretas com mergulho, resultando na identificação de âncora lítica (pedra polida), um remanescente material bastante importante para o contexto são-franciscano, devido ao ineditismo deste tipo de artefato para a região.

Na área do porto do referido município, foram localizadas inscrições rupestres, almofarizes e afiadores no paredão rochoso da fachada ribeirinha da cidade, revelando indícios da ocupação indígena pré-colonial e histórica da sede do município, fato digno de destaque em nível nacional, tendo em vista que as dinâmicas de transformação urbana quase sempre eliminam este tipo de sinais dos povos originários.

Figura 11 - Âncora lítica localizada na fachada ribeirinha de Traipu



Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 12 - Área onde foram localizados inscrições rupestres, almofarizes e afiadores, na fachada ribeirinha de Traipu



Fonte: AUTORES, 2021.

A fim de dar continuidade aos processos investigativos na área do Porto do centro de Propriá, iniciados em 2020, buscamos o levantamento de informações com um morador da região, o já mencionado Sr. Everaldo Fernandes da Silva, sobre as estruturas de embarcações que foram abandonadas e aterradas, na década de 1980, durante a expansão da área portuária e de lazer da cidade. Além da estrutura identificada no ano anterior, que nos apontou como sendo uma chata, também apresentou-se, ao lado, outra estrutura de canoa de tolda, que se encontrava no momento parcialmente submersa, identificada como sendo a canoa *Eirara*.

Figura 13 - O Sr. Everaldo Fernandes da Silva relatando detalhes sobre a chata aterrada no Porto de Propriá, ao lado de uma de suas cavernas, exposta na margem do rio (A); Sr. Everaldo Fernandes da Silva apontando o leme submerso da Canoa Eirara, no Porto de Propriá, na margem do rio (B)



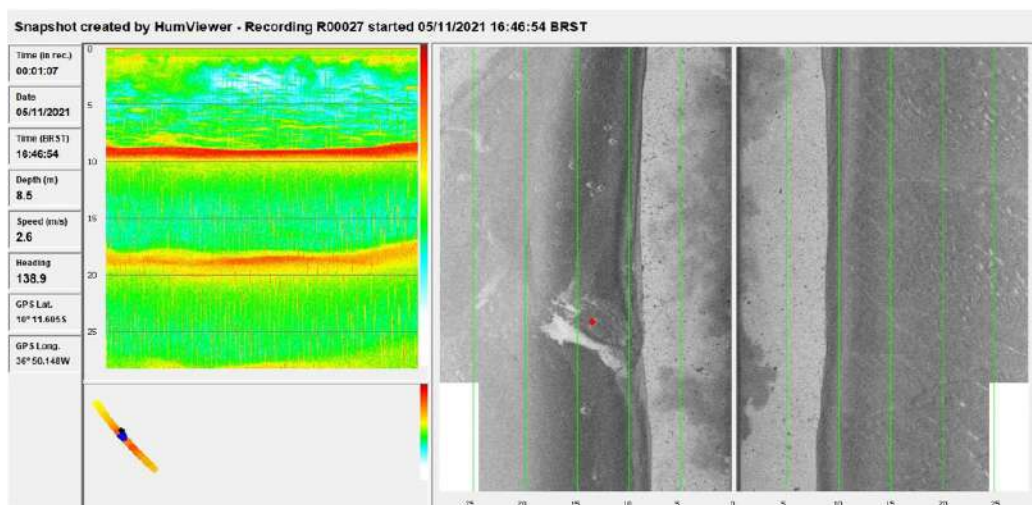
Fonte: AUTORES, 2021.

Também a partir da indicação do Sr. Everaldo, realizamos a investigação sonográfica na fachada ribeirinha do município de Porto Real do Colégio (AL), onde localizamos uma grande balsa de madeira de meados do séc. XX, associada ao transporte de combustíveis e/

ou vagões de trem que, antes de 1972, precisavam ser transportados por via fluvial entre os tramos ferroviários alagoano e sergipano.

Além do registro sonográfico, foram realizados mergulhos de prospecção para uma melhor caracterização das estruturas submersas. Em ações futuras, buscaremos levantar mais dados, com investigação direta.

Figura 14 - Imagem de sonar de balsa de madeira, localizada nas proximidades do antigo cais do *ferry boat* da ferrovia, em Porto Real do Colégio



Fonte: AUTORES, 2021.

No município de Penedo (AL), optamos por empreender esforços na ampliação do reconhecimento das estruturas do naufrágio do vapor Comendador Peixoto, com a utilização do sonar. Esta embarcação, dos primeiros anos do século XX, naufragada no porto do centro histórico no final da década de 1960, assemelhava-se a um barco-gaiola amazônico, denominação que remete ao fato de ele possuir muitos deques cobertos, com guarda-corpos de barras metálicas nos bordos.

Em Neópolis (SE), fez-se a investigação sonográfica no sítio arqueológico Naufrágio de Neópolis, localizado em 2017 (BAVA DE CAMARGO; DURAN, 2018), e também nas imediações do Morro do Aracaré, onde existia uma fortificação que ainda era minimamente ativa durante a passagem do imperador Pedro II pela localidade, em 1859.

Em concomitância com a varredura por sonar, realizaram-se mergulhos no já mencionado Naufrágio de Neópolis, com o objetivo de identificar assinaturas construtivas do casco da embarcação e características detalhadas das ferragens, além de obter mais informações sobre o estado de conservação das estruturas e buscar o entendimento da estratificação do sítio, o que permitirá estabelecer protocolos de intervenção de Arqueologia e de conservação para os próximos anos.

De antemão, é possível destacar que as medidas de conservação *in situ* são urgentes e que a embarcação, apesar de ter sido muito danificada ao longo de dois séculos, apresenta, ainda, contextos deposicionais que podem revelar muitas informações sobre a construção naval iberoamericana e os usos do barco ao longo de sua vida útil.

Figura 15 - Imagem de sonar do vapor Comendador Peixoto, afundado no Centro Histórico da cidade de Penedo



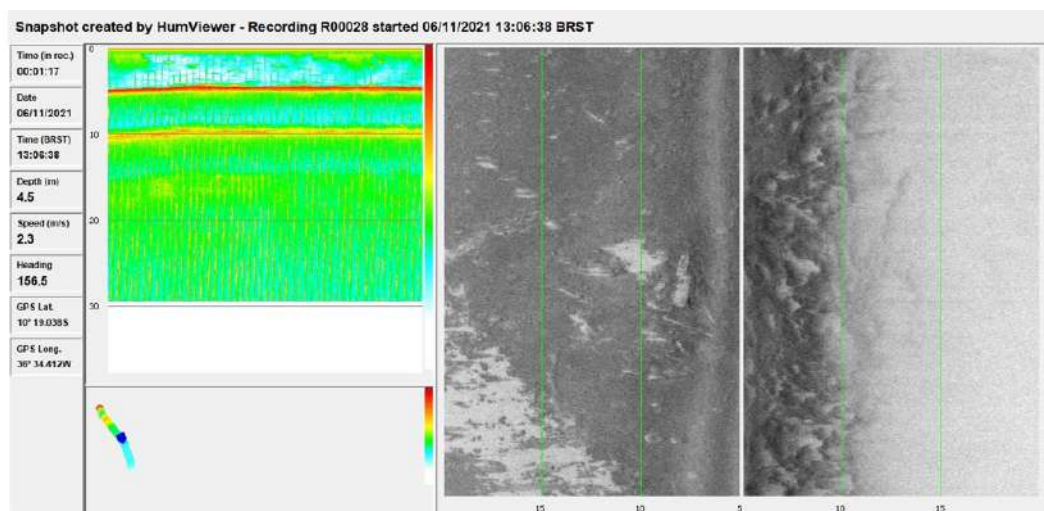
Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 16 - Casco do vapor Comendador Peixoto, afundado no Centro Histórico da cidade de Penedo, parcialmente visível durante as marés baixas de sizígia, em época de seca ou baixa vazão da Usina de Xingó



Fonte: AUTORES, 2015.

Figura 17 - Imagem de sonar do sítio arqueológico Naufrágio de Neópolis, afundado no centro de Neópolis



Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 18 - Detalhes construtivos do casco da embarcação naufragada de Neópolis



Fonte: AUTORES, 2021.

Figura 19 - Detalhes construtivos do casco da embarcação naufragada de Neópolis, destacando o revestimento metálico do casco de madeira



Fonte: AUTORES, 2021.

Há bons indícios de que esta embarcação esteja relacionada às lutas da Independência ou a eventos correlatos, tais como a emancipação da capitania de Sergipe ou a Confederação do Equador, tanto pelas evidências materiais (tipologia da embarcação) quanto pelos relatos orais recorrentes na população de Neópolis (canhões de antecarga teriam sido retirados do naufrágio e vendidos em Aracaju, por volta de 15 anos atrás).

Nas referências bibliográficas, tem-se mais um subsídio para a contextualização do naufrágio: em um trecho do diário do imperador Pedro II, ele comenta, sobre sua passagem por Vila Nova, a atual Neópolis:

Houve muitos vivas e foguetes, e mostraram-me um lugar pedregoso onde os holandeses tiveram um curtume, achando-se assestada sobre o monte perto, uma peça que aí mandou colocar por ocasião da Independência, o Barão de Cotinguiba tendo sido achado entre os despojos de um navio de guerra português que deu à costa na barra do S. Francisco, salvou agora. (SODRÉ, 1949, p.106).

É interessante notar que o trecho apresenta alguma imprecisão por parte do imperador, quiçá por serem anotações rápidas e talvez registradas algum tempo depois, quando do término de suas inúmeras atividades diárias desenvolvidas em suas viagens.

De qualquer maneira, o Barão de Cotinguiba (Bento de Melo Pereira) e sua tropa foram responsáveis por retardar um pouco a travessia de Alagoas para Sergipe por parte do contingente patriótico comandado pelo general Labatut (ANTONIO, 2012). Tal feito não seria possível sem peças de artilharia dispostas em locais estratégicos, o que dá algum lastro à narrativa de Pedro II. Além do mais, à época da viagem do imperador, o Barão de Cotinguiba ainda estava vivo, o que vale dizer que este relato de heroica defesa dos interesses da Coroa Portuguesa não teria caído no completo esquecimento.

Os próximos passos para a construção da Carta Arqueológica Subaquática

Como foi possível observar, a participação dos pesquisadores do Laaa/UFS junto às Expedições Científicas do Rio São Francisco tem possibilitado um avanço considerável na produção de dados sobre o PCS do Baixo São Francisco. Mesmo que nos encontremos ainda em momento inicial de integração de esforços com o projeto, tivemos a possibilidade de adotar uma estratégia de trabalho que, ao mesmo tempo em que serve para um direcionamento do projeto em longo prazo, com a iniciativa científica, enxerga horizontes de possibilidades para a construção de um profícuo cenário patrimonial para a região.

Neste sentido, as experiências relatadas com a 3ª e a 4ª ECSF, mesmo atuando de forma não interventiva na região, possibilitaram a produção de novos dados sobre os contextos já conhecidos, ao passo que também vêm propiciando a identificação de novos elementos que podem ser integrados a uma política patrimonial por meio da Carta Arqueológica Subaquática do Baixo São Francisco.

Enquanto arqueólogos, estamos constantemente imersos em assuntos de interesse social e, considerando a intrínseca relação entre a Arqueologia e a política, cabe reconhecermos, explicitamente, a dimensão política da prática arqueológica. A estreita relação entre o passado e o presente, mediatizada por indivíduos, grupos ou instituições, é inevitável no mundo contemporâneo, levando, cada vez mais, a nos interrogarmos sobre o papel que temos de assumir na prática cotidiana. Neste sentido, a participação ativa dos pesquisadores, diante dos contextos políticos, configura-se enquanto um compromisso social, uma alternativa de mudança de um panorama epistemológico, mas, sobretudo, prático (CURTONI, 2004; GONZÁLES-RUIBAL, 2010).

Atualmente, a Expedição Científica do Rio São Francisco vem se configurando como um dos projetos científicos práticos de maior relevância em nosso País, visto seu caráter multidisciplinar e sua ampla abrangência. Tendo isto em mente, entendemos que a Arqueologia de ambientes aquáticos, ao mesmo tempo em que se beneficia destas idiosincrasias, propiciando a produção de um conhecimento ainda inédito para a região, como apresentado aqui, extremamente rico patrimonialmente, possibilita a instrumentalização de políticas de gestão e uso social do PCS, que beneficiem diretamente as comunidades locais.

O Baixo São Francisco possui um relevante contexto histórico e arqueológico a ser trabalhado. Por isso, torna-se necessário elaborarmos uma metodologia que possibilite não só o estudo dos sítios arqueológicos, mas que também propicie o resgate de memórias e a inclusão de vozes que, até então, foram ignoradas e excluídas do processo de construção do passado. Portanto, o projeto da Carta Arqueológica não se limita a levantar e indicar o patrimônio da região, mas tornar as comunidades localizadas nas margens deste rio partícipes do processo de construção do seu patrimônio.

Somente com a realização de uma iniciativa preocupada com as condições de integração com grupos locais, poderemos criar um terreno propício para a configuração de instrumentos políticos que auxiliem na gestão deste patrimônio. Assim, a realização de pesquisas arqueológicas subaquáticas com esta postura social/política consciente não só enquadra a Arqueologia regional dentro das perspectivas internacionais, como também representará o primeiro passo para a concretização de uma experiência deste porte no País, tendo em vista que a pesquisa arqueológica subaquática permite a incorporação de múltiplos personagens e múltiplas interpretações.



Pretendemos, já nas próximas edições da Expedição, efetivar este primeiro passo em prol de uma integração das comunidades ribeirinhas com a implementação de ações de educação patrimonial alinhadas às iniciativas consolidadas pelo projeto. A adoção de estratégias integrativas por meio da comunicação e/ou educação torna-se um dos instrumentais mais preciosos na preservação do PCS para as próximas gerações, pois são elas que contribuirão para uma mudança gradativa de mentalidades, como também de sensibilização da sociedade para com as questões voltadas ao patrimônio.

“Através da educação patrimonial o cidadão torna-se capaz de entender sua importância no processo cultural em que ele faz parte, cria uma transformação positiva entre a relação dele e do patrimônio cultural” (DE CARVALHO; FUNARI, 2009, p.5).

A educação patrimonial é uma atividade que permite difundir os dados provenientes da pesquisa arqueológica de forma ampla para a comunidade, fazendo com que este conhecimento esteja acessível a todos, pois o patrimônio arqueológico é um bem público e as informações geradas a partir dele não devem ficar apenas restritas ao meio científico, cumprindo seu papel como atividade educadora (CARNEIRO; GILBERTONI, 2014). Desta forma, ela é definida como:

[...] todos os processos educativos, formais e não formais que têm como foco o Patrimônio Cultural, apropriado socialmente como recurso para a compreensão sócio-histórica das referências culturais em todas as suas manifestações, a fim de colaborar para seu reconhecimento, sua valorização e preservação. Considera, ainda, que os processos educativos devem primar pela construção coletiva e democrática do conhecimento, por meio do diálogo permanente entre os agentes culturais e pela participação efetiva das comunidades detentoras e produtoras das referências culturais, onde convivem diversas noções de Patrimônio. (BRASIL, 2014, p.19).

Pouco tem sido feito no sentido de interação com as pessoas que convivem diariamente com estes bens, raramente considerando seus saberes e sua relação com o patrimônio ao pensar em sua preservação (SILVEIRA; BEZERRA, 2007). Quando falamos do patrimônio inserido em águas nacionais, este ponto torna-se ainda mais complexo devido à situação legal e à mentalidade exploratória ainda conservada por determinados grupos políticos brasileiros.

Por conta disto, o projeto da Carta Arqueológica Subaquática tem demonstrado, também, interesse pelo patrimônio contemporâneo, a exemplo das canoas de tolda e dos saberes náuticos. A superação do distanciamento entre a sociedade e seu patrimônio permite que se realizem conexões entre a vida diária dos indivíduos e o processo histórico abordado (CARVALHO; FUNARI, 2009); assim, os indivíduos sentem-se mais inclinados a agir em prol da conservação e da multiplicação destas ideias, aproximando o patrimônio da sua realidade (SILVA; LE BOURLEGAT, 2011).

Além de pensar uma educação patrimonial que possa funcionar de forma ativa com os públicos escolares e moradores das comunidades ribeirinhas, objetivamos ampliar a integração e o acesso aos dados da Carta Arqueológica. Logo, temos idealizado um espaço virtual (*site*) onde as pessoas possam ter acesso aos conteúdos gerados pela pesquisa e pela divulgação científica do projeto.

Ademais o *site*, no sentido da ampliação da divulgação científica do projeto, iremos elaborar exposições fotográficas e videográficas sobre as pesquisas realizadas e em andamento, bem como organizar atividades de extensão universitária que sigam estas linhas de atuação,



como oficinas de produção de vídeos, documentários e *podcasts*, dentre outros conteúdos de relevância na contemporaneidade.

Assumindo o viés de impacto da Carta Arqueológica, iremos desenvolver mecanismos de gestão e proteção dos sítios arqueológicos estudados para as gerações futuras, para serem utilizados como modelos de proteção ao patrimônio cultural subaquático brasileiro, constantemente ameaçado de destruição pela ação antrópica inescrupulosa.

Neste contexto, reforça-se o objetivo do projeto, com o apoio da Expedição Científica, de estimular o uso social do patrimônio cultural subaquático e sua sustentabilidade, considerando, para isso, a participação e o envolvimento das comunidades tradicionais locais, de forma que elas encontrem afinidades e identidades com este patrimônio e com as pesquisas arqueológicas realizadas sobre ele, e, dele, benefícios decorrentes dos serviços prestados aos sítios arqueológicos, aos pesquisadores e aos turistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento, o Laaa/UFS vem debruçando-se na consolidação dos dados gerados sobre o PCS da região em ações paralelas que são desenvolvidas para o projeto, bem como em nossas participações nas Expedições. O banco de dados da Carta Arqueológica atualmente conta com sítios arqueológicos registrados e valorados, utilizando critérios de valoração cultural adotados em Portugal, que vêm produzindo bons resultados também no Brasil (SEMA, 2022; BAVA DE CAMARGO; FRAGA, 2021) e que permitem estabelecer prioridades de pesquisa a partir da comparação de critérios mensuráveis. Também temos alimentado o banco de dados com os contextos em “processo de registro”; assim, podemos delinear as prioridades de pesquisa nas oportunidades de trabalho que temos na região.

Nossa expectativa é de que, muito em breve, muitos outros bens possam ser levantados, já que as investigações sonográficas e históricas têm nos apontado vários outros alvos potenciais a serem averiguados. A partir do momento em que novos sítios forem registrados, continuaremos realizando os estudos de valoração do patrimônio, possibilitando a definição das estratégias mais adequadas de gestão para cada bem cultural.

Acreditamos que a integração do projeto da Carta Arqueológica Subaquática do Baixo São Francisco com as Expedições Científicas do Rio São Francisco tem possibilitado gerar mais dados e, conseqüentemente, ganhos científicos robustos, pensando em levantamentos mais amplos, aumentando nossas possibilidades futuras de investir maior tempo em contextos que possam trazer maior benefício local, corroborando o fortalecimento de um elo entre comunidades locais e a pesquisa arqueológica, e também fortalecendo a relação que estas comunidades possam ter com seu patrimônio.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, P. Para um programa de pesquisa sobre arqueologia, história e etnografia navais da costa brasileira: o projecto Archenave. **O Arqueólogo Português**, Lisboa, série 4, n.6/7, p.367-378, 1988, 1989.

ALVES, F.J.S. Para uma Carta Arqueológica do Patrimônio Náutico e Subaquático em qualquer parte do mundo. **Jornadas Latinoamericanas de Arqueología Subacuática**, Santiago del Chile, 2001.



ANTONIO, E.M.M. **A independência do solo que habitamos**: poder, autonomia e cultura política na construção do império brasileiro, Sergipe (1750-1831). São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

ARNOLD, J.B.; CLAUSEN, C.J. A magnetometer survey with electronic positioning control and calculator-plotter system. **Historical Archaeology**, v.9, n.1, p.26-40, 1975.

BASS, G.F. (Ed.). **Ships and shipwrecks of the Americas**: a history based on underwater archaeology. London: Thames and Hudson, 1988.

BAVA DE CAMARGO, P.F. **Arqueologia das fortificações oitocentistas da planície costeira Cananeia/Iguape, SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BAVA DE CAMARGO, P.; DURAN, L.D.; RAMBELLI, G. Arqueologia Subaquática no Baixo Rio São Francisco, Sergipe/Alagoas, Brasil. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE AMERICANISTAS, 54., 2018, Salamanca. **Arqueología**: Memoria del 56º Congreso Internacional de Americanistas. v.2. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca, 2018. p.1066-1094.

BAVA-DE-CAMARGO, P.F. *et al.* Underwater Archaeology in the São Francisco River, Sergipe (2016-2018). **The SHA Newsletter**, Germantown, MD, EUA, p.42-43, 2019.

BAVA-DE-CAMARGO, P.F.; FRAGA, T.M. Acompanhamento Arqueológico da Dragagem do Acesso Marítimo e Bacia de Estacionamento do Cais do Terminal Teporset/Termitrena (TMF065): relatório preliminar. **Relat. Téc.**, v.2, TMF065.07. Estarreja, 2021.

BOWENS, A. (Ed.). **Underwater Archaeology**: the Nautical Archaeology Society (NAS) guide to principles and practice. 2.ed. Portsmouth: Blackwell Publishing, 2009.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan). **Educação Patrimonial**: histórico, conceitos e processos. Brasília: Iphan, 2014.

CAMERON, C.; NOELLE, L. Relatoría general. In: LUNA ERREGUERENA, P.; ROFFIEL, R. (Coords.). **Memorias del Congreso Científico de Arqueología Subacuática**. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2001. p.14-23.

CARNEIRO, C.G. Educação Patrimonial e Arqueologia: alguns aspectos desta interface. **Amazônica**: Revista de Antropologia, v.6, n.2, p.442-458, 2014.

CURTONI, R.P. La dimensión política de la arqueología: el patrimonio indígena y la construcción del pasado. In: MARTÍNEZ *et al.* (Eds.). **Aproximaciones contemporáneas a la Arqueología pampeana**: perspectivas teóricas, metodológicas, analíticas y casos de estudio. Olavarría: Facultad de Ciencias Sociales, 2004. p.437-449.

DA SILVA, E.J.; LE BOURLEGAT, C.A.; TULUX, B.M. Educação e preservação patrimonial/arqueológica no desenvolvimento territorial de Mato Grosso do Sul. **Impulso**, v.21, n.51, p.19-30, 2011.

DE CARVALHO, A.V.; FUNARI, P.P.A. As possibilidades da Arqueologia pública. **História e-História**, v.24, 2009.



DELGADO, J.P. (Ed.). **Encyclopedia of underwater and maritime archaeology**. London: British Museum, 1997.

DURAN, L.D. **Arqueologia Marítima de um Bom Abrigo**. 2008. 338f. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

EDGERTON, H.E. Underwater archaeological search with sonar. **Historical Archaeology**, Tucson, v.10, 1976.

ESPANHA. **La Arqueología subacuática en España**. Madrid: Ministério de Cultura, 1988.

FERNANDEZ-POSSE, M.; DE ÁLVARO, B. Bases para un inventario de yacimientos arqueológicos. **Actas de la Reunión en homenaje a Blas Taracena**. Valladolid: Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León, 1993. p.65-72.

FERREIRA, L.M. Transposição de identidades: o patrimônio arqueológico do Baixo São Francisco. In: SÁ, A.F.A.; BRASIL, V.M. (Orgs.). **Rio Sem História?: leituras sobre o Rio São Francisco**. Aracaju: Fapese, 2005.

GONZÁLEZ-RUIBAL, A. Contra la pospolítica: Arqueología de la Guerra Civil Española. **Revista Chilena de Antropología**, n.22, p.9-32, 2010.

GREEN, J. **Maritime Archaeology: a Technical Handbook**. 2.ed. Australia: Elsevier Academic Press, 2004.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão(Sema). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Parcel de Manuel Luís: diagnóstico**. São Luís, 2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n7wbtjm>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MAZEL, C. Nas profundezas do mar: tecnologia de ponta e Arqueologia Submarina. **O Correio da Unesco**, v.18, n.1, 1988.

PUJANTE, P.I. La Carta Arqueológica: una herramienta aplicada à la investigación del patrimonio arqueológico subacuático. **Jornadas Latinoamericanas de Arqueología Subacuática**. v.1. Santiago de Chile: Universidad Internacional SEKActas/Ed. Pujante, 2001. p.45-54.

RAMBELLI, G. **A Arqueologia Subaquática e sua aplicação à Arqueologia brasileira: o exemplo do Baixo Vale do Ribeira de Iguape**. 1998. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

RAMBELLI, G. **Arqueologia até debaixo d'água**. São Paulo: Maranta, 2002.

RAMBELLI, G. **Arqueologia Subaquática do Baixo Vale do Ribeira**. 2003. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RAMBELLI, G. Reflexões sobre o Patrimônio Cultural Subaquático e a Arqueologia. In: LIMA-FILHO, M.F.; BEZERRA, M. (Orgs.). **Os caminhos do patrimônio no Brasil**. Goiânia: Alternativa, 2006. p.153-169.



RAMBELLI, G. Preservação sob as ondas: a proteção do Patrimônio Subaquático no Brasil. **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, v.1, p.136-151, 2007.

RAMBELLI, G. Entre o uso social e o abuso comercial: as percepções do Patrimônio Cultural Subaquático no Brasil. **História**, São Paulo, v.27, p.49-74, 2008.

RAMBELLI, G. Patrimônio Cultural Subaquático no Brasil: discrepâncias conceituais, incongruência legal. In: FUNARI, P.P.; PELEGRINI, S.; RAMBELLI, G. (Orgs.). **Patrimônio Cultural e Ambiental: questões legais e conceituais**. v.1. São Paulo: Annablume, 2009. p.59-76.

RAMBELLI, G.; DURAN, L.D.; BAVA DE CAMARGO, P.F. **Arqueologia Subaquática no Baixo Rio São Francisco, Sergipe, Brasil**: a participação do Museu Arqueológico de Xingó e do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos na Fiscalização Preventiva Integrada (2016-2018). Laranjeiras: s.n., 2020. Relat. Técnico.

RIBEIRO, JR., A.; RAMBELLI, G.; SANTOS, L.F.F.D. Antigo Povoado Cabeço: o primeiro sítio arqueológico subaquático cadastrado em Sergipe. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE DE ARQUEOLOGIA BRASILEIRA (SAB), 2., 2012, São Luís. **Anais...** São Luís: Núcleo Regional Nordeste, 2012.

SANTOS, L.F.F.D. **Nas águas do Velho Chico**: por uma Arqueologia de Ambientes Aquáticos do Baixo Rio São Francisco, Sergipe/Alagoas. 2013. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2013.

SCATAMACCHIA, M.C.M.; RAMBELLI, G. Arqueologia Regional e o gerenciamento do Patrimônio Arqueológico. **Revista de Arqueología Americana**, n.20, p.111-130, 2001.

SILVEIRA, F.; BEZERRA, M. Educação Patrimonial: perspectivas e dilemas. In: LIMA FILHO, M.; ECKERT, C.; BELTRÃO, J. **Antropologia e Patrimônio Cultural**: diálogos e desafios contemporâneos. Blumenau: Nova Letra, 2007. p.81-97.

SOUZA, L.A.P. **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas**. 2006. 311f. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica) – Programa de Doutorado em Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SODRÉ, A. Visita de D. Pedro II à cachoeira de Paulo Afonso. **Anuário do Museu Imperial**, Petrópolis, v.10, p.85-150, 1949. Disponível em: <https://tinyurl.com/23vxsm2>. Acesso em: 20 abr. 2022.

UNESCO. **A Conferência-Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura**, Paris, 2001. Disponível em: <https://tinyurl.com/4pajzj55>. Acesso em: 07 set. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS). Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos. **Inspeção técnica dos artefatos provenientes do Rio São Francisco abrigados no Memorial de Sergipe (Unit) e considerações**. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2009.



CAPÍTULO 15 - ÁREAS CILIARES DO BAIXO SÃO FRANCISCO: FRAGMENTOS FLORESTAIS E FAUNA ASSOCIADA

Milena Dutra da Silva¹

Nadjacleia Vilar Almeida²

Ubiratan Piovezan³

Anderson dos Santos⁴

Maria Mônica de França Aquino⁵

José Vieira Silva⁶



Resumo: Na Bacia Hidrográfica do Baixo São Francisco (BSF), as áreas ciliares encontram-se severamente degradadas. Assim, na IV Expedição Científica do São Francisco, foram avaliadas a vegetação florestal ciliar e a fauna associada. Foram utilizados métodos e técnicas rápidas e não destrutivas, observadas as áreas ciliares desde Piranhas (AL) até a foz do rio; em campo, foram avaliadas nove unidades amostrais. Consideraram-se: 1) estrutura da paisagem – área, perímetro e índice de forma dos fragmentos florestais; 2) solo – matéria orgânica, macro e micronutrientes, posteriormente submetidos a testes estatísticos de correlação e investigadas associações com dados de vegetação; 3) vegetação ciliar – identificação de espécies lenhosas, obtenção de altura, frequência e CAP, estimados a riqueza de espécies e os índices de diversidade de Shannon e de Simpson, e 4) fauna – verificação de ocorrência de mamíferos, a partir de estudos anteriores, armadilhamento fotográfico nos fragmentos florestais para registro da mastofauna, além de relatos e observações em campo. Os fragmentos florestais são pequenos e numerosos, com vegetação densa diminuta. Os mais lineares ocorrem na Caatinga. Quanto à flora, foram identificadas 46 espécies lenhosas, com altura entre 1,83 m e 7,51 m, e CAP entre 0,11 m e 0,58 m; há predominância de espécies pioneiras e/ou secundárias. Menor riqueza e diversidade em Traipu (AL), e maior em Piranhas (AL). Quanto ao solo, há baixa fertilidade. Não houve associação entre a diversidade e a fertilidade do solo. Quanto à fauna, já foram registradas 38 espécies. Os dados indicam a urgência de ações de preservação para a melhoria da qualidade ambiental das áreas ciliares do BSF.

Palavras-chave: Espécies Lenhosas. Mamíferos. Caatinga. Mata Atlântica. Manguezal.

INTRODUÇÃO

A vegetação ciliar é responsável pela prestação de importantes serviços ecossistêmicos. Estabelecida às margens do corpo hídrico, ela propicia a manutenção dos rios e da qualidade da água, atuando como uma barreira de proteção à chegada de resíduos; suas raízes retêm o solo, minimizando o assoreamento marginal; apresenta, também, importante papel na ciclagem da água, visto que áreas florestadas nas bacias hidrográficas podem aumentar o provimento natural de água (GARCIA, 2019).

Ainda que as matas ciliares exerçam papéis funcionais e estruturais de efetivo valor à manutenção da vida, apresentam um longo e intenso histórico de tensões (supressões e/ou alterações) ocasionadas por usos antropogênicos, sobretudo para pasto, agricultura e/ou estabelecimento de comunidades (assentamentos, vilas e cidades). Acrescentam-se, ainda, às tensões ambientais vigentes nas áreas ciliares as modificações decorrentes da regulação antrópica do fluxo de vazão dos rios, com impactos na estrutura e composição da vegetação ciliar (JANSSEN *et al.*, 2020). Todas estas tensões fazem dos ecossistemas ciliares destaques mundiais entre os ecossistemas com mais modificações antrópicas (TONKIN *et al.*, 2018).

As modificações antropogênicas “produzem nas matas ciliares, mais do que na maioria dos ecossistemas florestais, um cenário composto por uma mata fragmentada, em um mosaico de manchas de composição e idade diversas” (JANSSEN *et al.*, 2020). Esta paisagem florestal, caracterizada por apresentar pequenos e numerosos fragmentos, traz em si um histórico gradativo de perda de biodiversidade, de fragilidade ambiental e de susceptibilidade ao estabelecimento de espécies exóticas. Tal cenário influencia diretamente a qualidade dos serviços ecológicos e ecossistêmicos prestados pelas matas ciliares, dentre os quais destacamos, para além dos serviços diretamente vinculados aos corpos hídricos, a perda de habitat, reduzindo a disponibilidade de ambientes e, conseqüentemente, a diversidade e a abundância das populações vegetais e animais.

Embora a conservação e a preservação da vegetação ciliar dos rios, riachos e mananciais seja uma questão de grande relevância econômica, social e ambiental, havendo dispositivos legais para proteção dessas áreas, as áreas ciliares da Bacia Hidrográfica do Baixo São Francisco (BSF) encontram-se severamente degradadas.

Em seu trabalho de diagnóstico ambiental, Silva *et al.* (2021) destacam a escassez de vegetação nativa na faixa de proteção do rio e indicam que os problemas ambientais decorrem de impactos negativos direta ou indiretamente vinculados à produção vegetal (agricultura e extração vegetal), à pecuária e à urbanização. Os autores apontam, ainda, que os impactos ambientais são reverberados também na fauna.

Além dos desafios impostos pelo ambiente sazonal e degradado, as espécies da fauna no BSF são ameaçadas pela caça de subsistência praticada pelas populações rurais e ribeirinhas. Na prática, todas as espécies de mamíferos terrestres são potencialmente consumidas pelas populações humanas na região, fato que torna a busca por espécimes e mesmo indícios da sua presença uma tarefa bastante difícil, seja pela escassez de animais, seja pela necessidade premente destes indivíduos de evitarem encontros com seres humanos, por razões de sobrevivência.

A literatura que trata do tema da fauna na região pode ser considerada escassa. A maioria dos trabalhos disponíveis refere-se a levantamentos realizados em unidades de conservação, de modo que existe pouco esforço amostral em áreas remanescentes (fragmentos isolados).



Considerando a elevada importância das áreas ciliares, são apresentados, aqui, resultados das ações exploratórias e investigativas para avaliação da vegetação e da fauna associadas no BSF, efetuadas no âmbito da IV Expedição Científica do São Francisco. Destaca-se que, em correspondência à dinâmica da Expedição Científica do Rio São Francisco, foram utilizados métodos e técnicas rápidas e não destrutivas.

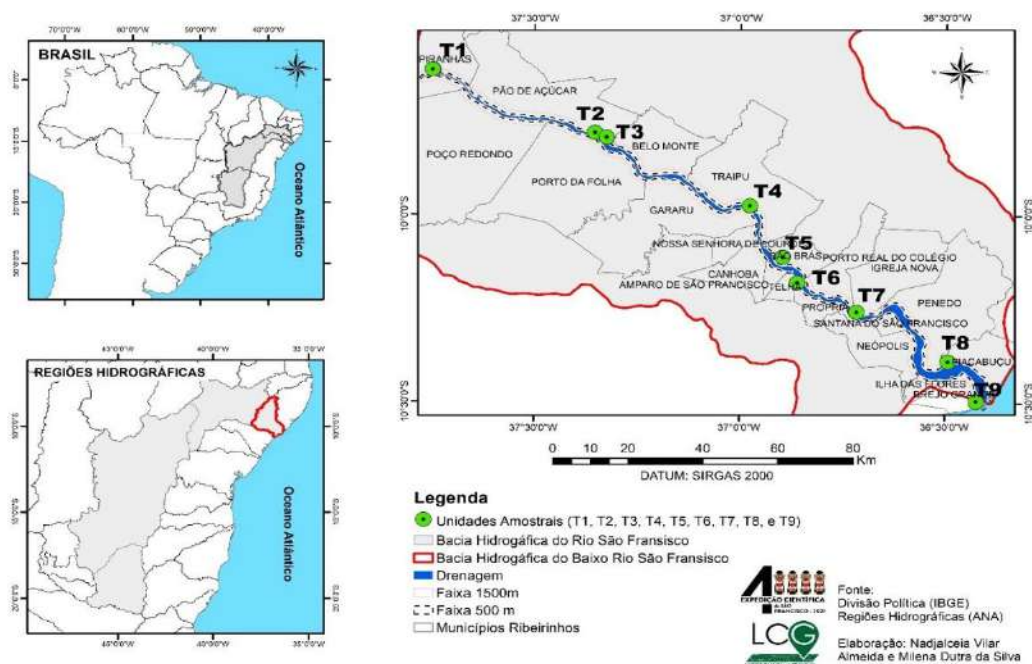
O presente estudo representa a continuidade de investigações e análises iniciadas na III Expedição e inclui, além da faixa de proteção permanente do São Francisco, a vegetação ciliar de alguns dos rios tributários, em áreas de vizinhança tão próximas quanto possível ao Rio São Francisco. Os resultados aqui apresentados contribuem para o conhecimento da qualidade atual dos ambientes ciliares do BSF e poderão auxiliar nas diretrizes de planejamento ambiental desta região.

Diagnóstico ambiental da área ciliar

Para diagnóstico ambiental da área ciliar do BSF, foram determinadas faixas ciliares com largura de 500 metros ao longo do rio, iniciando na altura dos municípios de Piranhas (AL) e Canindé do São Francisco (SE) até a foz, nos municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE) (Figura 1).

Para determinação da área de estudo, foram consideradas análises de fotointerpretação, do relevo, da rede de drenagem e a faixa de proteção ambiental legal do Rio São Francisco e de alguns dos seus tributários, bem como observações de campo realizadas durante a IV Expedição Científica do São Francisco.

Figura 1 - Áreas ciliares da Bacia Hidrográfica do Baixo São Francisco selecionadas para análise das florestas ciliares e da fauna associada. Em destaque, as unidades amostrais (T1 a T9) em que foram coletados dados de flora e fauna



Fonte: ALMEIDA; SILVA, 2022.

Para análise da estrutura da paisagem da vegetação ciliar no BSF, foram consideradas as classes fitofisiográficas a partir do índice Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), conforme valores e classificação utilizados por Silva *et al.* (2021) para a referida região.

Com fins de análise dos fragmentos florestais, foram utilizadas as classes fitofisiográficas correspondentes, a saber: “vegetação densa” e “vegetação de transição”. Os vetores referentes aos fragmentos florestais foram submetidos aos modelos de métricas da paisagem propostos por Langanke *et al.* (2005) e McGarigal (2002), com auxílio dos *softwares* Arcgis e Arcgis Pro (licença de uso LCG/CCAUE/UFPB), ferramenta “Patch Analysis”, em que foram determinados o número de manchas (fragmentos florestais), a área, o perímetro e o índice de forma.

Para fins de levantamento de dados em campo, foram selecionadas áreas florestadas ciliares, estabelecidas em três unidades de paisagem: Caatinga (Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu e São Brás, em AL); Mata Atlântica (Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, em AL; e Propriá, em SE) e Mangue (Brejo Grande, SE). Nestas unidades de paisagem, sob o uso de técnicas rápidas e não destrutivas, foram estabelecidos 9 transectos (Figura 1), com cinco pontos amostrais cada, intercalados entre si a cada 10 metros, ao longo do curso hídrico. Este desenho amostral permite identificar as espécies vegetais estabelecidas às margens dos rios, em maior proximidade ao espelho d’água.

O trabalho de campo foi efetuado durante o período de estiagem, com campanhas entre 1º e 9 de novembro de 2021. Foram efetuados procedimentos para coleta de solo, caracterização da estrutura da vegetação ciliar e levantamento da fauna.

A coleta de solo foi realizada em cada uma das unidades amostrais selecionadas para coleta de campo durante a IV Expedição. Foram realizadas amostragens (0 cm – 20 cm) em quatro pontos de cada transecto e uma no mangue, totalizando 33 amostras. O chão foi escavado com o uso de picareta, até 20 cm de profundidade, e uma fatia de todo o perfil do solo foi retirada, homogeneizada dentro da cova e coletada. As amostras, com aproximadamente 0,5 kg de massa, foram acondicionadas em saco plástico e identificadas. Posteriormente, foram fracionadas, identificadas e encaminhadas para análise.

As amostras foram recebidas pelo Laboratório de Análises de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) Tabuleiros Costeiros, onde foram efetuadas as análises de fertilidade típicas para a finalidade agrícola, ou seja, focadas nas concentrações de macro e micronutrientes para as plantas, bem como na disponibilidade de matéria orgânica dos solos.

Os resultados da análise de fertilidade foram submetidos à análise estatística, utilizando os testes de correlação de Pearson e de Spearman, com 95% de confiabilidade ($p < 0,05$). Foram estudadas possíveis associações entre os índices de diversidade estimados para as comunidades vegetais das áreas avaliadas (Riqueza de espécies, Índice de Diversidade de Shannon e Índice de Diversidade de Simpson) e os parâmetros de fertilidade dos solos nessas áreas, mais especificamente: matéria orgânica (MO) (g.kg^{-1}); pH em H_2O ; micronutrientes: Ca, Mg, H^+Al e Al (mmolc.dm^{-3}) e macronutrientes, sob o ponto de vista da nutrição de plantas: P, K, Na (mg.dm^{-3}).

Para conhecimento da estrutura da vegetação florestal ciliar, foram coletadas informações referentes às espécies lenhosas (hábito, altura, frequência e circunferência do caule – CAP). Foram estimados a riqueza de espécies e os índices de diversidade de Shannon e Simpson.



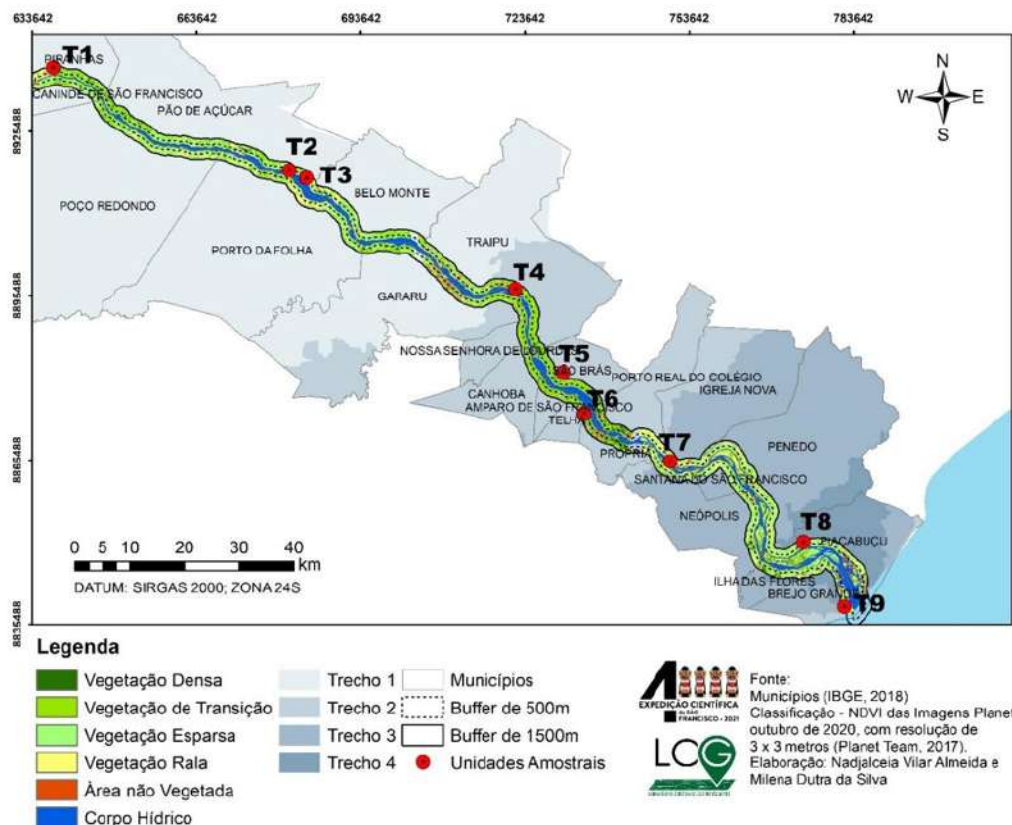
Para os levantamentos de ocorrência de mamíferos, inicialmente foi composta uma lista de 21 espécies, a partir de estudos prévios realizados na região (DIAS *et al.*, 2017; 2019), com a finalidade de verificação da possível ocorrência destes animais na área de estudo. Visando ao registro de ocorrência de mastofauna, foi realizado armadilhamento fotográfico nos fragmentos florestais.

De modo adicional, foram consideradas observações diretas de animais em campo e/ou indícios da presença das espécies, bem como testemunhos de moradores da região sobre a ocorrência de animais silvestres na área; além de observações realizadas pelos pesquisadores, a partir de embarcações da IV Expedição Científica ao longo do Rio São Francisco. As coletas ocorreram sob licença permanente de número 16534-2 MMA/ICMBio/SISBio.

Fragmentos florestais ciliares e fauna associada

As áreas ciliares florestadas no BSF apresentam estrutura da paisagem composta por um mosaico de pequenos e numerosos fragmentos. No trecho 1 (Figura 2), na faixa de proteção ciliar de 500 m, 9.450 fragmentos correspondem à vegetação densa e apresentaram tamanho variável entre 0,05 km² e 0,39 km². As áreas com “vegetação de transição” foram mais numerosas (44.346), porém de tamanho reduzido, oscilando entre 1⁻⁸ km² e 0,001 km².

Figura 2 - Classificação fitofisiográfica, a partir de determinação de índice de vegetação (NDVI), para a Região do Baixo São Francisco. Adaptado de Silva *et al.* (2021)



Fonte: ALMEIDA; SILVA, 2022.

No trecho 2 (Figura 2), a vegetação densa ocorreu em 12.311 fragmentos, com tamanho entre $5,78^{-6}$ km² e 4,04 km². Quanto à vegetação de transição, é encontrada em 33.836 fragmentos, com área de $5,76^{-6}$ km² a 11,90 km². Destaca-se que o maior fragmento com vegetação densa e com vegetação de transição encontra-se neste trecho.

Os trechos 3 e 4 (Figura 2) apresentam, conjuntamente, 6.945 fragmentos com vegetação densa, com tamanho variável entre $5,76^{-6}$ km² e 0,13 km². A vegetação de transição corresponde a 21.004 fragmentos, com áreas entre $5,76^{-6}$ km² e 1,38 km².

Em um ambiente sob intensa pressão antrópica, os fragmentos florestais podem ser submetidos a um processo de fragmentação, com aumento no número de fragmentos e redução da área florestada total ao longo dos anos; caso as perturbações intensifiquem-se, pode ocorrer a supressão total de fragmentos, sobretudo aqueles com área diminuta, como observado por Matias *et al.* (2020) em estudo desenvolvido no BSF.

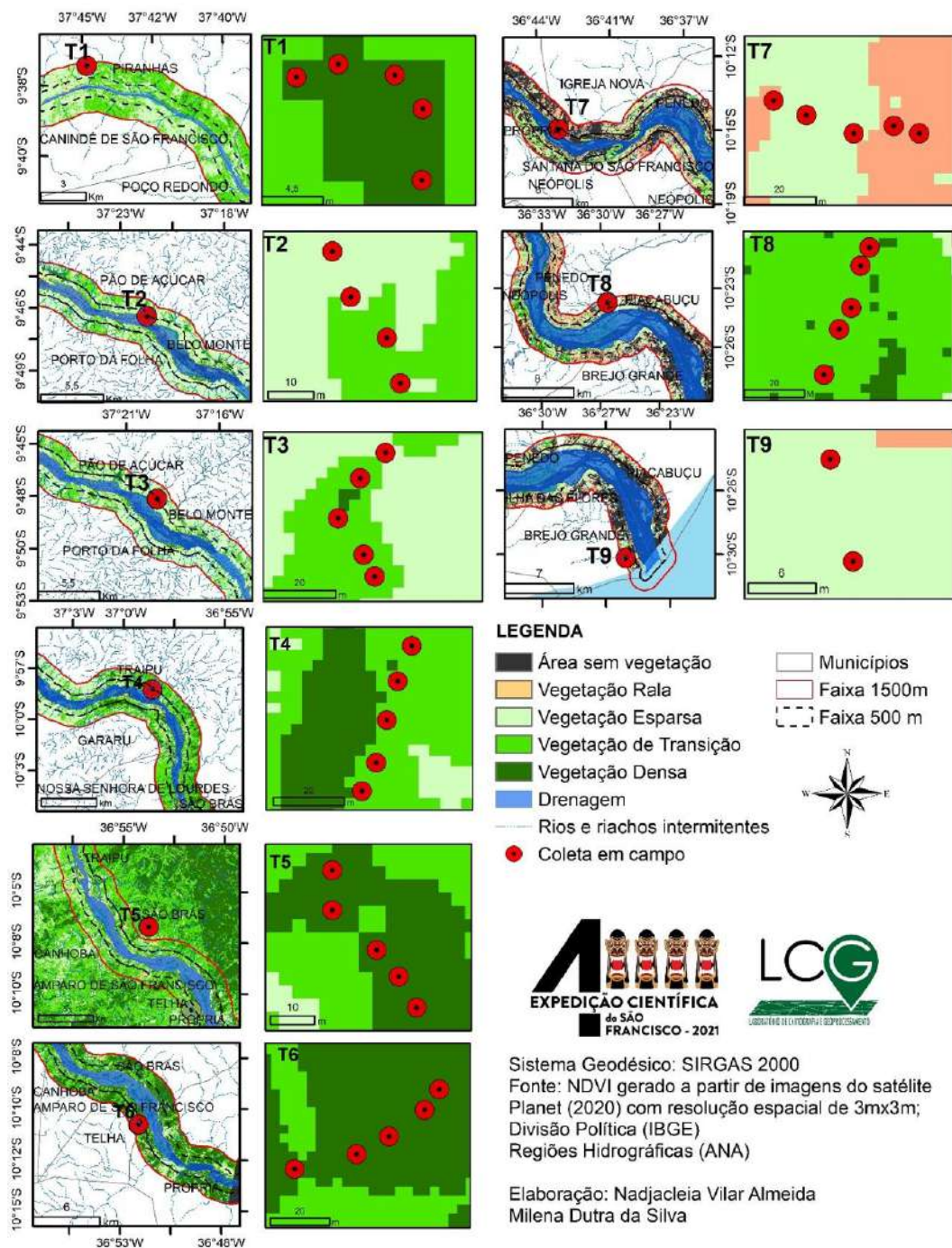
Quando considerado o índice de forma (MSI), observa-se que os fragmentos florestais variam entre ligeiramente compacto (MSI = 1,08) e fortemente linear (MSI > 40), com maior parte dos fragmentos exibindo linearidade. Os fragmentos mais lineares ocorrem nos trechos 1 e 2. É provável que este resultado seja influenciado pelo estabelecimento da vegetação florestal em proximidade à rede de drenagem de rios intermitentes, seguindo a linearidade dos seus cursos como uma estratégia de desenvolvimento em áreas com melhores condições de disponibilidade hídrica.

Ao interpretar os resultados das métricas da paisagem, devem ser consideradas, também, as características das unidades de paisagem. Neste sentido, a abundância de fragmentos com vegetação de transição pode ser interpretada como uma resposta associada aos aspectos fitofisionômicos, especialmente nas áreas de Caatinga (trecho 1 e parte do trecho 2), além de uma resposta associada ao estágio de sucessão ecológica.

Os fragmentos florestais selecionados para levantamento em campo correspondem às fitofisiografias de vegetação densa (T1, T5, T6), vegetação de transição (T2, T3, T4 e T8) e vegetação esparsa (T7 e T9), em proximidade ao Rio São Francisco e/ou rios intermitentes (Figura 3). Em campo, houve necessidade de realização de coleta de dados fora da faixa de proteção dos 500 m, como consequência de: ausência de fragmentos florestais e acessibilidade às áreas de coleta, dentre outros fatores. As áreas de coleta são de propriedade privada, excetuando-se o T9.



Figura 3 - Vigor e densidade da vegetação e classe fitofisiográfica nas áreas florestais ciliares onde foram efetuados levantamentos de campo, unidades amostrais T1 a T9



Fonte: ALMEIDA; SILVA, 2022.

Nas áreas ciliares de Caatinga (T1 a T5), Mata Atlântica (T6 A T8) e Mangue (T9), foram encontradas 46 espécies lenhosas (Tabela 1). A catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz) e o marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill) destacam-se entre as espécies mais abundantes, evidenciando um cenário de regeneração em fase inicial. Há predominância de espécies pioneiras e secundárias.

Dentre as espécies de frequência rara, destaca-se a amendoeira (*Terminalia catappa* L.), por ser exótica (Figura 4). Esta espécie exibe vantagens na competição com as espécies nativas e, por apresentar alelopatia e grande sombreamento, pode alterar a estrutura e a composição de espécies sob a sua copa (ou área de influência) (MACHADO, 2019).

Figura 4 - *Terminalia catappa* L. (amendoeira), espécie exótica estabelecida às margens de um rio tributário do São Francisco, em Piranhas, Alagoas



Fonte: SILVA, 2021.

Tabela 1 - Espécies lenhosas da mata ciliar do Baixo Rio São Francisco, em Alagoas e Sergipe

ID	Nome vulgar	Nome Científico	Família	Informações ecológicas*	Ocorrência
Sp1	Amburana	<i>Amburana cearenses</i> (Alemão) A.C. Sm.	Fabaceae	Heliófita; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: maio a julho. Polinização: melitofilia. Frutificação: junho a outubro. Dispersão: anemocórica.	T1
Sp2	Amendoeira	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Heliófita; espécie exótica (invasora). Dispersão: zoocórica	T1
Sp3	Angelim	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Fabaceae	Heliófita; secundária inicial a secundária tardia. Ocorre em solos úmidos e áreas ciliares. Espécie chave para a recuperação florestal. Floração: junho a agosto. Polinização: melitofilia. Frutificação: janeiro a junho. Dispersão: zoocórica; quiropterocoria	T8

Sp4	Bom nome	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Celastraceae	Espécie da submata; comum em áreas muito secas e, ou, com solo "compactado ou cascalhento". É recomendável para a recuperação de ambientes degradados na caatinga, especialmente ciliares, porém exibe crescimento lento. Floração: variável de acordo com o estado de ocorrência; outubro (em SE). Polinização: melitofilia. Frutificação: março a maio. Dispersão: zoocórica.	T1; T7
Sp5	Braúna	<i>Schinopsis brasilienses</i> Engl.	Anacardiaceae	Heliófito; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: junho a setembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro e novembro. Dispersão: anemocórica.	T2
Sp6	Cajazeira	<i>Spondias cf. mombin</i> L.	Anacardiaceae	Heliófito; xerófito; nativa do semiárido nordestino do Brasil; secundária tardia. Ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Decidual, em áreas ciliares, várzeas e de terra firme (plantio). Floração: junho a julho. Polinização: melitofilia. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: zoocórica; ictiocórica.	T6; T7
Sp7	Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Heliófito; pioneira; ocorre em solos arenosos e, ou, bem drenados. Floração: junho a novembro. Polinização: entomofilia. Frutificação: setembro a janeiro. Dispersão: zoocórica	T8
Sp8	Cambuí	<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Myrtaceae	Nativa. Espécie secundária; pode ocorrer em solos arenosos inundáveis e não-inundáveis. Floração: setembro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro a março. Dispersão zoocórica.	T8
Sp9	Caroba	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Bignoniaceae	Heliófito; ocorre em áreas úmidas e baixas; pioneira. Floração: agosto a setembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: fevereiro a março. Dispersão: autocórica (fruto); anemocórica (semente).	T8
Sp10	Canela de cutia	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	Rutaceae	Esciófito; secundária tardia e clímax. Floração: dezembro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: autocórica.	T8
Sp11	Catingueira	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz	Fabaceae	Heliófito; xerófito; pioneira; endêmica; adaptável aos diferentes solos, incluindo solos pobres e pedregosos. Floração: outubro a fevereiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: dezembro e junho. Dispersão: autocórica (barocórica).	T4; T7



Sp12	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) S. Moore	Bignoniaceae	Heliófita; secundária; tolerante a solos salinos; frequente em áreas ciliares. Floração: agosto e setembro. Polinização: ornitofilia. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: anemocórica.	T1
Sp13	Croton; Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus</i> Baill	Euphorbiaceae	Pioneira; nativa da Caatinga; frequente em áreas antropizadas. Floração: julho a dezembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: janeiro a julho. Dispersão: autocórica	T3; T4; T5
Sp14	Unha de gato	<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	Fabaceae	Heliófita; pioneira e secundária inicial; de ampla distribuição na América Latina. Floração: janeiro a março. Polinização: zoofilia. Frutificação: fevereiro a setembro. Dispersão: anemocórica; zoocórica	T7
Sp15	Morfotipo 1	Informação dependente da confirmação da identificação da espécie			T6
Sp16	Morfotipo 2	Informação dependente da confirmação da identificação da espécie			T7
Sp17	Gameleira	<i>Ficus glabra</i> Vell.	Moraceae	Heliófita; ocorre em áreas úmidas; pioneira. Floração: maio a junho. Polinização: entomofilia; melitofilia. Frutificação: agosto a setembro. Dispersão: ornitocórica; quireptocórica.	T8
Sp18	Ipê roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	Heliófita; ocorre preferencialmente em floresta estacional semidecídua ou decídua. Floração: maio a agosto. Polinização: melitofilia. Frutificação: setembro a outubro. Dispersão: anemocórica.	T7
Sp19	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Heliófita; seletiva higrófita; ocorre nas matas ciliares, em áreas temporariamente ou permanentemente inundáveis; espécie secundária. Floração: outubro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a fevereiro. Dispersão: autocórica; zoocórica.	T3
Sp20	Juá	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Rhamnaceae	Heliófita; pioneira; geralmente rara ou em frequência reduzida. Floração: variável (maio a junho em PE; setembro na BA). Polinização: melitofilia. Frutificação: junho a julho. Dispersão: zoocórica.	T1; T2; T5; T6
Sp21	Jurema	Informação dependente da confirmação da identificação da espécie			T5
Sp22	Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Mimosaceae	Heliófita; pioneira à formação secundária de áreas de várzea e/ou solo úmido e profundo, porém também se desenvolve sob restrição hídrica; indicada para a recuperação de áreas ciliares degradadas. Floração: novembro a fevereiro (período de estiagem). Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a fevereiro (período de estiagem). Dispersão: autocórica.	T2



Sp23	Mangue-branco	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn.	Combretaceae	Espécie típica do mangue; em áreas com menor salinidade tende a ser a espécie dominante. Rebrotar com facilidade. Floração: novembro a fevereiro. Polinização: entomofilia, provável melitofilia. Frutificação: janeiro a maio. Dispersão: autocórica.	T9
Sp24	Morfotipo 3	Informação dependente da identificação da espécie.			T3
Sp25	Leiteiro	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	Heliófito; pioneira, secundária inicial ou clímax (com exigência de alta luminosidade). Floração: outubro a novembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: dezembro. Dispersão: barocórica; zoocórica.	T9
Sp26	Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex. Steud.	Boraginaceae	Heliófito; espécie secundária. Comum em áreas ciliares, com preferência por solo mais férteis. Floração: maio a junho. Polinização: abelhas e insetos. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: anemocórica.	T8
Sp27	Maçaranduba	<i>Manilkara elata</i> (Allemao ex Miq.) Monach.	Sapotaceae	Heliófito; seletiva xerófito; secundária tardia ou clímax. Floração: maio a julho. Polinização: melitofilia. Frutificação: agosto a setembro. Dispersão: zoocórica.	T8
Sp28	Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i> D.C.	Cactaceae	Xerófito; pioneira. Floração: novembro a janeiro (logo após as primeiras chuvas). Polinização: quiropterofilia. Frutificação: janeiro a março. Dispersão: zoocórica.	T2; T6
Sp29	Morfotipo 4	Informação dependente da identificação da espécie.			T3; T5
Sp30	Morfotipo 5	Informação dependente da identificação da espécie.			T3
Sp31	Morfotipo 6	Informação dependente da identificação da espécie.			T5
Sp32	Morfotipo 7	Informação dependente da identificação da espécie.			T6
Sp33	Murta	<i>Myrtus</i> cf. L.	Myrtaceae	Informação dependente da confirmação da identificação da espécie.	T8
Sp34	Morfotipo 8	Informação dependente da identificação da espécie.			T7
Sp35	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Apocynaceae	Heliófito; secundária. Floração: julho a outubro. Polinização: esfingofilia. Frutificação: julho a novembro. Dispersão: anemocórica.	T1
Sp36	Morfotipo 9	Informação dependente da identificação da espécie.			T8
Sp37	Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T. D. Penn.	Sapotaceae	Heliófito; seletiva higrófito; comum em áreas ciliares e várzeas úmidas. Floração: outubro a dezembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: janeiro a abril. Dispersão: ornitocórica.	T1; T3

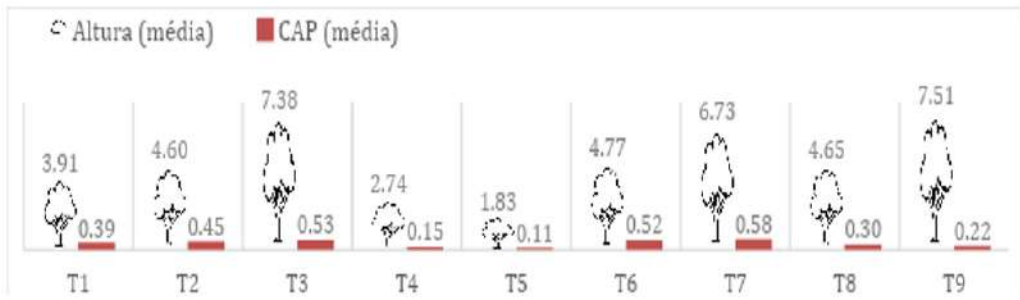


Sp38	Mangue-vermelho	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Espécie típica do mangue; halófito facultativa; comumente na franja do bosque de mangue, ao longo do curso do rio. Em áreas sob baixo impacto antrópico= Floração: ao longo de todo o ano, especialmente de abril a junho e de novembro a março. Frutificação: julho a março. Polinização: vento e insetos. Dispersão: propágulos.	T9
Sp39	Samambaia do mangue; avencão	<i>Acrostichum aureum</i> L.	Pteridaceae	Halófito facultativa; comum em pantanos salobrosos e em florestas de manguezal perturbadas. Progação por esporos; propagação vegetativa: divisão de tufos ou do rizoma.	T9
Sp40	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Fabaceae	Espécie climáx e, ou, secundária inicial. Floração: setembro a novembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: julho a janeiro. Dispersão: autocórica.	T6
Sp41	Trapiá	<i>Crateva tapia</i> L.	Capparaceae	Heliófito; secundária; grande tolerância ao alagamento. Utilizada para recomposição de áreas degradadas. Floração: agosto a novembro. Polinização: melitofilia; quiropterofilia. Frutificação: dezembro a janeiro. Dispersão: zoocórica.	T2
Sp42	Tucum	<i>Bactris setosa</i> Mart.	Arecaceae	Pioneira; secundária tardia; ocorre em áreas encharcadas, alagadas. Floração: novembro a dezembro. Polinização: entomofilia; melitofilia. Frutificação: janeiro a março. Dispersão: zoocórica.	T8
Sp43	Velame	<i>Croton cf. heliotropiifolius</i> Kunth	Euphorbiaceae	Heliófito; pioneira. Polinização: abelhas e moscas silvestres. Dispersão: mirmecórica.	T2

*Fonte: CNCFlora (2022); CRPol (2022); Silva et al. (2021); Nema (2021); Benevides et al. (2021); Howard (2019); Machado (2019); Programa Arboretum (2017); Nadia et al. (2014); Carvalho (2007; 2008; 2010; 2014); Arborecer (2009); Lorenzi (2006).

As espécies florestais apresentaram altura média variável de 1,83 m (T5) a 7,51 m (T9) (Figura 4). Quanto às medidas de CAP, associadas ao crescimento secundário das espécies vegetais, os menores valores foram exibidos pelas espécies estabelecidas T4 e T5. Nestas áreas, havia indícios de perturbação ambiental, evidenciados por marcas de cortes nas árvores, com sinais de rebrota (Figura 6) e o estabelecimento das espécies em áreas ciliares com fortes evidências de assoreamento (Figura 7). Os maiores valores médios de CAP são exibidos em espécies estabelecidas em T3, T6 e T7 (Figura 5).

Figura 5 - Média de altura e circunferência (CAP), em metros, das espécies lenhosas estabelecidas em florestas ciliares no Baixo São Francisco, unidades amostrais T1 a T9



Fonte: AUTORES, 2022.

Figura 6 - Rebrota em espécie lenhosa em fragmento florestal ciliar, em Traipu, Alagoas



Fonte: SILVA, 2021.

Figura 7 - Espécies lenhosas estabelecidas em área ciliar de riacho intermitente, com fortes evidências de assoreamento, em São Brás, Alagoas



Fonte: ALMEIDA, 2021.

Os resultados relativos à diversidade das comunidades vegetais estudadas são resumidos na Figura 8. Uma das razões para os índices de diversidade serem utilizados para avaliação da composição das comunidades é a necessidade de se considerar, ao mesmo tempo, a riqueza das espécies e sua abundância relativa.

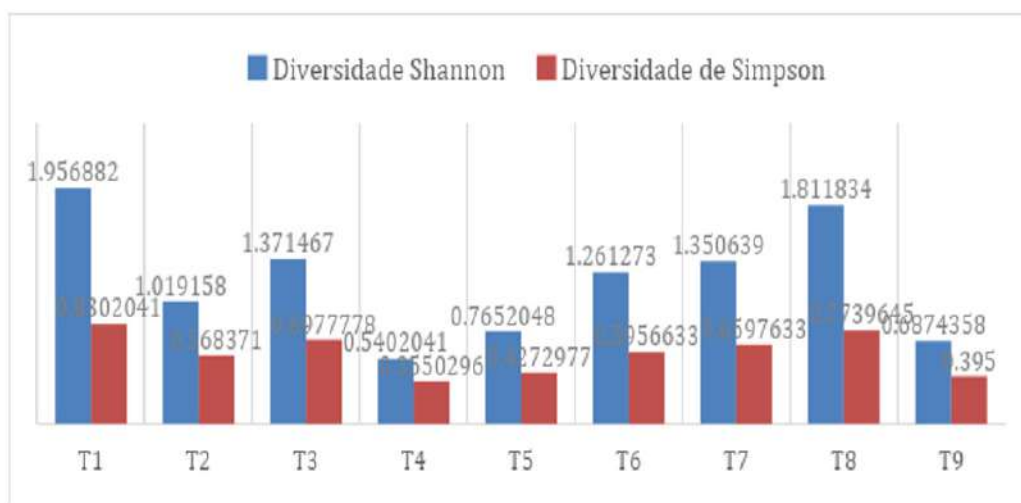
Com efeito, os trabalhos nesta área da Biologia costumam utilizar pelo menos dois índices para representar a diversidade nas comunidades, sendo que, geralmente, um deles trata da riqueza entre as localidades e outro é baseado na equitabilidade das abundâncias relativas.

Numa primeira aproximação, os resultados deste estudo revelam que o ambiente menos diverso, tanto na dimensão de riqueza de espécies vegetais (Shannon), quanto na dimensão de equitabilidade das abundâncias relativas (Simpson), é a localidade T4, que equivale às áreas avaliadas no município de Traipu (AL). Em contraste, as áreas amostradas que tiveram os maiores índices de diversidade nas duas dimensões foram encontradas no município de Piranhas (AL).

Não houve correlação significativa entre as medidas de diversidade da comunidade vegetal e os parâmetros de fertilidade do solo considerados ($p < 0,05$). Possivelmente, fatores não abordados neste estudo possuem mais associação com a diversidade de plantas nos ambientes ciliares da região do BSF do que a fertilidade do solo de 0 cm a 20 cm de profundidade.



Figura 8 - Índice de Diversidade de Shannon e Índice de Diversidade de Simpson das espécies florestais ciliares da região do Baixo São Francisco



Fonte: AUTORES, 2022.

Os resultados da análise de solo demonstram que, de modo geral, os solos da região do BSF podem ser considerados como de baixa fertilidade (Tabela 2). Embora esta seja uma característica comum aos solos observados na região, alguns nutrientes, como Na, apresentaram ampla variação entre as áreas. Mesmo assim, tais variações da disponibilidade de nutrientes para as plantas não foram suficientes para afetar sensivelmente as comunidades vegetais sob o ponto de vista da diversidade. Tal resultado leva à refutação da hipótese de que fertilidade e diversidade vegetal fossem correlacionadas na região.

Tabela 2 - Análise de fertilidade dos solos de ambientes ciliares na região do Baixo São Francisco, 2021

Unidade amostral	M.O (g.kg ⁻¹)	pH H ₂ O	Ca	Mg (mmolc.dm ⁻³)	H+Al	Al	P	K (mg.dm ⁻³)	Na	
T1	P1	32,7	6,5	44,7	50,8	14,1	0,2	279,3	253,1	74,0
	P3	22,0	7,3	117,4	43,8	5,3	0,1	567,8	167,1	65,4
	P5	17,8	6,5	117,3	15,7	16,8	0,2	215,6	129,1	28,8
	P6	15,3	6,4	47,5	22,9	21,8	0,4	339,2	164,1	47,4
T2	P2	18,3	5,4	28,3	32,2	43,3	0,9	138,1	138,1	68,6
	P3	12,9	5,8	46,1	47,8	27,3	0,4	260,5	232,1	39,7
	P4	13,2	5,5	31,0	52,1	38,5	0,7	220,6	95,9	52,3
	P5	19,8	5,1	32,3	42,4	49,8	2,4	238,1	71,6	58,8
T3	P1	11,4	6,1	31,8	61,8	17,8	0,2	18,7	114,1	469,3
	P2	28,9	6,8	41,0	42,1	13,1	0,2	30,2	133,1	237,3
	P3	18,0	6,6	37,2	43,2	12,3	0,2	30,1	153,1	329,3
	P4	7,5	7,2	35,6	23,4	5,2	0,0	25,7	577,1	74,6

T4	P1	23,3	6,2	33,2	23,8	38,8	0,2	14,5	195,1	20,6
	P2	18,7	6,8	35,6	33,5	17,8	0,2	39,2	338,1	22,3
	P3	24,8	6,7	47,1	36,8	28,6	0,2	25,5	199,1	18,3
	P4	25,7	6,4	47,9	26,4	27,5	0,3	25,1	154,1	27,9
T5	P1	18,4	5,3	8,6	10,1	57,4	8,0	2,4	104,1	19,4
	P2	30,5	5,1	15,0	19,0	52,6	1,2	3,0	243,1	21,5
	P3	15,3	5,0	6,9	8,9	56,4	9,1	1,0	95,4	18,0
	P4	17,2	5,2	12,4	13,2	36,1	1,3	2,8	184,1	16,1
T6	P1	32,5	5,5	94,1	43,1	44,8	0,4	5,0	247,1	57,2
	P2	41,5	5,1	55,3	32,7	52,2	1,2	7,9	219,1	37,2
	P3	32,7	4,9	63,5	39,5	47,2	2,7	3,3	117,1	40,0
	P4	23,5	5,8	88,5	72,5	32,5	0,4	13,0	124,1	62,0
T7	P1	47,7	5,3	36,4	27,1	62,3	0,4	22,7	254,1	50,5
	P2	49,9	6,3	83,9	36,2	32,0	0,1	7,4	362,1	20,7
	P3	47,1	6,0	45,1	27,4	38,0	0,5	6,7	168,1	18,6
	P4	30,1	4,7	15,5	9,4	76,5	7,5	3,9	97,5	10,4
T8	P1	55,6	4,1	8,3	4,7	122,4	14,7	4,5	35,8	32,0
	P2	29,0	4,1	2,6	4,4	83,4	14,8	4,6	33,5	27,5
	P3	26,7	4,3	5,4	5,3	72,6	7,4	2,8	40,9	32,2
	P4	26,4	4,0	3,9	2,9	87,5	13,2	41,7	17,0	12,0
T9		31,1	5,3	22,2	38,2	49,3	0,5	15,2	166,9	906,5

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Fauna

Com as observações realizadas na IV Expedição Científica do São Francisco, foi atualizada a lista de espécies de mamíferos não voadores registradas nos trabalhos de Dias *et al.* (2017; 2019) com ocorrência na região. A verificação, em campo, das espécies desta lista ainda tem demonstrado aumento no número, em função do crescimento do esforço amostral, o que indica que as coletas de campo devem ser mantidas.

Como destaque desta etapa do estudo, aponta-se o registro de duas espécies de carnívoros de médio porte: o guaxinim (*Procyon cancrivorus*), em Brejo Grande (SE), e a raposinha (*Cerdocyon thous*), na região de Penedinho/Piaçabuçu (AL). A lista atualizada das espécies é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Lista atualizada de espécies de aves e mamíferos, a partir dos registros efetuados durante a IV Expedição Científica do Rio São Francisco, na região do Baixo São Francisco, em novembro de 2021

Nome popular	Espécie	Ordem	Família	Registro*	Ano
Biguá	<i>Nannopterum brasilianum</i>	Suliformes	Phalacrocoracidae	Av	2021
Cabeça-seca	<i>Mycteria americana</i>	Ciconiiformes	Ciconiidae	Av	2020 e 2021

Camundongo-do-campo	<i>Calomys matthevi</i>	Rodentia	Cricetidae	-	
Cangambá	<i>Conepatus amazonicus/semistriatus</i>	Carnivora	Mephitidae	-	
Capivara	<i>Hydrochoeris hydrochaeris</i>	Rodentia	Caviidae	IL, MT; IL (2021)	2020 e 2021
Carcará	<i>Caracara plancus</i>	Falconiformes	Falconidae	Av	2020 e 2021
Colhereiro	<i>Platalea ajaja</i>	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Av	2020
Coruja-buraqueira	<i>Athene cucularia</i>	Strigiformes	Strigidae	Av	2020 e 2021
Cuica-graciosa	<i>Gracillinanus agilis</i>	Didelphimophia	Didelphidae	-	
Falcão-peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	Falconiformes	Falconidae	Fv	2020 e 2021
Garça-branca-grande	<i>Ardea alba</i>	Pelecaniformes	Ardeidae	Av	2020 e 2021
Garça-branca-pequena	<i>Egretta thula</i>	Pelecaniformes	Ardeidae	Av	2020 e 2021
Garça-moura	<i>Ardea cocoi</i>	Pelecaniformes	Ardeidae	Av	2020 e 2021
Garça-vaqueira	<i>Bubulcus ibis</i>	Pelecaniformes	Ardeidae	Av	2020 e 2021
Gato-do-mato	<i>Leopardus tigrinus</i>	Carnivora	Felidae	MT	2020
Gavião-caramujeiro	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Accipitriformes	Accipitridae	Av	2020 e 2021
Gavião-carijó	<i>Rupornis magnirostris</i>	Accipitriformes	Accipitridae	Av	2020 e 2021
Irerê	<i>Dendrocygna viduata</i>	Anseriformes	Anatidae	Av	2020 e 2021
Jaçanã	<i>Jacana jacana</i>	Charadriiformes	Jacanidae	Av	2020 e 2021
Jaguarundi	<i>Puma yagouaroundi</i>	Carnivora	Felidae	-	
Jaguatirica	<i>Leopardus pardalis</i>	Carnivora	Felidae	-	
Lontra	<i>Lontra longicaudis</i>	Carnivora	Mustelidae	MT, IL	2020 e 2021
Mão-pelada	<i>Procyon cancrivorus</i>	Carnivora	Procyonidae	V	2021
Martim-pescador	<i>Megasceryle torquata</i>	Coraciiformes	Alcedinidae	Av	2021
Mocó	<i>Kerodon rupestris</i>	Rodentia	Caviidae	IL, Av	2020 e 2021
Pato-de-crista	<i>Sarkidiornis sylvicola</i>	Anseriformes	Anatidae	Av	2020 e 2021
Pato-do-mato	<i>Cairina moschata</i>	Anseriformes	Anatidae	Av	2020
Pernilongo-costas-negras	<i>Himantopus mexicans</i>	Charadriiformes	Recurvirostridae	Av	2020 e 2021
Preá	<i>Galea spixii</i>	Rodentia	Caviidae	IL	2020
Punaré	<i>Thrichomys laurentius</i>	Rodentia	Echimyidae	C	2020
Quero-quero	<i>Vanellus chilensis</i>	Charadriiformes	Charadriidae	Av	2020 e 2021
Quiri-quiri	<i>Falco sparverius</i>	Falconiformes	Falconidae	Av	2020 e 2021
Raposinha	<i>Cerdocyon thous</i>	Carnivora	Canidae	MT, V, CA	2020 e 2021
Rato-bico-de-lacre	<i>Wiedomys pirihomus</i>	Rodentia	Cricetidae	-	
Rato-cachorro	<i>Monodelphis domestica</i>	Didelphimophia	Didelphidae	-	



Saracura-do-brejo	<i>Aramides cajaneus</i>	Gruiformes	Rallidae	Av	
Saruê	<i>Didelphis marsupialis</i>	Didelphimophia	Didelphidae	IL, MT	2020
Socó-boi	<i>Tigrisoma lineatum</i>	Pelecaniformes	Ardeidae		2021
Socozinho	<i>Butorides striata</i>	Pelecaniformes	Ardeidae	Av	2020 e 2021
Soín	<i>Callitrix jacchus</i>	Primates	Callitrichidae	MT	2020 e 2021
Tamanduá-mirim	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Pilosa	Myrmecophagidae	MT	2020 e 2021
Tatu-galinha	<i>Dasytus novencintus</i>	Cingulata	Dasypodidae	MT	2020
Tatu-peba	<i>Euphractus sexcintus</i>	Cingulata	Dasypodidae	IL	2020
Urubu-cabeça-vermelha	<i>Cathartes aura</i>	Cathartiformes	Cathartidae	Av	2021
Urubu-de-cabeça-preta	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartiformes	Cathartidae		2021
Veado catíngueiro	<i>Mazama goazoubira</i>	Artiodactyla	Cervidae	MT, IL(2021)	2020 e 2021

*Os registros realizados basearam-se em: captura física (C); avistamento direto (Av); vestígios (V); Informante local (IL); foto/vídeo (Fv); Museu Traipu (MT); Carcaça atropelada (CA).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.



Registro avulso

- Presença de rebanho de búfalos na margem alagoana – espécie exótica.

Rastros e indícios observados em campo

- Rastros de raposinha na RPPN (unidade amostral T7) (Figura 9);
- Rastros de mão-pelada no mangue, dia 09/11/2021 (Figura 10);
- Dia 9 de novembro, raposinha atropelada na região de Penedinho/Piaçabuçu (AL), na estrada de acesso à fazenda (unidade amostral T8) (Figura 11).

Informações sobre animais recebidas de pessoas

- Senhor Vítor (pescador da equipe da Expedição, residente em Neópolis/SE) indicou a presença de veado-catingueiro em morro (reserva) próximo de Gararu – informações obtidas de caçadores conhecidos por Vítor;
- Senhor Rodrigo (pescador da equipe da expedição) viu lontra quando foi retirar covos de camarão (na madrugada do dia 31/10/2021), próximo a Traipu;
- Na região de Penedinho (AL), tivemos o apoio em campo do Senhor Messias, que indicou local em que viu pessoalmente tamanduá-mirim, com filhotes;
- Na região da foz do São Francisco, próximo ao ponto de coleta realizada no mangue (T9), falamos com dois moradores, um deles conhecido como Ginaldo Pescador (nós o filmamos lançado a tarrafa), que nos indicou a ocorrência do macaco-do-mangue (*Sapajus xanthosternos*) na ilha conhecida como Mamona, próxima à região onde estivemos, porém à montante do ponto de coleta T9; no mesmo braço de rio, um morador do “Porto da Cruz” também confirmou a ocorrência do macaco naquela região, indicando as primeiras horas da manhã como melhor horário para avistar o animal.

Figura 9 - Local com pegadas onde raposinha (*Cerdocyon thous*) escavou o solo, em Propriá (SE), em 06/11/2021



Fonte: PIOVEZAN, 2021.

Figura 10 - Pegada de guaxinim (*Procyon cancrivorus*) no mangue, na margem sergipana da foz do Rio São Francisco, em 09/11/2021



Fonte: PIOVEZAN, 2021.

Figura 11 - Raposinha (*Cerdocyon thous*) atropelada na região de Penedinho/Piaçabuçu (AL), em 09/11/2021



Fonte: PIOVEZAN, 2021.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises exploratórias e descritivas-quantitativas desenvolvidas na Expedição Científica do São Francisco permitiram ampliar os dados e as informações referentes aos fragmentos florestais ciliares e à fauna associada. Os achados da pesquisa demonstram que se faz necessário realizar mais trabalhos de campo e atividades de monitoramento contínuo, a fim de representar com propriedade a diversidade de espécies que a região possui.

Para além da identificação da escassez de fragmentos florestais na faixa de proteção legal do Rio São Francisco, aponta-se, aqui, a pulverização destas áreas, que, em número elevado e tamanho reduzido, correm risco de desaparecimento, com sérios prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Diante do exposto, e considerando as tensões ambientais nas áreas ciliares do Rio São Francisco e de seus tributários, percebe-se a urgência de realização de ações de preservação e conservação para a melhoria da qualidade ambiental destas áreas. Sugere-se, fortemente, que iniciativas de recuperação e de educação ambiental sejam implementadas, especialmente voltadas aos proprietários de terra e/ou moradores das áreas ribeirinhas do BSF.



REFERÊNCIAS

ABORCENTER. **Figueira Gameleira (*Ficus glaba Vell*)**, 2009. Disponível em: <https://tinyurl.com/mwncn2f5>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BENEVIDES, J.A.J.; MAIA, R.C.; SILVA, C.H.V.I. Monitoramento fenológico para avaliação de impacto ambiental em manguezais estuarinos no Nordeste do Brasil. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v.31, n.4, p.1631-1653, dez. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/nvXrKFjyWvCqdM7rZJnGsJn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BORATTO, I.M.P.; GOMIDE, R.L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Inpe, 2013.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Coleção Espécies Arbóreas**, v.1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas/Colombo: Embrapa Florestas. Brasília, 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/305634>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Coleção Espécies Arbóreas**, v.3. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas/Colombo: Embrapa Florestas. Brasília, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/305634>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Coleção Espécies Arbóreas**, v.4. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas/Colombo: Embrapa Florestas. Brasília, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/305634>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Coleção Espécies Arbóreas**, v.5. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas/Colombo: Embrapa Florestas. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/305634>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CARVALHO, P.E.R. Juazeiro: *Ziziphus joazeiro*. **Embrapa Florestas-Circular Técnica (Infoteca-E)**, 2007. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p8bvpd4>.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). *Handroanthus impetiginosus* Mattosin **Lista Vermelha da Flora Brasileira**, versão 2012.2. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus impetiginosus](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus%20impetiginosus). Acesso em: 20 abr. 2022.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. 2011. Disponível em: <https://tinyurl.com/5awta2te>. Acesso em: 20 abr. 2022.

DIAS, D.M. *et al.* Habitat selection by mammals in an isolated fragment of Brazilian Atlantic Forest. **Ecotropica**, v.21, p.2193, 2019.

DIAS, D.M. *et al.* Preliminary survey of the nonvolant mammals of a remnant of coastal restinga habitat in eastern Sergipe, Brazil. **Natureza Online**, v.15, n.2, p.32-41, 2017.

GARCIA, J.; ROMEIRO, A.R. Modelagem Econômico-Ecológica como apoio para a avaliação dos serviços ecossistêmicos em Bacias Hidrográficas. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v.29, n.1, p.33-52, 2019.

HOWARD, R.A. **Germinação de sementes de espécies amazônicas**. Brasília: Embrapa, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS (IPE). *Bactris setosa* Mart. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n6whym7>. Acesso em: 20 abr. 2022.

JANSSEN, P. *et al.* Divergence of riparian forest composition and functional traits from natural succession along a degraded river with multiple stressor legacies. **Science of The Total Environment**, v.721, p.137-730, 2020. ISSN 0048-9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137730>.

LABORATÓRIO DE MANEJO FLORESTAL DA UNICENTRO. *Crataeva tapia* L. cabaceira-do-pantanal. **Compêndio Online Gerson Luiz Lopes**, 2012. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/crataeva-tapia-l-cabaceira-do-pantanal>. Acesso em: 20 abr. 2022.

LANGANKE, G. *et al.* Selection and application of spatial indicators for nature conservation at different institutional levels. **Journal for Nature Conservation**, v.13, n.2-3, p.101-104, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2005.01.005>.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.



- MACHADO, L.P. **Impacto de *Terminalia cattapa* L. na regeneração de restinga no sul do Brasil**. 2019. 63f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- MATIAS, L. *et al.* Ecologia da paisagem aplicada à análise ambiental e temporal da vegetação remanescente em Penedo, Alagoas. **Geoambiente On-Line**, n.37, p.322-342, 2020.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. **Ecological Applications**, v.12, p.335-345, 2002.
- NADIA, T.L.; MACHADO, I.C. Wind pollination and propagule formation in *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae): resource or pollination limitation?. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, n.1, p.229-238, 2014.
- NÚCLEO DE ECOLOGIA E MONITORAMENTO AMBIENTAL (NEMA). **Espécie do mês: marmeleiro**. 2021. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p8nubjp>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- PL@NTUSE PROJECT. ***Acrostichum aureum* (Prosea)**. 2016. Disponível em: [https://uses.plantnet-project.org/en/Acrostichum_aureum_\(PROSEA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Acrostichum_aureum_(PROSEA)). Acesso em: 20 abr. 2022.
- PLANET TEAM. **Planet Application Program Interface: in Space for Life on Earth**. San Francisco, 2017. Disponível em: <https://api.planet.com>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- PROGRAMA ARBORETUM. ***Anacardium occidentale***. 2021. Disponível em: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/48/cajueiro>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- PROGRAMA ARBORETUM. ***Jacaranda puberula***. 2017. Disponível em: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/75/carobinha>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- REDE DE CATÁLOGOS POLÍNICOS ON-LINE (RCPOL). ***Clitoria fairchildiana* R.A. Howard**. 2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yeytc5vb>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- SANTOS, A. *et al.* Causes and consequences of seasonal changes in the water flow of the São Francisco river in the Semiarid of Brazil. **Environ. Sustain. Indic.**, v.8, p.100084, 2020.
- SILVA, M.D. *et al.* Diagnóstico Ambiental da Mata Ciliar do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.; SILVA, J.V. (Orgs.). **Relatório da III Expedição do Rio São Francisco**. Maceió: Agência Peixe Vivo, 2021. Disponível em: <https://tinyurl.com/ye5j8mww>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- TONKIN, J.D. *et al.* Flow regime alteration degrades ecological networks in riparian ecosystems. **Nature Ecology & Evolution**, v.2, p.86-93, 2018.



CAPÍTULO 16 - DIAGNÓSTICO DO ASPECTO CÊNICO DA PAISAGEM COM ÊNFASE NOS RECURSOS NATURAIS NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO A PARTIR DE IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Rychardson Rocha de Araújo¹

João Thiago Gomes de Farias²

Mário Jorge Campos³

Wendel de Melo Massaranduba⁴



Resumo: As observações de uso e ocupação do solo através do mapeamento mostram um elevado grau de complexidade no processo de automação, por apresentar diversas classes e um nível de detalhe extremamente variável. A geração de mapas de uso e ocupação do solo está sujeita à obtenção de produtos do sensoriamento remoto, a partir de diversos métodos de aquisição e técnicas de classificação e de obtenção de dados em campo, caracterizando-se como etapas essenciais no processo de elaboração do produto final. O objetivo principal deste capítulo foi avaliar as aplicações da plataforma Vant em três contextos distintos: (1) agrícola, apresentando como plataformas comerciais embarcadas com sensores de menor sensibilidade podem oferecer resultados relevantes ao seu monitoramento; (2) ecossistêmicos, expondo como a utilização dos Vants como ferramenta complementar aos métodos convencionais de campo podem refletir em melhorias na caracterização de sistemas naturais e na manutenção da resiliência ecossistêmica e (3) os sistemas hídricos, demonstrando como sensores e aeronaves mais robustas podem fortalecer os estudos de conservação e subsidiar programas de monitoramento das águas interiores, manejo e conservação do solo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Geotecnologia. Processamento de Imagem. Vegetação. Uso e Ocupação do Solo.

INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta uma descrição da diversidade do aspecto cênico das macropaisagens do Nordeste brasileiro no Estado de Alagoas, localizados na região semiárida da Bacia do Rio São Francisco (BHSF), do ponto de vista de seus recursos naturais e da sua dinâmica social. Ocupando 8% do território nacional, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco compreende uma extensão 2.863 km e uma área de drenagem de aproximadamente 640 mil km².

1 Prof. D.Sc. do Departamento de Engenharia Agrícola (UFS).

2 Técnico em Estradas – 5ª Superintendência Regional da Codevasf.

3 Prof. D.Sc. do Departamento de Engenharia Florestal (UFS).

4 Eng. Agro. M.Sc. em Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Agrícola (UFS).

O São Francisco passa por cinco Estados brasileiros: Minas Gerais, onde o rio nasce, na Serra da Canastra, percorrendo os Estados da Bahia e de Pernambuco, até o Oceano Atlântico, onde deságua na divisa dos Estados de Alagoas e Sergipe.

No Brasil, o uso das geotecnologias é recorrente em diversas áreas do conhecimento científico, tornando-se indispensável em pesquisas geográficas e no monitoramento ambiental. Aliado às geotecnologias está o geoprocessamento de informações de dados da superfície terrestre, englobando o agrupamento de tecnologias associadas a: coleta de dados, processamento e tratamento da informação espacial, análise e oferta de informações com referência geográfica.

Com o avanço da tecnologia digital, os custos para o mapeamento da paisagem têm diminuído e, atualmente, os Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants) têm se popularizado como nova plataforma para o sensoriamento remoto.

Diante da importância, são apresentadas as etapas metodológicas principais do zoneamento na área supracitada, que visa caracterizar e espacializar os diversos ambientes em função da diversidade dos recursos naturais e agrossocioeconômicos.

Dentre outras aplicações, o referido capítulo pretende fornecer uma melhor orientação às ações de planejamento, tratos culturais, restauração de ambientes antropizados e da paisagem, resultando, desta forma, na racionalização da aplicação do aspecto cênico para conservação e recuperação do meio ambiente.

Considerando que as ações de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área rural necessitam da integração das investigações interdisciplinares de natureza agroecológica e agrossocioeconômica, foi desenvolvida e aprimorada uma metodologia de diagnóstico do meio natural, tendo como base o auxílio da Unidade Geoambiental (UG). Entende-se como UG a aplicabilidade da realidade diversa, de acordo com as áreas de atuação (Geografia, Ecologia, Pedologia, dentre outras), sempre evidenciando aquela que melhor atenda às metas do desenvolvimento do ambiente como um todo.

A definição da UG como uma ferramenta especializada, como substrato (material de origem do solo), a vegetação natural, o modelado (relevo) e a natureza e distribuição dos solos na paisagem constituem um conjunto cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala cartográfica.

Aspecto da paisagem no Semiárido

O Semiárido brasileiro apresenta diversidade paisagística, sendo conhecido pelos planaltos e depressões que ali estão localizados, o que proporciona o desenvolvimento de uma variedade que, em conjunto com a geologia, a geomorfologia, o clima, os solos e a vegetação propiciará a formação de diversos habitats.

O cênico da paisagem semiárida varia entre chapadas com altitudes acima de 800 m, com relevo acidentado, e, geralmente, apresenta vegetação de Caatinga hipoxerófila. Os maciços e as serras baixas destacam-se por seu relevo acidentado, solos de alta fertilidade e vegetação de florestas ou Caatingas, atualmente com um grau elevado de antropização.

A concepção de paisagem está inteiramente relacionada ao aspecto do natural, visual e estético (VITTE, 2010). No sentido etimológico, a palavra paisagem é dotada de vários significados, variando entre os países e as diversas línguas: na França, remete ao sentido de região, território, nação; em hebraico, relaciona-se a algo maravilhoso; em inglês, diz respeito à organização dos campos, estando também associada a cenário, e, em holandês, deriva do



alemão, significando unidade de ocupação humana (PASSOS, 2003; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017).

Segundo Vitte (2007), o termo paisagem associa-se a uma conotação espacial, o que a faz ser caracterizada sob duas perspectivas: estética, que corresponde a uma representação voltada para a aparência estética, e/ou geopolítica, designando uma unidade territorial para o desenvolvimento de comunidades humanas.

O aspecto da paisagem apresenta-se como um arcabouço tanto teórico, como metodológico para estudar o meio ambiente mediante a análise integrada da paisagem, fazendo uso de procedimentos técnicos e operacionais que permitem identificar a forma, a estrutura e a função do cênico paisagístico para que seja possível subsidiar diagnósticos e análises ambientais aplicáveis na gestão e no planejamento ambiental do território (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017).

Segundo Silva, Gorayeb e Rodriguez (2010), o aspecto da paisagem estabelece uma abordagem teórico-metodológica com enfoque sistêmico e interdisciplinar. Esta abordagem pode ser utilizada para subsidiar o planejamento territorial, fornecendo um diagnóstico operacional que tem por objetivo classificar e cartografar as unidades das paisagens em uma determinada área ou território.

Já Silva e Rodriguez (2011) reforçam que, na atualidade, as paisagens refletem mudanças das feições naturais, devido aos intensos processos de ocupação e transformação ambiental, que resultam em impactos de “antropização” – um conjunto constituído por feições naturais, sociais e culturais.

Desta forma, a análise sistêmica da paisagem engloba os elementos da natureza, da economia, da sociedade e da cultura em um contexto amplo, composto por variáveis que buscam representar a dinâmica da natureza como um sistema, que se relaciona com o homem, constituindo sistemas complexos (BARROS, 2011; CAVALCANTI, 2014).

Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants)

A terminologia drone e/ou Vant é mais usual nos Estados Unidos e está sendo utilizada para referir-se a veículos aéreos não tripulados que incluem, normalmente, a aplicação mais ativa com robótica e que apresentam mais independência em seu funcionamento. A década de 1970 ficou conhecida como sendo o início da área moderna dos Vants, especificamente nos Estados Unidos e em Israel, com projetos mais acessíveis e pequenos (LONGHITANO, 2010).

A obtenção de dados de sensoriamento remoto em nível aéreo está ganhando força devido à recente popularização dos Vants, também conhecidos como Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) ou, traduzindo para o português, Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente. O uso destes equipamentos e plataformas está se tornando de grande valor para pesquisas em geral (JORGE; INAMASU, 2014; LINHARES, 2016).

No Brasil, os primeiros relatos de experimentos envolvendo Vants remetem à década de 1980, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã, que tinha como objetivo o desenvolvimento de plataforma, visando à ampliação do conhecimento nas áreas de controle, telecomando e telemetria. Como consequência de tais experimentos, foram construídos cinco protótipos, que realizaram o primeiro voo em 1985 (OLIVEIRA, 2005).

A forma mais usual de se referir a uma aeronave que não leva a bordo uma tripulação é definida como Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant). A expressão vem do termo em inglês *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), que se tornou popular no início dos anos 1990 e foi adotado



para substituir o termo *Remotely Piloted Vehicle* (RPV), usado durante e após a Guerra do Vietnã (NEWCOME, 2004; BORNE, 2014).

O uso de Vants para análise, diagnóstico e monitoramento ambiental pode fornecer uma ferramenta inovadora em relação à melhoria nos processos de gestão ambiental.

Atualmente, são encontrados diversos tipos, tamanhos e modelos de Vant, o que facilitou a incorporação de novas tecnologias (PÁDUA *et al.*, 2017). Assim, de maneira geral, estas aeronaves que são categorizadas entre asa fixa, multirrotores e híbridos, diferenciam-se não só em relação à classificação, mas também em autonomia de voo e sensores a serem embarcados (BACKES, 2007; SIMARD *et al.*, 2011; WATTS *et al.*, 2012; PANEQUE-GALVEZ *et al.*, 2014).

As vantagens dos Vants são a capacidade de gerar imagens com alta taxa de revisita, a resolução espacial em escala micrométrica, a capacidade de sobrevoar regiões em baixas altitudes e a segurança oferecida ao piloto e a terceiros (RASI, 2005), características que os tornam menos onerosos e com resultados superiores aos obtidos pelas demais plataformas, como os satélites (HORCHER; VISSER, 2004; WHITEHEAD; HUGENHOLTZ, 2014).

Mesmo com os benefícios apresentados, a inserção destas aeronaves no espaço aéreo ainda não é uma unanimidade, devido à ausência de uma normatização internacional. Porém, no Brasil, desde 2017, está regulamentada a aeronavegabilidade dos Vants, por conta da grande ampliação do uso destes equipamentos e do número de usuários (NACKAERTS, 2010; BRASIL, 2018).

Em contrapartida, nas finalidades científicas, as principais aplicações destas aeronaves estão relacionadas ao setor agroambiental (KOH, 2017), frente carente de produtos com escalas espaço-temporais maiores (BURKHARD; MAES, 2017), o que é uma barreira superada pelos Vants, capazes de cumprir missões em condições adversas e, assim, elevar a taxa de amostragem em uma determinada área de interesse (WATTS *et al.*, 2012).

Os destaques da sua utilização neste setor são na avaliação da estrutura da vegetação, na identificação e no monitoramento de clareiras naturais, no monitoramento da produção agrícola por índices de vegetação (FERRIER; DRIELSMA, 2010; FRANKE *et al.*, 2012; JORGE *et al.*, 2014), no cálculo de volumes para mineração (GAO, 2017; SUH; CHOI, 2017), erosão (D'OLEIRE-OLTMANN *et al.*, 2012), no monitoramento de fauna e de populações de plantas (JONES *et al.*, 2006; CHABOT; BIRD, 2012) e no mapeamento de mudanças de usos do solo (RANGO *et al.*, 2009).

Tais abordagens confirmam o potencial do uso destas plataformas, reafirmando sua importância como uma alternativa de baixo custo à obtenção de produtos de elevada precisão. Ainda, estes resultados são determinantes à consolidação nos variados cenários beneficiados, afinal, os mesmos podem subsidiar a formulação de políticas públicas adequadas à tecnologia, visto que a complexidade e a capacidade operacional dos Vants ainda representam ameaças aos cidadãos e aos demais objetos do espaço aéreo, já que os impactos sociais da utilização destas plataformas persistem como alguns dos principais fatores que influenciam a sua efetividade (SANDBROOK, 2015; STÖCKER *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi demonstrar as aplicações da plataforma Vant em três contextos distintos: (1) agrícola, apresentando como plataformas comerciais embarcadas com sensores de menor sensibilidade podem oferecer resultados relevantes ao seu monitoramento; (2) ecossistêmicos, expondo como a utilização dos Vants como ferramenta complementar aos métodos convencionais de



campo pode refletir em melhorias na caracterização de sistemas naturais e na manutenção da resiliência ecossistêmica e (3) os sistemas hídricos, demonstrando como sensores e aeronaves mais robustas podem fortalecer os estudos de conservação e subsidiar programas de monitoramento das águas interiores.

Desta forma, espera-se não só apresentar os benefícios do emprego destas plataformas em diferentes contextos e escalas de trabalho, mas também fortalecer o desenvolvimento de métodos e o aperfeiçoamento das aplicações futuras dos Vants em diferentes cenários.

Áreas de estudo

A abrangência do estudo corresponde a três áreas distintas do Baixo São Francisco, compreendendo os municípios de Pão de Açúcar, Traipu e Penedo, no Estado de Alagoas.

O município de Pão de Açúcar está situado na região centro-oeste do Estado, limitando-se, ao norte, com os municípios de São José da Tapera e Monteirópolis; à leste, com Palestina e Belo Monte; ao sul, com o Rio São Francisco/SE e a oeste, com Piranhas. A área municipal ocupa 659,12 km², inserida na mesorregião do Sertão alagoano.

A área de estudo possui aproximadamente 50 ha e está localizada entre as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 683789.879 E e 8916976.652 N zona 24S, no Domínio Hidrogeológico Fissural, composto por rochas do embasamento cristalino da Província Borborema, Sistema de Dobramento Sergipano e Maciço Pernambuco-Alagoas (SOUZA JUNIOR; MASCARENHAS; BELTRÃO, 2005a).

Localizado na região centro-sul do Estado de Alagoas, o município de Traipu limita-se, ao norte, com os municípios de Girau do Ponciano e Jaramataia; ao sul, com o Rio São Francisco; a leste, com Campo Grande, Olho d'Água Grande e São Brás, e a oeste, com Batalha e Belo Monte. A área municipal ocupa 698,8 km², inserida na mesorregião do Agreste alagoano.

A área de estudo possui, aproximadamente, 60 ha e está localizada entre as coordenadas UTM 721655.543 E e 8896351.172 N zona 24S, inserida no Domínio Hidrogeológico Fissural, Subdomínio Rochas Metamórficas (SOUZA JUNIOR; MASCARENHAS; BELTRÃO, 2005c).

O município de Penedo encontra-se inserido na região sul do Estado de Alagoas, limitando-se, ao norte, com os municípios de São Sebastião, Teotônio Vilela e Coruripe; ao sul, com o Rio São Francisco e Piaçabuçu; a leste, com Feliz Deserto, Coruripe e Piaçabuçu e a oeste, com Igreja Nova. A área municipal ocupa 687,96 km², encravada na mesorregião do Leste alagoano.

A área de estudo compreende 50 ha e está localizada entre as coordenadas UTM 773927.348 E e 8850055.358 N zona 24S, inserida no Domínio Hidrogeológico Intersticial, composto por rochas sedimentares (CPRM, 2005b).

Procedimentos em campo

Para o mapeamento das áreas de pesquisa, utilizou-se o equipamento Vant eBee Plus com tecnologia RTK/PPK embarcada, permitindo a acurácia posicional de até 3 cm sem utilização de pontos de controle em solo (Figura 1).



Figura 1 - Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) modelo eBee Plus RTK/PPK, utilizado para a obtenção de imagens aéreas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

A câmera utilizada para obtenção das imagens RGB foi a senseFly S.O.D.A. com uma resolução de 5,472 x 3,648 px (3:2) (Figura 2A). Para obtenção das imagens multiespectrais, foi utilizada a câmera MicasenseParrot Sequoia (Figura 2B), que possui quatro sensores espectrais com bandas verde, vermelha, borda vermelha e infravermelha próxima (1,2 MP), autocalibrados através de um sensor solar integrado à câmera que realiza a calibração radiométrica das imagens em tempo real, facilitando, assim, o processamento das imagens e resultando em análises mais precisas. Além disso, a Parrot Sequoia também possui um sensor RGB de 16 megapixel integrado a seu corpo.

Figura 2 - (A) Câmera senseFly S.O.D.A. para obtenção das imagens RGB; (B) Micasense Parrot Sequoia para obtenção das imagens multiespectrais



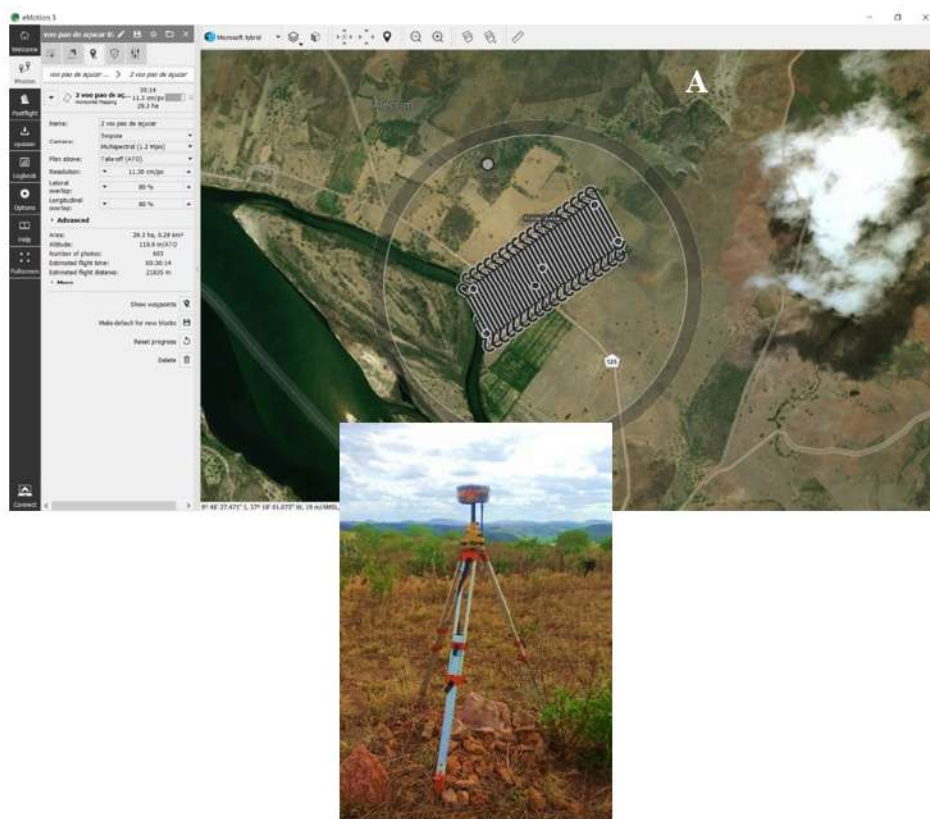
Fonte: ARAÚJO, 2021.

O planejamento de cada voo foi realizado no *software* eMotion 3[®]. A altura do voo foi estabelecida em 120 metros, velocidade média de 12 m/s⁻¹ e sobreposição frontal e lateral de 80% (Figura 3A). Os locais de lançamento do Vant foram reconhecidos previamente, pois faz-se necessário um raio de 50 m sem obstáculos para que a aeronave possa decolar e pousar sem problemas de barreiras físicas em solo.

O mapeamento aéreo foi realizado ultrapassando a área dos limites de interesse. Este procedimento é necessário, para evitar o efeito de bordadura no processamento e delimitar a área de estudo. As imagens foram georreferenciadas em coordenadas de referência UTM à superfície terrestre, com auxílio de uma base GNSS RTK Topcon[®] Hiper V em solo (Figura 3B).

Para o processamento das imagens, foi utilizado o *software* Agisoft Metashape Professional[®], que possui um fluxo automatizado para processar as imagens, utilizando algoritmos SIFT (Scale-Invariant Feature Transform).

Figura 3 - Planejamento de voo no *software* eMotion 3[®] (A) e base de apoio GNSS RTK Topcon[®] Hiper V em solo, para rastreamento das coordenadas de referência (B)



Fonte: ARAÚJO, 2021.

Este algoritmo é capaz de identificar pontos de interesse, geração de descritores e correspondência entre os pontos, caracterizando os pontos homólogos. As imagens correspondentes são definidas pelas coordenadas espaciais, capturadas pelo sistema RTK/PPK da aeronave. Neste modelo de mapeamento aéreo, o produto gerado é o modelo digital de superfície (MDS), com identificação dos objetos acima do solo.

Para obtenção do modelo digital de elevação (MDE), foi realizada a filtragem da nuvem de pontos sobre a forma de uma malha triangular. O MDE foi utilizado para a geração do ortomosaico RGB e Multiespectral e todos os conjuntos de dados foram exportados em formato Geotiff. O processamento, a classificação e a análise das imagens foram tratados no *software* livre QGIS versões 3.16 e 3.22, por meio do complemento SCP 7.10.5 (Semi-Automatic Classification Plugin). Para cálculo do NDVI, foram utilizadas as bandas vermelha (Red) e Infravermelha próxima (NIR).

O cálculo foi feito utilizando a calculadora Raster, segundo a fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

O estudo utilizou como critério primordial para a identificação das unidades cênicas da paisagem o aspecto fisionômico, relacionado ao termo geofácia, definido como a possibilidade de serem identificadas no mosaico as alterações antrópicas (DINIZ; OLIVEIRA, 2018; SILVA, 2018). Para a nomenclatura das unidades de paisagem, foram utilizados os critérios das características de geomorfologia, vegetação e ocupação do solo, ressaltando o aspecto predominante da paisagem.



Unidade de paisagens

O processo erosivo em áreas produtivas ou antropizadas é parte natural do ciclo hidrossedimentológico, ou seja, é o processo natural de desenvolvimento da paisagem. Entretanto, quando a erosão supera o valor de pedogênese, a erosão natural do solo aumenta.

Para avaliar esta relação, segundo Smith (1941), é sempre empregado o conceito de limite de tolerância de perdas de solo (TPS) por erosão. Segundo o autor, a taxa máxima de perdas de solo permitida seria a que garantisse a manutenção da fertilidade do solo ao longo do tempo.

A TPS por erosão é definida como limite de perda de solo que não compromete a produtividade das culturas agrícolas e também considera as taxas de erosão para avaliar a degradação do solo a partir da modificação de sua profundidade (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Todavia, os resultados da TPS só podem ser considerados a curto prazo e não podem ser considerados definitivos, pois as perdas são cumulativas e, ainda que abaixo do limite da TPS, podem levar ao esgotamento da capacidade produtiva do solo. Por isso, mesmo as áreas abaixo dos limites da TPS devem ser objeto de medidas mitigadoras para a redução das taxas de erosão para valores próximos aos das matas nativas, visando garantir a sustentabilidade da produção agrícola da área (FAO; ITPS, 2015).

Como variáveis decisivas na estimativa da tolerância de perdas de solo por erosão hídrica, eis as áreas de mapeamento e seus respectivos municípios (Tabela 1):

Tabela 1- Quantitativo das áreas mapeadas e suas respectivas áreas de unidade de paisagem

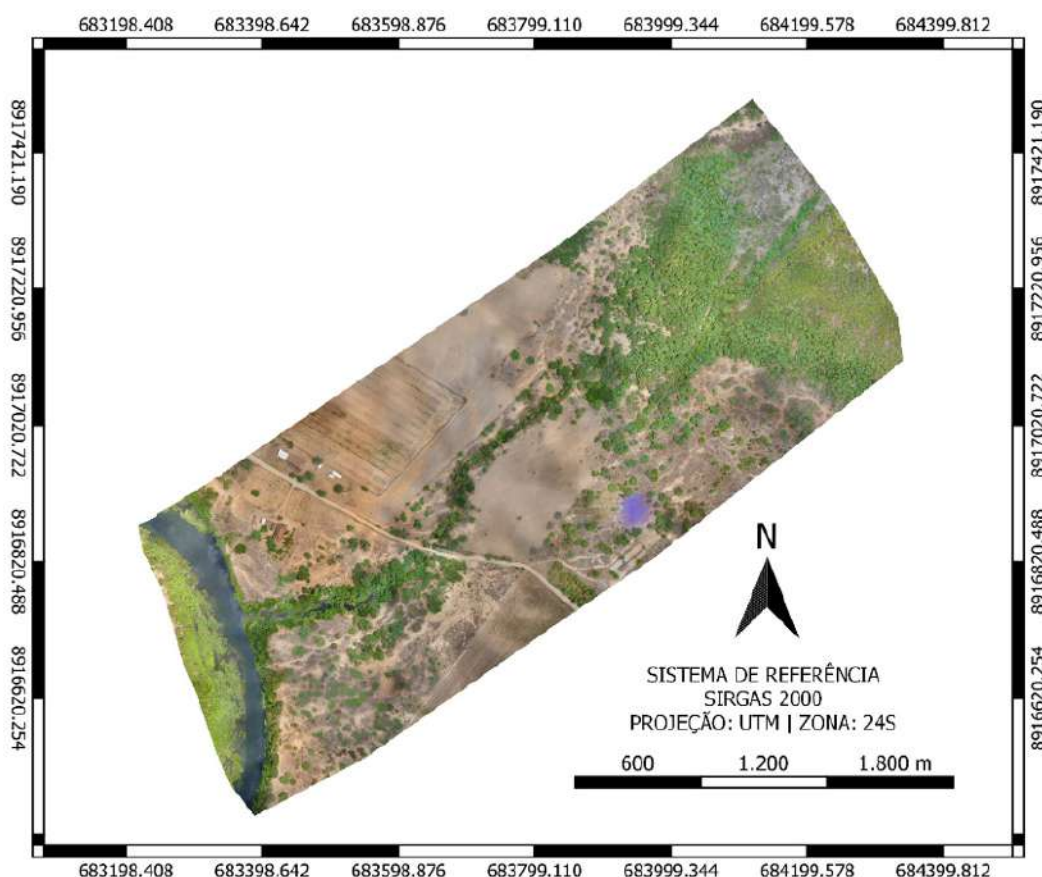
MUNICÍPIO	ÁREA MAPEADA	ÁREA PROCESSADA	ÁREA DA UNIDADE
Pão de Açúcar	50 ha	48 ha	40 ha
Traipu	60 ha	58 ha	50 ha
Penedo	50 ha	48 ha	40 ha

Fonte: ARAÚJO, 2021.

Avaliando as Figuras 4 e 5, no município de Pão de Açúcar; 6 e 7, no município de Traipu, e 8 e 9, no município de Penedo, apresentam-se as cartas georreferenciadas da composição colorida das áreas de estudo (RGB) e de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), e as unidades de paisagens identificadas no estudo, que correspondem a uma zona intertropical e a um domínio morfológico, respectivamente.

Os fatores físicos ambientais da paisagem semiárida na área de abrangência do município de Pão de açúcar/AL (Figura 4 e 5) compreendem uma área com diversas formações e com predominância do domínio cristalino bem expressivo, com presença de rio (mata ciliar) com preservação de baixo a médio em um pequeno trecho e com segmentação antrópica de médio a alto com vegetação quase inexistente em sua maior extensão.

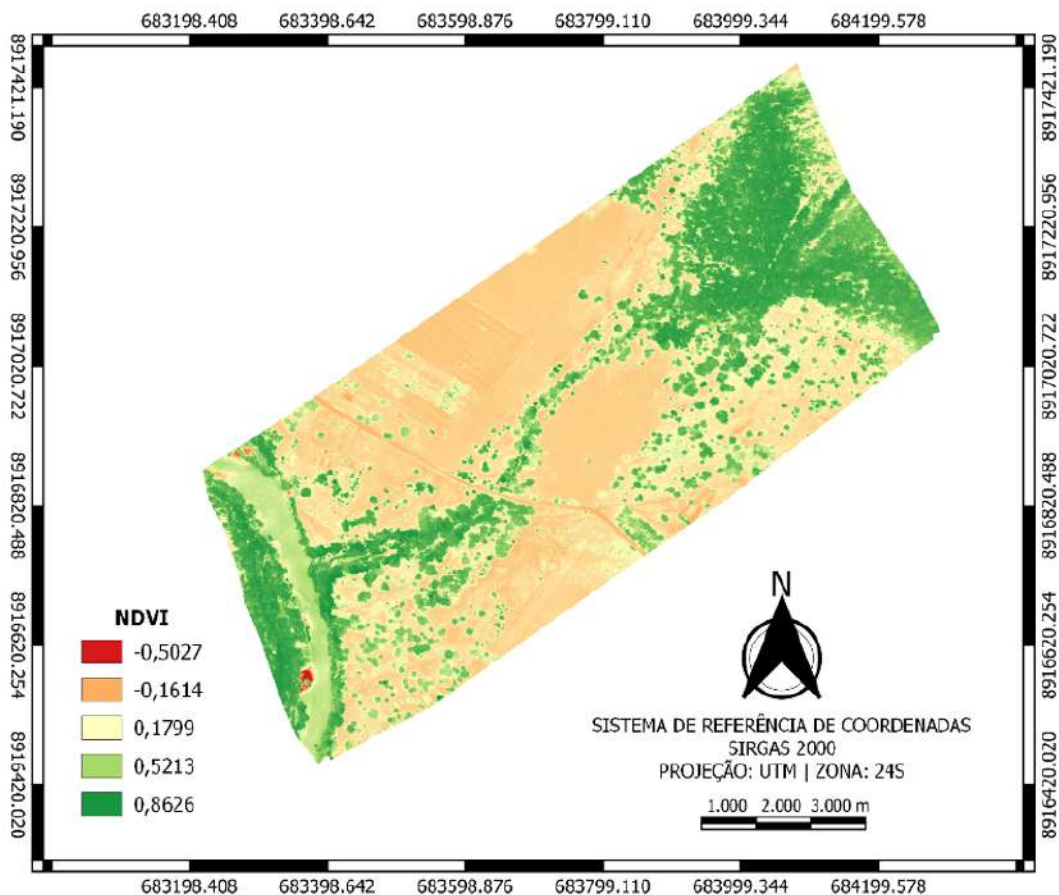
Figura 4 - Área de estudo no município de Pão de Açúcar (AL), com a composição natural em RGB de uma imagem aerofotogramétrica no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

A antropização elevada, no trecho em que é percebida, está relacionada à proximidade das áreas produtivas em razão da falta de cobertura vegetal, sendo o corpo hídrico de fluxo perene proveniente do Rio São Francisco com menor volume de vazão e potencial de água subterrânea baixo, dotado de clima semiárido com predominância geomorfológica do Pediplano Sertanejo ou do Baixo São Francisco, com relevos residuais, além de áreas bordejadas por serras, com presença da vegetação de Caatinga Hipoxerófilae de Várzea, apresentando solos que vão de drenados a pouco drenados, profundos, rasos e superficiais.

Figura 5 - Área de estudo no município de Pão de Açúcar (AL) com a composição em NDVI de uma imagem aerofotogramétrica no estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

Percebe-se, quando observado na imagem NDVI, uma área com destaque verde, que apresenta uma vegetação de porte médio, destacando um fragmento florestal com aspecto de preservação com um nível baixo de antropização ou possível regeneração em razão da presença de resquício de presença de águas sub-superficiais (hipercolação) e pelo grau de porosidade do solo que mantém a umidade do solo. Essa área corresponde a 22% do total da área verde, o que, possivelmente, destaca o aspecto cênico da paisagem, bem expressivo, como uma aparência de área preservada (Figura 5).

Constatou-se que a ausência de práticas conservacionistas aumenta as perdas de solo para taxas muito superiores aos limites da TPS, comprometendo a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das áreas destinadas às atividades agrícolas.

Da mesma forma, áreas de relevos íngremes com uso consolidado e ausência de práticas conservacionistas podem contribuir para um aumento nas perdas de solo acima do limite da TPS estabelecido para o tipo de solo da área de estudo, de tal modo que a manutenção e a recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) são essenciais para mitigar as perdas de solo e evitar o assoreamento dos corpos d'água (BATISTA *et al.*, 2019).

Mendes Jr. *et al.* (2018) e Tavares *et al.* (2019) definiram áreas prioritárias para a implantação de medidas mitigadoras dos processos erosivos e indicaram locais que, devido

ao uso inadequado e sem práticas conservacionistas do solo, estão sofrendo intensa pressão e degradação ambiental – como demonstrado na área de estudo do município de Traipu (AL) (Figura 6), que necessita de adequação do uso da terra, visando à redução das perdas econômicas e ambientais na produção agrícola.

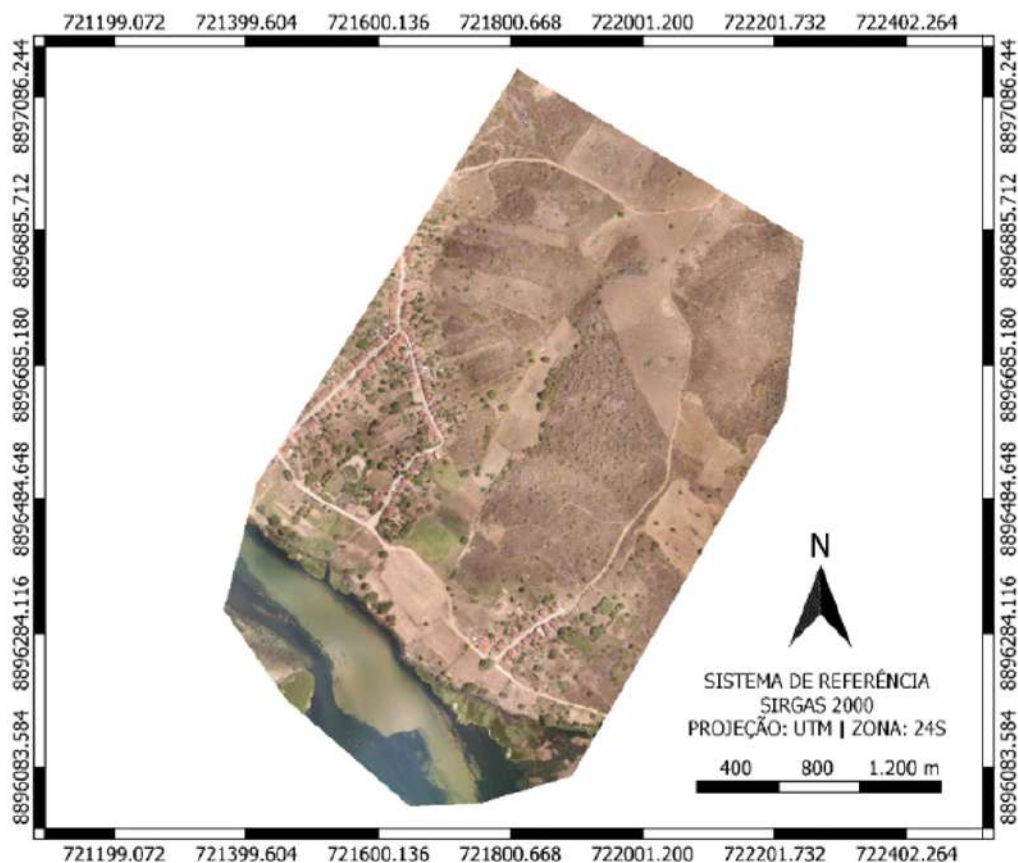
Os resultados das pesquisas realizadas com o emprego da plataforma Vant elucidam que, quando utilizados os recursos do solo adequadamente, mesmo considerando as limitações quantitativas, dispõem-se menos recursos e tempo para identificar áreas com perdas de solo acima do limite da TPS, bem como as causas que elevam as perdas de solos e permitem planejar ações para mitigar essas perdas e promover a sustentabilidade agrícola.

Amorim *et al.* (2010) revelam que os erros obtidos na modelagem da erosão são menores para as áreas com maiores perdas de solo, o que justifica o uso de técnicas de modelagem para identificar as áreas emergenciais para adoção de técnicas conservacionistas para redução da erosão a taxas mínimas, conforme recomendado pela FAO (2019).

Na composição do mosaico funcional na área do município de Traipu (AL), apresentada nas (Figuras 6 e 7), observa-se uma área bastante acentuada em dois aspectos: o primeiro está relacionado à topografia, com uma inclinação de elevação bem expressiva quando observada na imagem RGB.

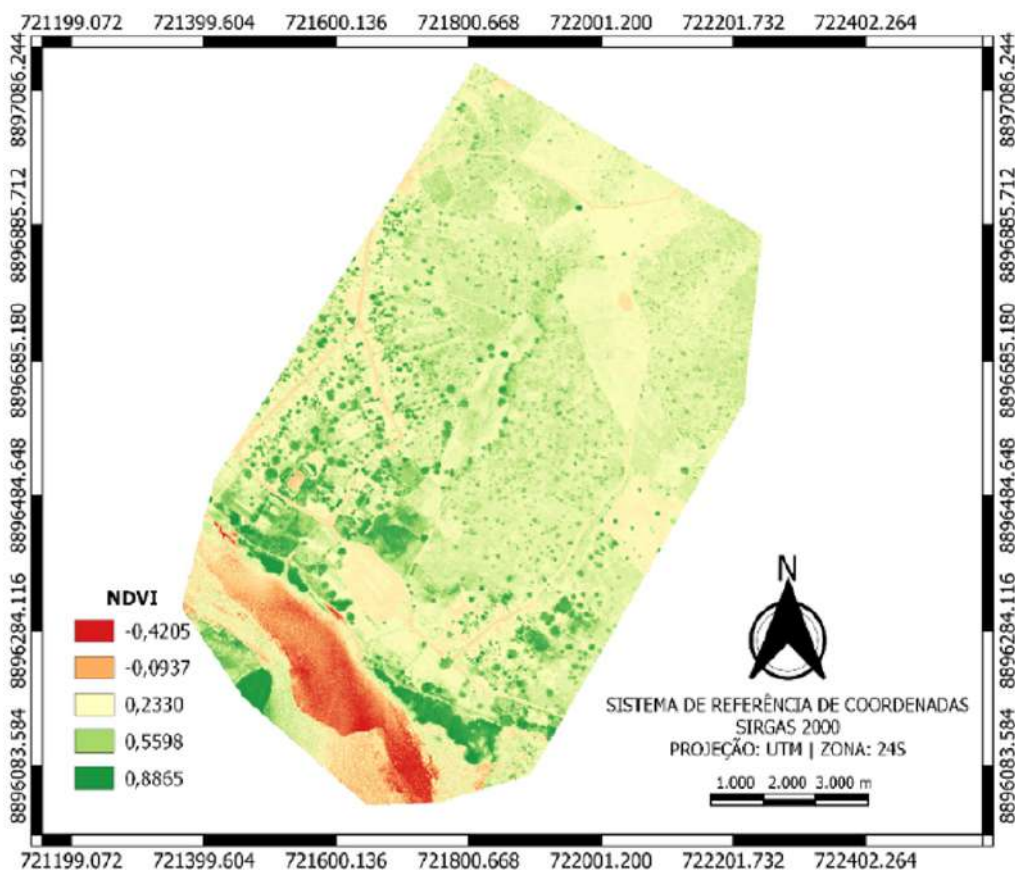
Quando empregada a imagem NDVI, percebem-se pequenos fragmentos na coloração verde, o que representa pequenas áreas produtivas no âmbito da agricultura familiar de subsistência ou 22,33% de áreas agricultáveis na área do município em questão (Figura 7).

Figura 6 - Área de estudo no município de Traipu (AL) com a composição em RGB de uma imagem aerofotogramétrica no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

Figura 7 - Área de estudo no município de Traipu (AL) com a composição em NDVI de uma imagem aerofotogramétrica no Estado de Alagoas

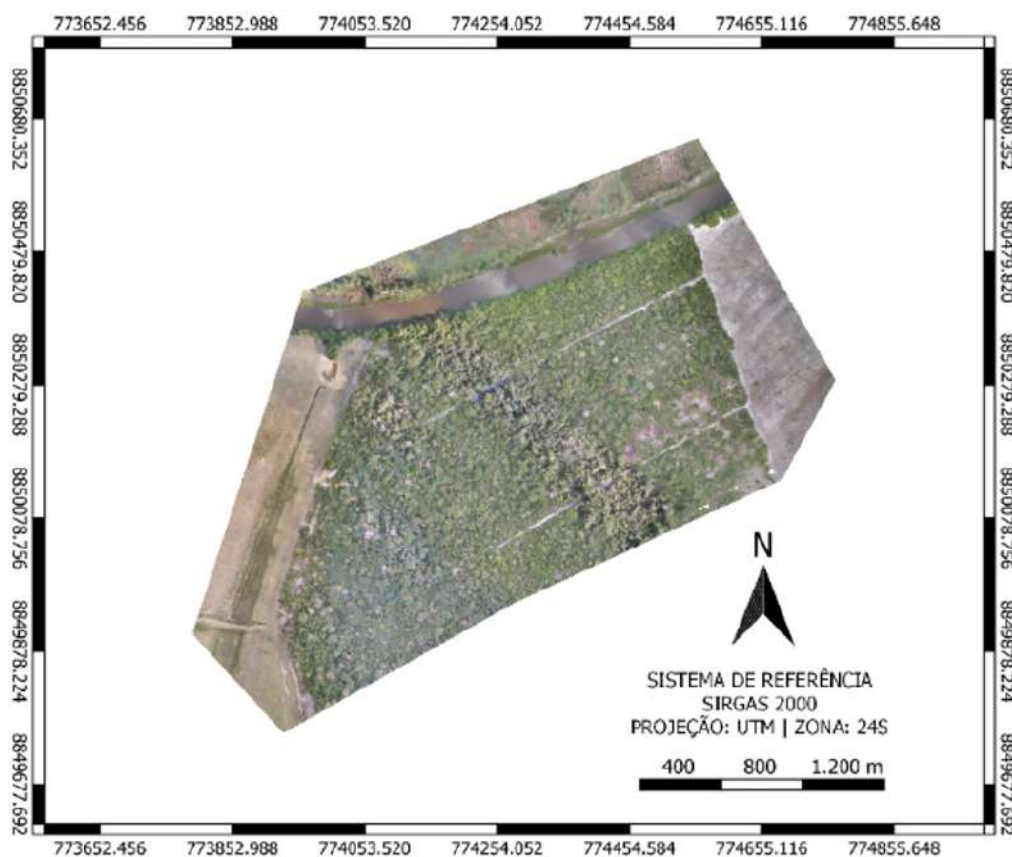


Fonte: ARAÚJO, 2021.

A partir do aspecto cênico sem manejo conservacionista (Figuras 6 e 7) para a sustentabilidade dos solos, Ayer *et al.* (2015) simularam o sistema de manejo bem planejado e avaliaram a eficiência de técnicas de combate à erosão acelerada e de melhoria dos atributos físicos dos solos semelhantes ao do estudo em questão.

A área do município de Penedo(AL) (Figuras 8 e 9) apresenta as relações entre os componentes geoambientais na paisagem através da interação dos geofluxos, potencializados por estar localizados entre duas áreas de produção agrícola.

Figura 8 - Área de estudo no município de Penedo (AL) com a composição em RGB de uma imagem aerofotogramétrica no Estado de Alagoas



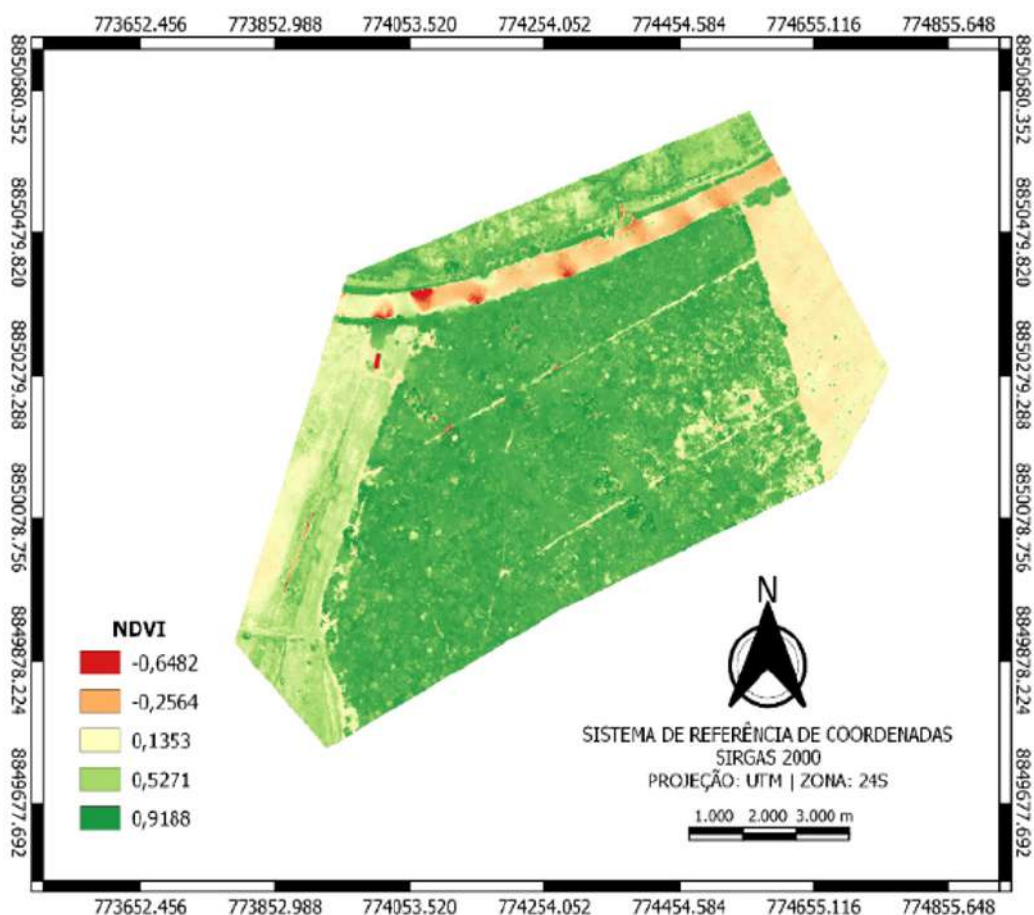
Fonte: ARAÚJO, 2021.

A partir das características da paisagem (Figuras 8 e 9), como a topografia, os atributos do solo, a geologia e o clima, é possível definir a capacidade de uso do solo (LEPSCH *et al.* 2015), o que contribui para a elaboração de estratégias que conciliem a aptidão agrícola com as práticas e técnicas de manejos conservacionistas das terras, tendo como objetivo a preservação dos recursos naturais.

Desta forma, ao conciliar a produção agrícola com manejos conservacionistas, o produtor rural promove, direta e indiretamente, a conservação dos serviços ambientais e ecossistêmicos e assegura o equilíbrio hidrológico, a fertilidade e estabilidade dos solos, a boa qualidade das águas e os serviços de polinização de plantas pela fauna silvestre (PARRON *et al.*, 2015).

O mosaico da adequação do uso do solo em trabalho executado por Servidoni *et al.* (2016) permitiu acompanhar a evolução das áreas com uso e ocupação acima da capacidade natural, com resultados semelhantes ao do estudo em questão.

Figura 9 – Áreas de estudo no município de Penedo em composição NDVI de uma imagem aerofotogramétrica no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, R.R. 2021.

Pelo conjunto de dados demonstrados nas Figuras 8 e 9, apesar da proximidade do leito do rio principal, percebe-se, na área verde, uma faixa bastante expressiva no centro do fragmento vegetativo. Esta faixa em destaque apresenta-se mais expressiva em razão do fluxo hídrico que se projeta para o interior do fragmento, sendo este fluxo um mantenedor de umidade no lençol freático do fragmento.

É notório que o estudo baseado no modelo funcional da geocologia da paisagem demonstrou que o funcionamento da paisagem da área analisada é constituído por diferentes funções geocológicas, moldadas pela influência de fatores advindos da interface terra-rio-ar, mediante as ações antrópicas, que causam pressões e desequilíbrio na área em questão.

Vidal *et al.* (2014) ressaltam que é de fundamental importância a compreensão da estrutura funcional, como base para análise, diagnóstico, planejamento e gestão da paisagem, sendo, assim, uma ferramenta valiosa para o ordenamento, restauração e/ou recuperação ambiental e territorial em destaque para paisagens no Semiárido.

Quanto ao NDVI, através destes parâmetros, foi possível analisar a dinâmica da paisagem e verificar o estado da vegetação, de forma que na cor verde-escuro estão os ambientes com valores de NDVI mais próximos de +1, ou seja, os que têm maior quantidade de área verde.

Para a região de Pão de Açúcar, observa-se que, no curso d'água, os valores de NDVI ficam acima de 0,5, quando, normalmente, em corpos hídricos, o NDVI fica abaixo de 1 – e isto é devido à grande quantidade de material vegetativo observada ao longo do curso d'água.

Na região de Traipu, observa-se que uma parte do rio possui valores de NDVI similares à área de solo exposto, o que leva a entender que há um assoreamento no rio. No geral, a maior parte de Traipu é cercada de vegetação seca e solo exposto e, portanto, apresenta valores de NDVI entre 0,2 e 0,5.

Já na região de Penedo, observa-se uma área com floresta nativa, com valores de NDVI acima de 0,9 e corpo hídrico com valores negativos.

Em todas as regiões que não possuem vegetação nativa, os valores de NDVI foram menores que 0,23 ou negativos, corroborando com Huete e Tucker (1991), que observaram valores de NDVI referentes a solos expostos no intervalo de 0,005 a 0,30.

Classificação supervisionada

Estudos sobre a evolução temporal do quantitativo da cobertura do solo para avaliar a variação em função das mudanças de uso e ocupação das terras e das técnicas de manejo adotadas contribuem para a compreensão de como mudanças no modo de trabalhar com o solo afetam a produção. A proposta, quando correlacionada a outras variáveis, como percentagem de cobertura vegetal nativa restaurada, pode servir como indicador da efetividade da redução das taxas de perdas de solo, colaborando, assim, para modelos de produção agrícola socioeconomicamente rentáveis e ambientalmente sustentáveis.

Esta abordagem visou apenas à detecção da profundidade alcançada pelo sensor nestes remanescentes, mas, mesmo que de forma visual, permitiu o acesso a informações estruturais da área que são relevantes à compreensão de sua morfologia, como o perfil, que é um modo de avaliar a distribuição da cobertura vegetal, assim como a regeneração natural ao longo do tempo (CHAPIN III *et al.*, 2002; SETTELE *et al.*, 2015).

A classificação supervisionada e o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram realizados com base em imagens aerofotogramétricas obtidas com o Vant, que conta com quatro sensores espectrais com bandas verde, vermelha, borda vermelha e infravermelha próxima (1,2 MP) e uma resolução espacial de 11 cm/pixel.

Os resultados das interpretações realizadas são importantes por demonstrar que, nas bandas empregadas na análise, podem subsidiar estudos ecológicos e das dinâmicas florestais em qualquer extrato vertical ou monocultura, pois as clareiras, por exemplo, influenciam a composição, a distribuição e a riqueza de espécies, sendo uma das responsáveis pela regeneração ou manutenção natural da paisagem (BURTON *et al.*, 2014; PEARSON *et al.*, 2003). Assim, ao utilizar desses produtos obtidos por Vant de maneira integrada aos métodos de campo, podem-se monitorar os processos com a precisão exigida em tais abordagens.

Na área de estudo que compreende 40 ha no município de Pão de Açúcar (Figura 10), percebe-se a predominância do solo exposto devido à cultura intensiva do milho, ocupando 63% da área total (Figura 11). A mata ciliar que deveria ser predominante ocupa apenas 22% do total. Encontra-se, também, vegetação seca (16,26%), área de agricultura (7,64%) e 3,68% com presença de corpo hídrico.

Silva Júnior *et al.* (2021) investigaram a sensibilidade espectral dos índices de vegetação GNDVI, NDVI e EVI na mata ciliar do Reservatório de Serrinha II (PE) e evidenciam que os índices de vegetação do infravermelho possibilitam mais sensibilidade para a classificação

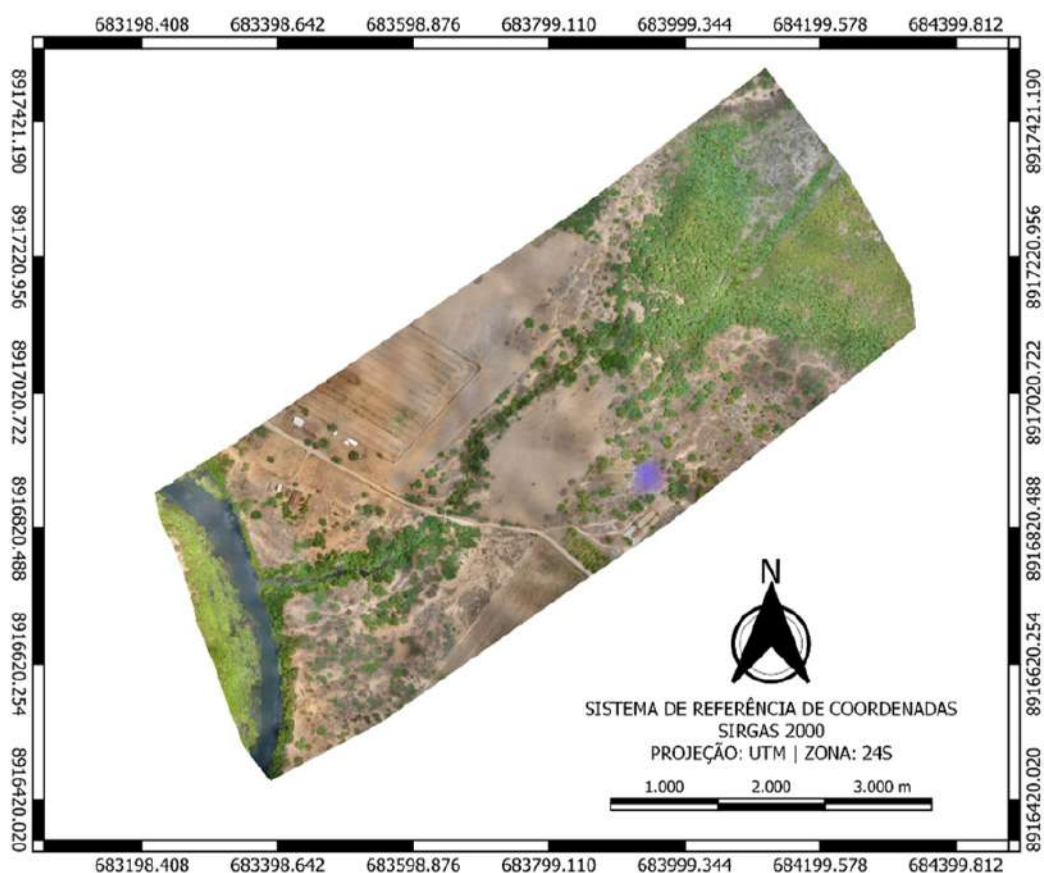


da mata ciliar, resultando em um instrumento necessário para a tomada de decisão, fato que corrobora com o presente estudo que, apesar dos diferentes usos do solo às margens do Rio São Francisco, a ferramenta possibilita a diferenciação e um diagnóstico assertivo.

O diagnóstico para a diferenciação de vegetação seca, principalmente do bioma Caatinga, é necessário para análise que promova decisões propositivas. Santos *et al.* (2021) relatam que os produtos NDVI obtidos a partir de satélites Landsat 8 e Sentinel 2 demonstraram-se com eficácia satisfatória no bioma Caatinga; mas, quando comparada a imagens em alta resolução obtidas com o auxílio do Vant, foram inferiores, principalmente em área de Caatinga preservada, quando o objeto do estudo são alvos mais específicos, como é o caso de vegetação e solo, devido à maior resolução espacial.

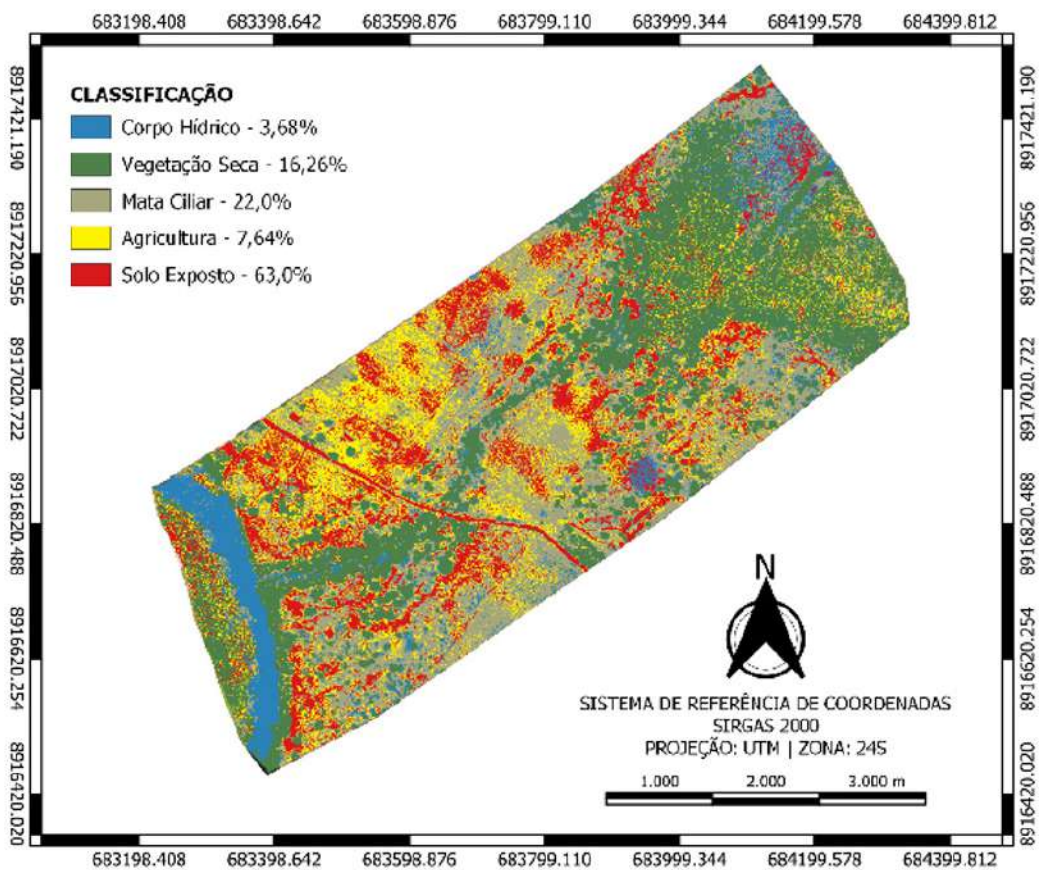
Este fato também foi observado na presente investigação, onde o menor tamanho de pixel possibilitou a diferenciação das classes de forma minuciosa, diagnosticando, assim, a falta de preservação das margens rio, sendo possível planejar intervenções que aumentem a área de mata ciliar, preservando o corpo hídrico.

Figura 10 - Mapa não supervisionado de uma imagem aerofotogramétrica no município de Pão de Açúcar, no Estado de Alagoas



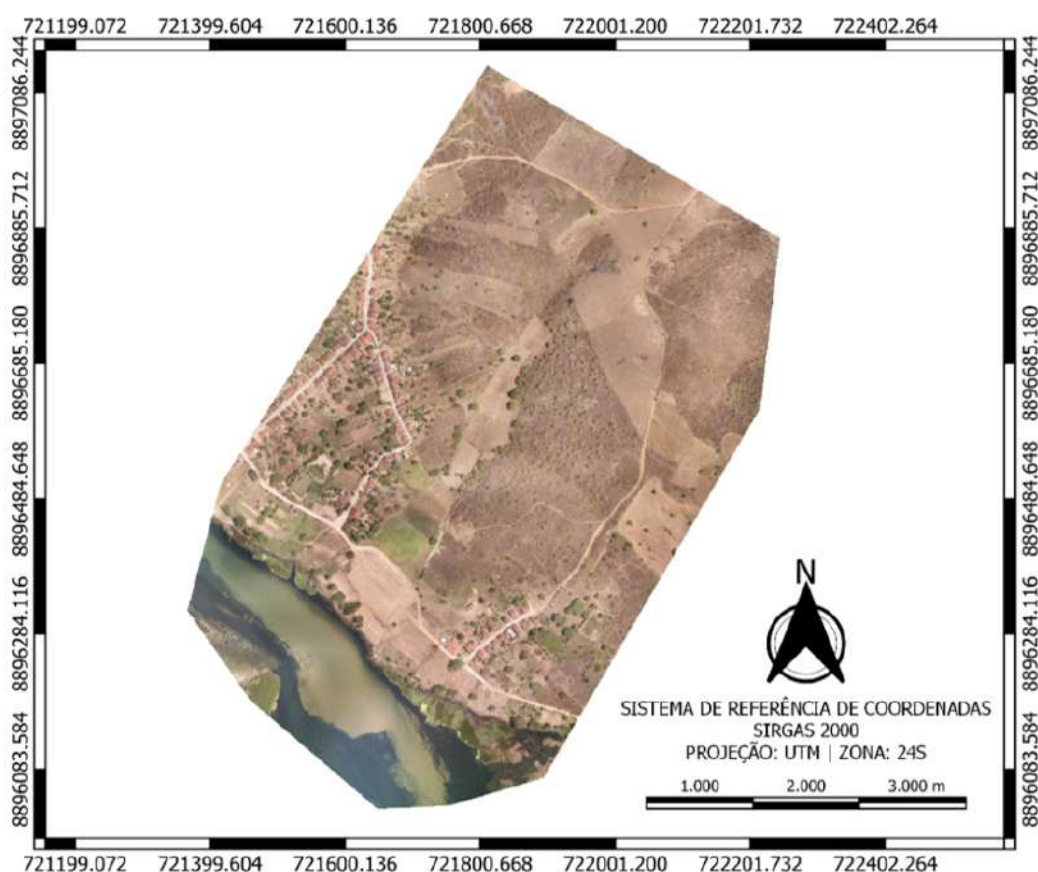
Fonte: ARAÚJO, 2021.

Figura 11 - Mapa das classificações supervisionadas com base em cinco classes temáticas de uma imagem aerofotogramétrica no município de Pão de Açúcar, no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

Figura 12 - Mapa não supervisionado de uma imagem aerofotogramétrica no município de Traipu, no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, R.R. 2021.

Na área de estudo que compreende 50 ha no município de Traipu (Figura 12), percebe-se a predominância do solo exposto, devido à cultura intensiva do milho, ocupando 48,93% da área total (Figura 13). A mata ciliar, que deveria ser predominante, ocupa apenas 8,76% do total. Encontram-se também vegetação seca (17,86%), área de agricultura (22,33%) e 17,86% com presença de corpo hídrico.

O trecho referente ao município de Traipu, entre as áreas analisadas, é o que possui a menor área de mata ciliar. Silva *et al.* (2020) enfatizam que a supressão da vegetação de mata ciliar pode acelerar os processos de assoreamento do leito do rio, tornar as águas mais susceptíveis à contaminação superficial e subterrânea, prejudicar a navegação e a biota aquática.

São necessárias intervenções, por parte das entidades públicas e particulares, a fim de promover uma educação ambiental que vise à sustentabilidade e à ocupação adequada do leito do Rio São Francisco e, prioritariamente, à proteção das margens do rio e à redução da poluição por esgoto e detritos.

A predominância de agricultura com culturas anuais e sem a devida consciência ambiental pode gerar erosões e assoreamento do rio, sendo necessária a implementação de métodos de manejo do solo e da água que favoreçam a cobertura vegetal de forma permanente, evitando que precipitações intensas, condições topográficas e ações antrópicas aumentem a possibilidade da perda do solo.

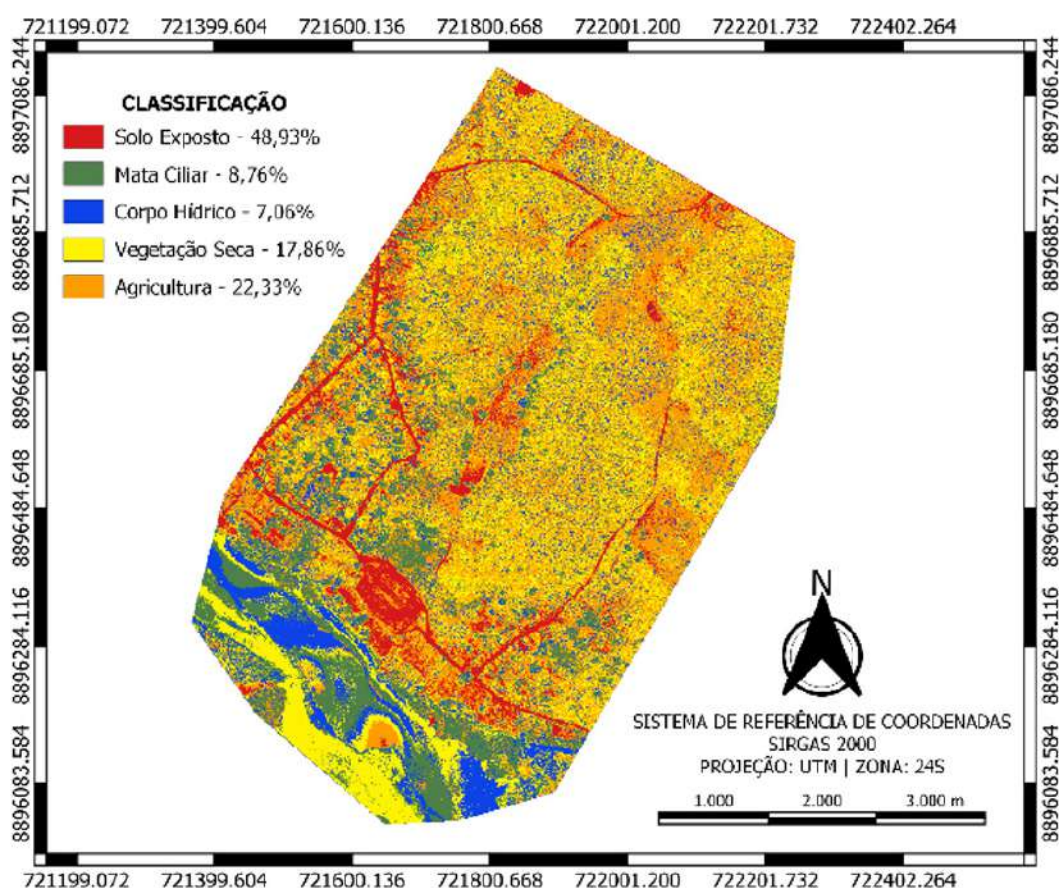
É necessário o aumento da biodiversidade nos ecossistemas, com a recomposição das áreas de proteção permanente, favorecendo a sustentabilidade das áreas ribeirinhas (RODORFF *et al.*, 2018; WITING *et al.*, 2022).

Na área de estudo que compreende 40 ha no município de Penedo (Figura 14), percebe-se a predominância de mata ciliar, representando 47,10% da área total. De acordo com a classificação supervisionada, verificam-se que 10,51% apresentam solo exposto e um menor percentual para as classes corpo hídrico (4,11%), pastagem (22,0%) e vegetação seca (16,26%) (Figura 15).

Uma observação importante em relação à classificação supervisionada das áreas em estudo é que no resultado, em algumas delas, pode ter acontecido confusão para as classes vegetação seca, pastagem e agricultura, ocorrendo, em alguns pixels, comportamento espectral similar.

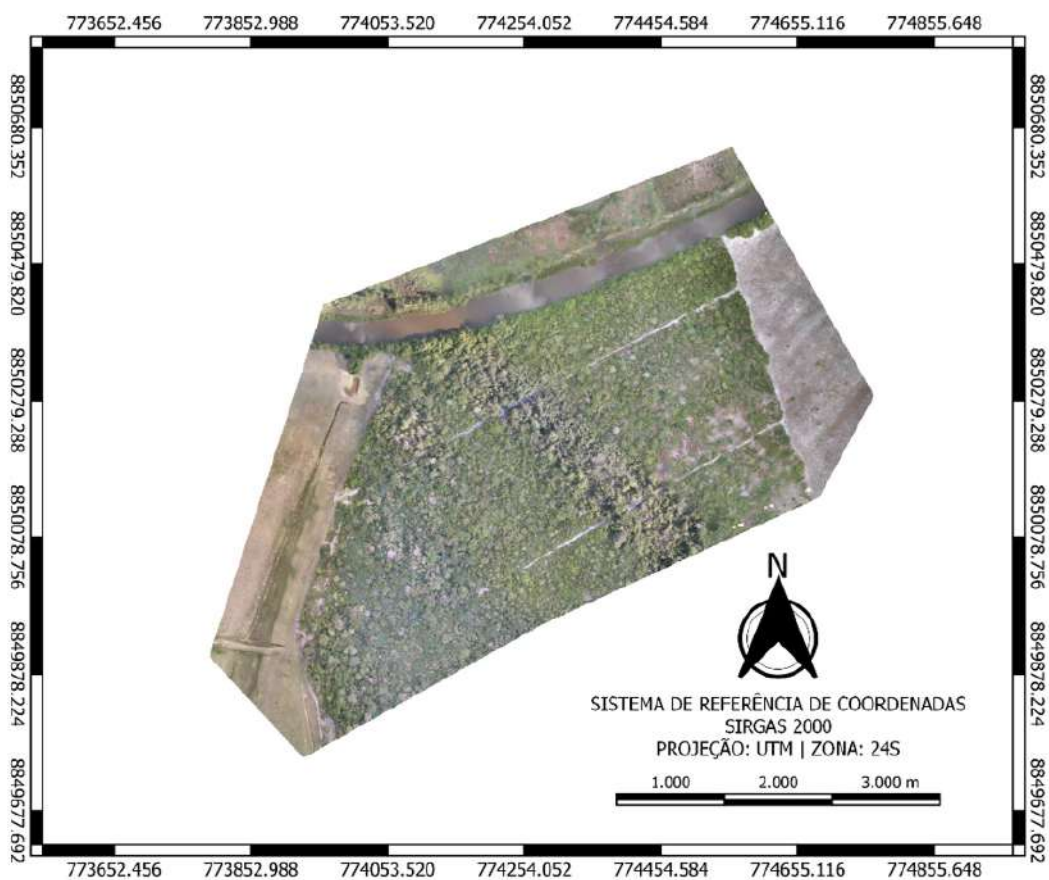
Outra condição pertinente às áreas é em relação à idade fenológica da cultura agrícola local, que pode ser confundida com vegetação seca ou solo exposto e apresentar, em algum momento, assinaturas espectrais similares.

Figura 13 - Mapa das classificações supervisionadas com base em cinco classes temáticas de uma imagem aerofotogramétrica no município de Traipu, no Estado de Alagoas



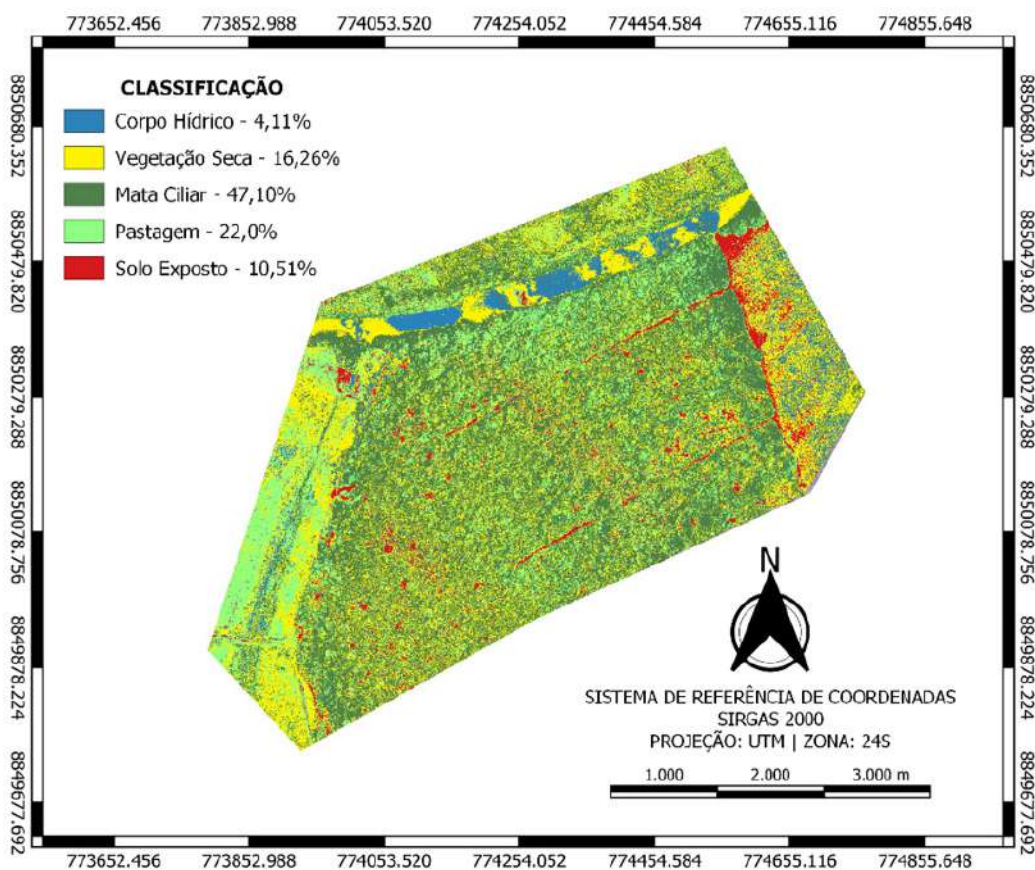
Fonte: ARAÚJO, 2021.

Figura 14 - Mapa não supervisionado de uma imagem aerofotogramétrica no município de Penedo, no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

Figura 15 - Mapa das classificações supervisionadas com base em cinco classes temáticas de uma imagem aerofotogramétrica no município de Traipu, no Estado de Alagoas



Fonte: ARAÚJO, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do contexto apresentado, identificaram-se áreas degradadas e suscetíveis à degradação, que podem ser combatidas com a adoção de práticas de manejo conservacionistas específicas para controle da erosão hídrica – que pode ser de vários tipos, no que se refere ao entendimento da paisagem, e sobre o planejamento, monitoramento e manejo ambiental em diferentes abordagens de aplicação.

Desta forma, a paisagem, enquanto categoria de análise geográfica, traz consigo um arcabouço epistemológico, teórico e metodológico de tradição e múltiplas possibilidades.

Neste contexto, o arcabouço teórico e metodológico que compõe a Unidade Geoambiental dispõe de instrumentos para uma análise integrada da paisagem em diferentes escalas, tendo, entre as principais finalidades, o diagnóstico e o mapeamento com objetivos de planejar e gerir o território ambientalmente.

A esta relação dual (paisagem e geoambiental), soma-se o planejamento, formando um campo de investigação sistêmica e interdisciplinar que permite aos pesquisadores, planejadores e tomadores de decisão a realização de diagnósticos que poderão delinear ações seguras a diferentes ambientes e realidades na hora de planejar e gerir.

É pertinente ressaltar que o aprofundamento sobre o tema é necessário e urgente, uma vez que envolve, tal como já apresentado anteriormente, uma gama de situações, tais como: a supressão de superfícies com diferentes tipos de usos, muitas vezes ocupadas por comunidades que retiram seu sustento destas áreas; perda de solo fértil e diminuição da riqueza biológica, principalmente de fitofisionomias endêmicas; supressão de patrimônios naturais e de sítios paleontológicos; introdução de espécies predadoras com perda em população ou extinção local de espécies autóctones; reorganização do regime de circulação atmosférica local com reflexos nas variáveis de temperatura e precipitação, a depender do tamanho da área inundada, dentre outras.

Cabe também destacar que os processos de alteração da paisagem e dos ambientes naturais como um todo, seja por qualquer atividade antrópica, vêm sendo praticados em velocidade maior do que a capacidade científica de conhecer a diversidade, os processos e as interações que ocorrem nos meios bióticos e abióticos.

Desta forma, é essencial a continuidade de estudos que nos mostrem não apenas como a natureza reage à interferência humana, mas que norteiem caminhos para a recuperação e a preservação dos ambientes naturais.

Dentro da perspectiva do Planejamento Ambiental e no âmbito do diagnóstico do aspecto cênico da paisagem, os procedimentos aqui apresentados e os produtos para exemplificar esta aplicação representam uma importante ferramenta de aplicabilidade na contribuição, no entendimento das dinâmicas e nas relações ambientais, possibilitando o incremento semântico no processo de tomada de decisão.

Neste sentido, faz-se necessário reafirmar-se que o uso das novas plataformas aerotransportadas não tripuladas oferece grande projeção e sua inserção tem um impacto significativo no desenvolvimento de pesquisas e em mapeamentos nas atividades diversas, podendo subsidiar o aumento da produtividade aliado à conservação dos recursos naturais.

Sem dúvida, o desenvolvimento da tecnologia persistirá, ainda, por um período considerável, exigindo cada vez menos conhecimento técnico dos operadores devido à tendência de automação das rotinas.

Assim, a facilidade na obtenção e no processamento dos dados pode garantir e ajudar as tomadas de decisão em curto prazo, evitando prejuízos socioeconômicos e ambientais e proporcionando a adoção de medidas de manutenção e de melhoria da qualidade ambiental dos sistemas naturais.

Por fim, continuar a explorar o potencial desta plataforma e dos sensores é um modo de aperfeiçoar a automação das rotinas na agricultura, em recursos hídricos e em abordagens ecossistêmicas, principalmente no Brasil, que enfrenta dificuldades nos estudos remotos devido à grande extensão territorial e à diversidade edafoclimática.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.P. **QGIS**: Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o Semi-Automatic Classification Plugin. Disponível em: <https://tinyurl.com/3zksbccs>. Acesso em: 12 jan. 2022.

AYER, J.B.E. *et al.* Erosão hídrica em latossolos vermelhos distróficos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia v.45, n.2, p.180-191, 2015.



- BACKES, A. Precipitação pluviométrica e concentração de nutrientes minerais na água da chuva na região da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **Pesquisas: Botânica**, v. 58, p.331-345, 2007.
- BARROS, L.L. Aplicações de geoecologia da paisagem no planejamento ambiental e territorial dos parques urbanos brasileiros. **Revista Geográfica da América Central**, n. esp. Egal, p.1-14, 2011.
- BATISTA, P.V.G. *et al.* On the evaluation of soil erosion models: are we doing enough? **Earth-Science Review**, v.197, n.1, p.001-017, 2019.
- BORNE, T. Robotização: implicações políticas e securitárias do uso de drones na era digital. **Revista Conjuntura Austral**, v.5, n.23, p.83-100, 2014.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (Anac). **Regulamentação da Anac sobre drones completa um ano em vigor**. 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/5yw5jcaf>. Acesso em: 07 set. 2018.
- BURKHARD, B.; MAES, J. Mapping ecosystem services. **Advanced Books**, Sofia, v.1, p. e12837, 2017.
- BURTON, J.I. *et al.* Multi-scale spatial controls of understory vegetation in Douglas-fir-western hemlock forests of western Oregon, USA. **Ecosphere**, v.5, n.12, p.1-34, 2014.
- CAVALCANTI, L.C.S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.
- CHABOT, D.; BIRD, D.M. Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. **Waterbirds**, v.35, n.1, p.170-174, 2012.
- CHAPIN III, F.S. *et al.* **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. New York: Springer, 2002. 392p.
- D'OLEIRE-OLTMANN, S. *et al.* Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco. **Remote Sensing**, Basel, v.4, n.11, p. 3390-3416, 2012.
- DINIZ, M.T.M; PEREIRA, V.H.C. Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuantes e Mapeamento de Tipos de Clima. **Boletim Goiano de Geografia [on-line]**, v.35, p.488-506, 2015.
- FERRIER, S.; DRIELSMA, M. Synthesis of pattern and process in biodiversity conservation assessment: a flexible whole-landscape modelling framework. **Diversity and Distributions**, v.16, n.3, p.386-402, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS (FAO), ITPS. **Status of the world's soil resources (SWSR): technical summary**. Rome: FAO/ITPS, 2015.
- FRANKE, J. *et al.* Assessment of grassland use intensity by remote sensing to support conservation schemes. **Journal for Nature Conservation**, v.20, n.3, p.125-134, 2012.



GAO, Y. Investigation and dynamic analysis of the long runout catastrophic landslide at the Shenzhen landfill on December 20, 2015, in Guangdong, China. **Environmental Earth Sciences**, v.76, n.1, p.13, 2017.

HORCHER, A.; VISSER, R.J. Unmanned Aerial Vehicles: applications for Natural Resource Management and Monitoring. In: Proceedings of the Council on Forest Engineering. Proceedings 2004: Machines and People, The Interface. **Anais...** Hot Springs, AR, USA, 27-30 apr. 2004.

HUETE, A.R.; TUCKER, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, p.1223-1242, 1991.

JONES, G.P. *et al.* An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. **Wildl. Soc. Bull.**, v.34, p.750-758, 2006.

JORGE, L.A.C. *et al.* Insights and recommendations of use of UAV platforms in precision agriculture in Brazil. In: **SPIE Remote Sensing**, International Society for Optics and Photonics, p.911-923, 2014.

JORGE, L.A.C.; INAMASU, R.Y. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants) em Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, *et al.* (Orgs.) **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. p.109-134.

KOH, L.P.; WICH, S.A. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. **Tropical Conservation Science**, v.5, n.2, p.121-132, 2012.

LEPSCH, I.F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Empresa de Pesquisa Agropecuária, 2015. 170p.

LINHARES, M.M.A. **Uso de veículo aéreo não tripulado na determinação de índice de vegetação em área de pastagem em Nova Mutum-MT**. 2016. 121f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

LONGHITANO, G.A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes – Geoprocessamento) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MENDES JR., H. *et al.* Water Erosion in Oxisols under Coffee Cultivation. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, n.1, p.001- 014, 2018.

NACKAERTS, K. Evaluation of a lightweight UAS-prototype for hyperspectral imaging: International Archives of Photogrammetry. **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.38, n.1, 2010.

NEWCOME, L.R. **Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles**. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.



OLIVEIRA, F. A. **CTA e o Projeto VANT**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE VANT, 1., São José dos Campos, 2005. São José dos Campos, 2005. Palestra proferida no Centro Tecnológico da Aeronáutica. Disponível em: <https://tinyurl.com/3fnsd9bn>. Acesso em: 23 dez. 2017.

PÁDUA, L. *et al.* UAS, sensors, and data processing in agroforestry: a review towards practical applications. **International Journal of Remote Sensing**, v.38, n.8-10, p.2349-2391, 2017.

PANEQUE-GÁLVEZ, J. *et al.* Small drones for community-based forest monitoring: an assessment of their feasibility and potential in tropical areas. **Forests**, Basel, v.5, p.1481-1507, 2014.

PARRON, L.M. *et al.* **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Empresa de Pesquisa Agropecuária, 2015. 372p.

PASSOS, M.M. **Biogeografia e paisagem**. 2.ed. Maringá: [s. n.], 2003.

PEARSON, T.R.H. *et al.* Interactions of gap size and herbivory on establishment, growth, and survival of three species of neotropical pioneer trees. **Journal of Ecology**, v.91, p. 785-796, 2003.

RANGO, A. *et al.* Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.3, p.1-15, 2009.

RASI, J.R. **Desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado para aplicação em pulverização agrícola**. 2008. 70f. Especialização (Pós-Graduação em Engenharia Rural) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

RODORFF, V. *et al.* Applying Bayesian networks to evaluate small-scale farmers' perceptions of native reforestation practices in Brazil's Caatinga biome. **Regional Environmental Change**, v.18, n.7, p.1983-1997, 2018.

RODRIGUEZ, M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5.ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

SANDBROOK, C. The social implications of using drones for biodiversity conservation. **Ambio**, Stockholm, v.44, n.4, p.636-647, 2015.

SANTOS, C.V.B. *et al.* Comparação de imagens multiespectrais utilizando Satélites e Vant para a análise de mudanças estruturais em área de Floresta Seca. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.6, p.2510-2522, 2021.

SERVIDONI, L.E. *et al.* Land use capacity and environment services. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.9, n.6, p.1712-1724, 2016.

SETTELE, J. *et al.* Terrestrial and inland water systems. In: **Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Part A: Global and Sectoral Aspects. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.



- SILVA JUNIOR, U.J. *et al.* Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II-PE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.73, n.1, p.17-35, 2021.
- SILVA, E.V.; GORAYEB, A.; RODRIGUEZ, J.M.M. Geoecologia das paisagens, cartografia temática e gestão participativa: estratégias de elaboração de planos diretores municipais. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6.; SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2010, Coimbra. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. p.01-08.
- SILVA, E.V.; RODRIGUEZ, J.M.M. Geoecologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de América Central**, n. esp. Egal, p.1-12, 2011.
- SILVA, K.B. *et al.* Estudo da mata ciliar do Rio Piranhas na sub-bacia do Médio Piranhas paraibano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.211-221, 2020.
- SILVA, S.D.R. **Delimitação de unidades da paisagem do litoral setentrional potiguar e adjacências**. 2018. 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Natal, 2018.
- SIMARD, M. *et al.* Mapping forest canopy height globally with spaceborne Lidar. **Journal of Geophysical Research**, v.116, n.G4, 2011.
- SMITH, D.D. Interpretation of soil conservation data for field use. **Agriculture Engineering**, Pavia, v.22, n.5, p.173-175, 1941.
- SOUZA JUNIOR, L.C.; MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A. (Orgs.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Pão de Açúcar, Estado de Alagoas**. Recife: CPRM/Prodeem, 2005a.
- SOUZA JUNIOR, L.C.; MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A. (Orgs.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Penedo, Estado de Alagoas**. Recife: CPRM/Prodeem, 2005b.
- SOUZA JUNIOR, L.C.; MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A. (Orgs.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Traipu, Estado de Alagoas**. Recife: CPRM/Prodeem, 2005c.
- STÖCKER, C. *et al.* Review of the current state of UAV regulations. **Remote Sensing**, Basel, v.9, n.5, p.459, 2017.
- SUH, J. Mapping hazardous mining-induced sinkhole subsidence using unmanned aerial vehicle (drone) photogrammetry. **Environmental Earth Sciences**, v.76, n.4, p.144, 2017.
- TAVARES, A.S. *et al.* Modeling of water erosion by the erosion potential method in a pilot subbasin in Southern Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.2, p.555-572, 2019.



VIDAL, M.R.; MASCARENHAS, A.L.S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geoecologia das Paisagens. **GeoUSP** [on-line], São Paulo, v.24, n.3, 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/yfyr9u22>. Acesso em: 12 jan. 2022.

VITTE, A.C.; DA SILVEIRA, R.W.D. Kant, Goethe e Alexander Humboldt: estética e paisagem na gênese da Geografia Física moderna. **Acta Geográfica**, v.4, n.8, p.07-14, 2010.

WATTS, A.C. *et al.* Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification and considerations of use. **Remote Sensing**, Basel, v.4, n.6, p.1671- 1692, 2012.

WHITEHEAD, K.; HUGENHOLTZ, C.H. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: a review of progress and challenges. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v.2, n.3, p.69-85, 2014.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Supersedes Agriculture Handbook**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p.

WITING, F. *et al.* Riparian reforestation on the landscape scale: navigating trade-offs among agricultural production, ecosystem functioning and biodiversity. **Journal of Applied Ecology**, v.59, p.1456-1471, 2022. DOI: 10.1111/1365-2664.14176.



CAPÍTULO 17 - PERFIL MINERALÓGICO E DA FERTILIDADE DOS SOLOS NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO: ANÁLISE PRELIMINAR

Tatiane Luciano Balliano¹

Ubiratan Piovezan²

Pedro P. Florez-Rodriguez³

Raimundo Nonato⁴

Resumo: A região do Baixo São Francisco (BSF) apresenta planaltos, depressões, baixadas, várzeas, dunas, restingas, mangues, florestas e caatingas, sendo reconhecidas sete unidades de paisagem para esta região: Depressão Sertaneja, Bacia Sedimentar, Planalto da Borborema, Superfícies Dissecadas Diversas, Superfícies Retrabalhadas, Tabuleiro Costeiro e Baixada Litorânea. Com base na diversidade dos processos de gênese de que derivam, os solos da região têm potencial para apresentar desde alta até baixa fertilidade natural. Considerando que informações sobre as aptidões dos solos são fundamentais ao desenvolvimento regional, foi realizada uma análise descritiva do perfil mineralógico e da fertilidade de solos amostrados em Piranhas (AL), Pão de Açúcar (AL), Traipu (AL), São Brás (AL), Porto Real do Colégio (AL), Propriá (SE), Penedinho (AL) e Brejo Grande (SE). Os resultados demonstram que, de modo geral, os solos avaliados possuem baixa fertilidade, havendo locais apresentando altas concentrações de Na e pH menor que 8,5, indicando solos potencialmente salino-sódicos. As possíveis alternativas de produção para a região devem incluir etapas de correção da fertilidade do solo, a fim de viabilizar seu uso para fins agrícolas. Dada a grande variação dos resultados observados até o presente momento, as avaliações para descrever os solos do BSF deverão ser continuadas, para que se alcance um esforço amostral representativo para toda a região.

Palavras-chave: Pedologia. Ambientes Ciliares. Química do Solo. Minerais.

INTRODUÇÃO

A região do Baixo São Francisco (BSF) encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas de 8° e 11° de latitude sul e 36° e 39° de longitude oeste, constituindo-se na porção mais oriental da bacia, ocupando uma extensão territorial de 30.377 km², sendo equivalente a 5% da área da bacia deste rio, perfazendo, assim, a menor porção das quatro subdivisões da bacia (CBHSF, 2018). O BSF inicia em Paulo Afonso-BA, e estende-se até a foz, entre Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE, com áreas nos Estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

1 Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Laboratório de Bioprocessos, Cristalografia e Modelagem Molecular. E-mail: tlb@qui.ufal.br.

2 Pesquisador. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) Tabuleiros Costeiros. E-mail: ubiratan.piovezan@embrapa.br.

3 Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Laboratório de Captura e Conversão Catalítica do Carbono. E-mail: pedro.rodriguez@iqb.ufal.br.

4 Universidade Federal de Alagoas, Campus do Sertão, Delmiro Gouveia. Departamento de Engenharia Civil. E-mail: nonato2004@yahoo.com.br.



A região é formada por 14 municípios localizados do nordeste do Estado de Sergipe: Amparo de São Francisco, Brejo Grande, Canhoba, Cedro de São João, Ilha das Flores, Japoatã, Malhada dos Bois, Muribeca, Neópolis, Pacatuba, Propriá, Santana do São Francisco, São Francisco e Telha. De acordo com o Plano de Desenvolvimento Territorial do Baixo São Francisco Sergipano de 2008, também fazem parte da região 11 municípios do Estado de Alagoas: Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Piranhas, Pão de Açúcar, Belo Monte, Traipu, São Brás, Igreja Nova, Porto Real do Colégio, Penedo e Piaçabuçu. Em 2017, o IBGE publicou dados do censo que mostraram uma população total de 281.762 habitantes nas cidades ribeirinhas de Alagoas, onde grande parte das pessoas sobrevivem de atividades da pesca, agricultura e pequenos comércios locais. O mesmo ocorre para as cidades sergipanas que compõem o Baixo São Francisco.

Para o fortalecimento das atividades de sobrevivência dos ribeirinhos, é importante que se conheça a “saúde” do Rio São Francisco, bem como a fertilidade e o manejo do solo ao longo de suas margens, assim como sua aptidão para a agricultura. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo descrever características físico-químicas de solos em diferentes localidades ao longo do Baixo São Francisco. São reportados dados de fertilidade com base em análise de macro e micronutrientes de interesse agrícola e análises utilizando técnicas de difração de raios-X e fluorescência de raios-X, capazes de revelar os minerais mais abundantes ao longo de toda a região.

Os tipos de solo

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2018), solos podem ser definidos como

uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

O BSF apresenta uma diversidade muito grande do seu quadro natural. Compreende paisagens com planaltos, depressões, baixadas, várzeas, dunas, restingas, mangues; florestas, caatingas; solos de alta e baixa fertilidade natural, profundos, rasos; relevo plano, pouco movimentado e movimentado; climas quente e úmido, quente e seco, distribuídos em seis grandes Unidades de paisagem: Depressão Sertaneja, Bacia Sedimentar, Planalto da Borborema, Superfícies Dissecadas Diversas, Superfícies Retrabalhadas, Tabuleiro Costeiro e Baixada Litorânea (EMBRAPA, 2000).

Na natureza, há ocorrência de muitos tipos de solos, considerando-se um conjunto de variáveis que interferem em suas características, cujas possibilidades de uso são intrinsecamente dependentes, tais como: material de origem, clima, relevo, organismos vivos e tempo cronológico. Além disso, os solos apresentam camadas, denominadas “horizontes”, que se formam pela ação conjunta de processos físicos, biológicos e químicos, diferenciando-se



uns dos outros por apresentar colorações, texturas e teores de argilas diferenciadas. Os solos podem ser classificados de acordo com as propriedades resultantes do processo de gênese na região do estudo (Quadro 1).

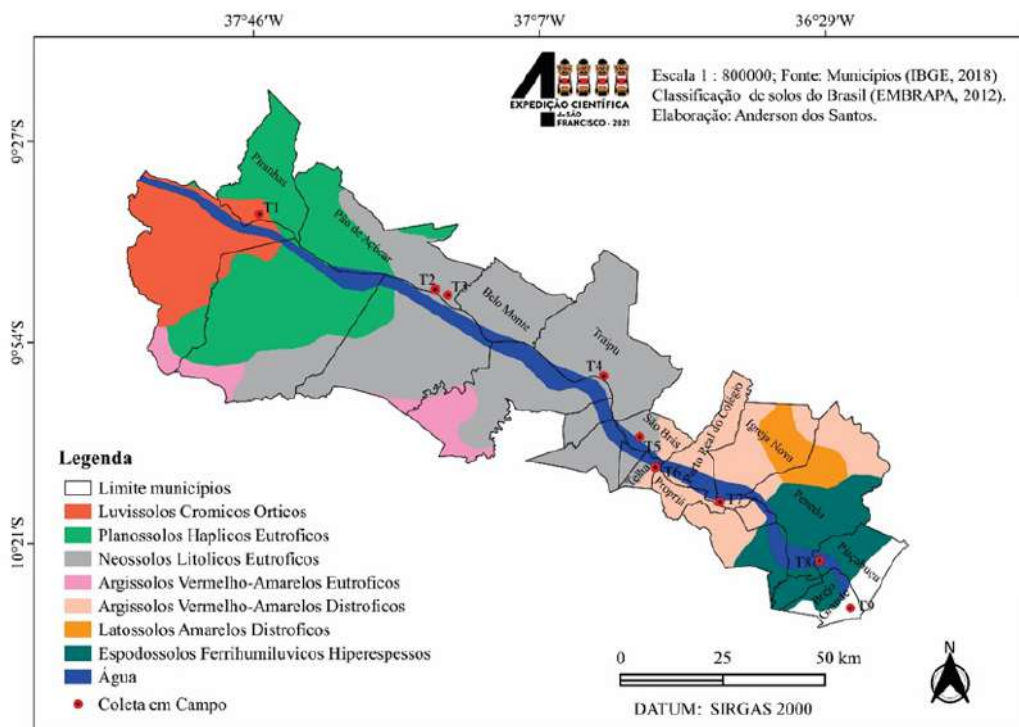
Quadro 1 - Classificação dos solos presentes na região do Baixo São Francisco, de acordo com propriedades resultantes do processo de gênese

Tipos de solo	Característica	Observados na região
Argissolos	Solos com acumulação de argila no horizonte B	Argissolos Vermelho-Amarelos, Eutróficos e Distróficos
Espodossolos	Solos com alto teor de areia, que apresentam horizonte B, que acumula matéria orgânica	Espodossolos Ferrihumilúvicos Hiperessosos
Latossolos	Solos velhos, profundos e com desenvolvimento maior no horizonte B, que é a região do subsolo e que armazena mais sais minerais e possui elementos dos horizontes O e A, tais como matéria orgânica, água, animais e plantas	Latossolos Amarelos Distróficos, mais afastados da calha do Rio São Francisco
Luvissolos	Solos jovens com acumulação de argila no horizonte B e alta fertilidade química natural	Luvissolos Crômicos Órticos, comuns no Semiárido
Neossolos	Solos jovens em início de formação	Neossolos Litólitos Eutróficos
Planossolos	Solos com acúmulo de argila no horizonte B, que geralmente têm cores acinzentadas	Planossolos Háplicos Eutróficos na Região Média do BSF

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O presente trabalho propõe-se a fazer uma breve descrição do perfil mineralógico dos solos dos municípios do Baixo São Francisco por que a quarta expedição do Rio São Francisco passou em 2021 (Figura 1). Neste contexto, no curso da Expedição, em cada cidade visitada, realizou-se trabalho de campo planejado para coletas de amostras de solo, priorizando regiões ambientalmente mais preservadas e com maior prevalência e abundância de espécies vegetais. Tal planejamento foi feito a partir da análise de imagens obtidas por satélites, utilizando o aplicativo Google Earth®.

Figura 1 - Distribuição dos tipos de solos ao longo da região do Baixo São Francisco e das cidades por que passou a Expedição. Os pontos vermelhos representam os locais de coleta



Fonte: AUTORES, 2021.

Em relação aos subtipos de solos, há uma variedade de classes, mesmo dentro da unidade de paisagem, resultado da variação do material de origem (rochas) e relevo, principalmente. Assim, serão apresentados, aqui, de forma preliminar, aspectos da fertilidade e características químicas dos solos que compõem a região do BSF.

As Unidades de Paisagem e os solos típicos do BSF

Depressão Sertaneja

Abrange Sertão alagoano, Sertão sergipano e Centro-Norte baiano, com características de **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa suave ondulado e ondulado + **Planossolo Háplico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado + **Planossolo Nátrico** Órtico típico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado.

Planossolo Háplico Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco plano e suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa suave ondulado + **Planossolo Nátrico** Órtico típico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco plano e suave ondulado.

Neossolo Regolítico Distrófico fragipânico arenosa cascalhenta A fraco plano e suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco rochosa suave ondulado e ondulado + **Planossolo Nátrico** Órtico típico arenosa/média e arenosa/argilosa A fraco plano e suave ondulado.

Luvissole Crômico Órtico vertissólico média/argilosa A fraco pedregosa suave ondulado e plano + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa suave ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco plano e suave ondulado.

Tabuleiros Costeiros

Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico média/argilosa A moderado suave ondulado e ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico média A moderado suave ondulado e ondulado.

Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico média A moderado e A fraco plano e suave ondulado + **Argissolo Vermelho-Amarelo** Eutrófico latossólico média A fraco plano e suave ondulado + **Latossolo Vermelho** Eutrófico típico média A moderado e A fraco plano e suave ondulado.

Latossolo Amarelo Distrófico típico média A moderado plano e suave ondulado + **Argissolo Amarelo** Distrófico típico arenosa/média e média/argilosa A moderado e A proeminente plano e suave ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A moderado plano e suave ondulado.

Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta A moderado ondulado e suave ondulado + **S Argissolo Vermelho-Amarelo** Distrófico típico média/argilosa A moderado e A proeminente ondulado e suave ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A moderado suave ondulado **Argissolo Amarelo** Distrocoeso fragipânico arenosa/média A fraco álico plano + **Espodossolo Ferri-Humilúvico** Órtico típico arenosa A fraco e A moderado plano.

Gleissolo Háptico Tb Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Distrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano **Espodossolo Ferri-Humilúvico** Órtico dúrico arenosa e média A moderado plano + **Argissolo Amarelo** Distrófico fragipânico média/argilosa A moderado plano + **Argissolo Acinzentado** Distrófico típico arenosa/média A moderado plano.

Planalto da Borborema

O sul de Alagoas pertence a esta região e apresenta **Argissolo Vermelho-Amarelo** Eutrófico típico e chernossólico média/argilosa A moderado e A chernozêmico forte ondulado e ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A moderado rochosa forte ondulado e montanhoso + **Neossolo Litólico** Chernossólico típico arenosa e média A chernozêmico rochosa forte ondulado e montanhoso.

Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossólico média A moderado e A chernozêmico forte ondulado e ondulado + **Argissolo Vermelho-Amarelo** Eutrófico típico e chernossólico média/argilosa A moderado e A chernozêmico forte ondulado e ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico média A moderado forte ondulado e montanhoso + **Neossolo Litólico** Chernossólico típico média A chernozêmico rochosa forte ondulado e montanhoso.

Neossolo Regolítico Eutrófico fragipânico e típico arenosa cascalhenta e arenosa A fraco plano e suave ondulado + **Neossolo Regolítico** Distrófico fragipânico e típico arenosa



A fraco plano e suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco rochosa suave ondulado.

Superfícies Dissecadas Diversas

Ocorre nos Sertões das Alagoas e de Sergipe, **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa ondulado e forte ondulado + **Luvissole Crômico** Órtico vertissólico e típico média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e ondulado.

Planossolo Háptico Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado plano e suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico e fragmentário arenosa e média A fraco e A moderado não álico plano e suave ondulado.

Luvissole Crômico Órtico vertissólico média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa suave ondulado e ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado plano e suave ondulado.



Superfícies Retrabalhadas

Ocorre nos Litorais de Alagoas e Pernambuco, **Luvissole Crômico** Órtico típico média/argilosa A fraco e A moderado pedregosa ondulado e forte ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado pedregosa forte ondulado e ondulado + **Argissolo Vermelho-Amarelo** Eutrófico típico média/argilosa A fraco e A moderado ondulado.

Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta A moderado ondulado e suave ondulado + **Argissolo Vermelho-Amarelo** Distrófico típico média/argilosa A moderado e A proeminente ondulado e suave ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A moderado suave ondulado.

Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico saprolítico e abruptico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco e A moderado suave ondulado + **Neossolo Litólico** Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado pedregosa suave ondulado e ondulado + **Planossolo Háptico** Eutrófico solódico arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa A fraco suave ondulado e plano.

Latossolo Amarelo Distrófico típico média A moderado plano e suave ondulado + **Neossolo Quartzarênico** Órtico típico arenosa A fraco e A moderado plano e ondulado.

Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico argilosa A moderado plano + **Gleissolo Melânico** Ta Distrófico típico argilosa A húmico plano + **Neossolo Flúvico** Ta Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano suave ondulado.

Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado plano + **Neossolo Flúvico** Tb Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Eutrófico típico média e argilosa A fraco e A moderado plano.

Bacias Sedimentares

Neossolo Quartzarênico Órtico típico arenosa A fraco e A moderado plano e suave ondulado.

Neossolo Litólico Distrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado forte ondulado e montanhoso + **Afloramentos de Rochas**.

Baixada Litorânea

Neossolo Quartzarênico Órtico típico arenosa A fraco e A moderado suave ondulado + **Esposossolo Ferri-Humilúvico** Órtico típico arenosa A fraco, A moderado e A proeminente plano e suave ondulado.

Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Neossolo Flúvico** Ta Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano.

Gleissolo Háptico Tb Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Eutrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano + **Gleissolo Háptico** Ta Distrófico típico indiscriminada A fraco e A moderado plano.

Metodologia de coleta do solo

A coleta de solo foi realizada em cada uma das cidades visitadas durante a IV Expedição. Foi estabelecido um transecto em cada área de estudo, subdividido em quatro pontos equidistantes e, em cada ponto, foi realizada colheita de solo. O chão foi escavado com uso de picareta, até 20 cm de profundidade, e uma fatia de todo o perfil do solo foi retirada, homogeneizada dentro da cova e coletada. As amostras tiveram aproximadamente 0,5 kg de massa, foram acondicionadas em saco plástico e identificadas com papel. Ao chegar ao laboratório, foram fracionadas e encaminhadas para as análises planejadas.

Análises Químicas do solo (fertilidade)

Foram realizadas análises químicas para trinta e duas (32) amostras de solo, considerando oito (8) diferentes locais de coleta de sete cidades diferentes, com o objetivo de conhecer a composição química relacionada à fertilidade dos solos. Para tanto, realizaram-se análises qualitativas e quantitativas dos elementos de interesse, considerando valores médios para os quatro pontos de cada transecto. Os elementos químicos analisados foram escolhidos considerando sua utilização para avaliação da fertilidade de solos para fins agrícolas.

As dosagens e avaliações químicas relacionadas à fertilidade dos solos amostrados foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos da Embrapa Tabuleiros Costeiros, sediada em Aracaju-SE. A avaliação do potencial hidrogeniônico dos solos foi feita por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água, KCl ou CaCl₂), na proporção 1:2,5. Para a determinação do P, foi utilizado espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A leitura pôde ser feita diretamente no extrato obtido com a solução Mehlich-1.

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – cátions trocáveis – para avaliação de cátions trocáveis utilizou-se uma solução extratora, com o método do KCl 1 mol L⁻¹. Esses cátions adsorvidos foram, então, analisados por métodos volumétricos, de emissão ou absorção atômica. Para determinação do alumínio trocável, foi realizada a extração com solução KCl 1 mol L⁻¹ e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH.

Cálcio + magnésio trocáveis – ambos determinados por complexometria. Extração com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinação complexométrica em presença dos indicadores negro de eriocromo e murexida ou calcon.



Potássio e sódio trocáveis estimados pelo Princípio Extração com solução Mehlich-1 e posterior determinação por espectrofotometria de chama.

Os resultados da análise química demonstraram baixas quantidades de matéria orgânica, se comparadas às de solos considerados férteis com relação a este parâmetro (Tabela 1).

Como pode ser visto nos dados preliminares da Tabela 1, os percentuais estimados de nitrogênio presentes nas amostras, considerando as análises químicas de fertilidade, são muito baixos, indicando que, provavelmente, seria necessária a correção de Nitrogênio para estes solos, uma vez que este elemento é altamente demandado pelos vegetais (MENDES, 2007).

A Tabela 1 apresenta as medidas de pH para o solo de todas as cidades, mostrando que, em vários locais, seriam recomendadas abordagens de correção de acidez para, então, possibilitar atividades agricultáveis. Nos resultados obtidos, os valores de pH situaram-se no intervalo de 5,1 – 6,7 e é importante considerar que em torno de 5 pode haver presença de alumínio trocável e o pH em torno de 7 sugere a presença de calcário⁵.

Tabela 1 - Percentuais de matéria orgânica, nitrogênio e potencial hidrogeniônico (pH) caracterizado para o solo de cada cidade

Locais	MO	%N	pH
Piranhas	21,94	0,1097	6,66
PA 1	16,03	0,0801	5,45
PA 2	16,44	0,0822	6,67
Traipu	23,18	0,1156	6,53
São Brás	20,36	0,1018	5,11
PRC	32,54	0,1627	5,32
Propriá	43,69	0,2185	5,57
Penedinho	---	0,1721	---

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

A Tabela 2 mostra a presença de alguns metais alcalinos e alcalinos terrosos que, na presença de água, formam óxidos com esses metais, colaborando para a diminuição da acidez do solo, o que é algo bastante positivo. Além disso, é importante salientar a presença abundante de fósforo em Piranhas: muito embora este seja um não metal, é um dos macronutrientes de grande importância para a fertilidade do solo. As concentrações relativas de cada parâmetro da fertilidade dos solos nas diferentes localidades são resumidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química relativa à fertilidade do solo de cada cidade

	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K	Na
Piranhas	81,71	33,31	14,51	0,21	350,47	178,35	53,90
PA 1	34,40	43,59	39,74	1,07	214,33	134,42	54,85
PA 2	36,41	42,61	12,09	0,14	26,20	244,35	277,62
Traipu	40,97	30,10	28,18	0,21	26,07	221,60	22,27
São Brás	10,72	12,80	50,61	4,92	2,28	156,67	18,75
PRC	75,36	46,98	44,18	1,16	7,28	176,85	49,10
Propriá	45,21	25,05	52,19	2,12	10,18	220,45	25,05
Penedinho	5,055	4,345	91,4825	12,5425	13,3975	31,8	25,925

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Análises de difração de raios-X

As análises de raios-X foram conduzidas em duas etapas, que compreenderam a fluorescência de raios-X e a difração de raios-X, pois, com o conhecimento sobre a composição metálica das amostras, torna-se mais fácil e segura a identificação das fases cristalinas.

Espectroscopia de fluorescência de raios-X

Todas as amostras foram submetidas a uma análise de espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDX). Para todas as frações, foram utilizados porta-amostras de polietileno com extremidades abertas, vedados com filme de polipropileno. A análise identifica e quantifica os elementos presentes nas amostras. O equipamento empregado foi o EDX-7000 da Shimadzu, com um intervalo de resolução do ^{-11}Na ao ^{92}U .

Difração de raios-X (DRX)

A técnica de difração de raios-X foi empregada para a determinação das possíveis fases cristalinas das amostras coletadas. Os experimentos de DRX das amostras foram realizados utilizando um difratômetro DRX – 7000 (Shimadzu), com radiação $\text{CuK}\alpha$ 1,2 de 40 kV e 30 mA. A varredura utilizada para todas as amostras foi 2θ de 9° a 90° , utilizando um passo de 0.02° ($2^\circ/\text{min}$).

De modo geral, pode-se considerar que os solos da região possuem fertilidade comprometida.

Embora essa seja uma característica comum à maioria dos solos analisados e aos tipos de solos reconhecidos para a região, alguns nutrientes apresentaram ampla variação entre as áreas analisadas. A fertilidade apresentada pelos solos estudados representa um desafio à exploração agrícola e, conseqüentemente, um obstáculo ao desenvolvimento rural no BSF.

A Figura 2 mostra os resultados de fluorescência de raios-X para todas as amostras e é possível observar o Silício como elemento majoritário, apresentando concentrações entre 46,33% para a amostra da cidade de Traipu e 94,13% para a amostra de Penedinho e Piaçabuçu; o segundo elemento predominante nas amostras foi o Alumínio, com concentrações variando entre 20,31% para a amostra de Traipu e 1,192% para a amostra de Penedinho; o terceiro elemento predominante foi o Ferro, mostrando concentrações entre 13,33% para a amostra de Porto Real do Colégio e 0,47% para a amostra de Penedinho; o quarto elemento predominante encontrado foi o Potássio, mostrando concentrações entre 10,39% para a amostra de São Brás e 0,82% para a amostra de Penedinho.

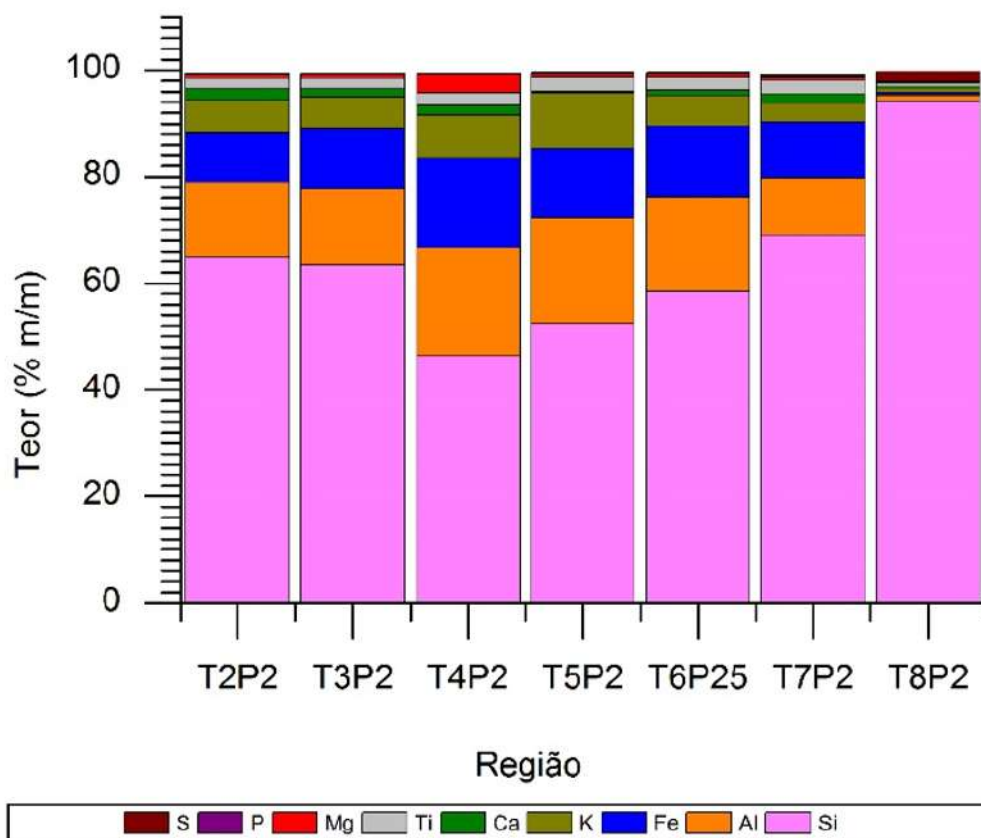
Todas as amostras mostraram concentrações em torno de 1% para o elemento Cálcio, assim como 2% para o elemento Titânio. Estes seis elementos (Silício, Alumínio, Ferro, Potássio, Cálcio e Titânio) representaram, aproximadamente, 98,63% (amostra de São Brás) e 95,803% (amostra de Traipu) do total dos elementos presentes nas amostras analisadas por fluorescência de raios-X, o que não descarta a presença de outros elementos, como Carbono, Sódio etc., não detectáveis através desta técnica.

Por outro lado, foi possível observar a presença de outros elementos em concentrações menores a 1%, dentre eles: Fósforo, Zircônia, Manganês, Enxofre, Estrôncio, Prata (Pão de Açúcar), Cromo (todas as amostras), Rubídio (todas as amostras, exceto em Traipu e Penedinho), Ítrio (todas as amostras, exceto em Traipu e Penedinho), Zinco e Nióbio (todas as amostras, exceto em Penedinho), Cobre (Penedinho), Irídio (Pão de Açúcar), Níquel (todas



as amostras, exceto em Pão de Açúcar, São Brás e Penedinho), Paládio (Traipu), Vanádio (Traipu e Porto Real do Colégio) e Bromo (Propriá).

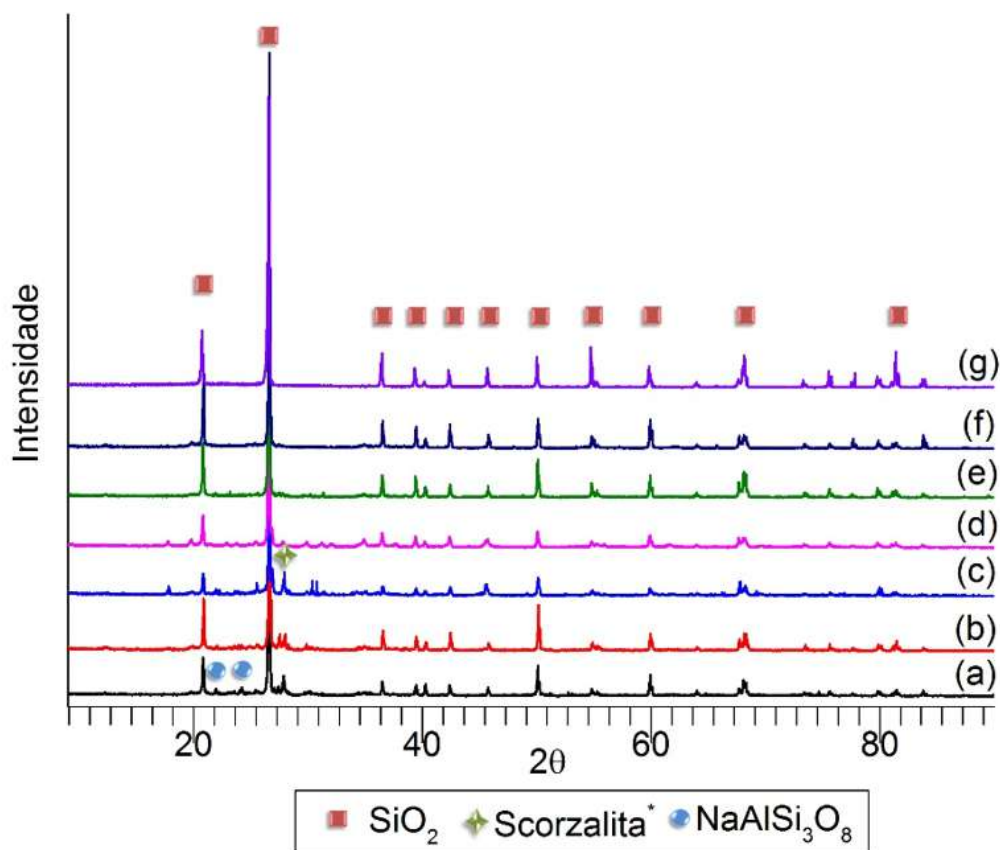
Figura 2 - Resultado de fluorescência de raios-X das amostras de solo coletadas em cada cidade. T2P2 = Pão de Açúcar; T3P2 = Pão de Açúcar; T4P2 = Traipu; T5P2 = São Brás; T6P2 = Porto Real do Colégio; T7P2 = Propriá; T8P2 = Penedinho



Fonte: AUTORES, 2022.

A Figura 3 mostra os difratogramas obtidos para todas as amostras de solo referenciadas na Figura 6. A partir destes difratogramas, é possível observar a presença predominante da fase cristalina hexagonal do Quartzo (SiO_2) para todas as amostras, com picos principais observados em $2\theta = 26^\circ, 20,8^\circ, 54,7^\circ$. Outras fases cristalinas de baixa intensidade são observadas para as amostras de Pão de Açúcar e Traipu, que poderiam estar associadas à presença do mineral Scorzalita, composto por $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2$ (Figura 8), com picos principais observados em $2\theta = 27,4^\circ, 27,8^\circ$; do mesmo modo, foi possível observar fases cristalinas associadas ao Alumínio, silicatos de Sódio $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ com picos principais observados em $2\theta = 22,03,4^\circ, 24,17^\circ$ para essas amostras.

Figura 3 - Difratoogramas referentes às análises e difração de raios-X de todas as amostras de solo analisadas previamente por EDX



Fonte: AUTORES, 2022.

A Figura 4 mostra a Scorzalita, que se trata de um mineral da classe dos minerais fosfatados. Essa informação apresenta-se em consonância com os resultados obtidos para a fertilidade do solo que são mostrados na Tabela 1, onde podem ser vistas altas concentrações de Fósforo nas cidades de Piranhas e Pão de Açúcar, tendo esta última apresentado a segunda maior concentração de Fósforo entre as cidades onde foram realizadas coletas, reforçando a importância dos minerais para a fertilidade do solo.

Figura 4 - Mineral Scorzalita



Fonte: WIKIPÉDIA, 2022.





Análise de Cor

Foram realizadas análises de cor das amostras de solo adotando como metodologia o sistema de determinação de cores de Munsell, amplamente utilizado por pesquisadores no mundo inteiro, pelo fato de que se trata de procedimento simples e prático em que é necessário, apenas, fazer uma comparação com um padrão de cores estabelecidas a partir da observação de ocorrência de solos já caracterizados.

A Carta de Cores Munsell para Solos reúne uma série de padrões de cores encontradas nos solos. Abaixo de cada padrão de cor há uma abertura, onde são posicionadas as amostras de solo para se fazer a comparação visual. A notação Munsell referente a cada padrão de cor é feita da seguinte forma: matiz valor/croma (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1975).

A informação sobre a cor do solo, além de caracterizar a região em estudo, aponta a possível presença de vários componentes minerais que corroboram para que se possa traçar um perfil daquele determinado solo. A Tabela 3 traz os resultados referentes às análises de cor de uma amostra para cada cidade visitada durante a Expedição do Rio São Francisco.

Tabela 3 - Análise de cores das amostras coletadas durante a Expedição do São Francisco

Local	Tipo de solo, de acordo com a Carta de Cores de Munsell	Imagem do solo coletado
Piranhas	10YR 4/4/3 solo de cor marrom-médio	
Pão de Açúcar 1	10 YR 5 5/4 solo de cor marrom-amarelado	
Pão de Açúcar 2	10 YR 5 5/4 solo de cor marrom-amarelado	
Traipu	10 YR 4 4/4 4 solo de cor marrom-escuro-amarelado	



São Brás	10 YR 5 5/3 4 solo de cor marrom	
Porto Real do Colégio	10 YR 5 5/4 solo de cor marrom-amarelado	
Propriá	10 YR 3 3/4 4 solo de cor marrom-escuro-amarelado	
Penedinho	10 YR 6 6/3 4 solo de cor marrom-pálido	

Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Considerações sobre a fertilidade observada

De modo geral, pode-se afirmar que os solos estudados possuem baixa fertilidade, havendo locais que apresentaram altas concentrações de Na, juntamente com pH menor do que 8,5, o que é um indicador de solos, de acordo com os preceitos de interpretação de resultados de análises de solos (SOBRAL *et al.*, 2015).

Sob o ponto de vista da utilização dessas áreas para finalidade agrícola, poucas atividades seriam naturalmente recomendáveis, tendo como base apenas os resultados da fertilidade dos solos. Para fins de produção, haveria a necessidade de ações prévias de correção de aspectos ligados à fertilidade dos solos, tais como o pH e a concentração de macro e micronutrientes interessantes à nutrição de plantas. A adoção de ações prévias de correção da fertilidade do solo seria condição necessária ao desenvolvimento de atividades agrícolas ordinárias, rentáveis, nesta região.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS EM DADOS E INFORMAÇÕES. **Rio São Francisco em Alagoas.**

Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/ne/dataset/rio-sao-francisco-em-alagoas>.

Acesso em: 18 abr. 2022.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF).

Lista de municípios CBHSF. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/2nxpv83u>.

Acesso em: 18 abr. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Aspectos Ambientais**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec), s.d. Disponível em: <https://tinyurl.com/ywdkbbkf>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **Introdução à Fertilidade do Solo**. Salvador: Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA-BA/SDC/Mapa, 2007. Disponível em: <https://tinyurl.com/39xbzswv>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell Soil Color Chats**. Baltimore, Maryland, USA: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Solos, 2018.

SERGIPE. **Plano de desenvolvimento do território do Baixo São Francisco Sergipano**. 2008. Disponível em: <https://tinyurl.com/42vwk9kd>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SOBRAL, L.F. *et al.* **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.



CAPÍTULO 18 - USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DA BACIA E CARACTERIZAÇÃO HIDROAMBIENTAL

Anderson dos Santos¹

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes²

Resumo: As intervenções antrópicas nos ecossistemas naturais têm ocasionado diversos impactos ambientais, alterando o equilíbrio dos ecossistemas e o ciclo hidrológico, intensificando processos de erosão e assoreamento de rios, modificando o balanço de fluxos de energia na superfície, dentre outros fatores. A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, uma das mais relevantes do Nordeste do Brasil, apresenta grandes desafios relacionados a problemas de preservação, conservação e proteção do seu manancial. Neste sentido, o presente estudo pretende avaliar as consequências das mudanças climáticas, ambientais e hidrológicas nos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco. Foram obtidos dados fluviométricos e pluviométricos na Agência Nacional de Águas (ANA) e dados de precipitação diária do produto (CHIRPS), respectivamente. Também foram obtidos dados de NDVI e temperatura da superfície do sensor MODIS e dados de uso e cobertura do solo na plataforma MapBiomas Brasil. De uma maneira geral, a região possui distribuição de temperatura da superfície, precipitação e cobertura vegetal heterogênea. Em relação às mudanças no uso e na cobertura do solo, constatou-se que, entre os anos 2012 e 2020, houve uma redução de 17,35% da área de vegetação nativa. Por fim, as mudanças no regime hidrológico decorrente do controle das vazões pelas barragens impactam diretamente a morfologia da calha do Rio São Francisco, promovendo a expansão das áreas de bancos de areia em períodos de menores vazões e ocasionando impactos na socioeconomia em cidades como São Brás, que tem o turismo em sua orla reduzido em períodos de menores vazões.

Palavras-chave: Assoreamento. SIG. Cobertura Vegetal. Precipitação. Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco (RSF), considerado o mais importante do Nordeste pelo volume de água transportado para o Semiárido, tem sofrido constantes intervenções antrópicas, desde os tempos imperiais, que exerceram demandas adicionais sobre a Bacia, ocasionando diversos impactos ambientais. Dos grandes rios localizados completamente em território brasileiro, o São Francisco é o que apresenta os maiores desafios e problemas de preservação, conservação e proteção do seu manancial ao longo de todo o seu percurso, da nascente à foz (SANTOS *et al.*, 2012; FREITAS, 2015; SOARES *et al.*, 2020).

Na região da Bacia Hidrográfica do São Francisco (BHSF), os conflitos pelo uso dos recursos naturais têm sido crescentes, devido, principalmente, à construção de diversas barragens no curso principal do RSF, que se destinam a diversos usos, dentre eles a geração de energia e a redução das vazões. Para atender à demanda de energia do sistema a que estão conectados, esses reservatórios acumulam água durante a estação chuvosa (verão e início da

¹ Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. agryanderson@gmail.com.

² Laboratório de Agrometeorologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA. gabrieltavarez@gmail.com.



primavera) e, então, durante a estação seca (inverno e outono), liberam o volume acumulado (VASCO *et al.*, 2017; JONG *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2018). Deste modo, os elevados picos de vazões, de 8.000 a 15.000 m³s⁻¹, que ocorriam naturalmente nos primeiros meses do ano (de janeiro a março), foram drasticamente reduzidos (MEDEIROS *et al.*, 2014).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem vivenciado a intensificação dos processos de desgaste dos recursos terrestres e hídricos, redução significativa da vegetação nativa e perda da biodiversidade, exibindo áreas fortemente deterioradas que contribuem diretamente para o processo de degradação ambiental e desertificação das terras, gerando uma carga de sedimentos e materiais que é dispersa e depositada ao longo da calha principal do rio e de seus reservatórios de barramento, acelerando o assoreamento (CANTALICE *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020; SOARES; SILVA; NAVAS, 2020).

Diante disso, programas de média e longa duração têm sido desenvolvidos para diagnóstico, monitoramento e recuperação de nascentes e cursos hídricos, como os já desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente, Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Caatinga (Crad). Ainda assim, tais projetos não têm sido suficientes para sobrepujar as ações de degradação que ali ocorrem.



Dados fluviométricos

As séries temporais das vazões mensais foram obtidas de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) localizadas nos municípios alagoanos de Pão de Açúcar (9,74°Se -37,45°W) e Traipu (9,96°S e 37,00°W). Vale destacar que os dados de vazão serão utilizados no cálculo do SSI; deste modo, com o objetivo de trazer mais robustez à estimativa do SSI e melhor compreender a influência climática na região em estudo, buscou-se trabalhar com uma série de dados de 30 anos, compreendendo o período de janeiro de 1991 a dezembro de 2020.

Dados de precipitação

Neste estudo, os valores mensais e anuais de precipitação foram obtidos com base nos dados de precipitação diária do produto CHIRPS e a distribuição espacial dos dados foi estimada usando o método de interpolação, com o intuito de analisar a distribuição espacial da precipitação sobre a região do Baixo São Francisco (BSF) e sua influência junto às condições de mudanças anuais da cobertura e uso da terra por parte dos parâmetros físico-hídricos à superfície.

O método estatístico responsável pela caracterização espacial da chuva para a região do BSF foi o interpolador espacial estatístico Krigagem Ordinária, baseado em modelos estatísticos de autocorrelação entre os pontos amostrados, que são um total de 962 pixels, explicando, assim, a variação espacial dos dados a partir de técnicas de média ponderada. É importante destacar que, após a interpolação, os pixels foram reamostrados para resolução de 30 m.

A princípio, o uso desta ferramenta no *software* ArcGIS® 10.6.1 pode prever e interpolar detalhadamente determinados valores de estimativa entre os pontos da grade de pixels, que inclui análise estatística exploratória dos dados, gerando, assim, um mapeamento

temático de superfície estimada com valores de precipitação em milímetros (mm) previstos para toda a região, atingindo boa precisão e erros mínimos no padrão de variabilidade espacial.

Os dados CHIRPS foram extraídos para o período de 1991 a 2021, na plataforma Google Earth Engine³, empregando linguagem de programação em JavaScript e usando o conjunto de dados desde 1981 da coleção ee.ImageCollection (“UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY”). A escolha deste produto baseou-se no seu desempenho aceitável na identificação de seca agrícola, quando comparado às medições *in situ* na BHSF, e por apresentar maior resolução espacial e temporal quando comparado a outros produtos. Sua vantagem em relação aos dados obtidos de estações meteorológicas está no maior número de pontos amostrais, o que possibilita um estudo mais preciso e detalhado das respostas dos diferentes tipos de cobertura vegetal à precipitação em extensas áreas que possam apresentar variação na distribuição espacial das chuvas.

Standard Precipitation Index (SPI)

O SPI foi utilizado neste trabalho para medir a duração e a severidade da seca meteorológica, usando dados do produto CHIRPS para cada ponto da grade correspondente às estações fluviométricas da ANA localizadas nos municípios alagoanos de Pão de Açúcar e Traipu. O SPI foi desenvolvido por McKee *et al.* (1993) e descreve a probabilidade de variação da precipitação (em relação a um valor normal), ou seja, a ocorrência de anomalias, para o período de referência em um determinado local, em um intervalo de tempo mensal (ou de vários meses).

Valores positivos de SPI indicam períodos chuvosos, enquanto valores negativos caracterizam *deficits* pluviométricos. O início de um episódio de seca pode ser identificado quando o SPI passa de um valor positivo para um valor negativo e termina quando o índice retorna a um valor positivo; contudo, para definir o evento como seco, o SPI deve atingir um valor menor ou igual a -1 por pelo menos dois meses consecutivos (MCKEE *et al.*, 1993). A duração de um período de seca é o número de meses entre o início e o fim. O pico é o valor mínimo do SPI durante a ocorrência de um período de seca. A severidade de um evento de seca é o valor absoluto da soma dos valores do SPI do início ao fim do referido evento de seca.

Além dos critérios para definir uma seca, McKee *et al.* (1993) criaram um sistema para classificar os valores do SPI em sete categorias de secas meteorológicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação do SPI, segundo McKee *et al.* (1993)

SPI	Classificação
≥ 2,00	Extremamente Úmido
1,00 a 1,99	Muito Úmido
0,50 a 0,99	Moderadamente Úmido
0,49 a -0,49	Próximo ao Normal
-0,50 a -0,99	Moderadamente Seco
-1,00 a -1,99	Muito Seco
≤ -2,00	Extremamente Seco

Fonte: MCKEE *et al.* (1993).

³ Disponível em: <https://earthengine.google.com>.

Standardized Streamflow Index (SSI)

O SSI permite a caracterização de eventos de seca hidrológica de uma bacia hidrográfica, de modo simples, mas eficaz, das condições de seca hidrológica (JUNQUEIRA *et al.*, 2020; LUHAIM *et al.*, 2021), sendo considerado o método mais empregado para quantificar as secas hidrológicas baseadas em vazões (SHAMSHIRBAND *et al.*, 2020). O SSI usa a mesma fórmula do SPI, mas com a vazão mensal como entrada de dados. Neste estudo, o SSI foi utilizado para identificar ocorrência, duração e gravidade das secas hidrológicas nos municípios alagoanos de Pão de Açúcar e Traipu, localizados na Região do Baixo São Francisco (RBSF).

Estimativa da cobertura vegetal dos municípios ribeirinhos

O índice de vegetação NDVI foi calculado em função das bandas multiespectrais da refletância da superfície do sensor MODIS. O produto MODIS escolhido para execução dessa etapa foi Refletância da Superfície da Terra 8 dias L3 global 500 m (MOD09A1 v006), sendo utilizadas as bandas de refletância r_1 (0,620 – 0,670 μm) e r_2 (0,841 – 0,876 μm). O NDVI é rotineiramente utilizado como indicador das condições de mudanças do uso e da cobertura da terra, como biomassa vegetal, avaliação da condição hídrica, produtividade agrícola e atividade fotossintética (BARBOSA *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020; TEIXEIRA *et al.*, 2009) on the border between the states of Sergipe and Alagoas, a Brazilian semiarid region. For this, we used images from the Landsat-8 satellite, OLI sensor, with a spatial resolution of 30 m. The results found in this study reveal two distinct behaviors in the study region of the Low São Francisco watershed, the first encompassing more homogeneous areas and with greater environmental preservation located in the West and the second encompassing heterogeneous areas with severe environmental degradation in the east of the study region. In general, due to the occurrence of exposed soil, thin vegetation, and regions of the high declivity, the basin has a high and very high degree of vulnerability in 73.8% of its land, with serious risks of desertification. According to the results of the Normalized Difference Water Index (NDWI).

Com base no NDVI proveniente de imagens do sensor MODIS, foi calculada a Cobertura Vegetal (V_C) da área em estudo para o período entre 2013 e 2021, conforme Gao *et al.* (2006):

$$V_C = \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \cdot 100(1)$$

em que V_C é a cobertura vegetal, $NDVI_S$ é o mínimo valor de NDVI em área de solo exposto obtido na área de estudo e $NDVI_V$ é valor máximo do NDVI.

Temperatura da superfície da Terra

A estimativa da temperatura da superfície da Terra para a região em estudo no período entre 2013 e 2021 foi realizada em função do produto MODIS Temperatura da Superfície Terrestre/Emissividade oito dias L3 global 1 km (MOD11A2 v006), sendo estimado a partir das emissividades das bandas 31 e 32, que, por sua vez, são estimadas a partir da modelagem matemática em função dos tipos de cobertura e uso da terra, pixel a pixel da imagem MODIS



(WAN *et al.*, 2002). As imagens MODIS foram manejadas e processadas automaticamente por meio da plataforma digital em nuvem do Google Earth Engine.

Uso e ocupação do solo nos municípios ribeirinhos

Os dados de uso e ocupação da terra foram obtidos da plataforma MapBiomias Brasil, referentes à Coleção 6 do Projeto MapBiomias (2021), que usa procedimentos de classificação automática aplicados a imagens de satélite para gerar dados de cobertura e uso da terra. Essa coleção apresenta alta confiabilidade e inclui dados anuais de cobertura e uso da terra no período de 1985-2020, priorizando as seguintes classes: formação vegetal (arbórea, arbustiva e herbácea), agricultura, pastagem, mosaico agricultura e pastagem, área urbana e corpos hídricos (FENDRICH *et al.*, 2020).

Mapeamento do espelho d'água e do assoreamento no Rio São Francisco

O NDWI foi utilizado para extração da área de água de superfície, a partir das bandas refletivas das imagens dos satélites Planet, pelo cálculo da diferença normalizada entre duas bandas de imagem, conforme a Equação (2). A plataforma Google Earth Engine foi utilizada na geração do mosaico de imagens utilizado no cálculo do NDWI:

$$NDWI = \frac{\rho_G - \rho_N}{\rho_G + \rho_N} \quad (2)$$

em que ρ_G e ρ_N são as refletâncias mensuradas na banda do verde e infravermelho próxima ao satélite Planet.

O NDWI separa bem corpos de água de outros tipos de cobertura do solo. As áreas de água geralmente apresentam valores maiores que 0 e demais usos do solo, como áreas de vegetação e solo exposto, tendem a apresentar forte valor negativo. As imagens NDWI foram classificadas em água e terra, usando um valor-limite de 0. Posteriormente, as imagens de NDWI foram utilizadas na quantificação do assoreamento da calha do Rio São Francisco ao longo da região em estudo.

O total de 500 amostras de treinamento de classificação foi distribuído aleatoriamente nas áreas homogêneas representativas. Essas amostras foram classificadas manualmente, com base na interpretação visual, como pixels de água ou não, e, em seguida, a matriz de confusão foi calculada comparando a classificação de água com essas amostras “verdadeiras”, com a utilização do *software* QGIS 3.16.7 (QGIS Development Team, 2021).

Resultados

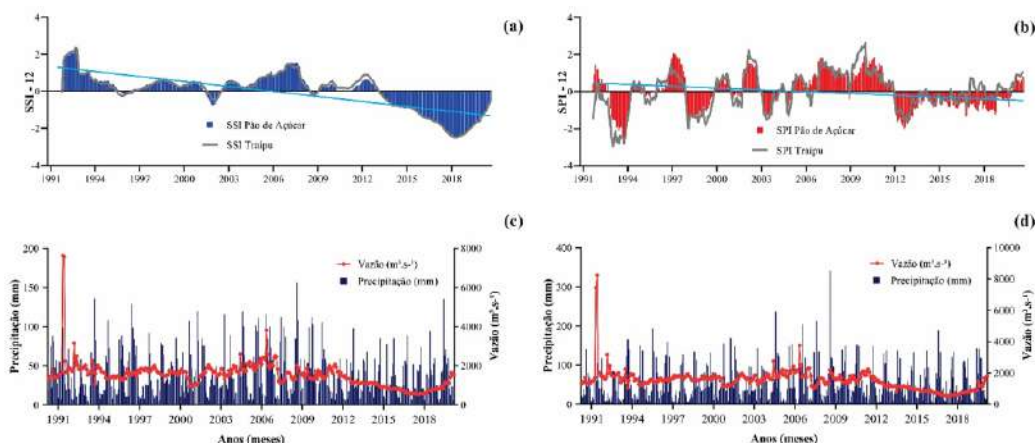
As séries temporais de anomalias de precipitação e vazão, precipitação e vazão mensal acumulada (SPI-12) foram utilizadas para avaliar os episódios de seca meteorológica, entre 1991 e 2020, nos municípios de Pão de Açúcar e Traipu (Figura 1). Analisando os parâmetros de gravidade e duração, a seca que afetou esses municípios, tendo início em março de 2012 e com duração até fevereiro de 2020, foi o pior evento de seca extrema em termos de gravidade (27,05) e duração (18 meses com valores de $SPI \leq -1,00$) em Pão de Açúcar e o segundo em Traipu, em gravidade (15,29) e duração (12 meses). Além disso, esse episódio atingiu picos de



2,02, 1,34 e 1,24 em novembro de 2012, janeiro de 2017 e janeiro de 2019, respectivamente (Figura 1B), enquadrando-se nas categorias extremamente seco e muito seco (conforme apresentado na Tabela 1). Por conseguinte, a seca meteorológica entre 2012 e 2020 é agravada pela ocorrência de valores de SPI $\leq 0,5$ (moderadamente seco) em 75 e 31 dos 108 meses, nos municípios de Pão de Açúcar e Traipu, respectivamente.

Nesta análise, a precipitação anual de longo prazo foi de cerca de 475 mm e 678 mm em Pão de Açúcar e Traipu, respectivamente. No entanto, durante o período 2012-2020, a precipitação acumulada foi inferior a 405 mm em Pão de Açúcar e 655 mm em Traipu. Considerando todo o período estudado, o *deficit* pluviométrico afetou, principalmente, a disponibilidade hídrica durante os meses de maio a setembro.

Figura 1 - Análise de precipitação sobre a área de captação do Rio São Francisco nos municípios de Pão de Açúcar e Traipu: (A) anomalias anuais de vazão expressas por meio do Standardized Streamflow Index (SSI); (B) anomalias anuais de precipitação expressas por meio do Standardised Precipitation Index (SPI); (C) e (D) precipitação e vazão mensal cumulativa



Fonte: SANTOS, 2022.

Por outro lado, a gravidade dos eventos de seca hidrológica baseados no SSI-12 tendeu a aumentar a partir de 2013, atingindo eventos de seca a partir de novembro de 2015, culminando em agosto de 2020 (Figura 1A). Ao analisar os parâmetros de gravidade e duração, esse evento de seca hidrológica foi o pior evento de seca extrema em termos de gravidade (103,43) e duração (58 meses). Vale ressaltar que esse episódio atingiu picos de SSI superiores a 2 no período entre novembro de 2017 e junho de 2019 (Figura 1A), enquadrando-se na categoria de seca extrema (Tabela 1).

Esses resultados evidenciam que as mudanças hidrológicas ocorridas no baixo curso do Rio São Francisco não estão diretamente atreladas à escassez de chuvas na região, mas a eventos de chuvas nas regiões do Alto e Médio São Francisco e aos efeitos dos perímetros irrigados e barragens, principalmente a Barragem de Sobradinho, que, além da redução das vazões, podem aumentar o *deficit* hídrico em alguns períodos do ano (TEIXEIRA *et al.*, 2009; GENZ; LUZ, 2012; VASCO *et al.*, 2017; 2019). Por conseguinte, observa-se tendência de redução do volume das vazões, com o pico da vazão anual deslocado para os períodos de menor precipitação (Figuras 1A, 1C e 1D).

Como os eventos de seca de 2012-2020 nos municípios de Pão de Açúcar e Traipu foram os mais longos e severos nos últimos 30 anos, esse foi o período escolhido para a análise dos parâmetros biofísicos (cobertura vegetal, temperatura da superfície e precipitação) e do uso e ocupação da terra na escala da RBF durante esses anos.

Com as observações da dinâmica espaço-temporal das chuvas na região em estudo, foi possível observar a ocorrência de variação na distribuição e no volume das chuvas, de modo que algumas áreas apresentam tendência a uma maior ocorrência de chuvas, que podem estar condicionadas ao tipo de vegetação nativa e aos efeitos orográficos da região. Por conseguinte, os maiores acumulados de precipitação pluviométrica ocorrem no extremo leste da bacia, entre os municípios de Piaçabuçu, Penedo, Igreja Nova e Porto Real do Colégio, com valores superiores a 850 mm (Figura 1), com chuvas concentradas entre os meses de abril e agosto e os maiores valores verificados no mês de maio.

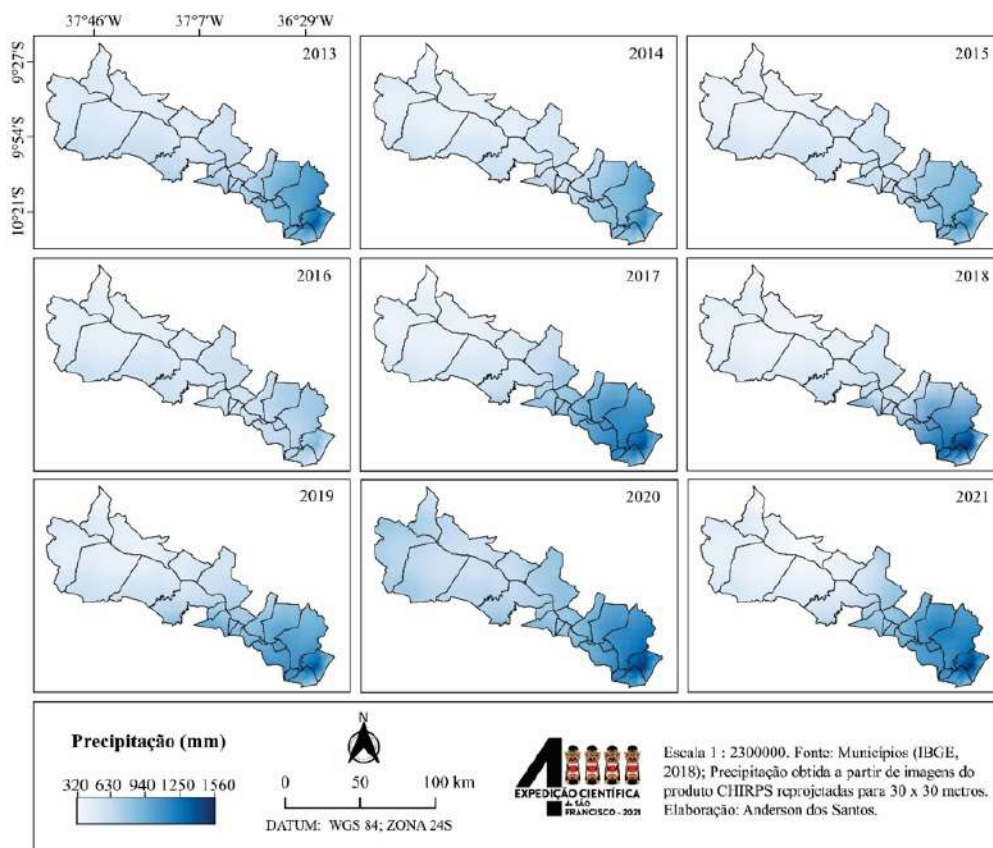
Os totais pluviométricos, entre os anos, apresentam um padrão de distribuição em que se destaca uma pequena zona mais próxima à região costeira, localizada na porção sudeste da região, onde há maiores acúmulos de chuva, com precipitação acumulada variando de aproximadamente 940 mm ano⁻¹ a 1560 mm ano⁻¹, englobando os municípios de Piaçabuçu, Penedo e Brejo Grande. Por outro lado, as menores precipitações acumuladas até o dia 31 de outubro são verificadas entre os municípios de Piranhas e Traipu, com valores que variam de 250 mm a 675 mm (Figura 2).

A cobertura vegetal da superfície é uma variável diretamente associada à sustentabilidade do ecossistema, uma vez que a presença de vegetação, sobretudo nativa, indica a qualidade ambiental da região. Essa cobertura age como proteção para o solo, reduzindo o impacto das chuvas e da erosão, atenuando problemas de assoreamento do rio. Paralelamente, a presença de vegetação contribui para a manutenção biofísica do ecossistema, permitindo o balanceamento adequado dos fluxos de energia, além da conservação da fauna e da flora locais e perpetuação de espécies (SANTOS *et al.*, 2019).

A cobertura vegetal na região hidrográfica do BSF apresenta comportamento heterogêneo, com percentuais de cobertura variando de 0% a 99,9% (Figura 3). Os maiores percentuais de vegetação são evidenciados na porção sudeste, nas proximidades dos municípios de Piaçabuçu, Penedo e Brejo Grande, mesma região onde há maiores totais pluviométricos (Figura 2). De acordo com Santos *et al.* (2018), os índices de vegetação são mais expressivos na faixa litorânea da bacia, pois essa região está associada a menores altitudes, relevos menos acidentados e maior precipitação, condição ambiental que favorece o desenvolvimento da vegetação. Além disso, ressalta-se a presença de vegetação verde no entorno do rio, caracterizando a vegetação ciliar.



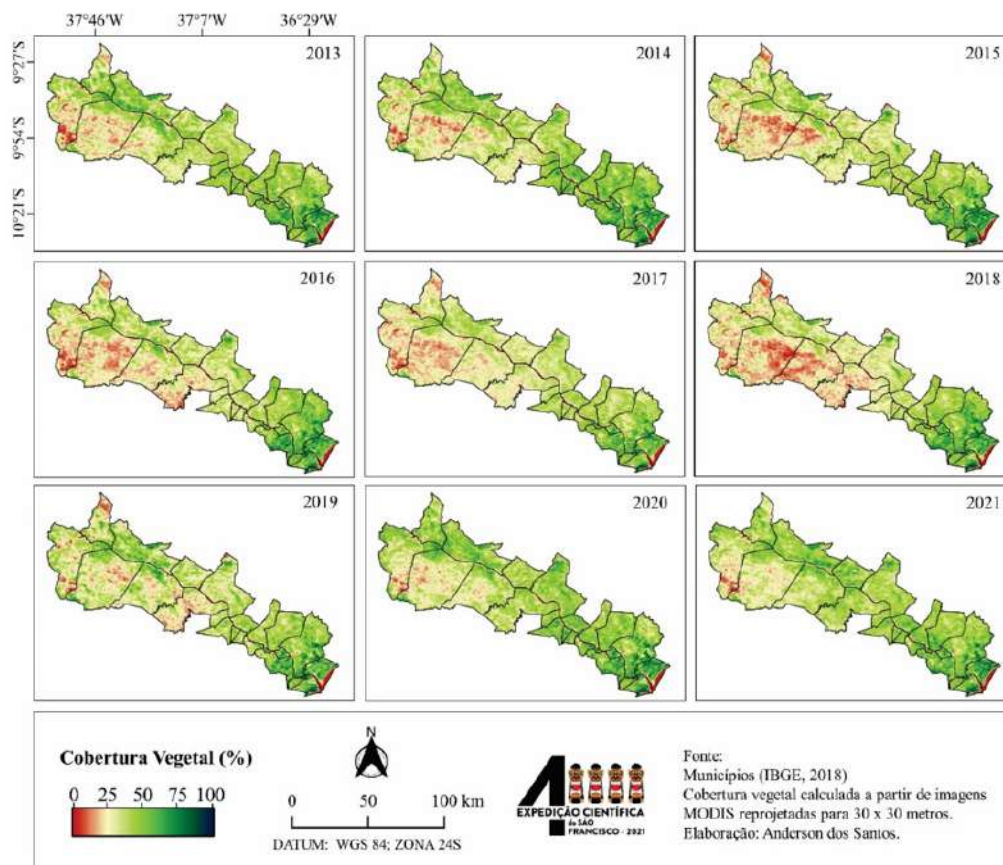
Figura 2 - Distribuição espaço-temporal das chuvas (mm) para o produto do satélite CHIRPS, nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF, no período de 2012 a 2020



Fonte: SANTOS, 2022.

Nos municípios de Canindé de São Francisco, Poço Redondo e Porto da Folha, localizados na porção oeste da região, nota-se, predominantemente, a presença de vegetação rala e de solo exposto (ausência de vegetação) em todos os anos. Nessa área, há menor ocorrência de precipitação e maior temperatura da superfície (Figura 4), condição que impacta negativamente o desenvolvimento e estabelecimento de vegetação. Santos *et al.* (2018) encontraram maiores temperaturas em áreas menos vegetadas, na mesma região, evidenciando a importância da presença de vegetação para manutenção da temperatura da superfície.

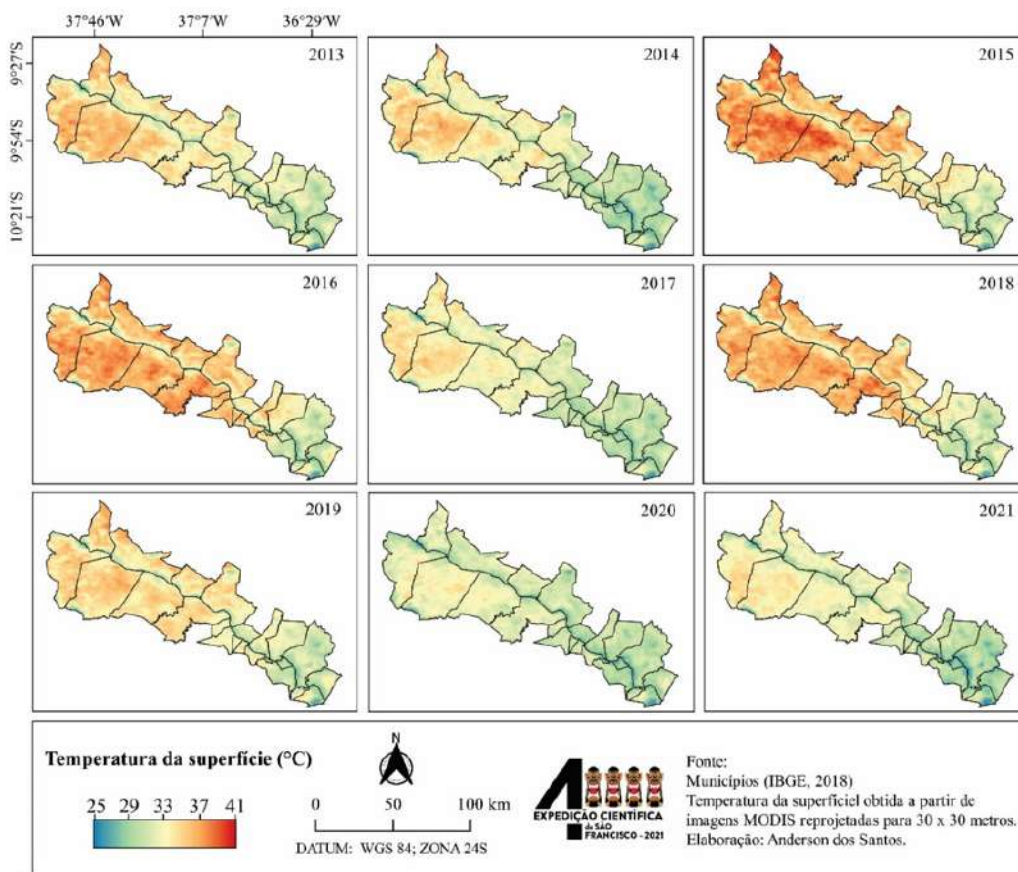
Figura 3 - Condição dos diferentes tipos de cobertura vegetal do agroecossistema presente nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF, no período entre 2012 e 2020



Fonte: SANTOS, 2022.

A temperatura da superfície na região hidrográfica do BSF apresentou variação de 25°C a 41°C em toda a sua extensão nos anos avaliados. A porção sudeste obteve as menores temperaturas da superfície (25°C a 33°C). Em contrapartida, a região oeste, já caracterizada como mais seca, apresenta temperaturas acima de 37°C na maior parte de sua área. Vale ressaltar que, apesar de haver um padrão de distribuição da temperatura do BSF, nos anos 2015, 2016 e 2018 ocorreram as maiores temperaturas da série estudada, corroborando com os resultados apresentados.

Figura 4 - Temperatura da superfície terrestre nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF, no período entre 2013 e 2021

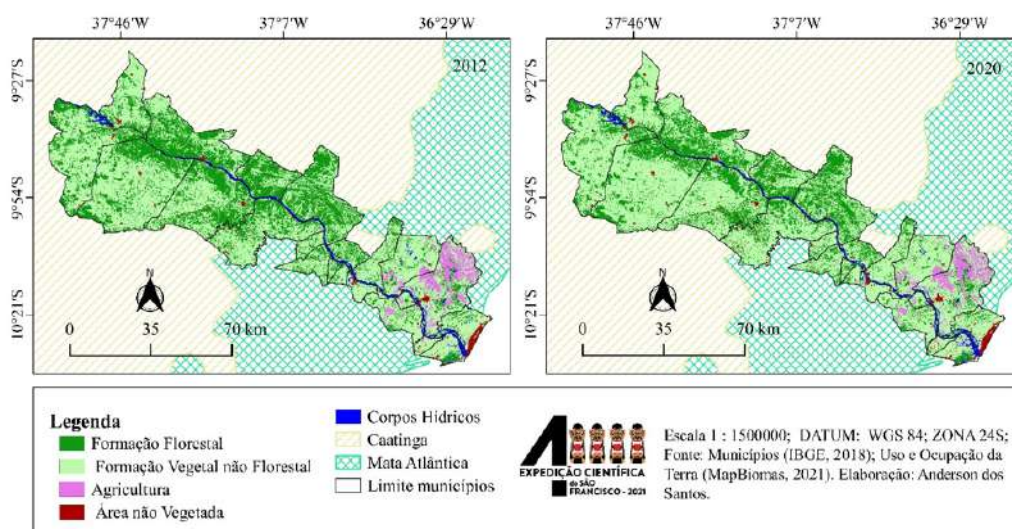


Fonte: SANTOS, 2022.

O monitoramento espaço-temporal do uso e ocupação da terra nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF entre os anos de 2012 e 2020 (Figura 5) foi desenvolvido e adaptado por meio de dados geoespaciais e classificações temáticas, tendo como base a série de satélites Landsat do projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil (MAPBIOMAS BRASIL, 2021).

Na cobertura de formação florestal (pixel verde-escuro), encontram-se os níveis de floresta natural (ou seja, formação de Caatinga, Floresta Atlântica e Mangue) e floresta plantada. Para as áreas de formação vegetal não florestal (pixel verde-claro), destacam-se os níveis de formação campestre (vegetação herbácea), afloramento rochoso, pastagem e mosaico agricultura e pastagem. As áreas de agricultura (pixel rosa) são compostas pelos níveis agricultura irrigada e de sequeiro, em que se observam lavouras temporárias e perenes. Na área não vegetada (pixel vermelho), destacam-se os níveis de praia e duna, mineração e, principalmente, a infraestrutura urbana, dentre outras áreas não vegetadas. Por fim, a área de corpos hídricos (pixel azul) apresenta os níveis de áreas cobertas por rios, riachos, lagos, lagoas e oceano, e também da aquicultura (por exemplo, áreas de lagos artificiais, com predominância das atividades aquícolas) (Figura 5) (MAPBIOMAS BRASIL, 2020).

Figura 5 - Classificação temática do uso e ocupação da terra entre os anos 2012 e 2020, para os municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF



Fonte: SANTOS, 2022.

As áreas com atividade agrícola são verificadas, principalmente, a leste da Bacia Hidrográfica do Baixo São Francisco, com destaque para os municípios de Igreja Nova e Penedo, em Alagoas, e Santana do São Francisco, em Sergipe, cuja atividade agrícola ocupa 19,20%, 48,20% e 20,71% da área territorial, respectivamente. Contudo, entre os anos 2012 e 2020, as áreas agrícolas reduziram em 26,54 km² – essa redução deu-se, principalmente, em áreas antes utilizadas na atividade canieira (Piaçabuçu, Penedo e Igreja Nova) e na zona oeste da região em estudo, onde a ocupação do solo por essa atividade é inferior a 1% (Figura 5). A predominância da atividade agrícola na zona leste da região em estudo é favorecida pelo maior volume pluviométrico, relevo menos acidentado e solos mais desenvolvidos.

Tabela 2 - Quantificação anual das condições de uso e cobertura da terra de 2012 a 2020 para os municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF

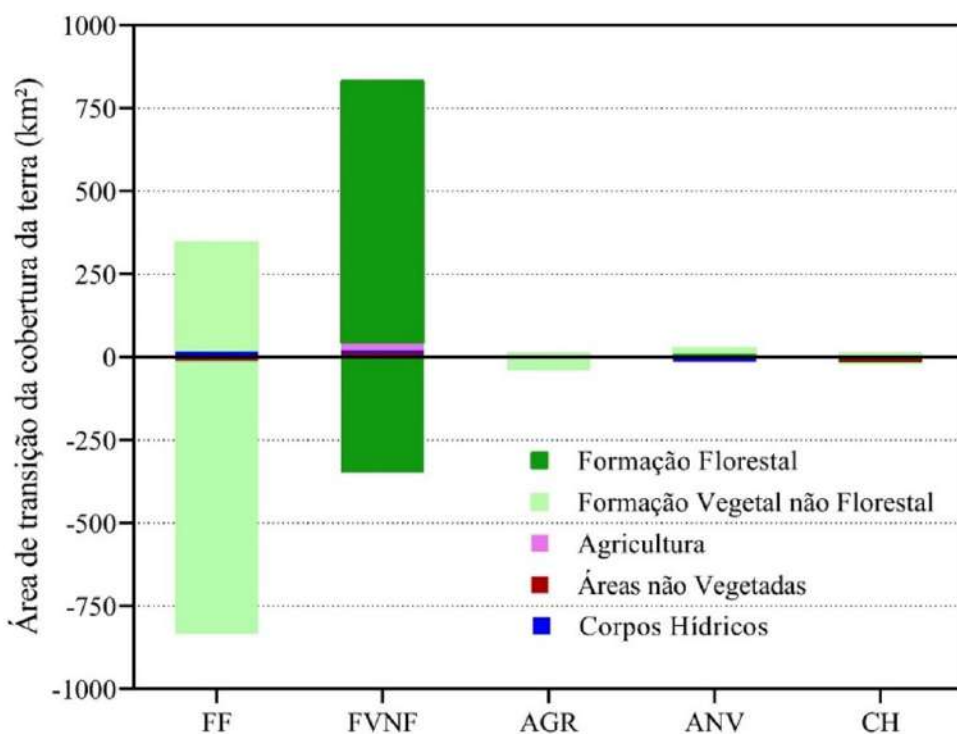
Classes	Quantificação anual dos tipos de uso/cobertura da terra (km ² ano ⁻¹)	
	2012	2020
Formação florestal	2.755,731	2.277,472
Formação vegetal não florestal	5.014,205	5.521,111
Agricultura	327,489	300,946
Áreas não vegetadas	119,749	139,844
Corpos hídricos	259,676	237,477
Total	8.476,85	8.476,85

Fonte: Adaptado de MapBiomias Brasil, 2021.

No ano 2012, 32,51% da área (2.755,731 km²) dos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF era composta pela classe formação florestal, sendo 26,83% composto por vegetação do bioma Caatinga, 5,07% Mata Atlântica e os outros 0,61% por vegetação de Mangue (Figura 5 e Tabela 2). No entanto, observa-se, no ano 2020, uma redução de 17,35% na área de vegetação nativa (478,26 km²) representada pela classe formação vegetal (Figura 5 e Tabela 2), em relação ao ano 2012. A contração das áreas dessa

classe ocorreu, em grande parte, sobre a vegetação nativa do bioma Caatinga. Essa redução dá-se, principalmente, devido à expansão da classe formação vegetal não florestal sobre áreas de vegetação nativa (833,72 km²) (Figura 6), em sua maioria composta por áreas de pastagem e vegetação herbácea, tal qual se potencializa, especialmente, por parte do avanço da pecuária extensiva nas regiões Agreste e Sertão ao longo dos últimos anos.

Figura 6 - Mudanças de uso/cobertura da terra nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF entre os anos 2012 e 2020. Valores positivos indicam expansão da respectiva cobertura da terra; valores negativos, uma contração



Fonte: SANTOS, 2022.

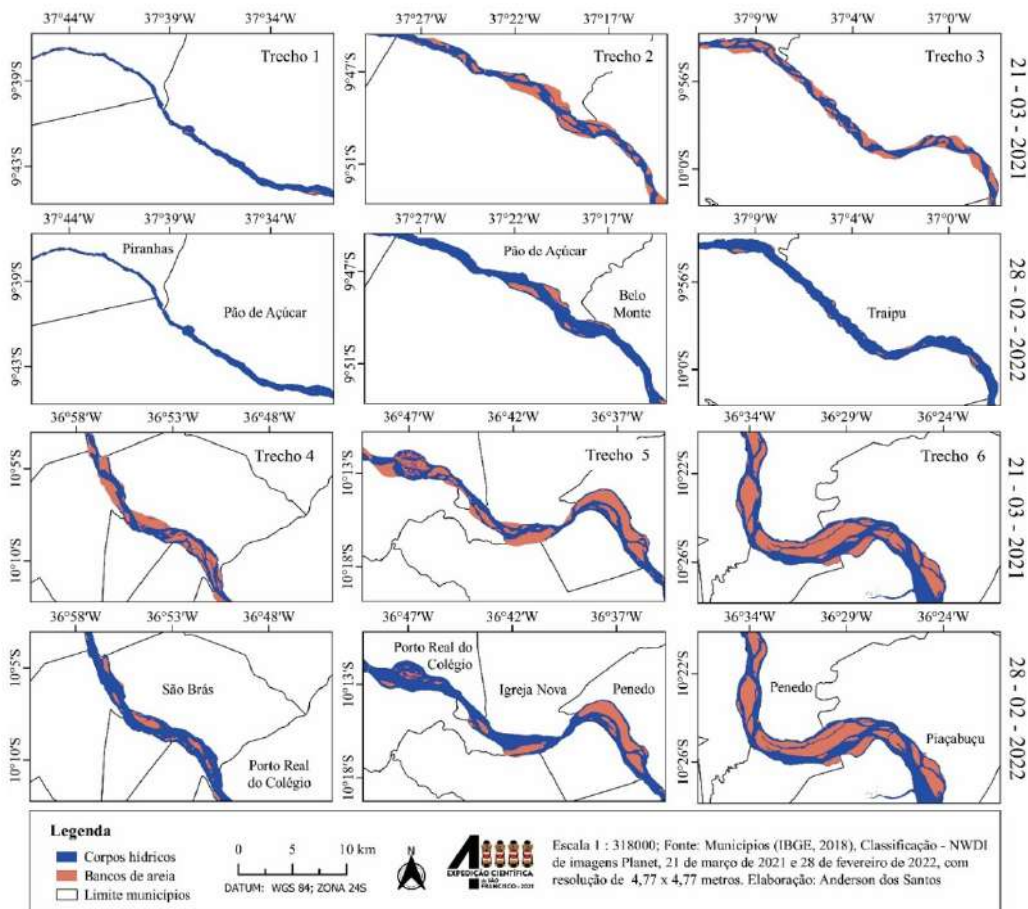
Mapeamento do espelho d'água e do assoreamento no Rio São Francisco

Desde o início de janeiro de 2022, o Rio São Francisco passou por sucessivos aumentos em suas vazões, decorrentes das fortes chuvas ocorridas, principalmente, na região do Alto São Francisco, atingindo valores próximos a 4000 m³s⁻¹. Tais vazões foram verificadas na região do BSF entre os meses de maio e junho de 2009. Motivado por esse aumento da vazão e a fim de estudar os efeitos do impacto do controle das vazões pelas barragens sobre os municípios ribeirinhos do BSF, realizou-se um mapeamento do espelho d'água e do assoreamento no Rio São Francisco, por meio de imagens dos satélites Planet, nas datas de 21 de março de 2021 (vazão de 830 m³s⁻¹) e 28 de fevereiro de 2022 (4000 m³s⁻¹).

Em 21 de março de 2021, cerca de 44,23% da área superficial da calha do rio eram correspondentes a bancos de areia. No entanto, em 28 de fevereiro de 2022, o rio apresentou aumento da superfície de corpos hídricos, proveniente do aumento da vazão média anual na Usina Hidrelétrica de Xingó, com o aumento da vazão para 4000 m³s⁻¹ (ANA, 2022), o que ocasionou uma menor exposição dos bancos de areia, que atingiram apenas 23,60% da

área superficial da calha hídrica do Baixo São Francisco (Figuras 7 e 8). De maneira geral, a baixa vazão ocorrida em 21 de março de 2021, além de reduzir a área superficial dos corpos hídricos ao longo da calha hídrica do BSF e aumentar a exposição dos bancos de areia e áreas marginais da calha, diminui e afeta a força de arraste da correnteza do rio, promovendo a deposição dos sedimentos ao longo do curso hídrico, formando bancos de areia e ilhas que agravam as condições já existentes de assoreamento.

Figura 7 - Ocupação da área superficial da calha principal do Rio São Francisco, na região do BSF, em 21 março de 2021 (A) e 28 de fevereiro de 2022 (B)

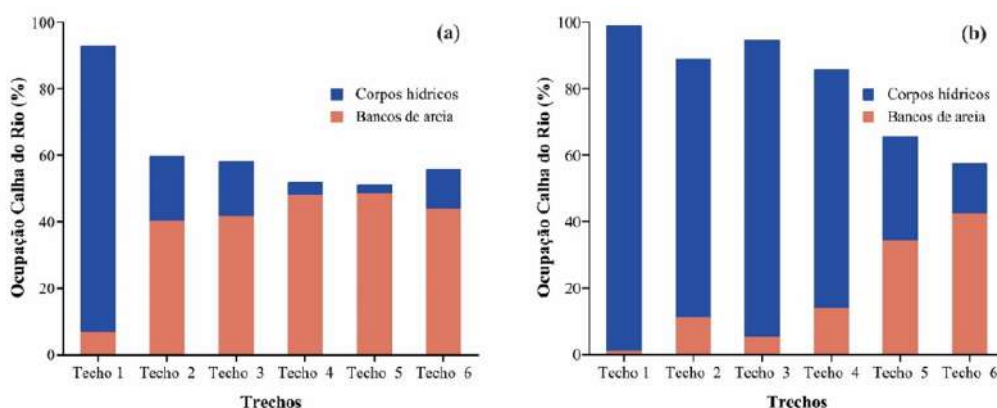


Fonte: SANTOS, 2022.

É importante salientar que, de Piranhas a Piaçabuçu, existem locais onde a presença de bancos de areia depende da largura e da profundidade da calha hídrica, de modo que, no trecho 1, que se apresenta mais estreito e profundo, observa-se pouca ocorrência de bancos de areia, com ocupação da calha hídrica de cerca de 6,99% e 0,36%, respectivamente, nas datas de 21 de março de 2021 e 28 de fevereiro de 2022 (Figuras 7 e 8). Por outro lado, os trechos 2, 3 e 4 apresentaram elevada variação da área superficial de bancos de areia entre as duas datas de imageamento (43,36% em 21 de março de 2021 e 10,18% em 28 de fevereiro de 2022) (Figuras 7 e 8). Vale salientar a importância da ocorrência de maiores vazões nessa região como meio para arrastar os bancos de areia não consolidados e formados recentemente e entregá-los ao mar, reduzindo, assim, o processo de expansão dos bancos de areia, crescente em períodos de menores vazões (SOARES *et al.*, 2020; VASCO *et al.*, 2019).

Os trechos 5 e 6 apresentaram as maiores extensões de bancos e as menores variações percentuais ao longo das datas de imageamento (Figuras 7 e 8). Esses setores estão localizados em uma região de menor altitude e relevo mais plano; desse modo, os sedimentos acumulados ao longo dos cursos hídricos e transportados pelo próprio rio são depositados com maior intensidade neles, onde a velocidade da vazão é naturalmente menor. Outro fator que merece destaque é a presença de vegetação nos bancos de areia existentes nesses setores, condição que reduz o arraste de partículas desses bancos de areia.

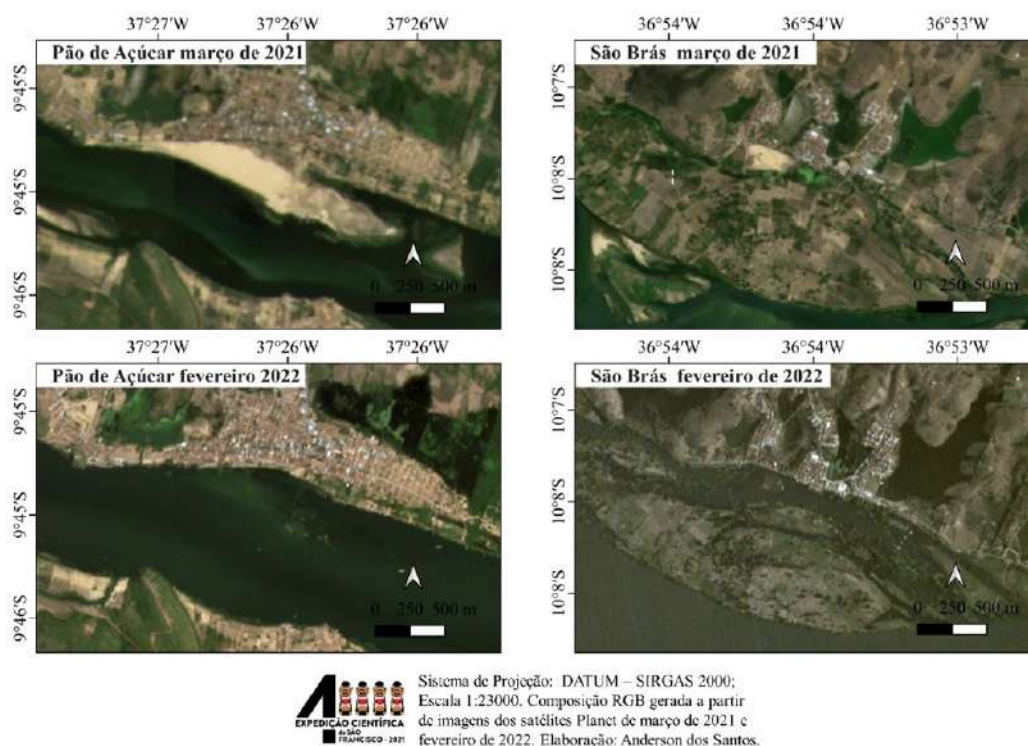
Figura 8 - Ocupação (%) da área superficial da calha principal do Rio São Francisco na região do BSF, para as datas de 21 de março de 2021 (A) e 28 de fevereiro de 2022 (B)



Fonte: SANTOS, 2022.

As flutuações da vazão do Rio São Francisco ao longo de suas margens afetam de formas diferentes os municípios ribeirinhos. Conforme a Figura 9, observam-se dois cenários distintos: durante o período de menores vazões, o município de Pão de Açúcar ganha uma área de banco de areia que é utilizada pela população local e por turistas como prainha e área de banho; já em períodos de elevadas vazões, esse banco de areia é alagado, reduzindo a área de banho. No entanto, eventos de elevadas vazões ocorrem esporadicamente nessa região, causando poucos impactos ao município. Por outro lado, no município de São Brás, em períodos de baixa vazão, o canal que banha a orla da cidade seca, afetando drasticamente a atividade turística, pesqueira e econômica da região, uma vez que tais eventos ocorrem com maior frequência (Figura 9).

Figura 9 - Efeito da variação das vazões nas cidades de Pão de Açúcar e São Brás nas datas de 21 de março de 2021 e 28 de fevereiro de 2022



Fonte: SANTOS, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, apontamos de forma clara que há uma tendência significativa da expansão de atividades antrópicas sobre áreas de vegetação nativa, o que resulta, principalmente, na diminuição progressiva do bioma Caatinga. Os efeitos das ações antrópicas tornam-se preocupantes, devido à falta de ações estratégicas que possam mitigar tais danos. Aliado a isso, é possível afirmar que os efeitos do sistema de regularização de vazões da bacia impactam diretamente a morfologia do Rio São Francisco, causando danos socioeconômicos ao longo dos municípios ribeirinhos.

Dessa forma, pesquisas futuras são encorajadas, para investigar e mitigar as causas e consequências das mudanças hidroambientais verificadas na região hidrográfica do Baixo São Francisco, principalmente no que diz respeito ao assoreamento e à supressão das matas ciliares.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. *et al.* Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC): applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.395-406, 2007.

BARBOSA, H.A. *et al.* Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI Normalized Difference Vegetation Index (2008-2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.148, p.235-252, dez. 2018.

CANTALICE, J.R.B. *et al.* Vegetative-hydraulic parameters generated by agricultural crops for laminar flows under a semi-arid environment of Pernambuco, Brazil. **Ecological Indicators**, v.106, p. 105496, jun. 2019.

FERREIRA, T.R. *et al.* The use of remote sensing for reliable estimation of net radiation and its components: a case study for contrasting land covers in an agricultural hotspot of the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.291, p. 108052, jan. 2020.

FENDRICH, A.N. *et al.* Disclosing contrasting scenarios for future land cover in Brazil: results from a high-resolution spatiotemporal model. **Science of the Total Environment**, v.742, p.140477, 2020.

GAO, Q. *et al.* Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173, 2006.

HUETE, A.R.A. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p. 295-309, 1988.

JUNQUEIRA, R. *et al.* Drought severity indexes for the Tocantins River Basin, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.141, n.1-2, p.465-481, 2020.

LUHAIM, Z.B. *et al.* Drought variability and characteristics in the Muda River Basin of Malaysia from 1985 to 2019. **Atmosphere**, v.12, n.9, p.1-19, 2021.

MAPBIOMAS BRASIL. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil**. Coleção 5.0 (1985-2020). 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales Preprints. **Eighth Conference on Applied Climatology**, p.1-6, 1993.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2021. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SANTOS, L.L. *et al.* Impactos das mudanças do uso da terra na evapotranspiração em área transicional entre os biomas Amazônia e Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2019.

SANTOS, D.P. *et al.* Dinâmica de vegetação, balanço climatológico, índices climáticos, na sub-bacia do Rio São Francisco. **Sustentare**, v.2, n.3, p.44-54, 2018.

SANTOS, A. dos *et al.* Causes and consequences of seasonal changes in the water flow of the São Francisco river in the Semiarid of Brazil. **Environmental and Sustainability Indicators**, v.8, p. 100084, nov. 2020.

SHAMSHIRBAND, S. *et al.* Predicting Standardized Streamflow index for hydrological drought using machine learning models. **Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics**, v.14, n.1, p.339-350, 2020.



SILVA, M. V. da *et al.* **Pilot monitoring of Caatinga spatial-temporal dynamics through the action of agriculture and livestock in the Brazilian Semiarid**, v.19, [s.l.]. Amsterdam: Elsevier B.V., 2020.

SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2021.

SOARES, E.C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: an X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian J. Dev.**, v.6, p.3047-3064, 2020.

TEIXEIRA, A.H.D.C. *et al.* Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River Basin, Brazil. Part A: calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, n.3-4, p.462-476, 2009.

VASCO, A.N.; A. NETTO, A.O.; SILVA, M.G. The influence of dams on ecohydrological conditions in the São Francisco River Basin, Brazil. **Ecohydrology and Hydrobiology**, 2018-2019.

VASCO, A.N.; A. NETTO, A.O.; PRUSKI, F.F. Impactos das barragens na disponibilidade hídrica do Nordeste do Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, v.38, n.2, p.39-49, 2017.



CAPÍTULO 19 - TESTAGENS EM RT-qPCR PARA RASTREAMENTO DA COVID-19 EM MUNICÍPIOS RIBEIRINHOS LOCALIZADOS NO BAIXO SÃO FRANCISCO

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti¹

Abel Barbosa Lira Neto²

Bruna Priscila dos Santos³

Marcia Cristina da Silva⁴

Karol Fireman de Farias⁵

Wanessa Christina Beirauti Simões⁶



Resumo: O objetivo deste capítulo é rastrear a transmissibilidade do vírus Sars-CoV-2 na região que compreende o Baixo São Francisco, através de amostras biológicas, obtidas por esfregaços com *swabs* na região nasofaríngea. Concomitantemente, foram aplicados questionários semiestruturados para obtenção dos dados socioeconômicos, demográficos e clínicos. As coletas foram realizadas no período de 1º a 11 de novembro de 2021, em oito municípios: Piranhas/AL, Pão de Açúcar/AL, Traipu/AL, Igreja Nova/AL, São Brás/AL, Penedo/AL, Piaçabuçu/AL e Propriá/SE. Em laboratório, os dados foram processados em duas etapas: 1. presença e ausência do vírus (pelo teste RT-qPCR) e 2. tabulação dos dados obtidos nos questionários. Foram analisados 458 indivíduos, em sua maioria do sexo masculino (50,8%) e com faixa etária média de 41,19 a 46,01 anos. No tocante ao rastreamento do vírus, apenas uma (01) amostra foi positiva, ou seja, um percentual de 0,22% do montante analisado. Após a análise ajustada, os fatores que se associaram de forma significativa às doenças crônicas não transmissíveis, a exemplo da hipertensão, foram sexo e tabagismo. No modelo de regressão robusta, os indivíduos do sexo masculino apresentaram menores prevalências para cobertura vacinal: 93,5% (RP = 3,22; IC 95%:1,08 -9,64; p = 0,03), e os indivíduos que fazem uso regular de tabaco apresentaram menores prevalências para cobertura vacinal (RP = 4,15; IC 95%: 1,66-10,36; p = 0,002). Observa-se que os ribeirinhos aderiram ao plano de imunização, fato esse comprovado por um único caso positivo. Outrossim, ressalta-se que a imunização tornou-se uma barreira eficaz para não propagação e/ou transmissibilidade da Covid-19, permitindo a reabertura segura do comércio, o retorno às atividades laborais e o impulsionamento do turismo local, proporcionando o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Sars-CoV-2. Vírus. Rastreamento. Ribeirinho. Rio São Francisco.

1 Bióloga, Docente da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca.

2 Farmacêutico, Técnico da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca.

3 Biomédica, Docente voluntária da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca.

4 Bióloga, Docente da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca.

5 Enfermeira, Docente da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca.

6 Técnica da Universidade Federal de Alagoas - Campus A. C. Simões.

INTRODUÇÃO

O vírus Sars-CoV-2 teve sua origem na cidade de Wuhan, na China no final de 2019, e desde então vem mudando a vida das pessoas em todo o mundo, impondo alterações na rotina diária e restringindo o convívio social. A principal via de transmissão do vírus dá-se, principalmente, através das vias aéreas superiores; no entanto, ele pode ser também disseminado por meio de fômites e/ou por contato direto (WU *et al.*, 2003).

De forma geral, os vírus têm uma evolução natural, disseminando em outras espécies seu material genético (RNA ou DNA). No caso da Covid-19, o vírus possui uma fita de RNA e sua associação com o genoma do hospedeiro aumenta a disponibilidade de ácidos nucleicos, viabilizando mutações em seu genoma (SAMUDRALA *et al.*, 2020). Na espécie humana, encontramos *backgrounds* genéticos que podem estar associados a etnias, dentre elas podem-se destacar: africanos, caucasianos, orientais e indígenas (POLLARD; MORRAN; NESTOR-KALINOSKI, 2020). Essa vasta gama de etnias com genótipos específicos faz com que o vírus realize mutações, resultando no surgimento de novas variantes que podem ser mais virulentas e rapidamente disseminadas, causando aumento do número de hospitalizações, sobrecarregando o Sistema Único de Saúde (SUS) e serviços de saúde complementar, impulsionando a falta de insumos, a sobrecarga dos profissionais de saúde e, consequentemente, o aumento de óbitos (MOHAMADIAN *et al.*, 2021).

A sintomatologia clássica, denominada Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), apresenta um quadro de febre, tosse, cefaleia, dor de garganta, rinorreia, congestão nasal, coriza, mialgia, anosmia, ageusia e dificuldade ao respirar. Portanto, os casos podem ser classificados em sintomáticos, assintomáticos, leves ou graves. Normalmente, os sintomas poderão aparecer no período de 02 a 14 dias de exposição ao vírus, podendo ou não ser diferentes, a depender da variante e/ou do estado imunológico do paciente (ESCANDÓN *et al.*, 2021; LARSEN *et al.*, 2021).

Dentre as várias alterações fisiopatológicas, destacam-se a evolução do processo inflamatório, que é extremamente preocupante e está diretamente associada ao aumento importante das citocinas inflamatórias, fenômeno este conhecido como tempestade inflamatória, intimamente associado ao número de óbitos por Covid-19 (KOH; GELLER; VANDERWEELE, 2021). Além disso, a Covid-19 tem como principal alvo as vias aéreas superiores e inferiores, podendo também ocasionar complicações extrapulmonares, como lesão cardíaca, acidente vascular cerebral isquêmico e outros eventos tromboembólicos e complicações inflamatórias (KOH; GELLER; VANDERWEELE, 2021).

De um modo geral, a maioria dos pacientes não desenvolve a sintomatologia clássica, sendo considerados assintomáticos, comportando-se como disseminadores do vírus. Portanto, realizar a vigilância em saúde para Covid-19, com isolamento social e testagem em massa da população (utilizando técnica para diagnóstico, que é o *real time* – reação de transcriptase reversa seguida de reação em cadeia da polimerase – RT-qPCR), é imprescindível para identificar novos casos e isolá-los, bem como diagnosticar e diferenciar de outras doenças – um exemplo clássico é a influenza (CUI; LI; SHI, 2019).

O vírus da Covid-19 vem desafiando o mundo globalizado; quarentenas foram impostas para conter sua propagação, com o objetivo de não superlotar os sistemas de saúde, principalmente as UTIs. Contudo, alguns governantes não tomaram medidas sanitárias necessárias quanto ao distanciamento físico, isolamento dos pacientes detectados com o vírus e testagem em massa da população. Dentre esses países, destaca-se o Brasil, com quase 700.000 óbitos (DEMENECH *et al.*, 2020).



O mundo reconhece que a testagem em massa para rastreamento dos infectados e de seus contatos é uma excelente estratégia para conter a propagação do vírus da Covid-19, assim como realizar com rapidez o tratamento adequado dos sintomáticos. Partindo desse pressuposto, a IV Expedição Científica do São Francisco realizou a testagem para Covid-19 de todo o Baixo São Francisco. Essa ação foi proposta devido ao decréscimo na distribuição normal (gaussiana) dos novos casos, permitindo abertura do comércio e turismo na região.

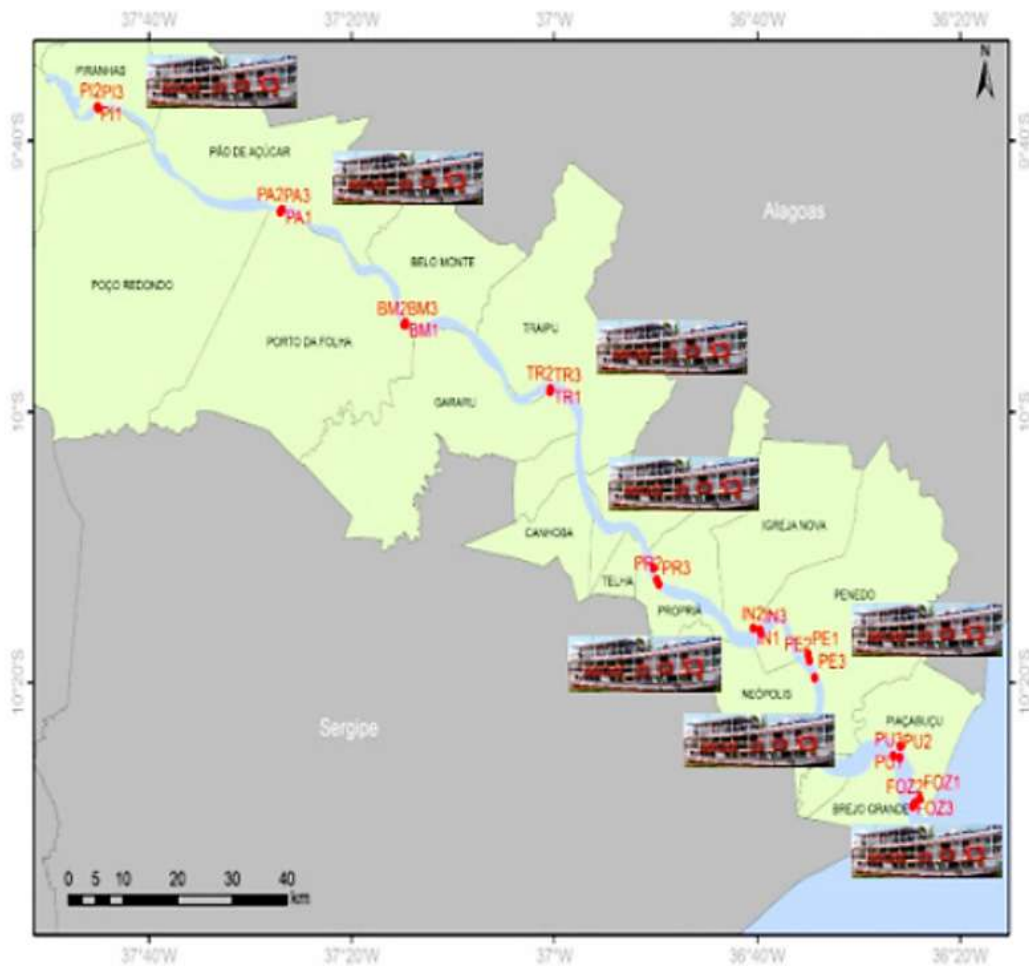
Sabe-se que essa população encontra-se afastada dos grandes centros urbanos, tendo, por vezes, uma assistência em saúde deficitária, por conta da carência de unidades hospitalares especializadas. Logo, diagnosticar e tratar o paciente é fundamental, visto que o deslocamento e o tempo tornam-se fatores preponderantes para o atendimento devido de pacientes com graves complicações ocasionadas pela Covid-19.

A área da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF) é de 639.219 km², o que a caracteriza como a mais extensa bacia hidrográfica exclusivamente brasileira (7,5% do território nacional). Tradicionalmente, subdivide-se em Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. Envolve 506 municípios, distribuídos em sete Unidades da Federação (UFs): Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e Distrito Federal, abrangendo uma população de 18,2 milhões de habitantes (CASTRO; PEREIRA, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2014).

O Rio São Francisco tem sua nascente na Serra da Canastra, no Estado de Minas Gerais, deslocando-se, em grande parte, no Semiárido do Nordeste e desembocando no Oceano Atlântico, em ambiente estuarino na divisa entre os Estados de Sergipe e Alagoas (MEDEIROS *et al.*, 2014). Seu comprimento é de 2.863 km, passando por cinco estados brasileiros. Ele, sozinho, é responsável por quase 70% da disponibilidade de águas superficiais do Nordeste (CASTRO; PEREIRA, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2014).

A Região Fisiográfica do Baixo São Francisco (BSF) compreende os Estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Bahia, cobrindo uma área de 25.500 quilômetros quadrados em 78 municípios, onde vive uma população de cerca de 1,5 milhão de habitantes, dos quais 440.000 residem em áreas ao longo do Rio São Francisco (SOARES; SILVA; NAVAS, 2020). O Baixo São Francisco, do lado alagoano, banha 11 cidades (Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Piranhas, Pão de Açúcar, Belo Monte, Traipu, São Brás, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu) (Figura 1) que, em sua maior parte, ficam distantes da capital Maceió e da segunda maior cidade de Alagoas, Arapiraca. Às margens do Rio São Francisco, a população ribeirinha tira seu sustento do setor pesqueiro e turístico, por exemplo, fato que viabiliza uma grande circulação de pessoas nessas cidades (DE CASTRO MATTEO *et al.*, 2013).



Figura 1 - Estado de Alagoas, com destaque para as cidades ribeirinhas

Fonte: SOARES; SILVA; NAVAS, 2020.

Visando avaliar a propagação do Sars-CoV-2, foi feito o rastreamento em oito municípios visitados pela IV Expedição Científica do São Francisco. As coletas foram realizadas no período de 1º a 11 de novembro de 2021 em: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e Propriá/SE (Figura 2). O tamanho amostral por município elencado (Tabela 1) foi composto adotando um processo de estágios múltiplos com três etapas: 1ª) seleção dos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco, por meio de amostragem sistemática com probabilidade proporcional ao tamanho; 2ª) um ponto inicial dentro de cada setor, a partir do que se realizou visita. Penedo, por agregar um terço da população estudada, foi sorteada três vezes.

Tabela 1 - Relação de municípios do Baixo São Francisco visitados pela IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021

Município	Habitantes	Nº amostral/coleta Covid-19
Piranhas/AL	25.183	41
Pão de Açúcar/AL	24.399	41
Traipu/AL	27.934	41
Igreja Nova/AL	23.298	41
Penedo/AL	63.846	171
São Brás/AL	6.078	41
Piaçabuçu/AL	17.848	41
Propriá/SE	29.756	41
Total	218.342	458

Fonte: IBGE, 2010.

Para o cálculo do tamanho amostral, a variável foi a infecção por Sars-CoV-2, cuja prevalência para adultos, no Brasil, foi estimada em 61,9%. Para uma população de 218.342 habitantes (IBGE, 2010), foram adotados um erro amostral de 5% e um intervalo de confiança de 95%, adicionando-se 20% para compensar possíveis perdas amostrais. Dessa forma, foi necessário selecionar, aleatoriamente, 458 habitantes do Baixo São Francisco. Os cálculos foram realizados no módulo StatCalc do *software* Epi-info, versão 7.1.4.

As coletas foram realizadas em locais próximos às margens do rio, em sua maioria, no cais junto às embarcações da Expedição. Foram feitas um total de 608 coletas, das quais 140 foram com a tripulação e pesquisadores embarcados. As amostras foram obtidas através da introdução de um cotonete (*swab* com *Rayon*) na cavidade nasal (cerca de 5 cm), direcionado para cima (em direção aos olhos), com uma angulação de 30° a 45° em relação ao lábio superior, certificando-se de que o *swab* ultrapassou superiormente o corneto inferior e atingiu o meato médio (Figura 2). Após a coleta, o *swab* foi introduzido no tubo *falcon* (com solução fisiológica), acondicionado em caixa térmica (com controle de temperatura entre 2°C e 8°C) e encaminhado ao Laboratório Molecular Clínico – Unidade de Testagem para Covid-19 Ufal *Campus* de Arapiraca – para posterior processamento.

Para realização do RT-qPCR para Covid-19 foi utilizado o ensaio Allplex Sars-CoV-2 em tempo real multiplex, que detecta e identifica, em uma amostra, a infecção da Covid-19 usando genes-alvo: RdRP, S e N específicos para Sars-CoV-2 e para todos os Sarbecovírus. O Allplex Sars-CoV-2 Assay é um dispositivo de diagnóstico médico *in vitro* projetado para detecção qualitativa de Sars-CoV-2 com PCR de transcrição reversa em tempo real a partir de aspirado nasofaríngeo, amostra nasofaríngea por zaragatoa, lavado broncoalveolar, zaragatoa orofaríngeo (garganta) e expectoração. Esse, por sua vez, é um ensaio de PCR multiplexado em tempo real que permite amplificação e detecção simultâneas de ácidos nucleicos alvos de E gene, RdRP gene, S gene e N gene com Controle Interno (IC). A presença de sequências específicas de genes na reação é relatada como um valor de Ct. Um gene humano exógeno é usado como Controle Interno (IC) para monitoração de todo o processo, desde a coleta de amostras à extração de ácido nucleico, assim como para verificar qualquer possível inibição de PCR.

Para evitar que o produto de amplificação aja como um dos contaminantes potenciais, o sistema Uracil-DNA glicosilase (UDG)-dUTP é empregado. O sistema UDG-dUTP



é comumente usado quando se executa a PCR para eliminar o acúmulo de *amplicons* por meio de UDG a excisar resíduos de uracila do RNA com clivagem de ligação N-glicosídica (GIMFERRER *et al.*, 2018).

Além da coleta do material biológico, foram aplicados questionários semiestruturados com as variáveis dependentes e independentes, visando à avaliação da prevalência do número de vacinados (variável dependente), além de determinar o perfil socioeconômico da comunidade ribeirinha. A análise múltipla foi procedida segundo um modelo teórico hierárquico adaptado, composto por quatro níveis: o primeiro contemplou as variáveis demográficas e socioeconômicas; no nível 2, as variáveis relacionadas ao estilo de vida, que foi ajustado pelas variáveis do nível 1 com $p < 0,05$; já o nível 3, as possíveis comorbidades, foi ajustado pelas variáveis com $p < 0,05$ nos níveis 1 e 2; o quarto nível foi ajustado por todas as variáveis com $p < 0,05$ nos níveis precedentes.

Para identificar a associação entre a vacinação e as variáveis independentes, usou-se a razão de prevalência (RP) e o respectivo intervalo com 95,0% de confiança (IC95%), calculados por regressão de Poisson com variância robusta. Foram elegíveis para a análise hierárquica todas as variáveis que, na análise bruta, associaram-se à vacinação em um nível de significância de até 20,0% ($p < 0,2$). Em cada um dos três níveis de análise, houve eliminação sucessiva das variáveis não significantes (*backward stepwise elimination*), permanecendo, ao final do processo, apenas aquelas com $p < 0,05$. A partir dessa definição, todas essas variáveis permaneceram no modelo ajustado final, mesmo que tenham perdido significância estatística nos níveis seguintes ao seu nível original, em que foram inseridas como variáveis de controle. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Ufal, sob o número 5.091.600.



Figura 2 - Coleta do material biológico: (A) Piranhas/AL; (B) Pão de Açúcar/AL; (C) Traipu/AL e (D) Chinaré – Igreja Nova/AL



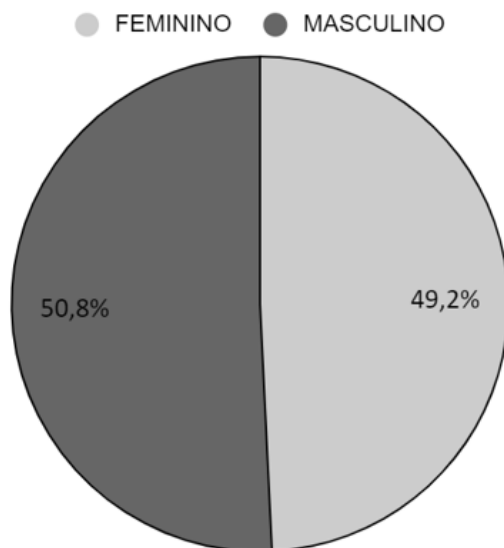
Fonte: AUTORES, 2021.

Perfil socioeconômico das comunidades ribeirinhas da IV Expedição Científica do São Francisco

Considerando o número total de participantes deste estudo, verificou-se que 50,8% (N = 232) foram do sexo masculino e 49,2% (N = 223), feminino. Analisando o todo, observa-se

que os percentuais são extremamente próximos, não apontando diferenças importantes na composição da comunidade (Gráfico1).

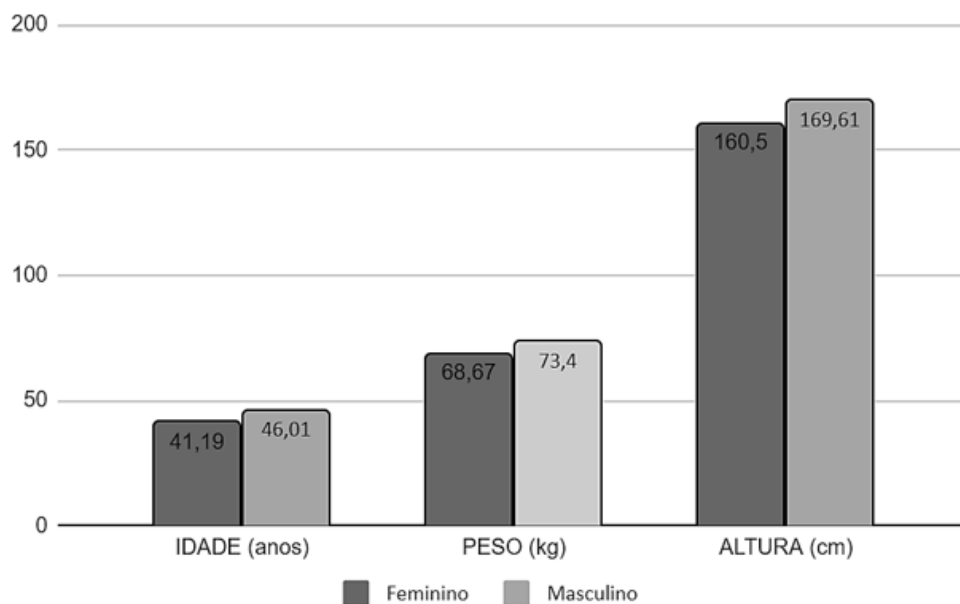
Gráfico 1 - Percentual de composição (masculino e feminino) da população ribeirinha durante as coletas para realização de RT-qpcr na IV Expedição Científica do Rio São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Outros parâmetros complementares, a exemplo de idade, peso e altura, apresentaram poucas variações (Gráfico 2), mantendo-se a constância das maiores médias para os indivíduos do sexo masculino. Lira *et al.* (2010), ao analisarem comunidades ribeirinhas no Litoral de Pernambuco, observaram que os homens foram os mais abundantes, constituindo 67% das comunidades, e apresentaram idades superiores às das mulheres, ou seja, uma média de 38 anos. Quando relacionamos os dados obtidos, observa-se que, para as comunidades ribeirinhas, a composição é praticamente homogênea, seja idade, sexo, altura ou peso.

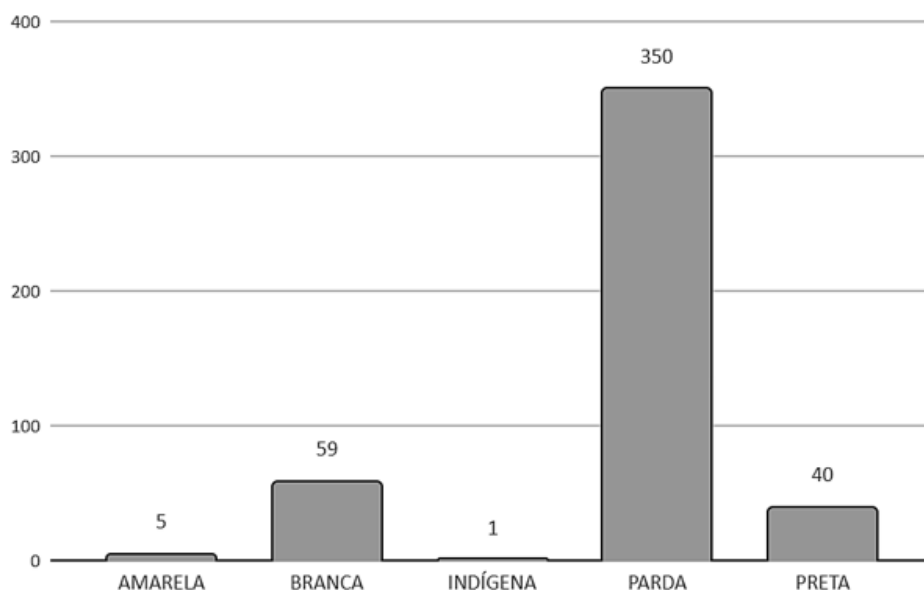
Gráfico 2 - Média dos parâmetros complementares (idade, peso e altura) dos ribeirinhos investigados durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Visando ao conhecimento da composição das comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco quanto à etnia/cor de pele, observou-se que 77% (N = 350) autodeclararam-se pardos, seguidos de brancos e pretos (Gráfico 3). Porém, é importante registrar que, nos municípios visitados pela Expedição Científica, há comunidades indígenas e remanescentes quilombolas. Como neste estudo, em sua maioria, foram realizadas coletas nos centros urbanos, essas populações não foram assistidas.

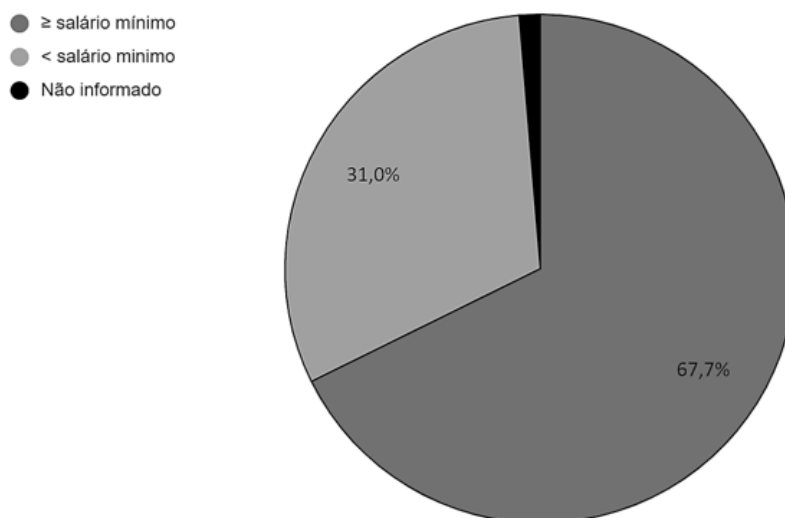
Gráfico 3 - Composição (percentual) por etnia das comunidades ribeirinhas investigadas durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

No tocante à distribuição de renda *per capita* por família, observou-se que, em sua maioria (67,7%), era de um salário mínimo ou mais. Porém, 31,1% foram inferiores a um salário mínimo (Gráfico 4). Rabelo, Vaz e Zacardi (2017) também observaram essa distribuição ao analisar o perfil socioeconômico dos pescadores em dois lagos periurbanos de Santarém/PA. É importante ressaltar que ambos os estudos ocorreram em áreas próximas aos centros urbanos, permitindo à população ribeirinha acesso às diferentes ofertas ocupacionais.

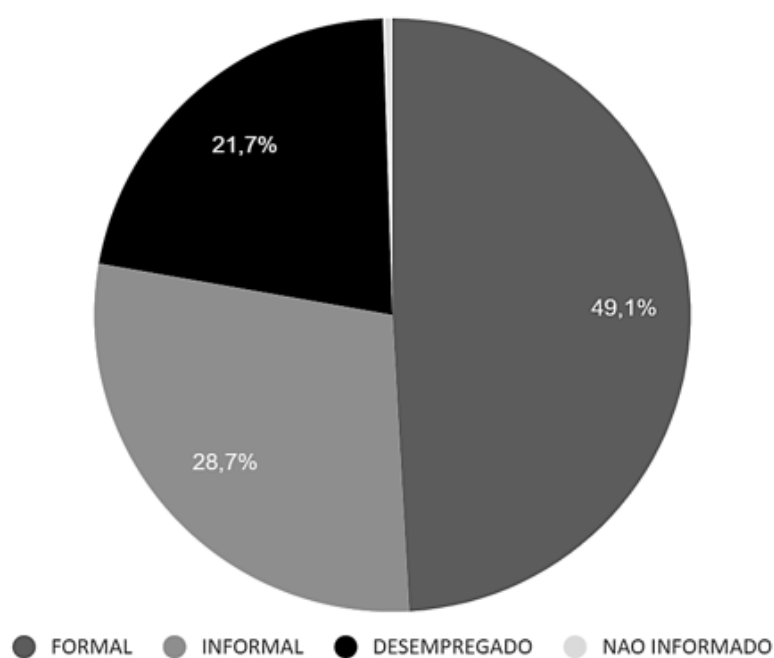
Gráfico 4 - Distribuição de renda *per capita* por família dos ribeirinhos investigados durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Complementando os dados anteriormente apresentados, observa-se que, nos centros urbanos, encontram-se o comércio (lojas, lanchonetes, feiras livres, etc.) e os empregos públicos (municipal, estadual e federal), que geram empregos para a comunidade como um todo. Na região ribeirinha do Baixo São Francisco, também verificou-se esse mesmo padrão, ou seja, 49,1% da população possuía emprego formal, 28,7% informal, 21,7% desempregados e 0,5% não quis informar (Gráfico 5). Esses dados corroboram com os dados referentes à renda *per capita* (Gráfico 4). No entanto, 18,4% encontram-se desempregados e 24,4% na informalidade, demonstrando a necessidade de políticas públicas voltadas para as comunidades estudadas.

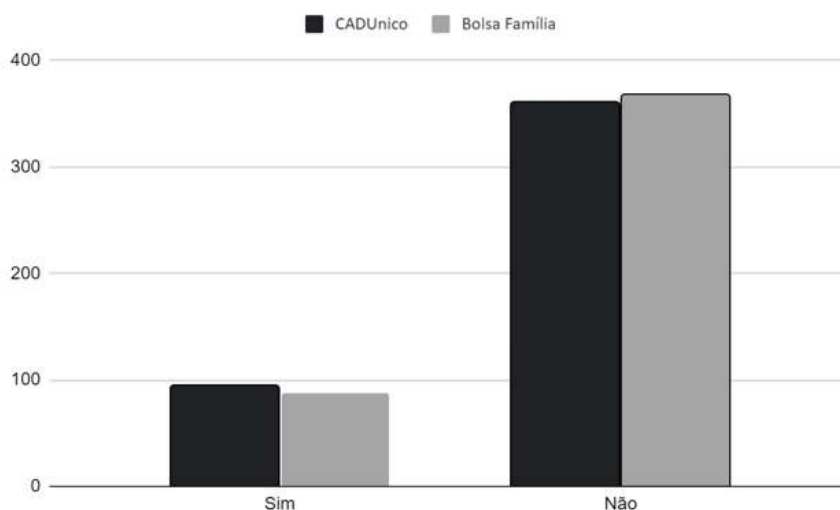
Gráfico 5 - Composição, em percentual, dos tipos de trabalhos desempenhados pela população ribeirinha investigada e de aposentados atendidos durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2022.

Considerando a inserção da população ribeirinha em programas sociais como fonte de renda *per capita* das famílias, observa-se uma correlação dos dados daqueles que possuem o CADÚnico com os que participam do programa social Bolsa Família. Quando comparados aos dados anteriores, observa-se que a maioria da população possui algum tipo de emprego, justificando a não inserção no CADÚnico, que foi de 79,3% (Gráfico 6).

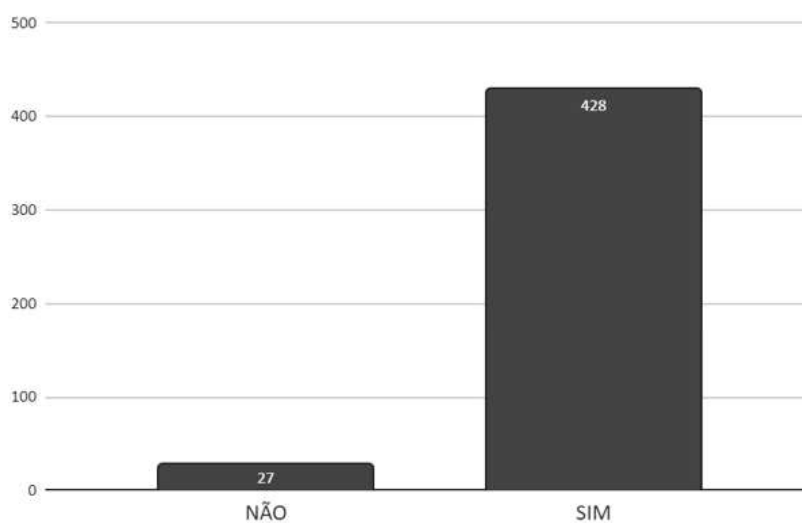
Gráfico 6 - Participação dos ribeirinhos em programa social, assim como inserção no CADÚnico, investigados durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2022.

Há uma correlação direta entre a saúde da população e o descarte do lixo, seja sólido ou líquido; sabe-se, portanto, que, em sua maioria, as cidades ribeirinhas não possuem saneamento básico e/ou tratamento de resíduos. Neste estudo, verificou-se que o resíduo sólido (lixo) produzido pela população é recolhido pelo agente público em 94% das residências ribeirinhas (Gráfico 7). Porém, por se tratar de uma região ribeirinha, considerando a atual situação em termos de saneamento básico dos municípios alagoanos, necessita-se, urgentemente, da implantação de sistemas para tratamento de efluentes, uma vez que estes, em sua maioria, são lançados *in natura* diretamente no rio, ocasionando problemas básicos de saúde na população, como a disseminação de doenças crônicas transmissíveis (esquistossomíase).

Gráfico 7 - Descarte do resíduo sólido (lixo) pela população ribeirinha investigada durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2022.

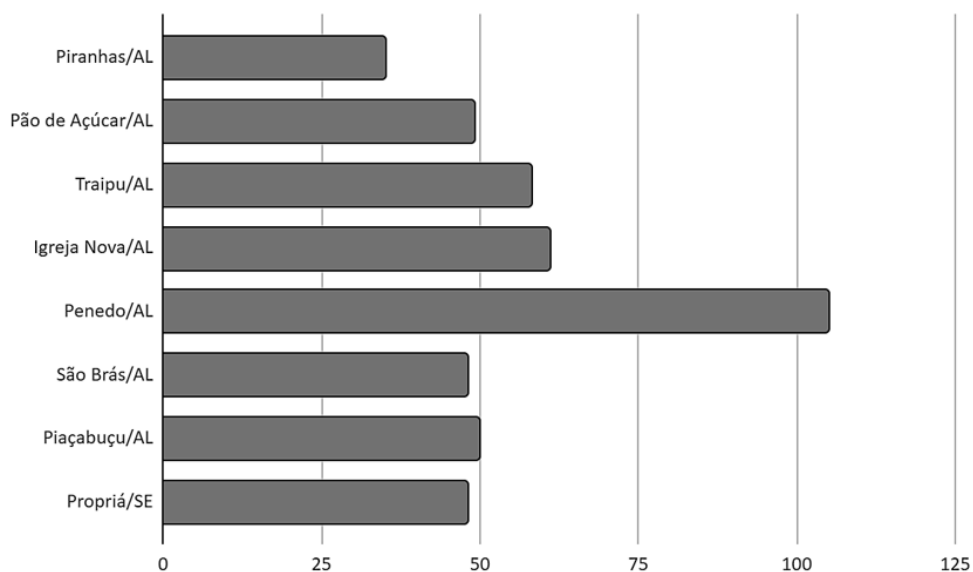
Para Ubiratan e Fernandes (2009), sobre o uso das águas do São Francisco para fins de saneamento básico e de abastecimento de água, necessidades reais e crescentes, especialmente nas aglomerações urbanas, pode-se afirmar que ainda é preciso muitos investimentos para o alcance de condições adequadas. De acordo com informações disponibilizadas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, somente 52,5% dos esgotos da bacia são coletados, e 20,7% desse total é tratado. Isso implica comprometimento das águas dos rios da bacia, com perda da qualidade para fins de uso, especialmente para consumo humano.

Perfil epidemiológico dos ribeirinhos quanto à Covid-19 e algumas doenças crônicas não transmissíveis

As populações ribeirinhas representam uma mistura de diferentes grupos sociais (indígenas, quilombolas, etc). Essas populações vivem em áreas urbanas e rurais, às margens do Rio São Francisco. O cotidiano dos ribeirinhos às margens do rio e sob influência das dinâmicas das águas (cheias e vazantes) impõe restrições de ordem multidimensional. De um modo geral, esses grupos são destituídos de infraestrutura mínima, como saneamento básico e serviços de saúde especializados. Considerando o avanço da pandemia no mundo e, subsequentemente, para o interior do Brasil, foi definido, neste levantamento, um tamanho amostral de 456 coletas/amostras, sendo Piranhas a cidade de menor adesão e Penedo a maior – fato esse definido pelo tamanho populacional de cada município (Gráfico 8).



Gráfico 8 - Número de participantes por município visitado durante a IV Expedição Científica Rio São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2022.

Desde o início da pandemia (março/2020), observou-se, em alguns momentos, o aumento do número de casos da doença, e, em outros, o decréscimo. Esse evento sempre foi evidenciado nos grandes centros urbanos pelo percentual de ocupação dos leitos de alta complexidade (UTI). Porém, para regiões mais interioranas, pouco se tinha conhecimento sobre a propagação da onda de contaminação do vírus Sars-CoV-2. Durante o período

analisado, foi observado que a infecção viral apresentou **0,22%** (N = 1) de casos positivos, demonstrando **baixíssima** prevalência na população estudada (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação município x número de amostras coletadas x número de amostras positivas durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021

Município	Nº de amostras coletadas	Nº de amostras positivas
Piranhas/AL	35	0
Pão de Açúcar/AL	49	0
Traipu/AL	58	1 (0,22%)
Igreja Nova/AL	61	0
Penedo/AL	105	0
São Brás/AL	48	0
Piaçabuçu/AL	50	0
Propriá/SE	48	0
Total	454	01

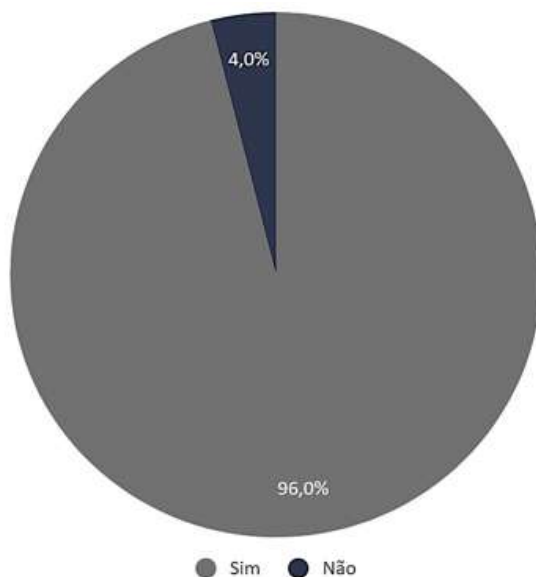
Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

A propagação do vírus em ondas sazonais (curvas gaussianas), associada a outras comorbidades, ocasiona grandes perdas na população como um todo. A partir do momento em que o Plano Nacional de Imunização foi publicado e os esquemas vacinais executados, iniciou-se uma retração na propagação, uma vez que o número de casos graves e o percentual de ocupação dos leitos de UTI começaram a cair. Durante o período da IV Expedição do São Francisco, apenas 01 (um) caso positivo foi identificado no montante de 454 amostras. Correlacionando os dados obtidos quanto à imunização, 96% (N = 436) da população da amostra foi imunizada contra a Covid-19. Estatisticamente, o esquema vacinal apresentou altas prevalências quando correlacionada a detecção do vírus na população.

A eficácia de uma vacina pode ser definida como a redução, atribuível à vacinação, na incidência da doença entre os indivíduos vacinados. O parâmetro primário de avaliação nas vacinas empregadas é a indução da Covid-19 confirmada laboratorialmente pelo RT-qPCR (PRADA; FERREIRA, 2020). Em Alagoas, observa-se que, desde o início do Programa Nacional de Imunizações (PNI), houve uma redução significativa no número de casos positivos e de ocupação de leitos hospitalares. Para Lopez-Bernal *et al.* (2021), a eficácia das vacinas varia de acordo com o tipo e a variante, sendo elas, em sua maioria, mais eficazes a partir da segunda dose. Segundo Serpa *et al.* (2021), até o momento, as vacinas vêm mostrando boa eficácia, principalmente na prevenção de casos graves de Covid-19, hospitalizações e óbitos. Neste estudo, observa-se que, no Baixo São Francisco, a imunização da população está desempenhando uma ação eficaz contra o Sars-CoV-2.



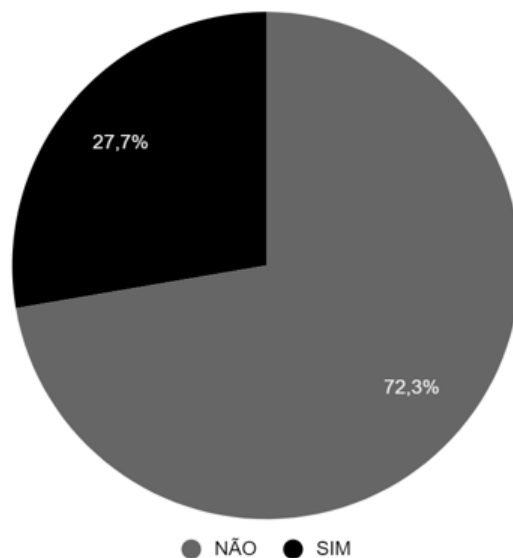
Gráfico 9 - Número de ribeirinhos que sinalizaram ter realizado o esquema vacinal durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

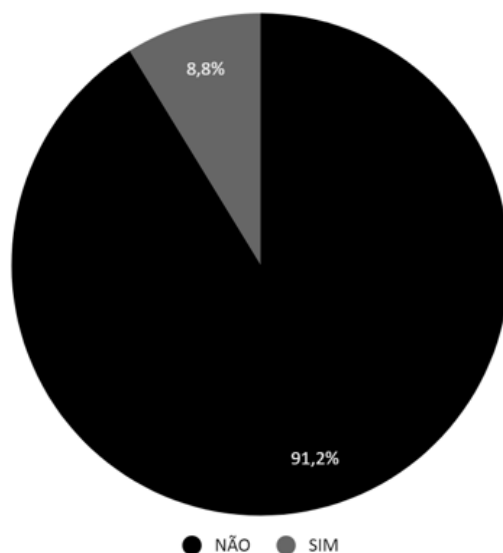
O álcool e o cigarro são elementos e/ou substâncias imunossupressoras que facilitam a infecção por todo tipo de vírus, inclusive pelo coronavírus. Geralmente, um está associado ao outro, e assim sucessivamente. Nogueira *et al.* (2022) identificaram alta prevalência de consumo de álcool ao analisarem uma população ribeirinha na Paraíba, sinalizando o uso abusivo pelos ribeirinhos. Observou-se, portanto, que, diferentemente de alguns estudos realizados em outros locais, que demonstram um alto índice de consumo e álcool e/ou cigarro em populações ribeirinhas, para a região analisada, o percentual para o consumo de álcool foi de 27,7% e de cigarro, 8,8% (Gráficos 10 e 11).

Gráfico 10 - Percentual populacional que consome álcool investigado durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Gráfico 11 - Percentual populacional que é tabagista investigado durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021



Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Além do rastreamento para a Covid-19, patologias crônicas não transmissíveis foram também sinalizadas durante a anamnese da população, dentre elas a hipertensão arterial sistêmica (HAS) e o diabetes. Das 454 pessoas investigadas, 107 autodeclararam-se hipertensas, ou seja, 23,5% da população apresentou essa comorbidade. Quanto à diabetes, apenas 8% da população entrevistada apresentou tal comorbidade.

Correlacionando os dados obtidos, estatisticamente foi possível observar diferenças significantes entre as variáveis: **Sexo**: feminino, com prevalência de 98,2%, e masculino, prevalência de 93,5% (valor de $p = 0,01$); **Tabagismo**: prevalências dos indivíduos que não fizeram uso do tabaco durante os últimos três meses (96,9%), prevalências de indivíduos que fazem uso diário do tabaco (85%), com $p = 0,01$; **Etilismo**: prevalência entre não consumo (97,3%) e consumo (92,1), $p < 0,001$. A amostra foi caracterizada conforme as variáveis socioeconômicas, demográficas e de estilo de vida (Tabela 3).

Tabela 3 - Cobertura vacinal correlacionada às variáveis socioeconômicas, demográficas e estilo de vida da população ribeirinha do Baixo São Francisco, analisada durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021

Variáveis	N	Imunização (%)	*P (valor)
Faixa etária (anos)			
19 a 30	170	96,5%	-
30,1 a 40	210	94,3%	0,21
40,1 a > 60	80	98,8%	0,21
Sexo			
Feminino	227	98,2%	-
Masculino	233	93,5%	0,01
Programa Bolsa Família			
Sim	371	95,9%	-
Não	89	95,5%	0,84
Renda per capita			
≥ Salário mínimo	309	96,7%	.
< Salário mínimo	149	93,9%	0,15
Hipertensão			
Não	352	96,3%	-
Sim	108	94,4%	0,39
Diabetes			
Não	423	95,8%	-
Sim	37	97,3%	0,64
Tabagismo (últimos 03 meses)			
Não	420	96,9%	-
Sim	40	85,0%	<0,001
Etilismo			
Não	325	97,3%	-
Sim	116	92,1%	0,01

Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Após a análise ajustada, os fatores que se associaram de forma significativa às doenças crônicas não transmissíveis, a exemplo da hipertensão, foram: sexo e tabagismo. No modelo de regressão robusta, os indivíduos do sexo masculino apresentaram menores prevalências para cobertura vacinal: 93,5% (RP = 3,22; IC 95%:1,08 - 9,64; p = **0,03**) e os indivíduos que fazem uso regular de tabaco apresentaram menores prevalências para cobertura vacinal (RP = 4,15; IC 95%: 1,66 - 10,36; p = **0,002**). A significância estatística permaneceu mesmo após ajuste para todos os fatores de risco nos modelos (Tabela 4).

Tabela 4 - Razões de prevalências (RP) e respectivos intervalos de confiança (IC - 95%) obtidos por regressão de Poisson multivariável, segundo modelo teórico hierárquico de determinação da cobertura vacinal em populações de ribeirinhos do Baixo São Francisco analisadas durante a IV Expedição Científica do São Francisco, em 2021

VARIÁVEIS	RP (IC - 95%)	P (valor)
Sexo	2,92 (1,02 - 8,32)	0,04
Tabagismo	3,24 (1,08 - 9,70)	0,03

Fonte: Autores da pesquisa, 2021.

Segundo Bastos *et al.* (2017), os homens consomem mais cigarros industrializados que as mulheres e também utilizam mais álcool e tabaco que elas. Neste estudo, observa-se que, em homens, esse hábito esteve relacionado à prevalência de não vacinados. Em mulheres, a prevalência foi muito menor, visto que, em sua maioria, há o hábito de procurar e responder a tratamentos de saúde. Para Bwire (2020), o organismo das mulheres responde melhor a infecções que o dos homens, apresentando mais resistência a vírus como o Sars-CoV-2. Isso pode ser atribuído a questões biológicas, como hormônios sexuais, alta expressão de alguns receptores, estilo de vida, baixo consumo de álcool e tabaco.

É importante destacar que, no país como um todo, o número de óbitos foi relativamente grande, independente de período (sazonalidade), região, raça, faixa etária, peso e sexo. No entanto, observa-se, frente à pandemia imposta pela Covid-19, que o maior número de óbitos ocorreu em indivíduos do sexo masculino, que, em sua maioria, aderiram em menor proporção ao plano de imunização (SS/ES, 2020). Nery *et al.* (2022) identificaram que quando os homens trabalham e têm comorbidades, são menos propensos a hesitar em ser vacinados. Outro fator importante para a redução da hesitação vacinal é o maior nível de escolaridade e a alta percepção de risco. Dessa forma, é imprescindível que as estratégias de campanhas de vacinação considerem as diferenças de gênero e as características sociais de cada região para aumentar a cobertura vacinal.

O estudo apresentou limitações quanto à não realização de aferição de pressão arterial e à mensuração da glicemia capilar, visto que essas verificações poderiam impactar na associação entre Covid-19 e comorbidades, hipertensão arterial sistêmica e diabetes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo identificou que as comunidades ribeirinhas aderiram ao Plano Municipal de Imunização, comprovadamente observado pela quantidade de exames realizados, assim como o número de casos positivos rastreados, que foi extremamente baixo. A vacina tem demonstrado, de forma positiva, sua eficácia, espelhada nas constantes quedas de números de novos casos, internações e óbitos. Para a região do Baixo São Francisco, comprova-se, portanto, que a imunização é uma barreira eficaz para a não propagação e/ou transmissibilidade da Covid-19, permitindo a reabertura segura do comércio, o retorno às atividades laborais e o impulsionamento do turismo local, proporcionando o desenvolvimento e a economia da região.

Destacamos, ainda, que, para além do rastreamento da Covid-19, faz-se necessário o desenvolvimento de ações de prevenção e promoção da saúde para as comunidades ribeirinhas, seja no combate às doenças infectocontagiosas, seja nas crônicas não transmissíveis, uma vez que as comunidades ribeirinhas localizam-se geograficamente afastadas dos grandes centros urbanos, não tendo acesso a serviço de saúde especializado.

Finalizamos ressaltando que a pandemia da Covid-19 ainda não acabou e que novas variantes do coronavírus estão surgindo a todo o momento; por isso, é necessário seguir o Plano Nacional de Imunização e manter as orientações básicas para a não propagação do vírus: usar máscaras, usar álcool em gel (70%) e evitar aglomerações.

REFERÊNCIAS

BASTOS, F.I.P.M. *et al.* (Orgs.). **III Levantamento Nacional sobre o Uso de Drogas pela População Brasileira**. Rio de Janeiro: Fiocruz/Icict, 2017. 519p. Disponível em: <https://tinyurl.com/9vzreyac>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BWIRE, G.M. Coronavirus: why Men are More Vulnerable to Covid-19 Than Women? **SN Comprehensive Clinical Medicine**, v.2, n.7, p. 874-876, jun. 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/325sv7hs>. Acesso em: 11 abr. 2022.

CASTRO, C.N.; PEREIRA, C.N. **Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios**. Brasília: Ipea, 2019.

CUI, J.; LI, F.; SHI, Z.-L. Origin and Evolution of Pathogenic Coronaviruses. **Nature Reviews Microbiology**, v.17, n.3, p.181-192, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>. Acesso em: 12 abr. 2022.

DE CASTRO MATTEO, K. *et al.* **Zoneamento turístico do Baixo Rio São Francisco no Estado de Alagoas**. Brasília: Editora Iabs, 2013. 182p.

DEMENECH, L.M. *et al.* Desigualdade econômica e risco de infecção e morte por Covid-19 no Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v.23, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-549720200095>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ESCANDÓN, K. *et al.* Covid-19 false dichotomies and a comprehensive review of the evidence regarding public health: Covid-19 symptomatology, Sars-CoV-2 transmission, mask wearing, and reinfection. **BMC Infectious Diseases**, v.21, n.710, p.1-47, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06357-4>. Acesso em: 12 abr. 2022.

GIMFERRER, L. *et al.* Evaluation of Seegene Allplex Respiratory Panel 1 kit for the detection of influenza virus and human respiratory syncytial virus. **Journal of Clinical Virology**, v.105, p.31-34, ago. 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/4dwfry28>. Acesso em: 05 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidades. Acesso em: 12 abr. 2022.

KOH, H.K.; GELLER, A.C.; VANDERWEELE, T.J. Deaths from Covid-19. **Jama**, v.325, n.2, p.133-134, 2021. Disponível em: [doi:10.1001/jama.2020.25381](https://doi.org/10.1001/jama.2020.25381). Acesso em: 04 abr. 2022.

LARSEN, J.R. *et al.* Modeling the onset of symptoms of Covid-19: effects of Sars-CoV-2 variant. **PLoS Computational Biology**, v.17, n.12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009629>. Acesso em: 11 abr. 2022.



- LIRA, L. (Coord. Ger.) *et al.* **Diagnóstico Socioeconômico da Pesca Artesanal do Litoral de Pernambuco**. Recife: Instituto Oceanário de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, 2010. 120p.
- LOPEZ-BERNAL, J. *et al.* Effectiveness of Covid-19 Vaccines against the B.1.617.2 (Delta) Variant. **New England Journal of Medicine**, v.385, n.7, p.585-594, 2021.
- MEDEIROS, P.P. *et al.* Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos de barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano. **Geochimica Brasiliensis**, v.28, n.1, p. 65-65, 2014.
- MOHAMADIAN, M. *et al.* Covid-19: virology, biology and novel laboratory diagnosis. **The Journal of Gene Medicine**, v.23, issue 2, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jgm.3303>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- NERY JR., N. *et al.* Covid-19 vaccine hesitancy and associated factors according to sex: a population-based survey in Salvador, Brazil. **Plos ONE**, v.17, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262649>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- NOGUEIRA, W.P. *et al.* Consumo prejudicial de álcool e fatores associados em populações ribeirinhas. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiânia, n. 24, jan. 2022. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/fen/article/view/68602>. Acesso em: 11 abr. 2022.
- PRADA, L.; FERREIRA, J. Covid-19, Diabetes e Vacinas. **Revista Portuguesa de Diabetes**, Lisboa, v.15, n.4, p.131-138, 2020.
- RABELO, Y.G.S.; VAZ, E.M.; ZACARDI, D.M. Perfil socioeconômico dos pescadores artesanais de dois lagos periurbanos de Santarém, Estado do Pará. **Revista Desafios**, Palmas, v.4, n.13, p.73-75, 2017.
- POLLARD, C.A.; MORRAN, M.P.; NESTOR-KALINOSKI, A.L. The Covid-19 pandemic: the global health crisis. **Physiological Genomics**, v.52, issue 11, p.549-557, nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00089.2020>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- SAMUDRALA, P.K. *et al.* Virology, pathogenesis, diagnosis and in-line treatment of Covid-19. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdã, v.883, 15. set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173375>. Acesso em: 01 abr. 2022.
- SERPA, F.S. *et al.* Vacinas Covid-19 e Imunobiológicos. **Arquivos de Asma, Alergia e Imunologia**, São Paulo, v.5, n.2, p.126-133, 2021.
- SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020. 401p.
- UBIRATAN, C.F.; FERNANDES, O.C. Rio São Francisco: as águas correm para o mercado. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.29, n.2, p.113-125, jul.-dez. 2009.
- WU, B.Q.; ZHONG, H.H. *et al.* Gene detection of severe acute respiratory syndrome-related coronavirus. **Chinese Journal of Pathology**, Taiwan, v.32, n.3, p.212-214, 2003.



CAPÍTULO 20 - PERFIL DE SAÚDE BUCAL E AÇÕES DE PROMOÇÃO DE SAÚDE BUCAL NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Cristiane Ribeiro da Silva Castro¹

Daniela Ferreira de Oliveira²

Resumo: Muitas doenças bucais podem ser evitadas por meio das ações de promoção da saúde e medidas preventivas. Os objetivos deste capítulo foram garantir às crianças das populações ribeirinhas acesso a ações educativas e preventivas em saúde bucal, contribuir para a melhoria de suas condições de saúde bucal, realizar um levantamento epidemiológico e subsidiar o planejamento das ações das equipes de saúde bucal dos municípios. Trata-se de um estudo de corte transversal, descritivo, com metodologia de pesquisa-ação e o desenvolvimento de ações educativas, cujo público-alvo foram os escolares da comunidade ribeirinha do Baixo São Francisco. Foram atividades educativas com as crianças sobre prevenção das doenças bucais, além de escovação supervisionada e aplicação tópica de flúor. Foi avaliada a presença de cárie dentária nas 478 crianças e adolescentes estudantes de escolas públicas, com idades entre 3 e 18 anos, das comunidades ribeirinhas. A média de idade foi de 8,68 anos ($\pm 2,75$). A maioria (72,2%) possuía a cor da pele parda, era do sexo feminino (52,3%), residente na zona urbana (80,75%) e proveniente de escolas do município de Propriá (24,9%). Em relação à condição de saúde bucal na dentição decídua, 45,3% dos escolares avaliados encontravam-se livres de cárie. O ceo-d foi de 1,72 (DP = 2,41) e o CPO-D foi de 0,66 (DP = 1,16), característicos de uma situação de baixa prevalência. O estudo permite levantar hipóteses quanto ao papel dos fatores ambientais e socioeconômicos nas condições de saúde bucal das crianças e serve como base para orientar ações e serviços de odontologia dos municípios envolvidos.

Palavras-chave: Cárie Dental. Odontologia. Escolares. Prevenção. Epidemiologia.

INTRODUÇÃO

Muitas doenças bucais podem ser evitadas por meio de ações de promoção da saúde e medidas preventivas. A promoção da saúde pressupõe a compreensão da relação do ser humano com sua história, suas crenças, seus hábitos, relações com o mundo, com seu ambiente sociocultural e demais determinantes sociais em saúde. Trabalhar a educação em saúde é contribuir para que ocorram pequenas mudanças na vida das pessoas, o que pode levar ao bem-estar físico e emocional do indivíduo e contribuir também para uma melhor relação entre o profissional da saúde e o sujeito que está sendo beneficiado com a ação (J. JÚNIOR *et al.*, 2017).

Os programas de Promoção de Saúde Bucal seguem como base um serviço de saúde democrático, universal, integral e igualitário. A Odontologia, por muito tempo, dedicou-se à elaboração e ao aprimoramento de técnicas operatórias e não conseguiu concentrar esforços

1 Professora doutora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Alagoas (Ufal). cristiane.castro@foufal.ufal.br.

2 Acadêmica em Odontologia pela Universidade Federal de Alagoas (Ufal). Área de pesquisa: Saúde/Odontologia/Saúde Coletiva. dniferreira.oliver@gmail.com.



na área de prevenção e promoção da saúde. Com a chegada do cirurgião-dentista à Estratégia Saúde da Família, uma nova perspectiva foi gerada sobre um modelo de atenção e acesso às ações de saúde bucal, propiciando uma atenção integral aos indivíduos (DOMINGOS *et al.*, 2019).

A odontologia preventiva mostra-se como uma forte aliada do combate às doenças bucais desde a primeira infância. As atividades educativas e preventivas, que vêm sendo realizadas de forma coletiva, apresentam resultados relevantes, pois abrangem e envolvem toda a comunidade. Possuem o objetivo de evitar doenças e reduzir gastos em tratamentos complexos ao final da primeira infância, já que a atenção odontológica ocorre de forma precoce para as crianças. A colaboração participativa dos pais é um fator crucial para o sucesso do programa de controle da cárie dentária (BENTO *et al.*, 2019).

A cárie dentária continua sendo, no início do século XXI, o principal problema de saúde bucal em vários países do mundo, afetando de 60% a 90% das crianças em idade escolar e a maioria dos adultos. A doença é uma das principais causas de perda e de dor de dente, restringindo as atividades na escola e no trabalho e, portanto, impactando a qualidade de vida e o desenvolvimento dos afetados e, devido à elevada prevalência e a seus impactos, é considerada um problema de saúde pública. Afeta grande parte das crianças, principalmente as de baixo nível socioeconômico, sendo a doença crônica mais comum em crianças (NUNES *et al.*, 2017; FRAZÃO *et al.*, 2010).

A cárie é uma doença transmissível, multifatorial, e sua manifestação está relacionada a diversos fatores que, juntos, corroboram para o seu aparecimento na cavidade bucal, como, por exemplo: dieta, microbiota local, tempo e hospedeiro, fatores sociais, econômicos, culturais, étnicos/raciais, psicológicos e comportamentais, sendo fundamental o conhecimento destes, a fim de reduzir a ocorrência da cárie, prevenindo dor e sofrimento (CASTRO *et al.*, 2019; PERES, 2003).

A prevalência da cárie vem diminuindo nos últimos anos; entretanto, continua sendo um dos principais problemas de saúde pública na maioria dos países. Contudo, essa redução não vem ocorrendo na mesma proporção nas crianças na faixa etária pré-escolar. No Brasil, a cárie dental foi observada em 53,4% das crianças aos cinco anos de idade, em 2011 (SOUZA; VIANNA; CANGUSSU, 2006).

Estudos epidemiológicos são utilizados com a finalidade de realizar diagnóstico da situação de saúde e identificar áreas prioritárias para intervenções, pois as práticas sanitárias fundamentadas em informações epidemiológicas são mais efetivas e dispõem recursos financeiros de forma otimizada, além de identificar os fatores causais e incentivar a promoção da saúde e a prevenção de doenças.

Infelizmente, não são todas as comunidades que possuem um acesso adequado à saúde bucal. O termo ribeirinho designa qualquer população que reside às margens de rios. Os ribeirinhos da região do Baixo São Francisco vivem em situação de vulnerabilidade social. Eles possuem como sustento a renda que adquirem de pesca, agricultura familiar e artesanato, dependendo diretamente do Rio São Francisco, que vem apresentando, nos últimos anos, uma forte intervenção humana, degradando-o e, conseqüentemente, comprometendo o sustento das famílias que dependem de suas águas.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: garantir às crianças das populações ribeirinhas o acesso a ações educativas e preventivas em saúde bucal, contribuir para a melhoria das condições de saúde bucal da população local, realizar um levantamento



epidemiológico simplificado, contribuir e subsidiar o planejamento das ações das equipes de saúde bucal dos municípios.

Ações de Saúde Bucal no Baixo São Francisco

A IV Expedição Científica no Baixo São Francisco contou com uma equipe multiprofissional de 65 pesquisadores, estudantes de 30 áreas do conhecimento, e ocorreu durante os dias 30 de outubro e 10 de novembro de 2021. A equipe de saúde bucal integrou a expedição, pelo segundo ano consecutivo, com o propósito de promoção e educação em saúde bucal e de realização de um levantamento epidemiológico de cárie dental nessas comunidades ribeirinhas.

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de corte transversal, de caráter descritivo, com metodologia de pesquisa-ação e desenvolvimento de ações educativas entre os dias 01/10/2021 e 09/11/2021, cujo público-alvo foram os escolares da comunidade ribeirinha do Baixo São Francisco. O cenário de atuação foram as escolas públicas dos municípios de Alagoas: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu; e, em Sergipe, Propriá.

Esta pesquisa-ação em promoção da saúde bucal foi coordenada por uma profissional de Odontologia, professora do curso de Odontologia da Universidade federal de Alagoas (Ufal), e por uma acadêmica do mesmo curso da Ufal, e contou com o apoio da equipe da IV Expedição do Baixo São Francisco, da coordenação e de equipes de saúde bucal dos municípios (Figura1).

Figura 1 - Equipe de Expedicionários da IV Expedição Científica do Baixo São Francisco



Fonte: AUTORAS, 2021.

A dinâmica para organizar as ações aconteceu através da articulação entre a coordenação da Expedição com professores, secretários de Educação e Saúde e Coordenação de Saúde Bucal de cada município. Assim, através de prévias reuniões virtuais, devido à pandemia da Covid-19, planejaram-se as possibilidades de atividades a serem aplicadas em cada

comunidade, levando-se em consideração as peculiaridades de cada região, a forma de acesso às escolas e à associação de moradores. Foi realizado, de forma remota, uma semana antes do primeiro dia de Expedição, um curso de capacitação em levantamentos epidemiológicos para os cirurgiões-dentistas e auxiliares em saúde bucal dos municípios de Traipu, Pão de Açúcar, Piaçabuçu e Propriá, com o objetivo de atualizar e treinar os profissionais para a coleta de dados epidemiológicos (Figura 2).

Figura 2 - Atividade de capacitação para os cirurgiões-dentistas e auxiliares de saúde bucal dos municípios



Fonte: AUTORAS, 2021.

Como ferramentas de educação em saúde bucal, foram realizadas palestras com as crianças sobre prevenção das doenças bucais (Figura 3). Em algumas cidades onde as escolas dispunham de projetor multimídia, como *datashow*, foi possível proporcionar para as crianças uma sessão cinema, com um vídeo educativo curto que relatava a importância de desenvolver todos os processos relacionados à higiene bucal, desde escovar os dentes após cada refeição ao uso do fio dental, e realizar a escovação da língua. Os filmes do Dr. Dentuço e da Dra. Escovita (Colgate) foram os escolhidos para a exibição (Figura 4). Também foram realizados jogos de mitos e verdades na Odontologia e demonstração de técnica de escovação e do uso do fio dental (Figura 5).

O ensino da técnica de escovação foi ilustrado com o auxílio de macromodelo, escovas dentais e fio dental. Os alunos realizaram atividades lúdicas, tais como caça-palavras, palavras cruzadas e pinturas com as temáticas em questão: saúde bucal, cárie, placa bacteriana, hábitos alimentares e sua relação com a doença cárie (Figura 6).

Figura 3 - Palestra para as crianças das escolas sobre educação em saúde bucal e hábitos alimentares



Fonte: AUTORAS, 2021.

Figura 4 - Vídeo educativo sobre educação e promoção em saúde bucal



Fonte: AUTORAS, 2021.



Figura 5 - Ensino de técnica de escovação para as crianças das escolas ribeirinhas



Fonte: AUTORAS, 2021.

Figura 6 - Crianças das escolas visitadas participando das atividades lúdicas relacionadas à odontologia



Fonte: AUTORAS, 2021.



Foi realizado um levantamento epidemiológico simplificado de cárie dentária nas crianças das instituições, de 2-14 anos (Figura 7). Em dois municípios (Propriá e Penedo), foram registrados casos de fluorose dental. Não estava previsto avaliar esta condição; porém, chamou a atenção da examinadora a alta ocorrência e, por esse motivo, foi realizado o registro. Após exame, as crianças fizeram escovação dental supervisionada e houve aplicação tópica de flúor fosfato acidulado (ATF), seguindo o protocolo de biossegurança (Figuras 8 e 9).

A coleta de dados foi realizada em ambiente escolar, no período de 01/10/2021 a 09/11/2021, após treinamento e calibração dos examinadores. Consistiu em exame clínico dos escolares e aplicação de questionário individual no momento do exame, após assinatura do termo de consentimento pelos pais ou responsáveis. O exame clínico foi realizado na escola, em salas de aula ou áreas abertas no ambiente escolar, sem profilaxia prévia, à luz natural, com o auxílio de espátula de madeira e gaze. O diagnóstico da condição de saúde bucal das crianças registrou a presença/ausência e severidade da cárie segundo critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS) relativo aos índices ceo-d e CPO-D (OMS, 1999).

A avaliação da prevalência de fluorose foi realizada para os municípios de Propriá e Penedo, devido à observação da alta ocorrência na população estudada durante o exame, o que chamou a atenção da pesquisadora.

Figura 7 - Levantamento epidemiológico simplificado nas crianças das escolas visitadas



Fonte: AUTORAS, 2021.

Figura 8 - Distribuição de kits de higiene oral para as crianças em situação de vulnerabilidade social



Fonte: AUTORAS, 2021.

Figura 9 - Escovação supervisionada e aplicação tópica de flúor



Fonte: AUTORAS, 2021.



Caso fosse identificada a necessidade de tratamento, a criança ou adolescente era encaminhada/o para a Unidade Básica de Saúde mais próxima da sua residência; em alguns momentos, já conversava com o dentista responsável, considerando a necessidade encontrada. Em áreas descobertas pela Estratégia Saúde da Família, a Coordenação de Saúde Bucal responsabilizava-se pelo encaminhamento.

Foram realizados uma entrevista estruturada e o exame bucal. Na entrevista com as crianças, utilizou-se um questionário que compreendia: identificação da criança, informações socioeconômicas, como idade da criança em anos, sexo, cor da pele, município de residência, nome da escola e localização (zona urbana ou rural). Foi utilizada uma ficha para o exame bucal, onde foram registrados dados referentes à cárie dentária, conforme os critérios do ceo-d e CPO-D (OMS, 1999).

A coleta dos dados foi realizada pela docente e por equipes de dentistas da Rede de Atenção à Saúde dos municípios, devidamente treinados. A equipe também era formada pelos auxiliares em saúde bucal e por uma docente de graduação do curso de Odontologia, que atuaram como anotadores.

Os instrumentos de coleta de dados foram revisados e os dados, digitados no Microsoft Excel. Para a análise dos dados, foi utilizado o programa SPSS. Realizou-se, inicialmente, a análise descritiva das variáveis de interesse, obtendo-se as frequências simples e relativas para as variáveis categoriais e as medidas de tendência central e de dispersão para as contínuas. Análises bivariadas foram realizadas posteriormente, considerando a presença de cárie dentária como efeito principal (variável dicotômica) e sua associação com as variáveis demográficas. A análise estatística foi realizada por meio de frequências relativas e absolutas, em gráficos e tabelas; utilizou-se o teste estatístico qui-quadrado para as variáveis categóricas e o teste estatístico Mann-Whitney para as contínuas. Adotou-se nível de significância de 5%.

Foi calculado o índice CPO-D para cada escolar participante que apresentasse dentição mista ou permanente, conforme recomendação da Organização Mundial da Saúde. Foram estimadas a prevalência de cárie dentária, medida pelo índice CPO-D > 0, e sua gravidade (também chamada de experiência ou ataque de cárie dentária), aferida pelo número médio de dentes cariados (C), perdidos (P) e obturados (O). Como há uma relação matemática entre experiência de cárie medida pelo índice CPO-D e prevalência de cárie medida pela porcentagem de indivíduos com CPO-D > 0, valores de CPO-D entre 2,7 e 4,4 são indicativos de nível moderado de cárie ou prevalência moderada; valores entre 1,2 e 2,6 são indicativos de prevalência baixa e valores inferiores a 1,2 refletem uma prevalência muito baixa (WHO, 2003).

Com o intuito da manutenção da saúde bucal, houve a distribuição de kits de higiene bucal como instrumentos indispensáveis para o autocuidado da boca, após as atividades educativas, em todos os pontos visitados pela Expedição. Cada kit era composto por uma escova dental, dentifrício fluoretado e um folheto educativo. Alguns vieram acompanhados de fio dental, cedidos pela gestão dos municípios visitados.

Caraterização da população de estudo

A amostra não probabilística constituiu-se de 478 crianças e adolescentes estudantes de escolas públicas, com idades entre 3 e 18 anos, das comunidades ribeirinhas, que compareceram no dia da avaliação e apresentaram o consentimento pelos pais/responsáveis, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todas as crianças e adolescentes presentes nas comunidades no dia do estudo foram incluídos e examinados. A média de idade



foi de 8,68 anos ($\pm 2,75$) e mediana 9 anos. A maioria (72,2%) possuía a cor da pele parda, era do sexo feminino (52,3%), residente da zona urbana (80,75%) e proveniente de escolas do município de Propriá (24,9%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Características sociodemográficas da população de estudo. Baixo São Francisco, 2021 (n = 478).

Variáveis	N	%
Idade*		
<= 9 anos	212	44,63
> 9 anos	263	55,37
Sexo	234	52,35
Feminino		
Masculino	213	47,65
Etnia		
Branco	65	16,29
Negro	33	8,27
Pardo	288	72,18
Amarelo	13	3,26
Município		
Igreja Nova	28	5,86
Pão de Açúcar	56	11,72
Penedo	38	7,95
Piaçabuçu	76	15,90
Piranhas	29	6,07
Propriá	119	24,90
São Brás	30	6,28
Área da Escola		
Urbana	386	80,75
Rural	92	19,25

*Dados perdidos.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Durante as visitas, observou-se o contexto geral das famílias de cada município ribeirinho visitado. Em grande parte das cidades, foi possível ver que as casas são construídas em alvenaria e o esgoto é coletado por meio de fossas sépticas ou a céu aberto, tendo como destino o rio. Segundo relato dos professores das instituições visitadas, as crianças são de famílias com baixo poder aquisitivo e frequentam a escola para terem ao menos uma refeição garantida, a merenda escolar, visto que muitas famílias não têm condições de oferecer as três refeições diárias mínimas e porque essa é uma das condicionalidades para receber o benefício do Programa Bolsa Família (PBF).

Diante do cenário observado nas comunidades por Navas, Netter e O. Filho (2020), durante a II Expedição Científica, em 2019, são evidentes as baixas taxas de alfabetização entre os adultos, principalmente os homens. Com relação ao saneamento básico, o acesso ao sistema de esgotamento sanitário e de coleta de lixo tem sido inexistente ou insuficiente para atender às famílias. Com relação ao abastecimento de água, apresenta-se como fator limitante para algumas comunidades, principalmente para garantir a produção agrícola/animal, refletindo no rendimento familiar e criando uma dependência dos programas de transferência

de renda, como o PBF. A região do Baixo São Francisco apresenta os piores indicadores socioeconômicos, com um Produto Interno Bruto (PIB) de 9% do PIB da bacia inteira.

A relação entre condições socioeconômicas e condições de saúde é bem estabelecida na literatura (PERES *et al.*, 2003; MELO, 2011; ALLIN; STABILE, 2012). De acordo com Peres e colaboradores (2003), os indicadores de renda, nível de escolaridade dos pais, número de membros da família e condições de moradia têm sido utilizados com êxito na estratificação social da população. Embora não tenham sido coletados dados relativos aos fatores socioeconômicos no presente estudo, observou-se, durante as visitas aos municípios, que a maioria das crianças eram membros de famílias com uma menor condição socioeconômica. O nível de educação é um importante marcador de condição socioeconômica, pois altos níveis de escolaridade, geralmente, são preditores de melhores postos de trabalho e melhores condições de moradia. Peres e colaboradores (2003) apontam, como outras vantagens desse marcador da condição socioeconômica, o fato de ser aplicado a ambos os sexos, ser usado para pessoas fora do mercado de trabalho e apresentar um comportamento estável ao longo da vida adulta.

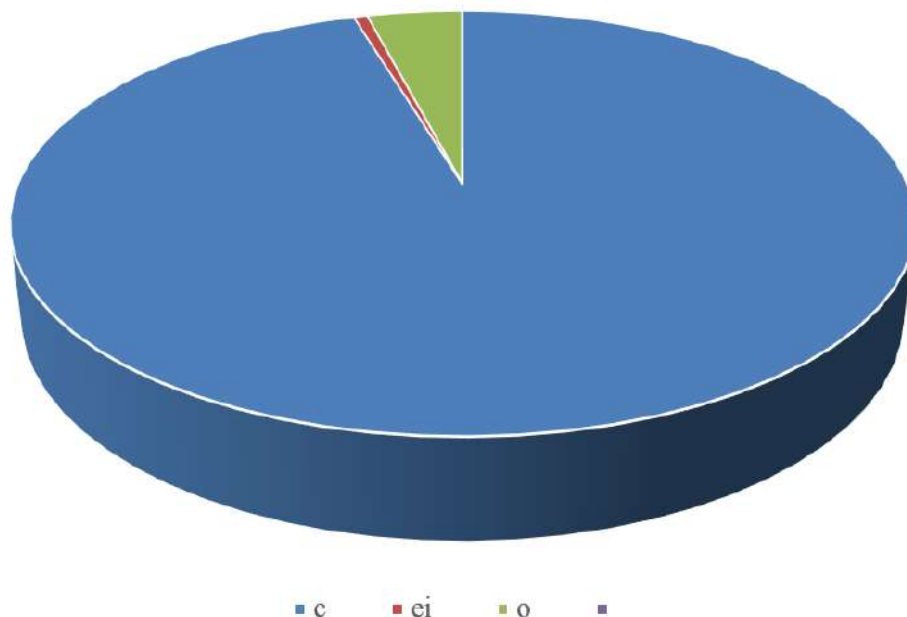


Condição de saúde bucal

A cárie na infância é um problema de saúde pública que continua a afetar as crianças em todo o mundo, caracterizando-se como uma das doenças mais comuns neste grupo etário. Sua prevalência varia em diferentes populações e apresenta-se de forma desigual entre as regiões brasileiras, sendo as crianças em desvantagem socioeconômica as mais vulneráveis.

Em relação à condição de saúde bucal na dentição decídua, 45,3% dos escolares avaliados encontravam-se livres de cárie, ou seja, a prevalência da cárie foi de aproximadamente 54,7%. Para a dentição decídua, 45,1% das crianças encontravam-se livre de cárie, ou seja, mais da metade dos escolares apresentaram pelo menos 1 dente decíduo com história presente ou pregressa de cárie dentária. O ceo-d foi de 1,72 (DP = 2,41) e, quanto à sua distribuição percentual, 95,35% representavam dentes cariados, apenas 4,07% eram obturados e 0,58 com extração indicada por cárie (Gráfico 1), o que significa dizer que há uma presença da doença ativa, com necessidade de tratamento.

A experiência de cárie dentária na dentição decídua continua a ser um problema relevante no Brasil. O desenvolvimento de pesquisas nesse âmbito possibilita maior conhecimento e compreensão da realidade sobre a experiência da doença na população infantil e uma compreensão acerca da necessidade de tratamento, além de orientar a adoção de medidas preventivas e curativas para a minimização dos prejuízos causados pela cárie dentária (SILVA *et al.*, 2018).

Gráfico 1 - Composição percentual do ceo-d

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

A alta prevalência da cárie na dentição decídua nessa população é superior à encontrada em alguns estudos nacionais (CANGUSSU *et al.*, 2016; COUTINHO *et al.*, 2009; PIVA *et al.*, 2017). Outros estudos, entretanto, apresentam maior ocorrência da doença (PERES *et al.*, 2003; BRASIL, 2004; BAHIA, 2006; PIVA *et al.*, 2017; BALDANI *et al.*, 2017). No estudo realizado em Salvador, por Almeida e colaboradores (2009), envolvendo 1.374 crianças de 5 anos de idade, a prevalência de cárie foi de 49,6%.

Em um estudo transversal desenvolvido por Carminatti *et al.* (2017), as 93 crianças avaliadas foram divididas em três grupos, de acordo com a faixa etária: 29 (31,2%) crianças tinham entre 3 anos e 3 anos e 11 meses; 30 (32,3%) crianças, entre 4 anos e 4 anos e 11 meses e 34 (36,6%) crianças entre 5 anos e 5 anos e 11 meses de idade. Conforme o índice ceo-d, 49 (52,7%) crianças eram livres de cárie; 18 (19,4%) apresentavam cárie de baixa gravidade; 26 (28%), cárie de alta gravidade (Tabela 2). Ou seja, um pouco menos da metade das crianças, equivalente a 47%, apresentaram cárie, o que é um número significativo.

Tabela 2 - Número de crianças e adolescentes examinados de acordo com a idade e o índice de cárie, Baixo São Francisco, 2021 (n = 478)

Idade	Examinados	CPO-D médio	ceo-d médio
3	3	.	4,33
4	16	.	1,81
5	20	0,05	1,96
6	64	0,09	1,85
7	83	0,21	2,44
8	147	0,45	2,22
9	28	0,70	2,22
10	79	0,74	0,97
11	46	0,90	0,83
12	18	1,00	.
13	8	0,8	.
14	10	0,90	.
15	13	1,31	.
16	3	2,00	.
18	1	7	.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Essa variação nas prevalências pode ser atribuída às diferenças na definição de caso e nos critérios de diagnóstico, além da influência dos fatores de risco (PRIYADARSHINI *et al.*, 2011). A falta de padronização na aferição dos eventos e a obtenção de amostras não representativas da população de referência, entre outros aspectos, podem comprometer significativamente as estimativas geradas e, conseqüentemente, a comparação dos resultados.

No Brasil, a cárie está declinando, se comparados os resultados dos levantamentos epidemiológicos nacionais. O inquérito nacional de saúde bucal, publicado em 2004, avaliou as condições de saúde bucal de crianças na faixa etária de 18 a 36 meses e os resultados revelaram que cerca de 27% das crianças apresentaram pelo menos um dente decíduo cariado; essa prevalência subiu para cerca de 60% nas crianças com 5 anos de idade. O ceo-d na faixa etária de 18 a 36 meses foi de 1,07 e este índice apresentou variações entre as regiões do Brasil. Na região Nordeste, as crianças de 18 a 36 meses possuíam, em média, 1 dente decíduo atacado pela cárie em 2003. Entre as crianças de 5 anos, o ceo-d foi igual a 2,8, sendo o componente cariado responsável por mais de 80% deste índice (BRASIL, 2004).

Em 2010, de acordo com os dados do último levantamento realizado pelo Ministério da Saúde, aos cinco anos de idade, uma criança brasileira possuía, em média, 2,43 dentes com experiência de cárie. Novamente, diferenças são observadas entre as regiões. As médias do índice ceo-d são mais elevadas nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste, em comparação com as regiões Sul e Sudeste. Observou-se uma distribuição desigual da cárie no território nacional, estando em pior situação os Estados do Nordeste comparados aos do Sul e Sudeste. Nesse levantamento, o percentual de crianças livres de cárie, no Brasil, foi de 46,6%; na região Nordeste, 41,6% e em Salvador, 56,5% (BRASIL, 2011).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Federação Dental Internacional (FDI), em 1982, recomendaram, através do estabelecimento das “Metas globais para saúde oral para o ano 2000”, que 50% das crianças de 5-6 anos estivessem livres de cárie naquele

ano. Observa-se que o país não atingiu essa meta, pois registraram-se apenas 40,62% livres de cárie e na região Sudeste, 44,92% (BRASIL, 2004).

Houve um grande número de crianças livres de cárie na amostra estudada, cerca de 45%. Entretanto, o ceo-d variou de 0 a 17. Utilizando a classificação do ceo-d proposta por Coutinho e colaboradores (2009), 37,11% das crianças apresentaram ceo-d médio, que corresponde à presença de 1 a 3 dentes afetados pela cárie, e 17,63% tiveram ceo-alto, ou seja, quatro ou mais dentes com história de cárie. A ocorrência dos índices ceo-d médio e alto é um dado importante, pois revela que uma parcela das crianças é acometida por cárie numa faixa etária precoce. Um fato bastante preocupante dentro deste quadro epidemiológico é a ocorrência de ceo-d alto, o que demonstra a gravidade da doença acometendo um maior número de dentes irrompidos.

O índice ceo-d de 1,72 (DP = 2,41) foi maior que o observado por Peres e colaboradores (2003) em crianças de 6 anos em São Paulo. Vale destacar que os critérios diagnósticos para a cárie utilizados por esse autor foram os mesmos adotados neste estudo, considerando cariado o dente que apresentasse lesão cavitada, segundo critérios da OMS adotados nos inquéritos nacionais (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011).

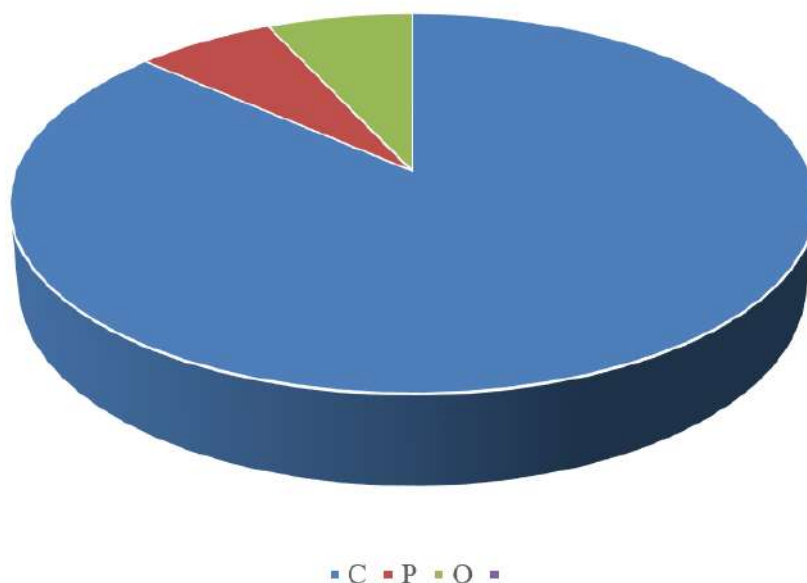
Em relação à composição percentual do índice ceo-d, o componente cariado representa 95,35% dos dentes com história atual ou pregressa de cárie. Esse resultado está de acordo com o encontrado em todos os estudos nacionais avaliados e denota uma alta necessidade de tratamento dessas crianças (PERES *et al.*, 2003). No levantamento nacional, também houve predomínio do componente cariado do ceo-d, responsável por mais de 80% do índice (BRASIL, 2011). Esse resultado pode suscitar a hipótese de que as crianças das creches de Salvador investigadas não têm acesso aos serviços odontológicos, seja porque seus pais ou responsáveis não têm tempo de levá-las ao dentista, pelo desconhecimento da necessidade de tratamento da dentição decídua ou, ainda, pela deficiência na prestação de serviços odontológicos públicos, principalmente para esta faixa etária.

As crianças que apresentam cárie dental na primeira infância têm maior probabilidade de desenvolver cáries subsequentes tanto na dentição decídua quanto na permanente, como também apresentam problemas oclusais, dificuldade de se alimentar e baixo peso, devido à associação da dor ao ato de comer. Dessa forma, a prevenção e o manejo da cárie prevalente na infância deve ter início precoce na vida da criança, já que esse problema é evidente em crianças tão pequenas e devido às suas características destrutivas (COUTINHO *et al.*, 2009).

Com relação à experiência de cárie na dentição permanente, 32,49% dos escolares apresentavam, pelo menos, um dente atacado por cárie. O CPO-D foi de 0,66 (DP = 1,16), característico de uma situação de baixa prevalência (WHO, 2003). Quanto à distribuição percentual do CPO-D, 86,55% representavam dentes cariados, 6,91% eram obturados por cárie, o que se constitui em perda precoce dos elementos dentários na faixa etária avaliada e demonstra uma alta necessidade de tratamento (Gráfico 2).

O panorama epidemiológico da cárie dentária é caracterizado pelo declínio que vem ocorrendo em diferentes regiões brasileiras. Contribuem para esse resultado a fluoretação das águas de abastecimento, a adição do flúor nos dentifrícios no final da década de 1980 e a reforma do SUS, criando condições para ampliação e reorientação das ações em saúde bucal (PERES, 2008).



Gráfico 2 - Composição percentual do CPO-D

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

No Brasil, verificamos que houve um decréscimo ao avaliarmos o índice CPO-D para a idade de 12 anos, visto que, na década de 1980, este era em torno de 7,6; em 1993, de 4,8; em 2003, de 2,8 e, em 2010, foi igual a 2,07. Na região Nordeste, verificou-se que a doença, aos 12 anos, saiu de um CPO-D de 3,19 (em 2003) para 2,63 (em 2010), apresentando a segunda maior prevalência de cárie em todo o Brasil por região (BRASIL, 2011).

No Brasil, a prevalência dessa doença em crianças da idade-índice de 12 anos caiu de 96,3% para 68,9%, entre 1980 e 2003, até chegar a 56,0% em 2010, devido, principalmente, a: 1) aumento do acesso a água e creme dental fluoretados e 2) mudanças nos objetivos dos programas locais de saúde bucal, que passaram a enfatizar a promoção da saúde e ações preventivas específicas (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011; PERES *et al.*, 2003). Apesar dessas melhorias, a cárie é desigualmente distribuída, conforme o nível socioeconômico, com uma pequena proporção de adolescentes concentrando a maior parte da carga da doença. A maioria desses adolescentes vive em áreas onde a taxa de pobreza é alta, com indicadores socioeconômicos ruins e consumo de água não fluoretada. Muitas dessas áreas estão localizadas na Amazônia brasileira, um vasto território do Norte do Brasil, onde são raros os inquéritos de saúde (FRAZÃO *et al.*, 2010).

Os dados do presente estudo evidenciam a ocorrência da polarização da cárie dentária, pois, apesar do alto percentual de crianças livres de cárie, as que possuem a doença apresentam uma alta gravidade. Este fenômeno, conhecido como polarização, consiste na concentração da maior parte das doenças e das necessidades de tratamento em uma pequena parcela da população, considerada de alto risco. Tal grupo minoritário caracteriza-se por ser mais susceptível, por estar mais exposto a fatores de risco, desprotegido e com maior vulnerabilidade social. Tal condição de doença bucal, atualmente, ainda é uma realidade, principalmente em regiões que se encontram em vulnerabilidade social, como as comunidades visitadas ao longo do Velho Chico.

Dados semelhantes aos do presente estudo foram encontrados em outros trabalhos que envolvem comunidades ribeirinhas, que alegam a necessidade de políticas preventivas de saúde pública, ofertando também mais convergência no atendimento odontológico a regiões de difícil acesso. A elaboração de pesquisas e programas de saúde com base nas características regionais reduziriam as grandes desigualdades sociais existentes devido à ausência de políticas públicas direcionadas às populações rurais, em especial a ribeirinha (FRAZÃO, 2010).

Na análise bivariada, observou-se que as diferenças na ocorrência da cárie entre os escolares de ambos os sexos não foram significativas (Tabela 3). Também não foram observadas diferenças estatísticas significativas com relação à idade e etnia. Embora a prevalência de cárie tenha sido numericamente maior para a área urbana (82,2%), a diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,338$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Características sociodemográficas da população de estudo de acordo com a presença de cárie dentária. Baixo São Francisco, 2021 (n = 478)

Covariáveis	Cárie dentária				p-valor
	Ceo/CPO = 0 (n = 213)		Ceo/CPO ≠ 0 (n = 234)		
	n	%	n	%	
Área da escola					
Urbana	151	78,6	235	82,2	0,338
Rural	41	21,4	51	17,8	
Idade					
<= 9 anos	91	47,6	161	56,7	0,0527
> 9 anos	100	52,4	123	43,3	
Sexo					
Feminino	86	48	148	55,2	0,136
Masculino	93	52	120	44,8	
Etnia					
Branco	23	14,4			0,824
Pardo	117	73,1			
Negro	14	8,8			
Amarelo	6	3,8			

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

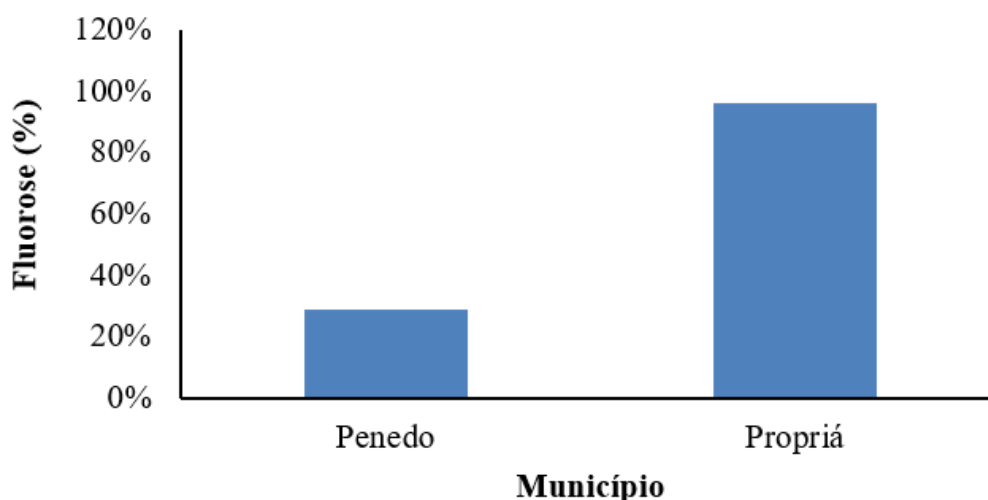
Inquéritos transversais são estudos adequados quando o objetivo é descrever uma dada realidade para um determinado momento. Não obstante, estudos envolvendo a distribuição da cárie dentária em grupos populacionais específicos de municípios pequenos, cujo padrão de cárie é desconhecido, podem enfrentar limitações decorrentes do tamanho da amostra quando se busca explorar diferenças; principalmente, quando a distribuição da cárie aproxima-se de um padrão de baixa prevalência (FRAZÃO, 2010).

Neste estudo, foi incluída a avaliação da fluorose dentária em dois municípios. A fluorose dentária é consequência da exposição do germe dentário, durante o seu processo de formação, a altas concentrações do íon flúor, decorrente da ingestão crônica. Como resultado, têm-se defeitos de mineralização do esmalte, com severidade diretamente associada à quantidade ingerida. Geralmente, o aspecto clínico é de manchas opacas no esmalte, em

dentes homólogos, até regiões amareladas ou castanhas em casos de alterações mais graves (SOARES *et al.*, 2010). Além da dosagem de flúor, outros fatores interferem na severidade da doença: baixo peso corporal, taxa de crescimento esquelético e períodos de remodelamento ósseo constituem-se fases de maior absorção do flúor; estado nutricional, altitude e alterações da atividade renal e da homeostase do cálcio também são fatores relevantes (DENBESTEN, 1999).

No município de Penedo, dos 38 escolares avaliados, 11 apresentavam fluorose, o que representa uma prevalência de 28,9% (Gráfico 3). Em um levantamento epidemiológico realizado no município no ano 2020, foram avaliadas 2.335 crianças em 11 escolas municipais e foi encontrada uma prevalência de 56,1% de fluorose. Dessa forma, pode-se concluir que, no município de Penedo-AL, existe alta prevalência de fluorose dentária nos escolares de 7-12 anos, destacando-se os graus muito leve ou leve (SANTOS; MENDES; KANTOVITZ, 2021).

Gráfico 3 - Prevalência de fluorose nos municípios de Penedo e Propriá, 2021



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Já em Propriá, na zona rural, dos 25 alunos com 11 anos ou mais examinados, 96% apresentam esse defeito de formação do esmalte dentário. Esse achado chamou a atenção e foi repassado para a coordenação de saúde bucal e para o prefeito do município. Foi solicitada à Vigilância Sanitária municipal uma avaliação da concentração de flúor na água de abastecimento público, pois foi levantada a hipótese de que se encontra acima das concentrações recomendadas, podendo ser um fator responsável pelo surgimento de fluorose nas crianças. Também foi orientada à Coordenação de Saúde Bucal a realização de um levantamento epidemiológico de fluorose dentária no município, com um exame de amostra representativa de crianças.

Os estudos, no Brasil, mostram uma prevalência baixa e muito variável, desde 3% no município de Catalão-GO, para crianças de 7 a 12 anos, até 63,7% em escolares de 4 a 18 anos do município de Santa Tereza-RS (SOARES *et al.*, 2012). A prevalência, no país, é de 8,56%, sendo de 3,68% na Região Nordeste (BRASIL, 2011).

Atenção à saúde bucal

Os resultados do levantamento epidemiológico realizado evidenciam, em parte, a lacuna na atenção à saúde bucal. Embora a maioria dos municípios possua uma alta cobertura das equipes de saúde bucal na Estratégia Saúde da Família (ESF), como pode ser observado no Quadro 1, alguns pontos podem ser identificados como limitadores do acesso aos serviços. Dentre eles, a falta do desenvolvimento de ações educativas e de prevenção pelos profissionais de saúde bucal dos municípios, a dificuldade de acesso ao atendimento na Unidade Básica de Saúde (UBS) em áreas sem ESF, a distância de muitos povoados até a UBS e a existência de áreas descobertas pela ESF. Tais pontos negativos sinalizam a necessidade do desenvolvimento preponderante de ações preventivas, maior envolvimento dos gestores, maior compromisso dos profissionais de odontologia e melhor acesso à informação pela comunidade. Uma grande limitação relaciona-se às práticas de educação em saúde, que precisam ser permanentes para se consolidar.

Quadro 1 - Rede de Atenção à Saúde Bucal nos municípios envolvidos na IV Expedição

Município	Número de Equipes de Saúde Bucal	Cobertura da Saúde Bucal	Existência de CEO e especialidades
Traipu	04 equipes de ESF e 02 Dentistas na AB em áreas descobertas	50%	Não há
Piaçabuçu	São 6 ESF	100%	Não tem
Propriá	ESB 09 E ESF 10	100%	1 CEO: pacientes especiais, prótese, endodontia, periodontia e cirurgia bucomaxilo
Piranhas	7 equipes ESF	95,89%	1 CEO: cirurgia, periodontia, endodontia, odontopediatria, pacientes especiais e prótese dentária
Pão de Açúcar	7 ESB	80%	Não há
São Brás	3 ESB	100%	Não há
Igreja Nova	10 ESB	100%	CEO tipo II, com as seguintes especialidades: endodontia, periodontia, cirurgia, pacientes especiais e prótese
Penedo	19 ESB	100%	1 CEO: cirurgia e estomatologia, endodontia, paciente especial, periodontia

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Dessa forma, as dificuldades não residem apenas na cobertura da assistência e na qualidade dessa assistência; há outros determinantes, como, por exemplo, o modelo de atenção prestado pelos profissionais. Embora a ESF preconize o cuidado centrado na pessoa, na família e não na doença, além da ênfase nas ações de promoção da saúde e preventivas, ainda existem odontólogos que exercem sua função na lógica da odontologia mutiladora, que há muito vem sendo superada com uma filosofia de Promoção de Saúde, com cobertura assistencial adequada e de qualidade, tendo como base a saúde como direito (ARDENGHI *et al.*, 2013).

Pouco se sabe sobre a atuação das equipes de saúde bucal nessas comunidades no contexto da reorganização da Atenção Básica (AB) por meio da Estratégia Saúde da Família (ESF). De uma forma geral, é sabido que, de uma fase inicial que priorizava apenas as áreas de maior risco social, essa iniciativa expandiu-se para afirmar-se como uma estratégia de mudança do modelo de atenção básica à saúde adotado no Brasil. Todavia, constatam-se importantes dificuldades para produzir mudanças no modelo de atenção à saúde bucal.

Certamente, a educação em saúde é um processo contínuo e, em comunidades remotas, torna-se uma tarefa ainda mais desafiadora. Contudo, diante deste desafio, as metas de uma saúde bucal com compromisso com a saúde e o bem-estar do próximo envolvido na profissão da Odontologia tornam-se algo plausível de ser realizado (AMARAL *et al.*, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se, no presente estudo, que os índices avaliados mostram-se maiores que os apresentados nos levantamentos epidemiológicos nacionais, demonstrando a necessidade de acesso a serviços odontológicos a esta população, além de continuidade de programas preventivos e educativos na região.

Com relação à cárie dentária, a compreensão de seu surgimento e desenvolvimento ultrapassa as clássicas explicações centradas na Biologia ou em padrões de comportamento. O presente estudo permite levantar hipóteses quanto aos fatores ambientais e o papel das variáveis socioeconômicas que contribuem para as condições de saúde bucal das crianças; serve como base para orientar ações e serviços de odontologia dos municípios envolvidos e busca colaborar para a compreensão do processo saúde-doença-cuidado para além da visão biologicista.

A atuação das equipes de saúde bucal deve ser pautada no paradigma da Promoção em Saúde Bucal, considerando os determinantes sociais em saúde, identificando as reais necessidades e problemas de saúde e buscando respostas para aumentar a qualidade de vida das comunidades, propiciando informações e condições para que elas possam acessar melhores níveis de saúde, principalmente para os grupos que estão em situação de vulnerabilidade social, como é o caso das comunidades ribeirinhas.

REFERÊNCIAS

ALLIN, S.; STABILE, M. Socioeconomic status and child health: what is the role of health care, health conditions, injuries and maternal health?. **Health Economics, Policy and Law**, v.7, n.2, p.227-242, 2012.

ALMEIDA, D.L. *et al.* Avaliação da educação bucal de pré-escolares de 4 a 7 anos de uma creche filantrópica. **Rev. Gaúcha Odontol.**, Porto Alegre, v.59, n.2, p.271-275, abr./jun. 2011.

ALMEIDA, T.F. *et al.* Condições de saúde bucal de crianças na faixa etária pré-escolar, residentes em áreas de abrangência do Programa Saúde da Família em Salvador, Bahia, Brasil. **Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.**, v.9, n.3, p.147-152, 2009.

ALVES, A.P. *et al.* Eficácia de um programa de promoção pública em saúde bucal infantil. **J. Pediatr.**, Rio de Janeiro, n.94, p.518-524, 2018.



AMARAL *et al.* A relação entre a saúde bucal e a cárie dentária em oito comunidades ribeirinhas – Pará, Brasil. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v.74, n.1, p.18-22, jan.-mar. 2017.

ARDENGHI, T.M.; PIOVESAN, C.; ANTUNES, J.L.F. Desigualdades na prevalência de cárie dentária não tratada em crianças pré-escolares no Brasil. **Rev. Saúde Pública**, v.47, supl.3, p.29-37, 2013.

BAHIA. Secretaria Municipal de Saúde de Salvador-BA. **Condições de Saúde Bucal da População do Município de Salvador**. Salvador, 2015. 40p.

BALDANI, M.H. *et al.* Assessing the role of appropriate primary health care on the use of dental services by Brazilian low-income preschool children. **Cad. Saúde Pública**, v.33, n.11, 2017.

BENTO, A. *et al.* Odontologia social e preventiva: um estudo epidemiológico de moradores de uma comunidade. **Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (Eedic)**, v.4, n.1. Disponível em: <https://tinyurl.com/435j7fuy>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação Nacional de Saúde Bucal. Projeto SB Brasil 2010. **Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: resultados principais**. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação Nacional de Saúde Bucal. **Condições de Saúde Bucal da População Brasileira 2002-2003: resultados principais**. Brasília, 2004.

CANGUSSU, M.C. *et al.* Fatores de risco para a cárie dental em crianças na primeira infância, Salvador-BA. **Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.**, Recife, v.16, n.1, p.57-65, jan.-mar. 2016.

CARMINATTI, M. *et al.* Impacto da cárie dentária, mal oclusão e hábitos orais na qualidade de vida relacionada à saúde oral em crianças pré-escolares. **Audiol. Commun. Res.**, v.22, e1801, 2017.

CASTRO *et al.* Analysis of the influence of low birth weight on the time of eruption of dental caries in children in early childhood. **Journal of Public Health Dentistry**. ISSN 0022-4006.2019.

CELESTINO JÚNIOR, A.F. *et al.* Ações educativas em saúde bucal com crianças com câncer: relato de experiência. **Rev. Acervo em Saúde**, v.1, n.34, supl.06, p.1601, 2019.

COSTA, F.S. *et al.* Developmental defects of enamel and dental caries in the primary dentition: a systematic review and meta-analysis. **J. Dent.**, n.60, p.1-7, 2017.

COUTINHO, K.N.S. *et al.* Cárie dental em crianças de 0 a 36 meses em Alcântara, Maranhão, em 2008. **Cad. Pesq.**, v.16, n.2, 2009.

DENBESTEN, P.K. Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements. **Community Dent. Oral Epidemiol.**, v.27, p. 41-47, 1999.



DOMINGOS, P. *et al.* Trabalhos voluntários em programas de Saúde bucal: relato de experiência obtida no projeto “Sorriso Caiçara”. **Journal of Research in Dentistry**, v.7, n.1, p.1-6, 2019.

FRAZÃO *et al.* Cárie dentária em escolares de 12 anos de idade em município sem água fluoretada na Amazônia Ocidental brasileira, 2010. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v.25, n.1, p.149-158, jan.-mar. 2016.

FRAZILLE, C. *et al.* O papel do Professor na percepção dos alunos de Odontologia: impacto do ensino de graduação baseado na comunidade. **Arch. Health Invest.**, v.9, n.2, p.194-201, 2020.

GONÇALVES, T. *et al.* **Cárie dentária associada em comunidades quilombolas, ribeirinhas e indígenas**: uma revisão de literatura. Caruaru: Centro Universitário Tabosa de Almeida, 2018. p.1-17.

J. JÚNIOR *et al.* Práticas educativas em Saúde Bucal direcionadas aos usuários do Restaurante Popular da cidade de Patos-PB. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v.8, n.2, p.67-74, 2017.

MARINHO, T.; OLIVEIRA, C. **O custo da Odontologia Preventiva e Terapêutica na Guarnição de Resende-RJ**, v.1, p.17, 2020.

MELO, M.M.D.C. *et al.* Fatores associados à cárie dental em pré-escolares do Recife, Pernambuco, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v.27, n.3, p.471-485, 2011.

NAVAS, R.; NETTER, G.; O. FILHO, E.F. A agricultura familiar no Baixo São Francisco: perfil socioproductivo e segurança alimentar. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. **O Baixo São Francisco**: características ambientais e sociais. Maceió: Edufal, 2020. p.309-330.

NUNES, V.H.; PEROSA, G.B. Cárie dentária em crianças de 5 anos: fatores sociodemográficos, lócus de controle e atitudes parentais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.22, n.1, p.191-200, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Levantamento Epidemiológico Básico de Saúde Bucal**: manual de instruções. 4.ed. São Paulo: Livraria Editora Santos, 1999. 53p.

PERES, M.A.A. *et al.* Determinantes sociais e biológicos da cárie dental em crianças de anos de idade: um estudo transversal aninhado numa coorte de nascidos vivos no Sul do Brasil. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v.4, n.6, p.293-306, 2003.

PIVA, F. *et al.* A Longitudinal Study of Early Childhood Caries and Associated Factors in Brazilian Children. **Brazilian Dental Journal**, v.28, n.2, p.241-248, 2017.

PRIYADARSHINI, H.R. *et al.* Prevalence of early childhood caries among preschool children of low socioeconomic status in Bangalore city, India. **J. Int. Soc. Prevent. Communit. Den.**, v.1, p.27-30, 2011.



SANTOS, E.S.; MENDES, A.B.; KANTOVITZ, K.R. A importância do heterocontrole para impacto da prevalência de fluorose dentária. **Research, Society and Development**, v.10, n.16, e04101622588, 2021.

SILVA, Ricardo Henrique Alves da *et al.* Análise das diferentes manifestações de cultura quanto aos cuidados em saúde bucal em moradores de região rural ribeirinha em Rondônia, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.15, supl.1, 2010.

SILVA, D.D.P. *et al.* Experiência de cárie dentária e fatores associados em crianças pré-escolares. **Arquivos em Odontologia**, n.54, 2018.

SOARES, F.F. *et al.* Prevalência e severidade de fluorose em escolares do município de São Francisco do Conde-BA, 2010. **Rev. Odontol. Unesp**, v.41, n.5, p.318-323, set.-out. 2012.

SOUZA, M.A.; VIANNA, M.I.P.; CANGUSSU, M.C.T. Disfunção familiar referida pela presença de depressão materna e/ou alcoolismo na família e ocorrência de cárie dental em crianças de dois e três anos de idade. **Revista Brasileira de Saúde Materno-Infantil**, v.6, n.2, p.309-317, 2006.

VELASCO, S.R.M. *et al.* Association Between Presence of Enamel Defects, Dental Caries and Socioeconomic Conditions on Brazilian Children. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v.18, n.1, p.1-8, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century – the approach of the WHO Global Oral Health Programme**. Geneva: World Health Organization, 2003.



CAPÍTULO 21 - INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO: PROSPECÇÃO DE CAMPO PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA NOVOS RECONHECIMENTOS, COM DESTAQUE PARA A ILHA DO FERRO

Camila Moura Lacerda¹

Tatiane Luciano Balliano²

Alexandre Guimarães Vasconcellos³

Resumo: A Indicação Geográfica (IG) é um instrumento de propriedade intelectual utilizado para identificar a origem de produtos ou serviços quando o local tenha se tornado conhecido ou quando determinada característica ou qualidade do produto ou serviço deva-se à sua origem. O objetivo da pesquisa foi fazer uma prospecção de campo a partir da IV Expedição Científica do Rio São Francisco, realizada entre 1º e 11 de novembro de 2021, visando avaliar o potencial para novos reconhecimentos na mesorregião do Baixo São Francisco (BSF), com destaque para a Ilha do Ferro. A metodologia utilizada foi a pesquisa-ação, que é um tipo de investigação social realizada em estreita associação com uma ação de interesse coletivo, em que os pesquisadores e os participantes representativos da situação estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. A interação com produtores e autoridades dos municípios permitiu tomar conhecimento de uma grande diversidade de produtos regionais que já têm reputação reconhecida ou estão em vias de construí-la. No caso específico da Ilha do Ferro, foi possível verificar, através de diagnóstico construído por meio de levantamento de matérias jornalísticas, reuniões com as autoridades do município e visita da equipe de pesquisadores ao local, que o bordado Boa Noite, lá produzido, já é conhecido dentro e fora da região. Com base no diagnóstico, também foram apontadas algumas ações que podem contribuir e abrir caminhos para viabilizar o reconhecimento de uma indicação geográfica para o bordado Boa Noite da Ilha do Ferro e para a valorização do saber-fazer existente na região.

Palavras-chave: Propriedade Intelectual. Indicação Geográfica. Ilha do Ferro. Bordado. Desenvolvimento Regional.

INTRODUÇÃO

O objetivo desta pesquisa, iniciada na IV Expedição Científica do Rio São Francisco, é tentar compreender como os instrumentos de propriedade intelectual e, em especial, as Indicações Geográficas (IGs) podem contribuir para a valorização cultural, técnica, social e econômica do saber-fazer das populações que habitam o Baixo São Francisco (BSF), incluindo-se, entre elas, comunidades tradicionais, a exemplo de ribeirinhos, quilombolas e indígenas.

1 Advogada, mestrandia PROFNIT - UFAL, e-mail: mila-lacerda@hotmail.com / mouralacerdac@gmail.com

2 Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Instituto de Química e Biotecnologia, Coordenadora do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – PROFNIT/UFAL, Email: tlb@qui.ufal.br.

3 Pesquisador Classe Especial III, Divisão de Pós-graduação e Pesquisa da Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento do Instituto Nacional da Propriedade Industrial. E-mail: alexguim@inpi.gov.br.



A interação com produtores e autoridades dos municípios permitiu tomar conhecimento de uma grande diversidade de produtos regionais, como o mel do Sertão alagoano, cuja cooperativa, relacionada no município de Piranhas, já agrega mais de 100 associados; o doce de batata-doce de Propriá; a pimenta-rosa e o bolo de macaxeira de Piaçabuçu; o bordado Boa Noite e o artesanato em madeira da Ilha do Ferro.

O processo de identificação do potencial de Indicações Geográficas como ferramenta para o desenvolvimento regional sustentável envolve a compreensão de que é a comunidade envolvida que deve ser a maior protagonista do processo e deve compreender como a identificação da região nos produtos, com a devida preservação da qualidade, pode servir como um diferencial para distinguir os produtos da região e, conseqüentemente, ter o efeito direto de agregar valor aos mesmos.

Alguns trabalhos, como o de Tonietto e colaboradores (2022), têm discutido os principais benefícios observados a partir do reconhecimento das Indicações Geográficas e, no caso específico do trabalho citado, tratam das pioneiras IGs de vinhos no Rio Grande do Sul, destacando:

- 1) Foram a base para um importante salto na qualidade intrínseca geral dos produtos das regiões tradicionais delimitadas e para as regiões vizinhas e/ou limítrofes;
- 2) Constituíram-se no motor central do desenvolvimento econômico, social e ambiental das regiões delimitadas, via incremento da atividade de produção vitivinícola associada ao enoturismo, à enogastronomia, à hotelaria, à produção de insumos diversos, ao patrimônio cultural, gerando necessidade de incremento da infraestrutura pública e privada e aumentando o sentimento de pertencimento comunitário e de valorização do patrimônio material e imaterial dos territórios das indicações geográficas;
- 3) Serviram de exemplo a ser seguido por produtores de outras regiões do país, tendo de algum modo contribuído para motivar novos investimentos e projetos vitivinícolas em vários estados brasileiros, dinâmica esta que veio a formar o que atualmente convencionou-se chamar “novas regiões vitivinícolas brasileiras”;
- 4) Também serviram de “case” para processos de estruturação de inúmeras indicações geográficas brasileiras de vários outros produtos, além de motivar processos semelhantes em regiões vitivinícolas dos estados de Santa Catarina, Pernambuco e Bahia, bem como para desenvolver este potencial em outros estados, como Minas Gerais e São Paulo;
- 5) Permitiram o alinhamento da vitivicultura gaúcha e brasileira aos exigentes mercados internacionais consumidores de vinho;
- 6) Permitiram, da mesma forma que ocorre nos tradicionais países vitícolas mundiais, ressaltar e dar maior visibilidade às diferenças concretas existentes entre as áreas de produção, decorrentes de especificidades de clima, solo, relevo, aptidão enológica de variedades, práticas vitícolas e enológicas e fatores históricos e culturais; como consequência, a apresentação internacional dos vinhos do Brasil.



A partir da compreensão do benefício direto que pode ser gerado aos produtores pela IG, outras camadas de benefícios sociais somam-se, como, por exemplo, no que tange à qualificação técnica dos produtores envolvidos no processo e à melhoria do turismo qualificado, com foco na cultura e nos produtos regionais, o que pode beneficiar, de maneira substancial, os municípios envolvidos nos aspectos educacionais, técnicos, sociais e econômicos. Sendo assim, também faz-se necessário, para que o projeto de pesquisa possa gerar subsídios para um futuro reconhecimento de uma ou mais Indicações Geográficas, que os poderes públicos local e regional estejam envolvidos e anseiem por esse reconhecimento.

Esta primeira incursão no campo, por ocasião da IV Expedição, já gerou desdobramentos e um projeto conjunto sobre a história e o território do bordado da Ilha do Ferro e seu potencial para futuro reconhecimento como uma Indicação Geográfica (Figura 1). Isso já foi iniciado pela mestrandia Camila Moura Lacerda, que está sendo orientada pela professora Tatiane Balliano no Profnit/Ufal e coorientada pelo professor Alexandre Guimarães Vasconcelos, do Inpi, sendo, por esse motivo, estes três os autores deste capítulo.

Figura 1 - Produtos potenciais catalisadores do reconhecimento de Indicação Geográfica em Alagoas e Sergipe



Fonte: AUTORES, 2021.

DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa utiliza como metodologia técnicas de pesquisa participativa e, em especial, pesquisa-ação.

Conforme definido por Thiollent (1985), a pesquisa-ação é um tipo de investigação social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo em que os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

O planejamento da pesquisa-ação difere significativamente de outros tipos de pesquisa, não apenas em virtude de sua flexibilidade, mas, sobretudo, porque, além dos aspectos referentes à pesquisa propriamente dita, envolve também a ação dos pesquisadores e dos grupos interessados, o que ocorre nos mais diversos momentos da pesquisa. Daí porque torna-se difícil apresentar seu planejamento a partir de fases ordenadas temporalmente (GIL, 1991).

Na pesquisa-ação, ocorre um constante vaivém entre as fases, determinado pela dinâmica do grupo de pesquisadores em seu relacionamento com a situação pesquisada. Assim, o que se pode, à guisa de delineamento, é apresentar alguns conjuntos de ações que, embora não ordenados no tempo, podem ser considerados como etapas da pesquisa-ação (GIL, 1991).

São eles, segundo Gil (1991):

- a) fase exploratória;
- b) formulação do problema;
- c) construção de hipóteses;
- d) realização do seminário;
- e) seleção da amostra;
- f) coleta de dados;
- g) análise e interpretação dos dados;
- h) elaboração do plano de ação;
- i) divulgação dos resultados.

Desta forma, o conjunto da pesquisa-ação serve-se de uma metodologia sistemática, não necessariamente linear, que tem a perspectiva de transformar as realidades observadas a partir de sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos agentes envolvidos na pesquisa. Portanto, o objeto da pesquisa-ação é indissociável de seu contexto e os pesquisadores envolvidos devem estar muito cientes disso e próximos da realidade estudada, para não correrem o risco de, ao tentar analisar um conjunto de variáveis isoladas sem considerar o contexto, esvaziá-la.

Fase Exploratória

A IV Expedição Científica do Rio São Francisco, realizada no período de 1º a 10 de novembro de 2021, constituiu a fase exploratória da pesquisa, em que foram estabelecidos contatos e visitas pelo professor doutor Alexandre Guimarães Vasconcellos, em companhia do professor doutor Fabiano Leite Gomes, a algumas Associações de produtores, como a Cooperativa dos Produtores de Mel, Insumos e Produtos da Agricultura Familiar (Coopeapis), localizada na AL 220, s/n, Distrito de Piau, Piranhas-AL, CEP: 57460-000, CNPJ: 08418802/0001-280, telefone: (82) 99800-0635, e-mail: coopeapis@hotmail.com, no dia 1º de novembro, e a Associação Aroeira, localizada na Rodovia Dalmo Santana, Km 3, Piaçabuçu-AL, CNPJ: 14026278/0001-42, informações e distribuição: Instituto Ecoengenh (www.ecoengenh.org.br), contatos: Sra. Rita e Sr. Jorge, telefone: (82) 9831-9998, no dia 08 de novembro de 2021. Além dessas associações, foi visitada a loja Vovô Félix – Doces Caseiros de Propriá, localizada na Avenida Pedro Abreu de Lima, 258, Propriá-SE, CNPJ: 13.721.267/0001-10, telefones: (79) 3322-1962/99917-5002, e foram visitadas quatro comunidades quilombolas, duas comunidades de agricultores e a comunidade indígena Aconã, onde tivemos a oportunidade de estabelecer contato com o cacique Saraiva, sua filha Iara e o pajé Reinaldo.



Também foi possível observar as condições de vida de várias comunidades e identificar projetos interessantíssimos, como o das guardiãs de sementes, liderado pela Dona Maria Francisca, na comunidade Poço Doce 2, no município de Piranhas, onde estão depositadas mais de 50 espécies e variedades vegetais tradicionalmente plantadas pela comunidade e adaptadas à região da Caatinga. Observou-se também o destaque da organização e do empoderamento das mulheres em vários povoados quilombolas, onde elas eram maioria em todas as reuniões presenciais que tivemos.

Além disso, tomou-se conhecimento, através de contato com integrantes da Prefeitura de Pão de Açúcar, da reputação existente na Ilha do Ferro e do envolvimento da comunidade local com a produção do bordado e do artesanato, que, segundo esses relatos preliminares, já apontariam que a localidade tornou-se conhecida como centro de produção e fabricação do bordado e do artesanato, o que é o requisito principal para que o nome geográfico da cidade, região ou localidade possa ser reconhecido como Indicação Geográfica.

Formulação do Problema

O Baixo São Francisco (BSF) insere-se em mesorregião que compreende os Estados de Alagoas e Sergipe, uma área de 25.000 quilômetros quadrados onde vivem cerca de 1,5 milhão de habitantes, dos quais 440.000 residem em áreas ao longo do Rio São Francisco. Por localizar-se em ambiente árido, o BSF tem na água do Rio São Francisco a principal força motriz das comunidades (SOARES *et al.*, 2020). Fatores ligados a pesca, aquicultura, geração de energia hidrelétrica, poluição dos corpos d'água por esgotos das cidades e agrotóxicos utilizados em plantações, assoreamento, desmatamento da vegetação marginal, escasseamento e extinção de espécies de ocorrência natural, entre outros, permeiam o cotidiano dessas comunidades e impactam diretamente a qualidade de vida das pessoas que vivem na localidade.

Os indicadores socioeconômicos da região estão abaixo da média nacional e o Índice de Desenvolvimento Humano de alguns municípios visitados pela IV Expedição, como Piranhas (0,598), Pão de Açúcar (0,593), Penedo (0,630), Propriá (0,661) e Piaçabuçu (0,572), são classificados como de IDH médio (entre 0,550 e 0,699) (IPEA, 2017), segundo o último Censo de 2010 (IBGE, 2022).

Pensando na melhoria desses indicadores, deve ser levado em conta que o conceito de segurança humana tem avançado ao longo dos últimos anos e o debate tem deslocado-se da ideia de segurança territorial para segurança das pessoas. Essa ideia foi, definitivamente, encampada pela Assembleia-Geral das Nações Unidas, em 2012, que convocou os especialistas em segurança e os responsáveis por formulação de políticas a olhar mais adiante da proteção do Estado-nação para proteger o que mais importa em nossas vidas: necessidades básicas, integridade física e dignidade humana, que permitem às pessoas alcançarem o direito de viver sem temor, sem miséria e com dignidade. Fica clara, a partir daí, a estreita relação entre segurança, desenvolvimento, proteção e empoderamento das pessoas e comunidades. Além disso, a solidariedade apresenta-se como elemento fundamental para o enfrentamento desses desafios e como fator de facilitação e promoção da capacidade de atuar dos diferentes atores sociais envolvidos no sistema (UNDP, 2022).

Sendo assim, as ações nos campos científico, educacional e de saúde com a perspectiva de melhorar a qualidade de vida das pessoas nos locais onde vivem devem encontrar na solidariedade um dos seus eixos estruturantes. Com base nesse pressuposto, a pesquisa ora em curso predispõe-se a fazer convergir suas conclusões com ações que possam



beneficiar as pessoas em suas localidades ao longo do tempo, sendo fator-chave para isso o acompanhamento periódico dos desdobramentos dessas ações, o que pode ser viabilizado com a perenidade das Expedições Científicas no BSF.

Como fatores de conexão entre as pessoas e seu saber-fazer ao longo do tempo, constatou-se que existem produtos regionais já conhecidos há muito tempo nas localidades do BSF e cuja tradicionalidade é nomeada por várias pessoas da região. Um exemplo, neste sentido, é o artesanato de madeira e o bordado da Ilha do Ferro, no município de Pão de Açúcar, que se destaca no estilo Boa Noite, segundo comunicação pessoal do Sr. Jackson Borges. Foi também identificado o interesse das autoridades municipais de Pão de Açúcar em salientar e divulgar essa produção do bordado da Ilha do Ferro e aprofundar os estudos para viabilizar uma futura Indicação Geográfica.

Construção de Hipóteses

Construiu-se a hipótese da viabilidade do desenvolvimento de uma Indicação Geográfica envolvendo o bordado da Ilha do Ferro e, para avançar nessa construção, a professora doutora Tatiane Luciano Balliano e a aluna de mestrado Camila Lacerda realizaram uma reunião em Pão de Açúcar na semana seguinte à da IV Expedição. Os dados estão sendo coletados com a finalidade de se delinear a área geográfica alcançada pelo produto, os atores-chave envolvidos com o processo produtivo, as questões técnicas relacionadas e os agentes públicos que poderão atuar como facilitadores para a continuidade do projeto.

A perspectiva é que, até a V Expedição, que ocorrerá em novembro de 2022, essas informações já estejam mapeadas junto à comunidade e aos agentes públicos, de maneira a fornecer subsídios, discutir condicionantes e apontar a viabilidade de um possível pedido de reconhecimento de IG para o bordado dessa região.

Nesse período de um ano entre a quarta e a quinta Expedição, também estão sendo aprofundados os contatos feitos com as associações envolvidas na produção de mel (Figura 2) e de pimenta-rosa, de maneira a auxiliar com informações relevantes para a construção da notoriedade dos produtos, condição *sine qua non* para viabilizar um eventual reconhecimento de IG no futuro.

No que tange às comunidades tradicionais, verificou-se que algumas delas precisam de apoio urgente das próximas Expedições, a exemplo dos indígenas Aconã, cuja aldeia está sendo afetada pelo desbarrancamento das margens e com o assoreamento do rio. O cacique Saraiva, sua filha Iara e o pajé Reinaldo têm interesse na melhoria das condições para as crianças poderem estudar na própria aldeia e em um projeto de produção de mudas de plantas capazes de evitar o desbarrancamento das margens do rio e que sejam úteis para o uso comunitário. Foi informado também que já existe espaço disponível para implantar um viveiro de mudas, caso alguém disponha-se a colaborar.



Figura 2 - Cooperativa dos Produtores de Mel, Insumos e Produtos da Agricultura Familiar (Coopeapis), Piranhas, Alagoas



Fonte: AUTORES, 2021.

Coleta, Análise e Interpretação dos Dados

A coleta de dados sobre o potencial de IG para a Ilha do Ferro foi iniciada com um diagnóstico de matérias jornalísticas tratando da Ilha do Ferro como local que se tornou conhecido como centro de produção do bordado Boa Noite e do artesanato em madeira. Esse diagnóstico será peça fundamental caso haja o desdobramento futuro de uma solicitação de reconhecimento de Indicação Geográfica relacionada a esses produtos envolvendo o nome geográfico da Ilha do Ferro.

A revista virtual *Casa e Jardim*, do jornal *O Globo*, divulgou exposição que aconteceu em São Paulo, no Museu A Casa, no período de 28 de novembro a 18 de dezembro de 2013 (MELO, 2013). De acordo com o *site* A Casa – Museu do Objeto Brasileiro, verifica-se que ele tem se voltado para a divulgação e reflexão sobre a produção artesanal e o *design* brasileiros, bem como para a promoção de encontros entre *designers* e artesãos.

As artesãs da Cooperativa Art-Ilha, detentoras do saber-fazer do bordado Boa Noite, contaram com o apoio e o trabalho do *designer* têxtil Renato Imbroisi, que, segundo coluna publicada no *site* Artesol (2022), está inteiramente mergulhado no universo da revitalização técnica e estética do artesanato; e ainda com Paula Ferber (FERBER, 2022), que, de acordo com o *site* da empresária e *designer*, dedica sua vida a pesquisar as matrizes étnicas do país, buscando transitar nos planos da economia criativa e solidária orientada para a produção artesanal. O projeto de Paula Ferber visou dar reconhecimento e tornar os produtos artesanais conhecidos em todo o país, assim como auxiliar na melhoria de vida das artesãs. Para isso, no âmbito do projeto da autora, foram identificadas as dificuldades da Cooperativa e realizadas oficinas para exercício da criatividade, desenvolvimento de novos produtos e gestão de comércio.

A técnica de bordado, com base em desfiar o tecido e recompô-lo com temas florais, resultou em produtos para a exposição, como almofadas, toalhas de mesa e de lavabo, jogos americanos, guardanapos, colchas, cortinas e marcadores de livro, dentre outros.

A Ilha do Ferro, que se tornou conhecida pelo bordado Boa Noite e pelo artesanato desenvolvido em madeira, já foi tema de diversas reportagens da Rede Globo de Televisão e, no ano 2017, os artistas Aeraldo e José Alvacir, que tiveram seu trabalho divulgado na novela da emissora *A Lei do Amor*, viajaram até o Projac, no Rio de Janeiro, para participar do programa *Encontro com Fátima Bernardes*. Cadeiras e bancos de madeira fabricados na Ilha do Ferro de autoria dos artistas serviram de decoração para o cenário da novela. No programa, foi divulgada a informação de que os artesãos foram convidados a aparecer no último capítulo da novela.

A matéria divulgada na internet, no *site* da Globo sobre o programa, informou aos leitores que a Ilha do Ferro, banhada pelo Velho Chico, é considerada um dos mais importantes polos de artesanato do país, sendo o artesão Fernando Rodrigues, conhecido como “Seu Fernando da Ilha do Ferro”, o pioneiro na fabricação de bancos e cadeiras de madeira. Por fim, o texto referiu-se ao bordado Boa Noite como o artesanato mais famoso da Ilha, mas ressaltou que as obras em madeira também fazem sucesso nas exposições e galerias de arte por todo o Brasil.

Outro destaque dado à Ilha do Ferro foi feito pela importante e conceituada jornalista alagoana Nide Lins (2018), que, em seu *website*, além de dar dicas sobre bares e restaurantes, também fala sobre turismo. Em publicação de 2018, a Ilha do Ferro esteve em foco na página e, na ocasião, a colunista ressaltou o bordado Boa Noite, as rendeiras, os artistas, a culinária e as esculturas, tornando atrativa a visita ao local.

Lins (2018) relata que sua primeira vez na Ilha foi em um dia de domingo, para entrevistar o famoso artesão Fernando Rodrigues em sua casa, e que navegou pelo Rio São Francisco, que dá acesso à Ilha. Ressaltou a fabricação de cadeiras realizada pelo sertanejo, que aproveitava o *design* das árvores do mangue, com poemas e frases feitos à faca nos assentos.

Nide Lins recorda-se de que, ao vê-la, o simpático artista disse que domingo era dia de festa e que não poderia perdê-la; e que já tinha barco esperando por ele. Em virtude disso, Nide recomenda aos leitores visitarem a região de segunda a sábado, chegando à conclusão de que os moradores da Ilha amam uma festa e que não costumam perdê-las por nada.

A autora também destaca que não tem como falar do pioneiro da arte em madeira da Ilha do Ferro sem tratar da forma como os objetos lapidados por Fernando Rodrigues eram feitos. Como lembra Nide Lins na matéria de 2018, o artista, hoje falecido, que tinha 70 anos na época, criou mesas, cadeiras e bancos rústicos aproveitando as formas orgânicas de troncos e raízes colhidos no próprio povoado. Fernando tinha o hábito de desafiar seus amigos a fazer bancos, e todos os que aceitaram a provocação do mestre viraram escultores de mão cheia.

A jornalista passa a comentar sobre o povoado da cidade de Pão de Açúcar destacando a simplicidade do lugar, que, à época da visita, contava apenas com uma pousada, poucas casas de aluguel e somente uma bodega com venda de cachaça, cerveja e quebra-queixo de Zé Bobô. Apresenta a ilha como um lugar turístico para aqueles que apreciam arte popular e bordados Boa Noite, um ambiente propício para apreciar a beleza do Rio São Francisco, a arquitetura e os barquinhos, sugerindo admirar a pacata cidade enquanto senta num banquinho na praça. Nide Lins também recomenda seguir o roteiro dos artistas da Ilha do Ferro, que foi retratado em forma de fotos em seu *website* (LINS, 2018).

Por oportuno, em depoimento dado à Associação Brasileira de Estilistas (Abest), a renomada estilista alagoana Martha Medeiros, nacionalmente conhecida pelas peças de grife bordadas em renda Renascença, citou o bordado Boa Noite como sendo uma das



técnicas utilizadas em suas confecções. Martha Medeiros é empresária e proprietária da loja multimarca Maison M, tem loja em bairros de luxo em Maceió e em São Paulo e suas peças bordadas têm enorme valor agregado. A estilista revelou que herdou a paixão pela arte da avó, que era professora de arte, e que hoje seu trabalho diferencia-se por resgatar o luxo das tramas feitas à mão. Ela afirma que, para cada peça, são horas de trabalho manual, fio a fio, unidos à técnica de modelagem e estilos adquiridos com sua formação de moda.

Martha Medeiros (2022) destacou o bordado Boa Noite ao dizer que:

São quase 200 mulheres organizadas em cooperativas de rendeiras, envolvidas no processo de confecção de rendas como a Renascença, além de outras técnicas como: filé, *richilieu*, bilro e a delicadíssima renda **boa noite**, hoje confeccionada apenas na Ilha do Ferro, no meio do São Francisco, a 320 km de Maceió. [grifo nosso].

Recentemente, a Globo Cultura publicou matéria informando que a Ilha do Ferro entrou no mapa como polo da cultura popular do Nordeste, ressaltando suas belezas, que denominou de únicas e fortes contrastes onde o solo quente, ressecado e rachado vai ao encontro do espelho d'água do Rio São Francisco – contribuindo para o imaginário dos moradores, que criam esculturas coloridas, bonecas de pano, magníficos bordados e muito mais. A reportagem trata a Ilha como uma joia rara que já teve esculturas e peças expostas ao lado de obras importantes, como as dos Irmãos Campana, e destaca, ainda, o fato de elas já terem servido de decoração nas lojas da grande marca carioca Farm.

A matéria de Nai Frossard (2022) trata da visita à Cooperativa das Bordadeiras Art-Ilha e retrata um costume forte na região, que é o hábito das mulheres de todas as idades se reunirem para fazer os bordados Boa Noite, explicando que elas desfiem o tecido e fazem desenhos com agulhas e linhas, geralmente com temas florais. O texto revela, ainda, que elas estão por todo o lugar, unidas pelo ofício na cooperativa ou sentadas sozinhas nas calçadas, na frente de suas casas, segurando o bastidor e com a agulha em movimento no corte de linho.

A reportagem faz interessante observação sobre o programa do governo estadual de 2015, Alagoas Feita à Mão, que consiste em identificar as casas dos artesãos através de uma plaquinha (Figura 3) e tem por finalidade apoiar a produção e a comercialização da arte popular como incentivo aos artesãos e à manutenção da identidade cultural e artística nordestina.

Outro ponto importante ressaltado na matéria foi a criação de lei municipal, por Pão de Açúcar, em que a Ilha do Ferro e suas manifestações artísticas foram consideradas patrimônio cultural e que todas as edificações devem ser preservadas com as características originais e todas as fachadas, respeitando a tradição arquitetônica sertaneja do Baixo São Francisco.



Figura 3 - Placa de identificação dos artesãos apoiados por projeto estadual

Fonte: AUTORES, 2021.

O povoado Ilha do Ferro também já foi cenário de filmagens. Em 2020, a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico e Turismo de Alagoas (Sedetur) divulgou curtas que foram exibidos em forma de documentário na Semana Criativa de Tiradentes, realizada na cidade de Tiradentes, em Minas Gerais, divididos em três blocos denominados: “Bom Dia”, “Boa Tarde” e “Boa Noite”.

Segundo a matéria da Sedetur (CARDOSO, 2020), os curtas retratam o local pela perspectiva andarilha de um viajante que aprecia, experimenta e deslumbra-se com a energia do lugar, que, geração após geração, revigora-se, transmite conhecimento e concretiza-se como um dos cenários marcados pela arte popular no Brasil e no mundo.

Letícia Cardoso (2020), editora do texto publicado, evidenciou o Boa Noite ao tratar que a região da Ilha do Ferro é berço desse bordado, genuinamente alagoano, assim como também o artesanato em madeira.

Em novembro de 2021, a aluna Camila Lacerda, mestranda do programa Profnit Ponto Focal na Universidade Federal de Alagoas, juntamente com sua orientadora, Tatiane Balliano, visitaram a Ilha do Ferro, sendo recebidas pela equipe da Prefeitura do Município de Pão de Açúcar. Na oportunidade, elas apresentaram a ideia do trabalho através da demonstração do *pitch*, a fim de receber apoio e aprovação do projeto inicial para andamento da pesquisa-ação em conjunto com as artesãs locais.

O secretário de Administração e Gestão de Planejamento do município, Ramon Santos Carvalho, assim como Carla Rezende, do Centro de Empreendedorismo, e Cledjan Correia, assessora da Procuradoria do município, demonstraram o interesse da Prefeitura no andamento das atividades propostas para o então estudo potencial do reconhecimento de Indicação Geográfica do bordado Boa Noite presente na região da Ilha do Ferro e adjacências.

Assim, após reunião de apresentação, a aluna, sua orientadora e alguns representantes do município seguiram até o povoado Ilha do Ferro, que fica a alguns minutos do centro da cidade, através do acesso terrestre, por uma estradinha de barro, ocasião em que puderam

desfrutar de um agradável e enriquecedor passeio pela casa dos artesãos, que apresentaram não só o bordado Boa Noite, como também o trabalho em madeira desenvolvido na região.

O povoado fica às margens do Rio São Francisco e é habitado, basicamente, por artesãos. É um lugar de cultura viva, um centro de produção artesanal, com população bastante receptiva, que abre as portas de suas casas para mostrar suas artes. Trata-se de região com forte potencial turístico. Em um passeio por lá, é possível entrar de casa em casa, conhecendo o trabalho de cada um, escutar suas histórias de vida, saber como estão desenvolvendo seus trabalhos e, ainda, como aprenderam suas técnicas, restando evidente que a arte ali produzida faz parte de um conhecimento tradicional ensinado por pais, avós e demais parentes, sendo essa uma tradição que passa de geração em geração.

Impende dizer que o bordado produzido na Ilha do Ferro, conhecido como Boa Noite faz referência a uma flor nativa local assim denominada (Figura 4). Com relação à confecção do bordado, é realizado por mulheres artesãs ligadas, em parte, à Cooperativa Art-Ilha, sendo o tear, a produção e a venda atividades que geram renda e contribuem para o fomento da história e da cultura da região (Figura 5).

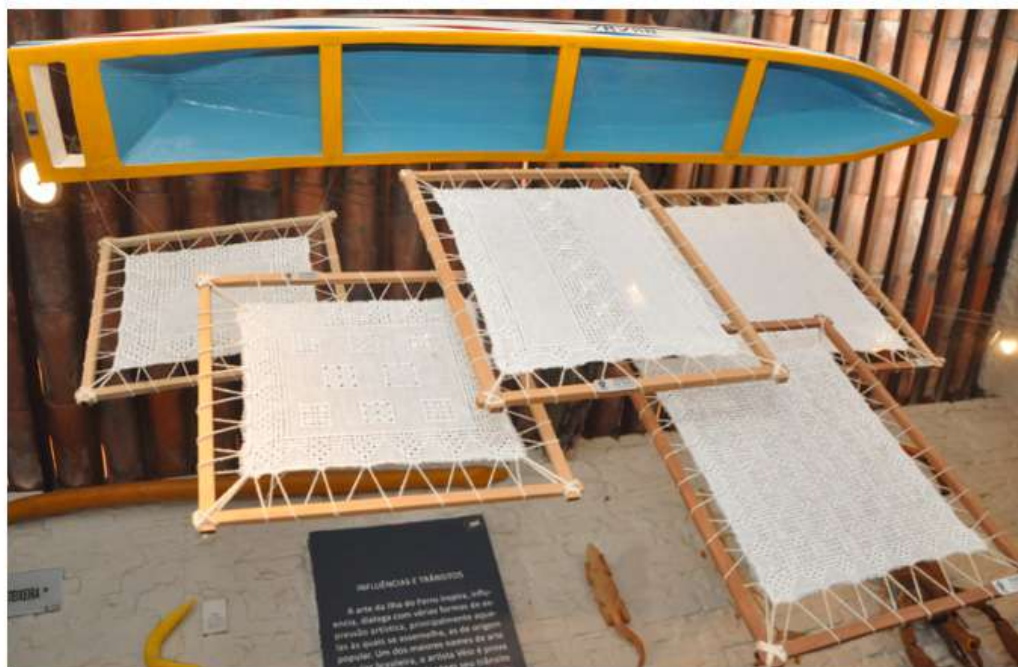
Figura 4 - Flor conhecida popularmente como Boa Noite – que dá o nome ao bordado produzido na Ilha do Ferro



Fonte: AUTORES, 2021.



Figura 5 - Pontos do bordado Boa Noite, expostos no museu Art-Ilha



Fonte: AUTORES, 2021.

No tocante ao conhecimento tradicional no âmbito da propriedade intelectual, pode-se ressaltar o ensinamento constante em nota informativa da WIPO (2016), que, dentre outros aspectos, destaca que os conhecimentos tradicionais não são assim chamados por causa da sua antiguidade: dizem respeito a um conjunto dinâmico de conhecimentos desenvolvido, sustentado e transmitido de geração em geração no âmbito de comunidades tradicionais, definidas na Lei nº 13.123, de 2015, como

grupo culturalmente diferenciado que se reconhece como tal, possui forma própria de organização social e ocupa e usa territórios e recursos naturais como condição para a sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas geradas e transmitidas pela tradição. (BRASIL, 2015).

Desta forma, os conhecimentos tradicionais não são facilmente protegidos pelo sistema atual de propriedade intelectual, que tipicamente concede proteção durante um período limitado a novas invenções e obras originais de pessoas ou empresas. Sua natureza dinâmica significa também que os conhecimentos “tradicionais” não são fáceis de definir. Nesse contexto, o instrumento da Indicação Geográfica pode ser de grande valia para o reconhecimento do saber-fazer tradicional associado a uma área geográfica específica.

É interessante destacar a riqueza cultural da Ilha do Ferro, que se desdobra em dois produtos principais: o bordado Boa Noite e as obras de arte em madeira. Nota-se que o bordado é desenvolvido, predominantemente, por mulheres, ao passo que o trabalho na madeira é desempenhado, em sua grande maioria, por homens que usam a espécie botânica presente na localidade conhecida popularmente como “pereiro”.

Na visita à Ilha, as artesãs mostraram o bordado Boa Noite, que conta com algumas variações, tais como: Boa Noite Simples, Flor, Cheio, Vazio e Cerzido, dentre outros, como demonstrado na foto tirada no Museu Art-Ilha (Figura 6).

Figura 6 - Tipos de pontos existentes no bordado Boa Noite expostos no museu Art-Ilha



Fonte: AUTORES, 2021.

O ambiente acolhedor da comunidade é, com certeza, o ponto-chave para que os visitantes retornem mais vezes. Fica claro que os artesãos da Ilha não medem esforços para que os turistas sejam bem recebidos, divulgando o bordado e tentando ensinar um pouco da técnica artesanal (Figura 7).

Figura 7 - Momento entre as bordadeiras e as autoras no aprendizado da arte de bordar o Boa Noite



(Camila Lacerda)

(Tatiane Balliano)

Fonte: AUTORES, 2021.

A presente pesquisa também propõe-se a avaliar preliminarmente a possibilidade de reconhecimento de Indicação Geográfica do bordado Boa Noite. Desta maneira, é primordial

tomar conhecimento de que existem duas espécies de Indicações Geográficas na legislação brasileira: Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO), como bem define o artigo 176 e seguintes da Lei nº 9.279/96, de Propriedade Industrial. Vejamos:

Art. 176. Constitui indicação geográfica a indicação de procedência ou a denominação de origem.

Art. 177. Considera-se indicação de procedência o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço.

Art. 178. Considera-se denominação de origem o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos.

Pelo que disciplina a Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, verifica-se a reunião das condições para o reconhecimento de uma Indicação Geográfica como Indicação de Procedência quando o nome geográfico tornou-se conhecido por conta de um produto ou serviço. Já a Denominação de Origem pressupõe que as qualidades ou características de uma área geográfica, incluindo os fatores naturais, como, por exemplo: solo, clima, vegetação, topografia, fauna, flora; e humanos, como, por exemplo, o saber-fazer tradicional, passado de geração em geração, influenciam, exclusiva ou essencialmente, um produto ou serviço, tipificando-o.

Cabe destacar também o entendimento que se tem por Centro de Produção ou Fabricação expresso no *Manual de Indicação Geográfica* do Inpi (2022):

[...] a área geográfica onde se produz ou fabrica um determinado produto. Refere-se a qualquer tipo de atividade destinada à produção, fabricação, transformação e beneficiamento de produtos, incluindo processos manufatureiros e artesanais.

O bordado objeto do estudo adequa-se ao conceito de Indicação de Procedência, uma vez que a Indicação de Procedência é caracterizada por uma expertise que surge em um determinado território e ganha reputação além de seus limites, enquanto a Denominação de Origem, além desta notoriedade, requer profunda relação com o meio natural e humano (RODRIGUES; DURSO; ROCHA, 2015).

O Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi) traz o passo a passo do processo de pedido de reconhecimento da IG, esclarecendo que, primeiramente, é crucial a identificação se a IG é de Denominação de Origem ou de Indicação de Procedência; seguida do pagamento da taxa através da Guia de Recolhimento da União (GRU) e preenchimento do formulário específico, em duas vias, com os dados do requerente, nome e delimitação da área e do produto.

De acordo com o Inpi, o pedido deverá ser realizado por uma associação, sindicato ou outro substituto processual brasileiro, reunindo o caderno de especificações técnicas; procuração (se for o caso); comprovante do pagamento da GRU; estatuto social devidamente registrado;



atas registradas da assembleia-geral com aprovação do estatuto social, da posse da atual diretoria e da assembleia-geral com aprovação do caderno de especificações técnicas e lista de presença; identidade e CPF dos representantes legais do substituto processual; declaração de estarem os produtores ou prestadores de serviço estabelecidos na área delimitada; documentos que comprovem que o nome geográfico tornou-se conhecido, no caso de IP, ou documentos que comprovem a influência do meio geográfico nas qualidades ou características do produto ou serviço, no caso de DO; instrumento oficial que delimita a área geográfica; além de outros documentos que o requerente julgar necessário.


Em seguida, o Inpi irá verificar a regularidade da documentação apresentada, através de exame preliminar, momento em que poderão ser formuladas exigências que deverão ser atendidas no prazo de 60 dias da publicação, sob pena de arquivamento. Havendo a manifestação de terceiros, ela será publicada para que o requerente apresente resposta, dentro do prazo de 60 (sessenta) dias, caso seja do seu interesse (INPI, 2021).

Encerrados os prazos anteriores, será realizado o exame de mérito do pedido, oportunidade em que serão analisadas as manifestações e as respostas às manifestações. Poderão ser formuladas, ainda, exigências para esclarecimentos de questões relacionadas ao mérito, que deverão ser respondidas em até 60 (sessenta) dias, sob pena de arquivamento definitivo do pedido (INPI, 2021)

Caso haja algum impedimento à continuidade do exame, o pedido poderá ser sobrestado. Realizado o exame de mérito, será proferida decisão de concessão ou indeferimento do pedido, com a respectiva publicação. Concedido o registro, será, simultaneamente, expedido o respectivo certificado (INPI, 2021).

Impende citar que o Estado de Alagoas obteve o reconhecimento de IG pelo Inpi em 2016, na modalidade de IP, do então denominado Bordado Filé da região das lagoas Mundaú e Manguaba (Figura 8), sendo um guia importante a ser observado, uma vez que passou recentemente por todas as etapas exigidas pela Autarquia Federal responsável pelo reconhecimento.

Figura 8 - Dados do reconhecimento da IG do bordado Filé das Alagoas

Número	BR402014000012-3	
Requerente	Instituto Bordado Filé das Lagoas de Mundaú-Manguaba	
Nº de fls.	768 fls.	
Nome geográfico/Gentílico	Região das Lagoas Mundaú-Manguaba	
Pais/UF	BR/AL	
Produto/Serviço	Bordado Filé	
Espécie	Indicação de Procedência	
Data do registro	19/04/2016	
Delimitação	O território corresponde a aproximadamente 252 km ² , abrangendo o Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba e áreas na sua circunvizinhança.	

Fonte: INPI, 2022.

O *Regulamento Técnico do Bordado Filé*, atualmente denominado *Caderno de Especificações Técnicas do Bordado Filé*, atende aos requisitos exigidos pelo Inpi para o reconhecimento da IG na modalidade de IP, ao comprovar a existência dos seguintes elementos: tradição, localidade e qualidade.

No que atine ao requisito da tradição, o bordado Boa Noite possui similaridade com o bordado Filé, visto que ambos são oriundos de técnica europeia, remanescente da colonização, que foi difundida e passada de geração em geração.

Em relação ao requisito da localidade, resta evidente que o bordado Boa Noite é encontrado na região do Sertão de Alagoas, no município de Pão de Açúcar e adjacências, com foco principal no povoado Ilha do Ferro.

Dos três requisitos a serem atendidos, o da qualidade é o que precisa de maior atenção, uma vez que, na visita local à comunidade, assim como à Associação das Rendeiras, foi possível identificar as dificuldades enfrentadas por elas, necessitando de estrutura de apoio sobre os procedimentos operacionais que atenda às artesãs que desempenham o ofício na localidade, para, assim, atender ao requisito da qualidade.

Dito isto, propõem-se algumas ações que podem contribuir e abrir caminhos para viabilizar o reconhecimento de uma Indicação Geográfica e para a valorização do saber-fazer existente na região:

1. Projeto arquitetônico para melhoramento do *design* do prédio da Associação, já existente, tornando-o um centro de cultura onde haja interação entre as bordadeiras e a comunidade;
2. Aumento da sinergia entre associadas e não associadas, a fim de desenvolver um trabalho cooperativo, e não desarticulado;
3. Comprometimento com as demandas, pelas rendeiras, para entrega das encomendas no tempo acertado;
4. Ação conjunta da Prefeitura e do Sebrae para divulgação do bordado e cursos para as bordadeiras da região;
5. Remodelação das peças, para torná-las mais atrativas ao público, demandando menos horas de bordado e aumentando, assim, a visibilidade e o valor agregado das peças;
6. Programas de incentivo à cultura, para auxílio e complementação da renda das artesãs;
7. Fortalecimento do turismo, criando rota de visitação à Ilha com infraestrutura adequada para receber e dar suporte aos turistas, com bares, restaurantes, lanchonetes, local para desfrutar da paisagem do Rio São Francisco visto da Ilha, enquanto visitam as obras dos artistas da região;
8. Oficinas de conscientização dos jovens da comunidade, mostrando a riqueza do bordado e que ele faz parte da identidade cultural local, visto que, com o aumento do acesso aos *smartphones* e o retorno financeiro, em alguns casos, pouco atrativo com o ofício, cada vez menos crianças e adolescentes têm interesse no saber-fazer do bordado;
9. Mostrar e conscientizar através de palestras e da troca de experiências com as artesãs do bordado filé, do potencial que o Boa Noite tem e que precisa ser valorizado e conhecido;
10. Conscientizar sobre a importância do reconhecimento da IG para o território e o quanto pode agregar valor às peças produzidas na região, valorizando-as.

A fim de nortear o atendimento dos requisitos supramencionados, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial instrui os interessados a especificar seu produto no *Caderno de Especificações Técnicas*, e o seu modo de fazer através do preenchimento de ficha técnica com os dados específicos do bordado. As sugestões acima são essenciais para o engajamento, a interação e o reconhecimento da população em prol do fortalecimento das artes locais e mais rápida reunião dos requisitos propostos pela autarquia responsável pelo reconhecimento das IGs (Inpi).



Elaboração do Plano de Ação para Futuros Desdobramentos e Divulgação dos Resultados

Para o reconhecimento de uma IG, faz-se necessário existir, como já relatado, um agrupamento de pessoas associadas ou cooperando com o objetivo comum de obter aquele reconhecimento do local associado ao produto ou ao serviço que se tornou conhecido. Com base nisso, uma das próximas ações futuras será a realização de oficinas voltadas para o fortalecimento do grupo de mulheres que praticam o bordado Boa Noite, no intuito de deixar mais evidente a importância do trabalho conjunto, tanto para o crescimento e a disseminação dessa arte praticada como também para o reconhecimento da IG. Desta forma, Camila Lacerda, aluna de mestrado do Profnit e uma das autoras deste capítulo, realizará sua oficina profissional, obrigatória no âmbito de seu mestrado, na Ilha do Ferro.

Outro ponto a ser trabalhado durante as oficinas com as bordadeiras será a necessidade de inovar no que diz respeito à usabilidade das peças produzidas, trazendo para o foco de seus trabalhos mais eficiência e elementos de tendência que precisarão ser recorrentemente observados e considerados.

Por fim, serão trabalhadas, ainda, as estratégias de empreendedorismo e negociação nessa área, onde o Sebrae Alagoas já vem há algum tempo atuando, junto aos artesões da Ilha, para a promoção de novas oportunidades de negócios e de divulgação dos trabalhos.

Além disso, com base no entendimento de como as artesãs associam-se, pode-se sugerir às bordadeiras e aos artesãos a elaboração de marcas coletivas de titularidade das coletividades envolvidas, o que ajudaria a fortalecer a identidade do lugar em seu reconhecimento como reduto de arte.

Pretende-se, ainda, promover uma ação integrativa e de divulgação de artesãos e bordadeiras e seus respectivos trabalhos a partir de um evento onde o “Artesão Abre Suas Portas”, expondo suas peças em suas casas, portas e calçadas, integrando outras culturas locais, como a gastronomia, e fortalecendo o turismo, ao mesmo tempo em que projeta para o conhecimento de todos a Ilha do Ferro como ambiente de artes.

Em paralelo a este evento, Camila Lacerda deve realizar sua defesa de dissertação de mestrado, tornando esse momento ainda mais especial e memorável. Pretende-se desenvolver essas duas ações durante a visita da V Expedição Científica do Rio São Francisco à cidade de Pão de Açúcar, contando com o apoio da Prefeitura local e da coordenação da Expedição, que já se colocou à disposição para promover todas as ações necessárias para catalisar esse planejamento, inclusive disponibilizando sua equipe de comunicação e jornalismo para fazer a cobertura dessas ações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que todas as informações aqui reunidas e todas essas ações que serão decorrentes da presente pesquisa contribuam fortemente para o reconhecimento da Indicação Geográfica relacionada ao bordado Boa Noite da Ilha do Ferro num futuro próximo, pois o que as experiências internacional e nacional apontam é que este reconhecimento da IG pode ser de grande valia para a valorização do saber-fazer regional e para a agregação de valor aos produtos produzidos nas regiões, beneficiando toda a coletividade na área da IG. Com esse intuito, vislumbramos o reconhecimento e o fortalecimento da Ilha do Ferro como espaço-mãe na produção do bordado Boa Noite e, juntamente com outros saberes e fazeres



da região, queremos ver florescer um tempo em que ciência, inovação, cultura e arte estejam cada vez mais a serviço do bem-viver e do desenvolvimento sustentável das comunidades do Baixo São Francisco.

REFERÊNCIAS

ARTESÃOS DA ILHA DO FERRO PARTICIPAM DE PROGRAMAS DA REDE GLOBO DE TELEVISÃO. **Notícia Quente**, 2017. Disponível em: <https://www.noticiaquente.com.br/site/post/artesaos-da-ilha-do-ferro-participam-de-programas-da-rede-globo-de-televisao/2162>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ARTESOL ARTESANATO SOLIDÁRIO. Disponível em: <https://www.artesol.org.br/conteudos/visualizar/A-trajectoria-de-vanguarda-de-Renato-Imbroisi>. Acesso em: 19 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996** – Lei de Propriedade Industrial. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm. Acesso em: 09 abr. 2022.

CARDOSO, Leticia. **Ilha do Ferro é retratada em documentário na Semana Criativa de Tiradentes**. Sedetur, 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/2w2vnjxn>. Acesso em: 16 abr. 2022.

EXPOSIÇÃO BORDADO BOA NOITE ILHA DO FERRO 2013. **Museu A Casa do Objeto Brasileiro**, 2013. Disponível em: <https://acasa.org.br/exposicoes/boa-noite-ilha-de-ferro-2013>. Acesso em: 18 abr. 2022.

FEBER, Paula. **Era uma vez em Trancoso**. Disponível em: <https://paulaferber.com/institucional/historia.html>. Acesso em: 19 abr. 2022.

FRANÇA, E. *et al.* Proteção intelectual através da indicação geográfica “Chã de Jardim” do artesanato em folha da bananeira (*Musa* sp.) no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v.3, n.1, p.83-102, 2015.

FROSSARD, Nai. Ilha do Ferro, em Alagoas, entra no mapa como polo da cultura popular do Nordeste. **O Globo**, 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/cultura/ilha-do-ferro-em-alagoas-entra-no-mapa-como-polo-da-cultura-popular-do-nordeste-1-25470125>. Acesso em: 16 abr. 2022.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 19.ed. São Paulo: Atlas, 1991. 159p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**: sistema agregador de informações do IBGE sobre os municípios e Estados do Brasil, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 abr.2022.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Indicação Geográfica (IG). Disponível em: <http://www.inpi.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Manual de **Indicações Geográficas**. Disponível em: <https://tinyurl.com/54rxfvnn>. Acesso em: 10 abr. 2022.



INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília: Ipea; Pnud; FJP, 2017.

LINS, Nide. **Sertão e sua famosa Ilha do Ferro**. 2018. Disponível em: <https://www.nidelins.com.br/2018/01/06/sertao-e-sua-famosa-ilha-do-ferro>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MEDEIROS, Martha. **Associação Brasileira de Estilistas (Abest)**. Disponível em: <https://abest.com.br/associado/martha-medeiros>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MELO, Mariana. Doce missão na Ilha. **Revista Casa e Jardim**, 2013. Disponível em: <https://tinyurl.com/3utrtbtr>. Acesso em: 16 abr. 2022.

RODRIGUES, E.A.G.; DURSO, E.D.; ROCHA, W.F. O Potencial para Indicação Geográfica do Mel na Costa Oeste do Paraná: estudo de caso da Cooperativa Coofamel. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 7., 2015, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Santa Cruz do Sul, 2015.

SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. O Rio São Francisco, o baixo curso e as expedições científicas. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.). **O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais**. Maceió: Edufal, 2020.

THIOLLENT, M. **Metodologia de pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1985.

TONIETTO, J. *et al.* As Indicações Geográficas de Vinhos do Rio Grande do Sul. In: FERRONATTO, Edna Maria de Oliveira (Org.). **Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021**. Brasília: Mapa/Aecs, 2022.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). New threats to human security in the anthropocene: demanding greater solidarity. Special Report, 2022. Disponível em: <https://hs.hdr.undp.org/pdf/srhs2022.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). Nota informativa sobre conhecimentos tradicionais e propriedade intelectual. 2016. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_tk_1.pdf. Acesso em: 21 abr. 2022.



CAPÍTULO 22 - FOSSAS AGROECOLÓGICAS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS EM ESCOLAS MUNICIPAIS DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim¹

Fernanda Santana Peiter²

Emerson Carlos Soares³

José Vieira Silva⁴

Resumo: O lançamento de esgoto em córregos e rios é uma das principais causas da degradação de mananciais de água potável, sendo desejável a pesquisa de formas eficientes de tratamento e reuso do esgoto sanitário *in loco*. Entretanto, a construção correta de sistemas convencionais centralizados demanda custos elevados e pessoal qualificado. A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco possui afluentes importantes que recebem, diretamente, efluentes sanitários sem tratamento, sendo um dos principais problemas ambientais que a bacia enfrenta. O presente trabalho foi desenvolvido na IV Expedição Científica do Baixo São Francisco, com o objetivo de implantar fossas agroecológicas para tratamento do esgoto sanitário em escolas municipais. Ações de capacitação para a execução das obras e atividades de educação ambiental foram realizadas visando à continuidade do projeto. Observou-se que as fossas agroecológicas podem ser soluções viáveis de baixo custo e fácil execução, importantes para a manutenção da qualidade ambiental na região do São Francisco.

Palavras-chave: Fossas Agroecológicas. Tratamento de Esgoto. Saneamento Ambiental.

INTRODUÇÃO

A maior parte da região do Baixo São Francisco está situada no Semiárido do Nordeste brasileiro, caracterizado por apresentar poucos eventos de precipitação e escassez hídrica. Nesse cenário, o Rio São Francisco e seus afluentes são essenciais para a subsistência da população, sustentando atividades como a pesca, a aquicultura, o turismo, a agropecuária e a indústria. Entretanto, problemas como assoreamento, existência de fontes pontuais e difusas de poluição, alterações constantes da vazão e avanço da cunha salina tendem a deteriorar a quantidade e a qualidade da água na região, tornando cada vez mais crítica a sua disponibilidade (SOARES, 2019).

Um dos principais contribuintes para a degradação dos recursos hídricos é a poluição causada pelo lançamento de efluentes sanitários. Em geral, o esgoto doméstico proveniente de residências, comércio, escolas e outras instituições é gerado a partir dos diversos usos da água, como atividades de higiene e preparo de alimentos. Sua composição pode apresentar cargas significativas de matéria orgânica, sólidos, nutrientes, microrganismos, dentre outros componentes, que, ao serem dispostos de forma inadequada, podem causar prejuízos ao meio ambiente e à saúde da população.

1 Professor Associado, Centro de Tecnologia (CTEC), Universidade Federal de Alagoas. E-mail: eduardo.lucena@ctec.ufal.br

2 Engenheira Ambiental e Sanitarista, Doutora em Hidráulica e Saneamento. Pós-doutoranda da UFAL.

3 Professor, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

4 Professor, Coordenador Geral do CRAD/UFAL – Campus Arapiraca. Universidade Federal de Alagoas.



Segundo dados do *Atlas Esgotos*, elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), aproximadamente 80% do esgoto das cidades ribeirinhas do Baixo São Francisco não são tratados. A Tabela 1 apresenta o percentual de tratamento dos esgotos nas cidades que margeiam o rio (ANA, 2017).

Castro e Pereira (2019) apontam que o lançamento de efluentes nos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do São Francisco (BHSF) constitui um dos principais responsáveis pela degradação da bacia e da qualidade da água dos rios da região. O serviço de esgotamento sanitário na BHSF apresenta deficiência tanto nos municípios com menos recursos econômicos como nos mais desenvolvidos, sendo possível verificar o despejo direto de esgoto na rede de drenagem urbana, no subsolo e nos corpos d'água.

Tabela 1 - Porcentagem de esgoto tratado nas cidades ribeirinhas do Rio São Francisco*

Município/Estado	População (habitantes)	Com coleta	Sem coleta	Solução individual (%)	Com coleta
		e sem tratamento (%)	e sem tratamento (%)		e com tratamento (%)
Belo Monte/AL	1.125	2,56	47,91	49,53	-
Delmiro Gouveia/AL	36.958	3,83	13,72	2,01	80,44
Igreja Nova/AL	4.987	7,41	92,07	0,52	-
Olho d'Água do Casado/ AL	4.322	23,14	76,16	0,7	-
Pão de Açúcar/AL	11.295	-	89,25	10,75	-
Penedo/AL	47.419	3,00	79,17	17,83	-
Piaçabuçu/AL	10.884	11,82	47,49	40,69	-
Piranhas/AL	14.054	37,25	23,55	3,75	35,45
Porto Real do Colégio/AL	6.856	-	52,29	7,71	40,00
São Brás/AL	3.319	7,76	91,74	-	-
Traipu/AL	8.585	6,48	75,44	18,08	-
Amparo de São Francisco/ SE	1.907	21,25	76,47	2,28	-
Brejo Grande/SE	4.213	1,22	98,18	0,6	-
Canhoba/SE	1.537	7,81	91,12	1,07	-
Canindé de São Francisco/ SE	15.459	59,47	37,79	2,74	-
Gararu/SE	2.908	48,73	45,55	5,72	-
Ilha das Flores/SE	5.587	16,34	83,66	-	-
Neópolis/SE	10.777	16,55	76,80	6,65	-
Nossa Senhora de Lourdes/SE	3.406	18,02	81,98	-	-
Poço Redondo/SE	9.110	80,14	16,77	3,09	-
Porto da Folha/SE	10.355	79,25	20,14	-	-
Propriá/SE	25.261	-	62,54	2,46	35
Santana do São Francisco/ SE	4.792	1,33	58,28	40,39	-
Telha/SE	1.118	24,76	42,86	32,39	-

*Os dados mais recentes disponibilizados pela ANA são de 2013; portanto, os valores aqui apresentados podem mostrar diferenças em relação ao período de estudo (2021).

Fonte: Dados do Atlas Esgoto (ANA, 2017).



O relatório da II Expedição do Baixo São Francisco reúne um conjunto de estudos que mostram os diversos impactos ambientais existentes na região, destacando o lançamento de esgotos como um dos maiores problemas em termos de impactos antrópicos. Soares *et al.* (2020), ao analisarem a ictiofauna do São Francisco, concluíram que a grande quantidade de esgotos e lixo descartados de forma incorreta prejudica a qualidade de água, levando ao estresse das espécies e interferindo no crescimento saudável e no desenvolvimento dos peixes. Souza *et al.* (2020) também apresentaram resultados indicativos da alteração da qualidade da água por meio da verificação da saúde dos peixes, que apresentaram uma série de anormalidades. Cavali e Mojica (2020) realizaram alguns registros do despejo direto de efluentes sanitários no corpo hídrico, ressaltando esse problema como um dos que mais incomoda os pescadores locais.

Verifica-se, portanto, que as consequências da disposição inadequada de efluentes sanitários atingem diretamente os domínios ambiental, social e econômico do Baixo São Francisco. Deste modo, existe a urgência na adoção de medidas para atenuar essas problemáticas, que podem ser amparadas pelos instrumentos da Política Nacional do Saneamento Básico, que estabelece, dentre seus princípios fundamentais (Art. 2º da Lei nº 11.445/2007, alterada pela Lei nº 14.026/2020):

- A universalização do acesso e efetiva prestação do serviço;
- A adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
- Estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários.

O novo Marco Legal do Saneamento Básico, sancionado pela Lei Federal nº 14.026, de 2020, trata-se de uma medida que possui o objetivo de fomentar a melhoria dos indicadores de cobertura do saneamento em todo o país. A Lei estabelece como metas o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até o ano 2033. Entretanto, os índices de saneamento do Baixo São Francisco estão muito aquém das metas estabelecidas, e alcançar os valores pretendidos no período estipulado constitui-se um desafio de gestão e execução para os governos e as prestadoras de serviço.

A concepção de projetos e a execução de redes coletoras de esgoto e sistemas de tratamento convencionais geralmente requerem uma infraestrutura adequada e mão de obra qualificada, demandando custos elevados. Contudo, soluções mais baratas e de execução simplificada, como as fossas agroecológicas, constituem opções viáveis para atender pequenas comunidades, cidades ribeirinhas e populações rurais.



Sendo assim, visando minimizar a problemática ambiental gerada pelos esgotos, o presente trabalho consistiu em um conjunto de ações, promovidas em consonância com a IV Expedição Científica do São Francisco, ocorrida em 2021, para a implantação de fossas agroecológicas nos municípios de Piranhas, Igreja Nova, Pão de Açúcar e Penedo, situados em Alagoas.

O objetivo principal do projeto foi apresentar uma alternativa sustentável para evitar o lançamento de esgoto não tratado em corpos hídricos e a consequente degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF). De forma complementar, atividades de educação ambiental nas escolas foram realizadas, com a finalidade de difundir a tecnologia de tratamento do poluente e sensibilizar a população quanto aos impactos causados pelo lançamento indevido de efluentes sanitários na região.

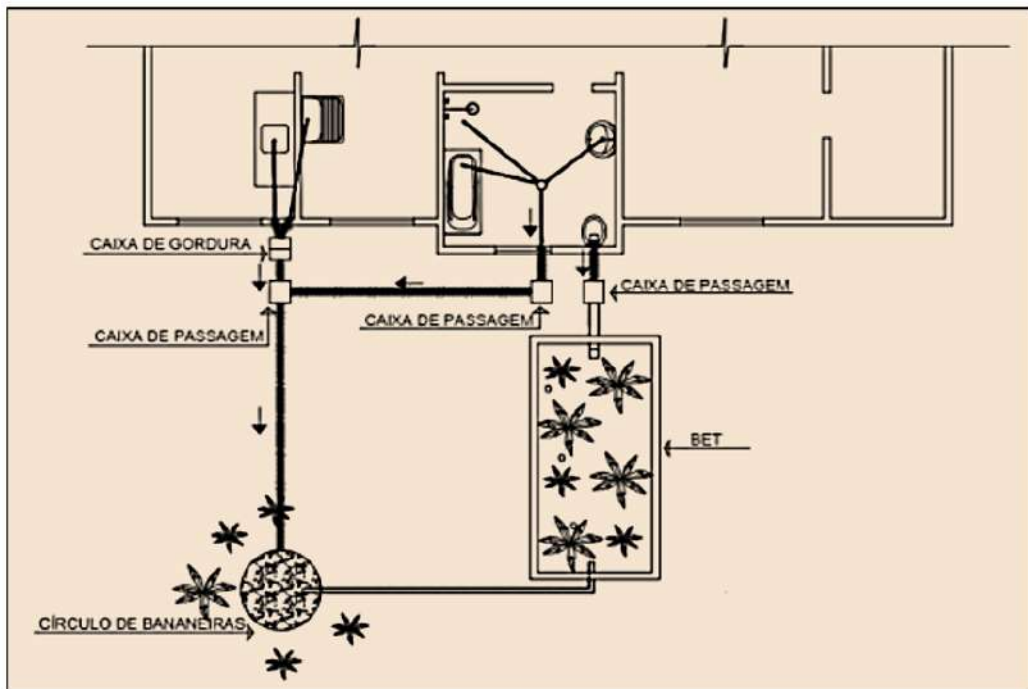
Fossas Agroecológicas

As fossas agroecológicas são sistemas que englobam bacias de evapotranspiração para tratamento das águas escuras (provenientes dos vasos sanitários) conjuntamente com círculos de bananeiras para tratamento das águas cinzas (provenientes de pias, tanques e chuveiros) (Figura 1). Essas constituem alternativas de tratamento de efluentes em locais onde a instalação de sistemas coletivos de esgotamento sanitário seria inviável, representando uma solução individual de baixo custo. Além disso, seu caráter sustentável é aprimorado, pois há a possibilidade de reutilização de resíduos, como pneus e entulhos da construção civil, no processo construtivo (DHF CONSULTORIA E ENGENHARIA, 2019).

As bacias de evapotranspiração (BET) podem ser encontradas na literatura com diferentes denominações, como tanques de evapotranspiração (Tevap), fossas verdes, fossa de bananeira etc. Esse sistema consiste na abertura de uma vala retangular no solo que, após ser impermeabilizada, é preenchida com entulhos de construção, brita, areia e solo. Como ilustrado nas Figuras 2 e 3, a camada superior contém solo enriquecido para o cultivo de plantas com alta demanda hídrica, como taiobas e caetés (LEAL, 2014).

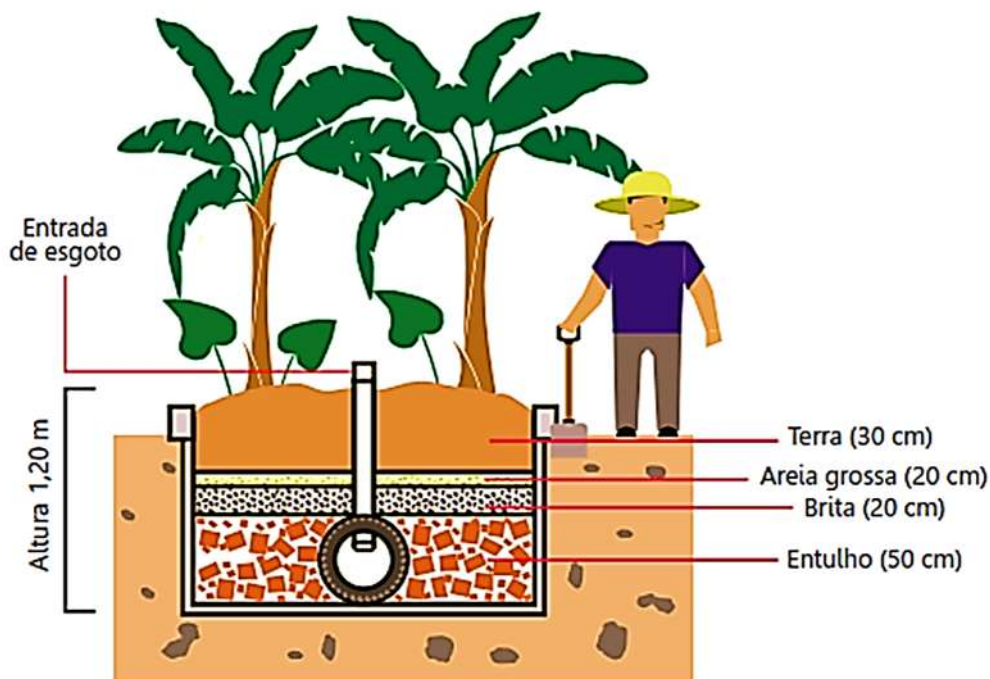


Figura 1 - Planta esquemática das Fossas Agroecológicas

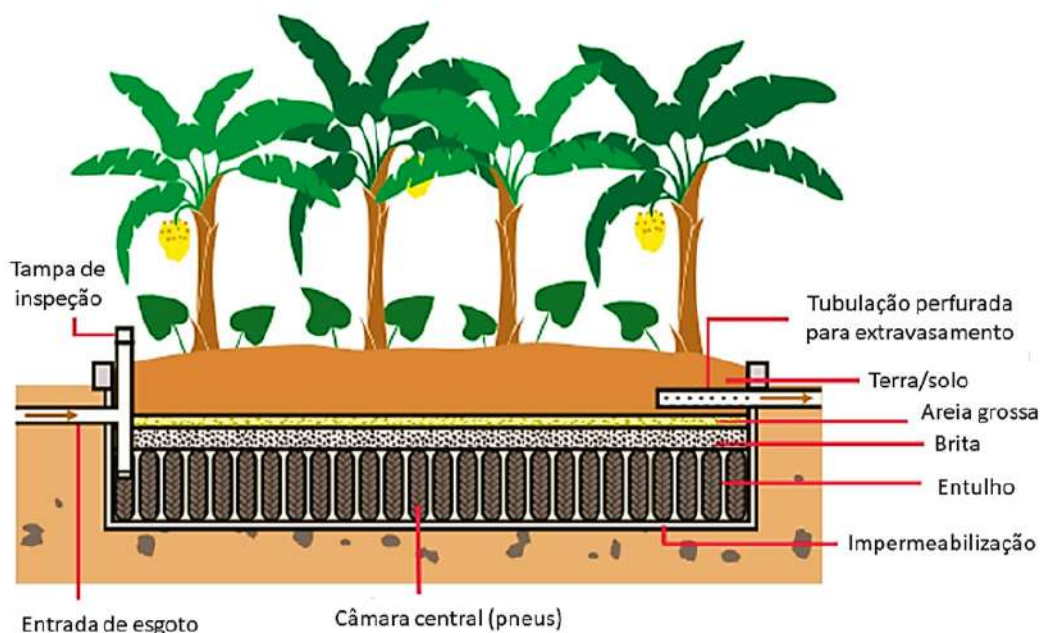


Fonte: DHF CONSULTORIA E ENGENHARIA, 2019.

Figura 2 - Esquema ilustrativo da BET (visão frontal)



Fonte: TONETTI *et al.*, 2018.

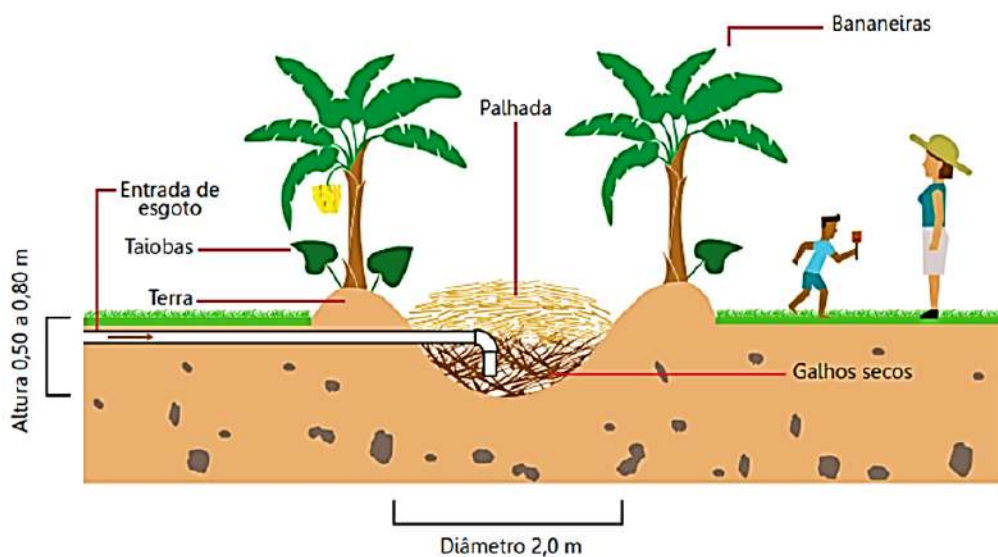
Figura 3 - Esquema ilustrativo da BET (visão lateral)

Fonte: TONETTI *et al.*, 2018.

O esgoto que chega à BET é depositado, inicialmente, na parte mais funda do sistema. O tratamento das águas escuras ocorre pela ação de microrganismos que consomem as substâncias presentes no esgoto, em um ambiente sem oxigênio, no processo denominado digestão anaeróbia. A água contida no tanque possui movimento vertical ascendente, passando pelas camadas da BET até alcançar a camada superior de solo e as raízes das plantas, onde deixará o sistema pelo processo de evapotranspiração (LEAL, 2014).

Dentre as vantagens da BET, podem-se destacar a simplicidade da construção, a ausência de processos mecanizados ou requerimento de energia elétrica para seu funcionamento e a baixa necessidade de manutenção, sendo adequada para regiões com baixos índices de precipitação (LEAL, 2014).

Para tratamento de águas cinzas, utiliza-se o círculo de bananeiras. De concepção ainda mais simples que a BET, esse sistema consiste na escavação de uma vala circular no solo onde serão depositados materiais secos, como galhos, capim e folhas, de acordo com o esquema da Figura 4. A terra retirada para fazer o buraco é colocada no seu entorno, onde devem ser plantadas as bananeiras e possíveis espécies menores, como mamoeiros e taioba. Recomenda-se a instalação de uma caixa de gordura a montante do círculo para retenção de restos de alimento e materiais gordurosos (TONETTI *et al.*, 2018).

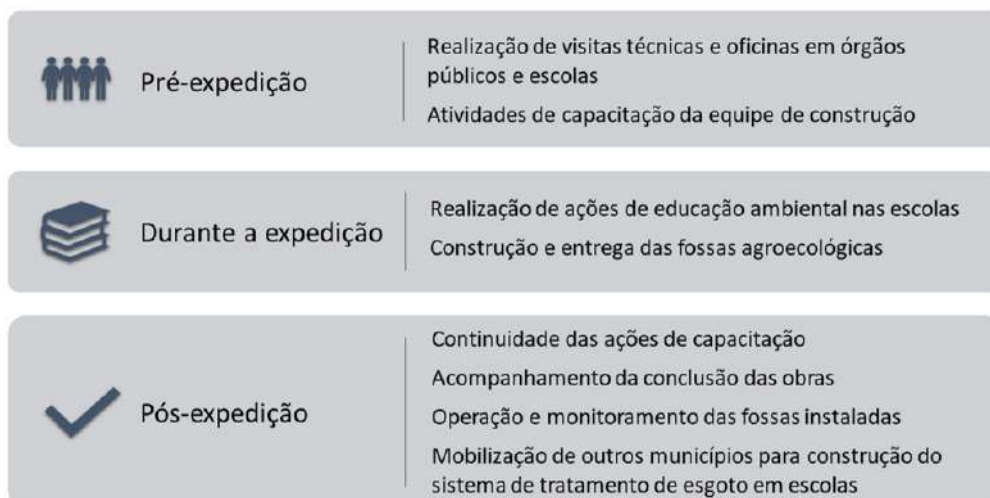
Figura 4 - Esquema ilustrativo do Círculo de Bananeiras

Fonte: TONETTI *et al.*, 2018.

No caso do círculo de bananeiras, é importante procurar alternativas de locação afastadas do lençol freático e de nascentes, bem como evitar solos arenosos, pois o solo não é impermeabilizado neste caso (TONETTI *et al.*, 2018).

Ações do projeto

O projeto para instalação das fossas agroecológicas foi idealizado em três etapas, como apresentado na Figura 5. A pré-expedição possuiu caráter mais instrutivo, visando apresentar a proposta para os interessados, ressaltando os benefícios de sua implantação. Nessa fase, também ocorreu a preparação da equipe responsável pela construção dos sistemas de tratamento, com instruções sobre as especificações técnicas para execução dos serviços, abordando critérios e parâmetros de projeto. Visitas técnicas prévias foram realizadas nas instituições educacionais, para conhecimento das características locais, verificando aspectos como o destino do esgoto produzido, o número de pessoas a serem atendidas com a obra e a área de implantação. A Figura 6 mostra a sequência das ações ocorridas na etapa de pré-expedição.

Figura 5 - Etapas do projeto e ações

Fonte: AUTORES, 2022.

A construção das fossas agroecológicas (Figura 7) ocorreu durante a Expedição. A opção pela utilização das Bacias de Evapotranspiração (BET) para o tratamento de águas escuras, em conjunto com Círculos de Bananeira (CB) para o tratamento de águas cinzas, ponderou não só o critério ambiental, por se tratar de solução sustentável e barata para o tratamento de esgoto em zona rural, mas também condições hidrogeológicas locais verificadas em visita a campo. Quatro escolas situadas em cidades do Estado de Alagoas foram contempladas com o projeto:

- Escola Municipal Frei Damião, em Piranhas;
- Escola Municipal Ronaldo dos Anjos, em Pão de Açúcar;
- Escola Municipal de Educação Básica Rivanda Santos Gomes, em Igreja Nova;
- Escola Municipal de Educação Básica Wilton Lisboa Lucena, em Penedo.

As ações de educação ambiental tinham como objetivo conscientizar os estudantes e a comunidade em geral sobre a importância das fossas agroecológicas, bem como ressaltar o papel do cidadão na preservação do meio ambiente. A Figura 8 apresenta a sequência das ações realizadas durante a IV Expedição do São Francisco.

Figura 6 - Ações realizadas na etapa de Pré-Expedição



Fonte: AUTORES, 2022.

Figura 7 - Etapas construtivas das fossas agroecológicas: (A) Vala aberta; (B) Impermeabilização; (C) Pneus; (D) Camada de entulho; (E) Camada de brita; (F) Fossa agroecológica finalizada




Fonte: AUTORES, 2022.


Figura 8 - Ações realizadas durante a Expedição

01/11/2021

Entrega da fossa agroecológica
Escola Municipal Frei Damião, no Povoado Passagem do Meio em Piranhas

Ação de educação ambiental





02/11/2021

Entrega da fossa agroecológica
Escola Municipal Ronalço dos Anjos, localizada em Pão de Açúcar

Ação de educação ambiental





06/11/2021

Acompanhamento da construção da fossa agroecológica
Escola Municipal de Educação Básica Rivanda Santos Gomes, em Igreja Nova






08/11/2021

Acompanhamento da construção da fossa agroecológica
Escola Municipal de Educação Básica Wilton Lisboa Lucena, em Penedo

Ação de educação ambiental





Fonte: AUTORES, 2022.

Na fase Pós-Expedição, a equipe de trabalho continua realizando ações de capacitação e acompanhamento da operação e monitoramento das fossas agroecológicas construídas. A Figura 9 mostra a fossa agroecológica instalada na Escola Municipal Frei Damião (Povoado Passagem do Meio, em Piranhas) no dia da entrega e alguns meses depois, com a vegetação crescida.

Figura 9 - Fossa Agroecológica, antes e depois

Fonte: AUTORES, 2022.

Vale enfatizar a importância da continuidade do projeto, incentivando sua implantação em outros municípios do Baixo São Francisco e realizando atividades de educação ambiental para a conscientização da população quanto à preservação do Rio São Francisco e do conjunto de riquezas naturais da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática da falta de tratamento dos esgotos e suas consequências negativas para o meio ambiente têm sido observadas desde as Expedições Científicas do São Francisco anteriores. Deste modo, a IV Expedição Científica do São Francisco foi essencial para dar os primeiros passos no sentido da concretização de ações voltadas à resolução desses problemas, partindo da implantação de fossas agroecológicas como uma alternativa de tratamento viável para as águas residuárias domésticas na região.

O projeto envolveu a participação de profissionais técnicos, mas, principalmente, da população beneficiada com as fossas agroecológicas, que esteve presente nas diversas atividades de educação e conscientização ambiental. De modo geral, as construções das fossas agroecológicas nas quatro escolas contempladas apresentaram execuções simples e eficazes, capazes de atender às demandas de carga poluente geradas nas comunidades ribeirinhas e na zona rural. Sendo assim, essa opção de tratamento pode ser difundida para os demais municípios.

Por fim, ressalta-se que o tratamento dos efluentes sanitários é imprescindível para evitar mais prejuízos ambientais, sociais e econômicos em uma região já tão afetada pela baixa disponibilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas Esgotos**: despoluição das bacias hidrográficas. 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Brasília, 2007.

CAVALI, J.; MOJICA, A.L.B. **Percepção dos pescadores sobre as mudanças no Baixo Rio São Francisco**: relatório da 2ª Expedição Científica do Rio São Francisco. 2020.

DHF CONSULTORIA E ENGENHARIA. **TR1**: fossas ecológicas para o tratamento de efluentes em Penedo/AL, 2019.

CASTRO, C.N.; PEREIRA, C.N. **Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**: histórico, diagnóstico e desafios. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2019.

LEAL, J.T.C.P. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2014.

SOARES, E.C. **Relatório da 1ª Expedição Científica do Baixo São Francisco**: resgate Histórico e Radiografia Atual do Velho Chico. 2019.

SOARES, E.C. *et al.* **Análise da Ictiofauna e dos seus Aspectos Fisiológicos na II Expedição Científica do Baixo São Francisco para Ações de Manejo**. Relatório da 2ª Expedição Científica do Rio São Francisco. 2020.

SOUZA, E.V. *et al.* **Uso de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares para Verificar a Saúde dos Peixes no Baixo São Francisco**. Relatório da 2ª Expedição Científica do Rio São Francisco. 2020.

TONETTI, A.L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018.



CAPÍTULO 23 - AÇÕES DE COMUNICAÇÃO NA 4ª EXPEDIÇÃO: ESTRATÉGIAS E RESULTADOS

Rose Mary Ferreira Pereira Gomes¹

Resumo: A 4ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, realizada de 1º a 10 de novembro de 2021, consolidou as ações desenvolvidas nas edições anteriores e ampliou as perspectivas de atuação, dando ênfase aos aspectos socioeconômicos do Baixo São Francisco. Os destaques dessa edição foram a participação de 70 pesquisadores embarcados, de 35 áreas de pesquisa, incluindo as novas áreas de Dermatologia/Oncologia e de Biomedicina; as ações de educação ambiental e de saúde bucal, com ampla repercussão na mídia, e a transmissão ao vivo de palestras científicas pelos perfis no Instagram da Universidade Federal de Alagoas (Ufal) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal). Neste capítulo, apresentaremos as ações de comunicação desenvolvidas na 4ª Expedição, explicaremos o porquê das escolhas feitas e os resultados quantitativos e qualitativos obtidos. Vale ressaltar que, por esta ter sido a primeira edição a ter uma profissional de Comunicação diretamente envolvida, não há parâmetros anteriores de comparação. No entanto, com os dados coletados e a repercussão obtida, podemos considerar que a comunicação foi bem desenvolvida e eficaz, ainda que com limitações a serem superadas nas próximas edições.

Palavras-chave: Comunicação. Instagram. Expedição Científica. Ascom. Ufal. Fapeal.

INTRODUÇÃO

As Expedições Científicas do Baixo São Francisco acontecem desde 2018. Ano após ano, têm crescido em relevância científica e projeção socioambiental, sendo uma realização da Universidade Federal de Alagoas (Ufal) e tendo parceiros e financiadores importantes, como o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (Semarh-AL), a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal).

Diante desse cenário, a comunicação institucional da 4ª Expedição recebeu apoio integral da Assessoria de Comunicação da Ufal (Ascom/Ufal), por meio da produção e publicação de matérias jornalísticas, divulgação nas redes sociais institucionais da Universidade, envio de *releases* à imprensa local e nacional e acompanhamento do que foi publicado na mídia, em um processo chamado clipagem.

Desde o início dos preparativos para o evento, a comunicação também começou a atuar, sendo o trabalho visivelmente intensificado nos meses de outubro e novembro de 2021, inclusive através da participação integral da servidora Rose Ferreira durante a Expedição, o que contribuiu para uma cobertura e uma repercussão recorde nas mídias sociais e na imprensa de modo geral – repercussão essa viabilizada também pela participação exclusiva de uma equipe da TV Gazeta, afiliada da TV Globo, por meio do jornalista Amorim Neto,

¹ ASCOM. Reitoria. Campus A.C. Simões. Universidade Federal de Alagoas



do repórter cinematográfico Aldo Correia e da estagiária Iara Melo, estudante de Jornalismo da Ufal; além do apoio das jornalistas voluntárias Naísia Xavier, da Ascom/Fapeal; Carolina Neris e Malu Fernandes, da Shopping Comunicação, em São Paulo.

Assim, a comunicação da Expedição Científica do Baixo São Francisco foi realizada em duas vertentes: uma mais voltada ao Jornalismo e à Assessoria de Comunicação, no sentido de produção de matérias e de reportagens, contato com a imprensa, realização de entrevistas e gerenciamento do perfil, no Instagram, @expedicao_saofrancisco, e outra relacionada à comunicação de ciência/divulgação científica, por buscar comunicar temas científicos, através dos pesquisadores envolvidos, de forma inteligível, por meio de uma linguagem acessível à população em geral, audiência não especializada.

Escolha das Estratégias de Comunicação

Em nenhum momento houve dúvidas de que a comunicação da Expedição deveria estar pautada no virtual, por meio de *sites*, redes sociais e *podcasts*. Dados fornecidos pelo *website* Internet World Stats (2021) mostram que mais de 5.2 bilhões de pessoas usam a internet, o que representa 66,2% da população mundial.

A expressão “rede social” foi usada pela primeira vez em uma comunicação por J. A. Barnes, em 1953. Ele a empregou para descrever como os indivíduos utilizavam as relações de parentesco e de amizade em uma comunidade da Noruega, conferindo-lhe um caráter antropológico. Com o surgimento e difusão da *World Wide Web* (www), as redes sociais (relações entre pessoas) ganharam uma nova dimensão: agora, já não precisavam mais se restringir ao contato físico. Os *sites* de redes sociais (SRS) começaram a surgir como espaços públicos mediados pela tecnologia em que as pessoas expressam-se e normas sociais são estabelecidas. O diferencial da internet na mediação dessas conexões de redes sociais é a sua ampliação, o que nos remete ao amplo alcance das redes sociais *on-line* que temos à disposição hoje (RECUERO, 2012).

Ainda de acordo com o *website* Internet World Stats (2021), em março de 2021, a internet, no Brasil, tinha uma taxa de penetração de 74,8%, com mais de 160 milhões de usuários. Nesse meio, o Instagram surge como a quarta rede social mais usada no país, com 110 milhões de usuários, segundo relatórios da We Are Social e da Hootsuite, atrás somente de Facebook, YouTube e WhatsApp. A comunicação da Expedição decidiu apostar, prioritariamente, no Instagram e nas ferramentas disponibilizadas por essa rede social que, segundo Manovich (2017), funciona como uma vitrine, um serviço para a comunicação de uma estética visual.

Lançado em outubro de 2010, o Instagram foi uma das primeiras redes sociais exclusivas para acesso através do celular, embora hoje já seja possível criar, visualizar publicações, responder mensagens e tecer comentários por meio do computador. Em 2012, o Instagram passou a integrar o grupo do Facebook, atualmente chamado Meta, que inclui o Facebook, o Messenger, o WhatsApp e o Instagram.

Para Santaella (2018), o aumento do uso das plataformas de redes sociais está associado à crescente aquisição de dispositivos móveis, cada vez mais sofisticados e com acesso à internet, permitindo ao usuário estar sempre conectado, se assim desejar.

O Instagram disponibiliza vários recursos, com objetivos e suportes distintos. Na comunicação da 4ª Expedição, foram utilizados:



- O *feed*, que funciona como um cartão de visitas do perfil e pode ser utilizado para a publicação de fotos e vídeos ou republicação (*repost*) de peças multimídia de outros perfis, além da utilização de textos e elementos gráficos na legenda. Por desempenhar um papel mais permanente, como de arquivo de conteúdos pessoais, uma publicação, para ir ao *feed*, costuma ser melhor planejada, editada e trabalhada (NAZAR; SIQUEIRA, 2018);
- Os *stories*, lançados mundialmente em agosto de 2016 e que permitem a publicação de imagens ou vídeos de até 15 segundos, oferecendo a possibilidade de fracionamento de um vídeo com maior duração em vários *stories*. Essa foi a ferramenta mais utilizada no perfil @expedicao_saofrancisco, pois tende a receber publicações mais espontâneas, menos planejadas, por terem a característica de se autodestruírem em 24h, caso não sejam destacadas (NAZAR; SIQUEIRA, 2018);
- Os destaques, por possibilitarem categorizar e manter as publicações feitas por meio dos *stories* visíveis, por quanto tempo o usuário desejar;
- A aba “vídeos”, que substituiu, à época, a Televisão do Instagram (IGTV), criada em junho de 2018 e extinta em outubro de 2021. Esse recurso possibilitou-nos publicar vídeos com duração superior a 1 minuto, como as transmissões ao vivo (*lives*) realizadas;
- As transmissões ao vivo, chamadas de Instagram *Lives*, foram lançadas em novembro de 2016 e funcionam para a transmissão de eventos em geral, bem como para a realização de entrevistas. Na 4ª Expedição, as *lives* foram utilizadas na abertura do evento e nas palestras científicas noturnas;
- A ferramenta *reels*, criada em julho de 2020, possivelmente como uma resposta à rede concorrente TikTok. O *reels* permite a criação rápida e intuitiva de vídeos de curta duração e é considerado uma opção para aumentar o alcance de um perfil, já que o *design* da aplicação foi redefinido, de forma a deixar o botão *reels* no centro do menu inferior, dando mais ênfase a esse recurso. As publicações feitas utilizando essa ferramenta foram muito bem-sucedidas, como veremos adiante.



Com a certeza da importância do uso da internet e das redes sociais, foi preciso definir o conteúdo a ser divulgado, levando em consideração as especificidades do Instagram, mas também da comunicação de ciência/divulgação científica. Mas o que significa comunicação de ciência? Burns *et al.* (2003) definem como o uso de habilidades apropriadas, meios, atividades e diálogo para produzir na sociedade determinadas respostas ou reações, que são reunidas sob o rótulo das vogais AEIOU – *Awareness, Enjoyment, Interest, Opinion-forming e Understanding*.

- *Awareness* refere-se a uma consciência, a não ser ignorante a respeito de algo, a ter familiaridade com o processo de produção científica;
- *Enjoyment* está relacionado à afetividade, a perceber a ciência como algo bom e prazeroso, não como algo entediante, que só interessa a poucos estudiosos;
- *Interest* é o interesse, é querer saber mais sobre algo – neste caso, a ciência, a ponto de envolver-se voluntariamente;
- *Opinion-forming* é o intuito da comunicação de ciência que está relacionado à formação de opinião, à tomada de decisões com base no conhecimento científico, em leis e teorias testáveis e fundamentadas, não em subjetividades;

- *Understanding*, que tem a ver com a compreensão, algo que se desenvolve a respeito de um assunto, ação ou processo baseado em princípios comumente aceitos. Aqui, é importante salientar que essa resposta não se apresenta de forma binária (ter ou não ter), mas revela níveis de compreensão em relação ao conteúdo, ao processo e a fatores sociais que envolvem a ciência.

Desta forma, a ciência é um empreendimento social (MILLAR, 1996), e comunicá-la, no sentido de torná-la acessível, é uma obrigação de cientistas, instituições de ensino e pesquisa e poder público. Seguimos nessa direção.

Ações de Comunicação Desenvolvidas

O principal meio jornalístico utilizado para a publicação de matérias e reportagens foi o portal da Universidade Federal de Alagoas (Ufal) (www.ufal.br), com 13 matérias publicadas no período de fevereiro a novembro de 2021, além de 12 *podcasts* disponibilizados na Rádio Ufal, por meio do *site* radio.ufal.br e no Spotify.

Releases foram enviados à imprensa local e nacional pela Assessoria de Comunicação (Ascom) da Ufal, resultando na publicação de 48 matérias em *sites* locais e três nacionais, além de atendimentos telefônicos e por *e-mail*, a fim de suprir as demandas dos veículos de comunicação.

A Rádio Ufal teve um papel crucial na divulgação e dinâmica da comunicação do evento, por meio da gravação de dois programas *Ufal e Sociedade*, com maior duração, com o coordenador-geral das Expedições, Emerson Soares (Figura 1), e do *Boletim do Velho Chico*, com *flashes* de entrevistas sobre variados temas científicos, produzido pela jornalista Rose Ferreira durante os 10 dias do evento (Figura 2). Todos os *podcasts* estão disponíveis em radio.ufal.br e no Spotify.

Figura 1 - Programa *Ufal e Sociedade* nº 111, da Rádio Ufal, com Emerson Soares, coordenador-geral das Expedições Científicas e professor da Ufal

Fonte: RÁDIO UFAL, 2021.

Figura 2 - O *Boletim do Velho Chico*, da Rádio Ufal, foi criado especificamente para a 4ª Expedição



Fonte: RÁDIO UFAL, 2021.

Matérias exclusivas foram veiculadas pela TV Gazeta, afiliada da TV Globo em Alagoas, durante todos os dias da Expedição e mesmo depois do evento, além da veiculação de reportagens e entradas ao vivo em programas nacionais da TV Globo (Figura 3), como *Jornal Nacional*, *Jornal Hoje* e *Hora 1*.

Figura 3 - Reportagem de Amorim Neto, com produção executiva de Iara Melo e imagens de Aldo Correia, veiculada no *Jornal Nacional* em 20 de novembro de 2021



Fonte: GLOBOPLAY, 2021.

E, como forma de ampliar o alcance da comunicação e aproximar a Expedição dos parceiros e do público em geral, as redes sociais Instagram e YouTube foram utilizadas para repercutir matérias, veicular informações rápidas, mostrar os preparativos e a rotina do evento e transmitir ao vivo palestras científicas noturnas com renomados pesquisadores.

As palestras foram realizadas em quatro noites (Figura 4), com especialistas de instituições nacionais renomadas, como Ufal, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa), Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (Inpi), dentre outras.

O público presencial e *on-line* interagiu com perguntas e comentários que enriqueceram o conteúdo. As transmissões foram feitas através dos perfis @ufaloficial e @fapeal.br, que contam com 94,8 mil e 8.228 seguidores, respectivamente. O conteúdo foi salvo e disponibilizado no Instagram da Ufal. Ao todo, as quatro transmissões ao vivo alcançaram 7.542 contas (perfis) e foram visualizadas 2.653 vezes posteriores.

Figura 4 - Divulgação geral das palestras, realizada no Instagram @expedicao_saofrancisco, em 27 de outubro de 2021

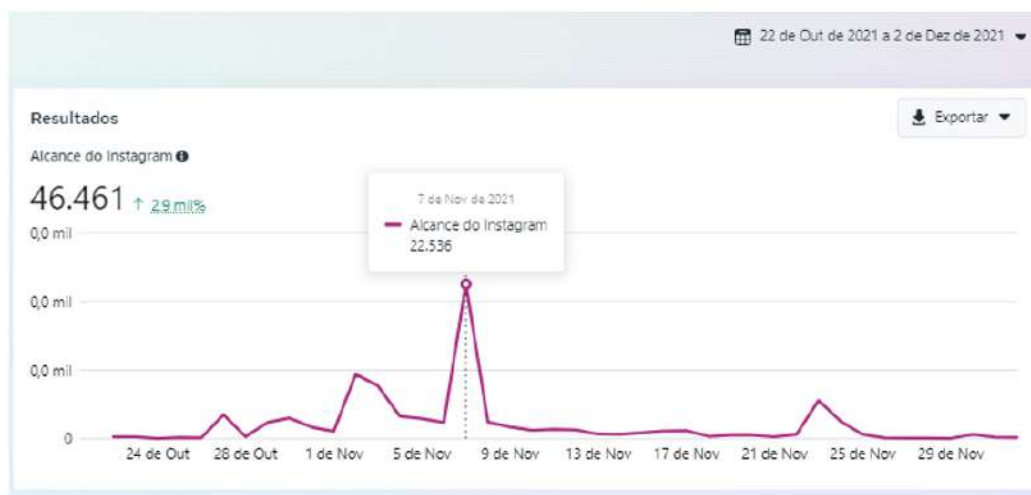


Fonte: INSTAGRAM DA UFAL, 2021.

Redes Sociais

A partir do dia 22 de outubro, a jornalista Rose Ferreira, da Ascom/Ufal, assumiu voluntariamente o gerenciamento do Instagram @expedicao_saofrancisco. De acordo com os dados do Meta Business Suite, ferramenta gratuita que reúne os recursos do Facebook e do Instagram para contas profissionais, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021, o perfil da Expedição alcançou 46.461 contas, representando um crescimento de 2,9 mil% em relação ao período anterior, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Gráfico de resultados em relação ao alcance de contas, no perfil @expedicao_saofrancisco, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021

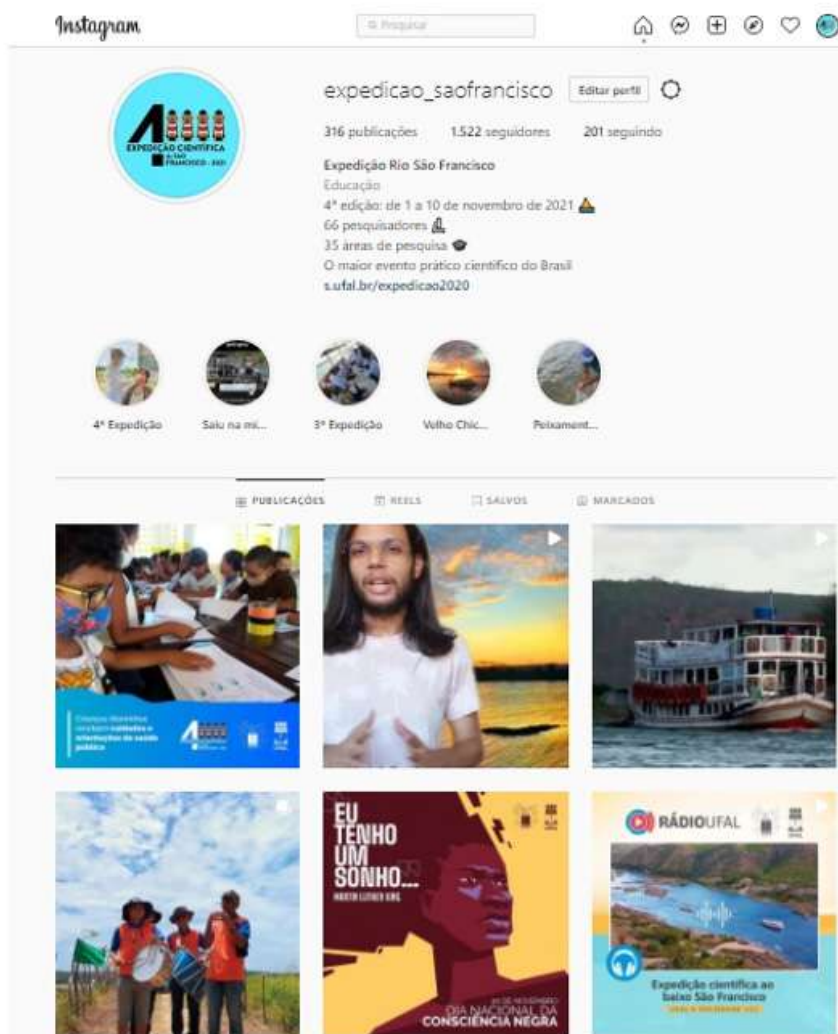


Fonte: META BUSINESS SUITE, 2021.

Ainda segundo o gráfico acima, o pico de alcance no período analisado aconteceu no dia 07 de novembro de 2021, quando o perfil alcançou 22.536 contas. É importante destacar que, nesse dia, também houve a transmissão do 2º dia de palestras científicas, cujos temas e palestrantes foram:

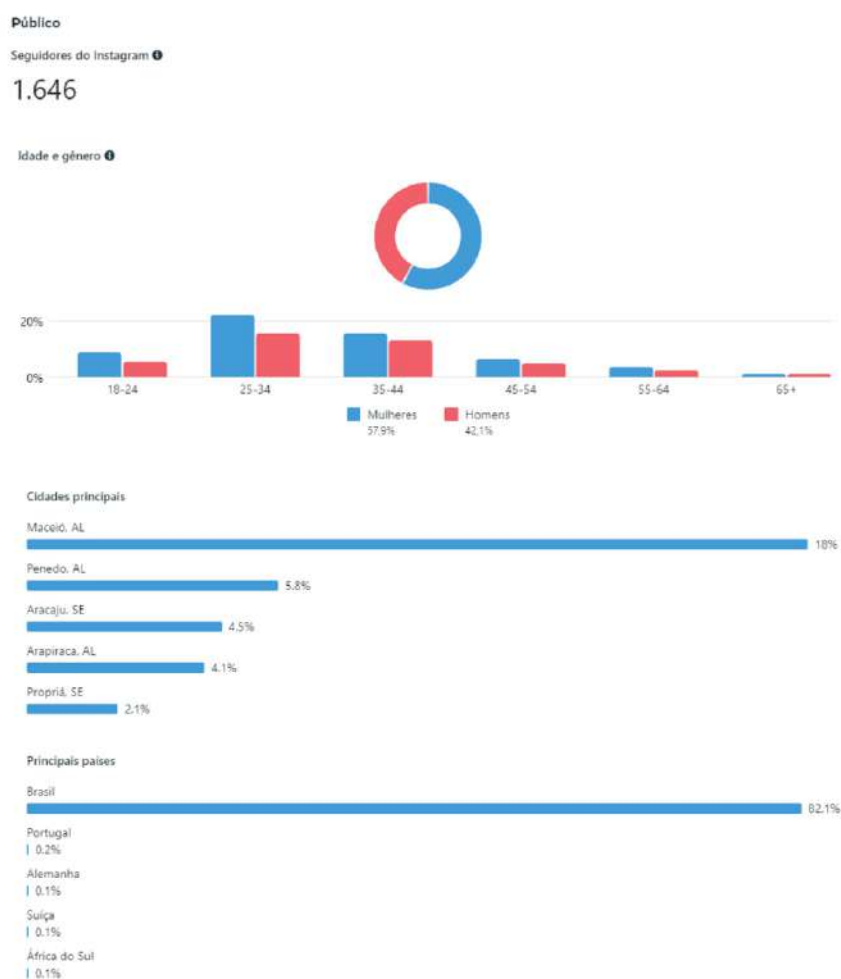
- “Quais os benefícios do monitoramento da governança das águas? O Protocolo de Monitoramento do OGA Brasil”, com Ângelo Lima, secretário executivo do Observatório da Governança das Águas;
- “O impacto das mudanças climáticas”, com Ricardo Araújo, da Ufal;
- “História submersa: arqueologia subaquática no Rio São Francisco”, com Gilson Rambelli, da UFS.

Outro dado relevante é que, em 02 de dezembro de 2021, o perfil contava com 1.522 seguidores, mais que o dobro do número que tinha antes da profissionalização da comunicação do evento (Figura 6).

Figura 6 - Captura de tela do perfil da Expedição, no Instagram, em 02 de dezembro de 2021

Fonte: INSTAGRAM DA EXPEDIÇÃO, 2021.

Em relação ao público, o perfil @expedicao_saofrancisco é majoritariamente feminino (57,9%), na faixa etária de 25 a 44 anos, e proveniente das cidades de Maceió-AL, Penedo-AL, Aracaju-SE, Arapiraca-AL e Propriá-SE. O Brasil destaca-se com 82,1% dos acessos, mas há usuários do perfil também em Portugal, Alemanha, Suíça e África do Sul, conforme revela a Figura 7.

Figura 7 - Estatísticas relacionadas ao público do perfil @expedicao_saofrancisco no Instagram

Fonte: META BUSINESS SUITE, 2021.

Inserções Espontâneas na Mídia

No período de 20 de outubro a 12 de novembro de 2021, a Expedição Científica do Rio São Francisco obteve 69 inserções em *sites* locais e nacionais, 34 inserções em telejornais, 2 em revistas de alcance nacional e 13 *podcasts* publicados na Rádio Ufal/Spotify e no *Podcast Travessia*, do CBH São Francisco.

No Instagram e no YouTube, foram realizadas 671 publicações, dentre transmissões ao vivo, *posts* no *feed*, vídeos no IGTV e *reels*, e *stories*, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021 (Tabela 1).

Tabela 1 - Repercussão da 4ª Expedição nas redes sociais e na mídia impressa e audiovisual
 Fonte: Elaborada pela autora, com base em clipagem realizada pelo Núcleo de Relações Públicas (Nurp) da Ascom/Ufal.

	Sites	Telejornais	Revistas	Rádio	Instagram e YouTube
Quantidade e local de inserções	Portal da Ufal: 13				Transmissões ao vivo: 5
	Portal da Andifes: 1	TV Gazeta: 30	Travessia (CBH)	Rádio Ufal: 12	Posts no feed: 50
	<i>Correio Braziliense</i> : 1	TV Sergipe: 1	São Francisco): 1	<i>Podcast Travessia</i>	Reels: 5
	Site da Embrapa: 2	TV Globo: 3	SBPC: 1	(CBH): 1	Vídeos: 20
	CBH São Francisco: 4				Stories: 591
	Sites locais: 48				
Total	69	34	2	13	671

Fonte: Elaborada pela autora, com base em clipagem realizada pelo Núcleo de Relações Públicas (Nurp) da Ascom/Ufal.

A seguir, apresentamos o detalhamento da repercussão da Expedição nos meios de comunicação:

Portal da Ufal

- *Começaram os preparativos para a 4ª Expedição Científica do Baixo São Francisco*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/2/comecaram-os-preparativos-para-a-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco> [fev. 2021];
- *Coordenadores discutirão projetos para Expedição no Baixo São Francisco*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/3/projetos-para-expedicao-cientifica> [mar. 2021];
- *4ª Expedição Científica da Ufal vai doar kits de informática em escolas*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/5/proxima-expedicao-cientifica-da-ufal-vai-donar-kits-de-informatica-em-escolas-rurais> [mai. 2021];
- *Começa em outubro a maior Expedição Científica do Brasil pelo São Francisco*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/8/comeca-em-outubro-a-maior-expedicao-cientifica-do-brasil-pelo-sao-francisco> [ago. 2021];
- *Ufal e Sociedade entrevista Emerson Soares sobre a 4ª Expedição*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/09/ufal-e-sociedade-entrevista-emerson-soares-sobre-a-4a-expedicao-cientifica> [set. 2021];
- *Maior expedição científica do Brasil começa dia 31 de outubro no Velho Chico*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/10/maior-expedicao-cientifica-do-brasil-comeca-no-dia-31-de-outubro-no-rio-sao-francisco> [out. 2021];
- *Expedição também terá testagem de Covid-19 e ações de saúde bucal*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/10/expedicao-cientifica-tera-testagem-de-covid-19-e-acoes-de-saude-bucal> [out. 2021];
- *Prevenção ao câncer de pele integra programação da Expedição Científica do Baixo São Francisco*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/10/prevencao-ao-cancer-de-pele-integra-programacao-da-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco> [out. 2021];
- *Maior expedição científica do Brasil navega pelo Sertão de Alagoas*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/11/maior-expedicao-cientifica-do-brasil-navega-pelo-sertao-de-alagoas> [nov. 2021];

- *Ufal e Sociedade acompanha a 4ª Expedição Científica do Baixo São Francisco*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/11/ufal-e-sociedade-acompanha-a-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco> [nov. 2021];
- *4ª Expedição Científica do Rio São Francisco promoverá ações de divulgação científica*: <https://ufal.br/transparencia/noticias/2021/10/4a-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-promovera-acoes-de-divulgacao-cientifica> [nov. 2021];
- *Bordados e mel: Expedição Científica mapeia possibilidades de desenvolvimento econômico no interior de Alagoas*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/11/bordados-e-mel-expedicao-cientifica-mapeia-possibilidades-de-desenvolvimento-economico-no-interior-de-alagoas> [nov. 2021];
- *Crianças ribeirinhas recebem cuidados e orientações de saúde pública*: <https://ufal.br/ufal/noticias/2021/11/criancas-ribeirinhas-recebem-cuidados-e-orientacoes-de-saude-publica> [nov. 2021].



Rádio Ufal – *Boletim do Velho Chico* e outros

- Link geral: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico>;
- *Achados arqueológicos na 4ª Expedição; entrevista com Paulo Bava, da UFS*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/achados-arqueologicos-na-4a-expedicao> [nov. 2021];
- *Monitoramento aéreo do Rio São Francisco; entrevista com Rychardson Rocha, da UFS*: <https://radio.UFAL.br/boletim-do-velho-chico/monitoramento-aereo-do-rio-sao-francisco> [nov. 2021];
- *A água do Rio São Francisco; entrevista com Petrônio Filho, da Ufal Penedo*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/monitoramento-aereo-do-rio-sao-francisco> [nov. 2021];
- *A vice-reitora Eliane Cavalcanti avalia a Expedição*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/a-vice-reitora-eliane-cavalcanti-avalia-a-expedicao> [nov. 2021];
- *Manguezais na foz do Rio São Francisco; entrevista com Alexandre Oliveira, da Ufal Penedo*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/manguezais-na-foz-do-rio-sao-francisco> [nov. 2021];
- *Arqueologia subaquática; entrevista com Luis Felipe Santos, da UFS*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/arqueologia-subaquatica> [nov. 2021];
- *Análise dos sedimentos do Rio São Francisco; entrevista com Joel Marques, mestrando da UFS*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/analise-dos-sedimentos-do-rio-sao-francisco> [nov. 2021];
- *Avaliação da 4ª Expedição Científica do Baixo São Francisco; entrevista com José Vieira, coordenador adjunto da Expedição*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/avaliacao-da-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco> [nov. 2021];
- *Construção de fossas agroecológicas; entrevista com Eduardo Lucena, do Centro de Tecnologia da Ufal*: <https://radio.ufal.br/boletim-do-velho-chico/construcao-de-fossas-agroecologicas> [nov. 2021];
- *Podcast Travessia (CBH São Francisco), com Maciel Oliveira, presidente do Comitê*: <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/confira-o-podcast-sobre-a-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco> [nov. 2021].

Transmissões Ao Vivo

O primeiro dia de palestras foi realizado em 1º de novembro, na cidade de Piranhas-AL. A transmissão foi realizada pelo perfil @ufaloficial no Instagram e ficou salva para acesso posterior neste link: <https://www.instagram.com/tv/CVwT3F0ISov>. Nesse dia, aconteceram as seguintes palestras:

1. “Rio São Francisco, das duas nascentes à foz”, com Jackson Borges, do CBH São Francisco;
2. “A importância da fauna no ambiente terrestre da Bacia do Rio São Francisco”, com Ubiratan Piovezan, da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Os dados fornecidos pelo Meta Business Suite foram os seguintes:

- Número de contas alcançadas durante a transmissão: 2.102;
- Número de interações durante a transmissão: 37;
- Número de visualizações posteriores: 1.305.

O segundo dia de palestras aconteceu em 07 de novembro, em uma sala de reuniões do Hotel São Francisco, em Penedo. A transmissão foi realizada pelo perfil @ufaloficial no Instagram e ficou salva para acesso posterior neste link: https://www.instagram.com/tv/CV_0hnKFON9. As palestras desse dia foram:

1. “Quais os benefícios do monitoramento da governança das águas? O Protocolo de Monitoramento do OGA Brasil”, com Ângelo Lima, secretário executivo do Observatório da Governança das Águas;
2. “O impacto das mudanças climáticas”, com Ricardo Araújo, da Ufal;
3. “História submersa: arqueologia subaquática no Rio São Francisco”, com Gilson Rambelli, da UFS.

- Número de contas alcançadas durante a transmissão: 2.568;
- Número de interações durante a transmissão: 23;
- Número de visualizações posteriores: 72.

O terceiro dia de palestras aconteceu em 08 de novembro, diretamente do barco-laboratório, na cidade de Piaçabuçu. A transmissão foi realizada pelo perfil @ufaloficial no Instagram e ficou salva para acesso posterior neste link: <https://www.instagram.com/tv/CWCWKUBFni4>. Foram realizadas as seguintes palestras:

1. “Poluentes emergentes”, com Sandra Carvalho, do Centro de Tecnologia (Ctec) da Ufal;
2. “Instrumentos de Propriedade Intelectual, Empreendedorismo e Desenvolvimento”, com Alexandre Guimarães Vasconcelos, do Inpi.

- Número de contas alcançadas durante a transmissão: 1.452;
- Número de interações durante a transmissão: 40;
- Número de visualizações posteriores: 1.192.

O quarto e último dia de palestras aconteceu em 09 de novembro, em uma sala de reuniões do Hotel São Francisco, em Penedo. A transmissão foi realizada pelo perfil @



ufaloficial no Instagram e ficou salva para acesso posterior neste link: <https://www.instagram.com/tv/CWE-rCJFzIG>. As palestras foram as seguintes:

1. “Mecanismo para a construção da certificação participativa dos produtos da Agrosociobiodiversidade”, com Fabiano Leite, da Emater-AL;
 2. “Aquarela dos manguzeais: uma viagem pelas cores do manguê”, com Alexandre Oliveira, da Ufal Penedo.
- Número de contas alcançadas durante a transmissão: 1.420;
 - Número de interações durante a transmissão: 37;
 - Número de visualizações posteriores: 84.

A última transmissão ao vivo, durante a Expedição, foi o encerramento, realizado no dia 10 novembro, na cidade de Penedo-AL. A transmissão foi realizada pela Prefeitura de Penedo e também pelo canal da Ufal no YouTube. O vídeo está salvo e disponível neste link: https://www.youtube.com/watch?v=gT_YNWdR9eQ.



Matérias Veiculadas em Telejornais Durante a Expedição

- <https://globoplay.globo.com/v/9999327>;
- <https://globoplay.globo.com/v/9999325>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10000450>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10001917>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10002819>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10002814>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10005093>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10003651>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10006094>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10009668>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10009380>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10011834>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10010503>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10012929>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10012924>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10013472>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10012927>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10014367>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10015674>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10019843>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10019628>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10019843>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10019972>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10019779>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10021979>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10023266>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10024343>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10026895>;

- <https://globoplay.globo.com/v/10029143>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10031919>;
- <https://globoplay.globo.com/v/10033026>;
- *Hora 1*: <https://globoplay.globo.com/v/10026775>;
- *Jornal Hoje*: <https://globoplay.globo.com/v/10028208>;
- *Jornal Nacional*: <https://globoplay.globo.com/v/10059740>.

Sites Nacionais

- *Portal da Andifes*: <https://www.andifes.org.br/?p=90654>;
- *Shopping de Comunicação*: <https://www.shoppingdecomunicacao.com.br/blog/205-maior-expedicao-cientifica-do-brasil-comeca-domingo-no-rio-sao-francisco>;
- *Correio Braziliense*: Maior Expedição do Brasil começa em 31 de outubro no Rio São Francisco: <https://www.correio braziliense.com.br/brasil/2021/10/4959438-maior-expedicao-cientifica-do-brasil-comeca-em-31-de-outubro-no-rio-sao-francisco.html>.

Site da Embrapa

- *Pesquisadores da Embrapa integram a 4ª Expedição Científica do Baixo São Francisco*: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65657538/pesquisadores-da-embrapa-integram-4-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco>;
- *Expedição Científica chega ao final; Embrapa reitera compromisso e participação*: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66165995/4-expedicao-cientifica-do-sao-francisco-chega-ao-final-embrapa-reitera-compromisso-e-participacao>.

Site do CBH São Francisco

- <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/ccrs-do-submedio-e-medio-sao-francisco-devem-replicar-em-2022-expedicao-cientifica>;
- <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/presidente-do-cbhsf-fala-em-reuniao-da-ana-sobre-o-pedido-do-aumento-de-vazao-no-rio-que-ajudou-na-navegacao-das-embarcacoes-durante-a-4a-expedicao-cientifica>;
- <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/4a-expedicao-cientifica-do-sao-francisco-chega-ao-final-com-muitas-expectativas-para-a-proxima-edicao>;
- <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/video-novo-no-ar-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco>.

Sites Locais

- <https://tribunadoagreste.com.br/2021/10/prevencao-ao-cancer-de-pele-integra-programacao-da-expedicao-cientifica>;
- <https://tribunadoagreste.com.br/2021/10/prevencao-ao-cancer-de-pele-integra-programacao-da-expedicao-cientifica>;
- <https://all1.com.br/informacao/noticias/66095/expedicao-cientifica-tera-testagem-de-covid-19-e-acoas-de-saude-bucal>;



- <https://tribunahoje.com/noticias/saude/2021/10/25/expedicao-tambem-tera-testagem-de-covid-19-e-aco-es-de-saude-bucal>;
- <https://painelnoticias.com.br/geral/197081/expedicao-ao-rio-sao-francisco-tambem-tera-testagem-de-covid-19-e-aco-es-de-saude-bucal>;
- <http://www.primeiraedicao.com.br/noticia/2021/10/26/4-edicao-da-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco>;
- <https://www.aquiacontece.com.br/noticia/alagoas/26/10/2021/4-expedicao-cientifica-promovera-aco-es-de-divulgacao-da-ciencia/171317>;
- <https://tribunadoagreste.com.br/2021/10/prevencao-ao-cancer-de-pele-integra-programacao-da-expedicao-cientifica>;
- <https://tribunadoagreste.com.br/2021/10/prevencao-ao-cancer-de-pele-integra-programacao-da-expedicao-cientifica>;
- <https://al1.com.br/informacao/noticias/66095/expedicao-cientifica-tera-testagem-de-covid-19-e-aco-es-de-saude-bucal>;
- <https://tribunahoje.com/noticias/saude/2021/10/25/expedicao-tambem-tera-testagem-de-covid-19-e-aco-es-de-saude-bucal>;
- <https://painelnoticias.com.br/geral/197081/expedicao-ao-rio-sao-francisco-tambem-tera-testagem-de-covid-19-e-aco-es-de-saude-bucal>;
- <http://www.primeiraedicao.com.br/noticia/2021/10/26/4-edicao-da-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco>;
- <https://www.aquiacontece.com.br/noticia/alagoas/26/10/2021/4-expedicao-cientifica-promovera-aco-es-de-divulgacao-da-ciencia/171317>;
- <https://www.tnh1.com.br/noticia/nid/vice-reitora-da-ufal-participa-da-expedicao-do-sao-francisco-liderando-equipe-de-testes-de-covid-19-em-ribeirinhos>;
- <https://www.tnh1.com.br/noticia/nid/vice-reitora-da-ufal-participa-da-expedicao-do-sao-francisco-liderando-equipe-de-testes-de-covid-19-em-ribeirinhos>;
- <https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2021/11/04/vice-reitora-da-ufal-participa-da-expedicao-do-sao-francisco-liderando-equipe-de-testes-de-covid-19-em-ribeirinhos>;
- https://www.redegn.com.br/?sessao=noticia&cod_noticia=154584;
- <https://www.aquiacontece.com.br/noticia/penedo/05/11/2021/penedo-recepcao-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-05/171830>;
- <https://www.correiodosmunicipios-al.com.br/2021/11/gestao-da-ufal-da-apoio-logistico-para-realizar-testes-rt-pcr-durante-expedicao>;
- <https://www.tribunadosertao.com.br/2021/11/gestao-da-ufal-da-apoio-logistico-para-realizar-testes-rt-pcr-durante-expedicao>;
- <https://www.tribunadosertao.com.br/2021/11/penedo-recepcao-maior-expedicao-cientifica-rio-sao-francisco-neste-sabado-05>;
- <https://www.tribunadosertao.com.br/2021/11/expedicao-cientifica-e-recebida-com-festa-em-sao-bras>;
- <https://www.alagoas24horas.com.br/1395642/penedo-recepcao-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado>;



- <https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2021/11/05/vice-reitora-da-ufal-participa-da-expedicao-do-sao-francisco-liderando-equipe-de-testes-de-covid-19-em-ribeirinhos;>
- <https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2021/11/05/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-05;>
- <https://tribunadoagreste.com.br/2021/11/gestao-da-ufal-da-apoio-logistico-para-realizar-testes-rt-pcr-durante-expedicao;>
- <https://infosaofrancisco.canoadetolda.org.br/noticias/geotecnologias/canoa-de-tolda-se-une-ao-hot-e-planeja-mapeamentos-da-bacia-do-rio-sao-francisco;>
- <https://penedo.al.gov.br/2021/11/05/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-05;>
- <https://www.7segundos.com.br/arapiraca/noticias/2021/11/05/191278-penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-06;>
- <https://correiodopovo-al.com.br/noticias/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-05;>
- <https://ama-al.com.br/expedicao-cientifica-e-recebida-com-festa-em-sao-bras;>
- <https://melhornoticia.com.br/noticia/interior/mn105095762/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado-06;>
- <https://al1.com.br/informacao/noticias/66650/expedicao-cientifica-e-recebida-com-festa-em-sao-bras;>
- <https://boainformacao.com.br/2021/11/ufal-realiza-teste-gratuito-para-diagnostico-de-covid-na-orla-de-penedo;>
- <https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2021/11/08/prefeitura-de-penedo-e-expedicao-cientifica-realizam-atividades-nas-escolas;>
- <https://tribunahoje.com/noticias/educacao/2021/11/08/expedicao-cientifica-chega-a-penedo-e-leva-acoes-para-escolas;>
- <https://www.alagoas24horas.com.br/1395642/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado;>
- <https://www.alagoas24horas.com.br/1395642/penedo-recepiona-maior-expedicao-cientifica-do-rio-sao-francisco-neste-sabado;>
- <https://al1.com.br/informacao/noticias/66842/iv-expedicao-cientifica-e-prefeitura-realizam-acoes-em-escolas-municipais-de-piacabucu;>
- <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2021/11/10/expedicao-cientifica-do-sao-francisco-constata-aumento-na-quantidade-e-especies-de-peixes-no-rio.gh.html;>
- <https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2021/11/11/4a-expedicao-cientifica-do-sao-francisco-chega-ao-final;>
- <https://www.aquiacontece.com.br/noticia/alagoas/26/10/2021/4-expedicao-cientifica-promovera-acoes-de-divulgacao-da-ciencia/171317;>
- <https://www.correiodosmunicipios-al.com.br/2021/09/piacabucu-recebera-4a-expedicao-cientifica-do-baixo-sao-francisco-em-novembro;>
- <https://painelnoticias.com.br/geral/197122/4-expedicao-cientifica-promovera-acoes-de-divulgacao-cientifica;>
- <https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2021/10/28/edicao-2021-da-expedicao-cientifica-levara-doacoes-para-ribeirinhos;>



- <http://meioambienteeturismo.blogspotgazetaweb.com/2021/10/29/expedicao-cientifica-no-velho-chico-parte-de-piranhas-domingo>;
- <https://web.arapiraca.al.gov.br/2021/11/arapiraca-participa-da-maior-expedicao-cientifica-do-brasil-no-rio-sao-francisco>.

As publicações feitas no feed do perfil @expedicao_saofrancisco estão detalhadas abaixo, na Tabela 2, com os seguintes parâmetros: recurso multimídia utilizado, quantidade de curtidas/visualizações (no caso de vídeos), comentários, compartilhamentos, salvamentos e contas alcançadas.

Tabela 2 - Detalhamento de publicações realizadas no *feed* do perfil @expedicao_saofrancisco, de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021

POST	RU	CURT	COMEN	COMPART	SALV	CONTALC
Resumo da 3ª Expedição: 22/10/21	Vídeo	83/484 visualizações	2	0	3	826
Card de notícia do portal da Ufal sobre prevenção ao câncer de pele: 23/10/21	Imagem	187	2	1	2	7.041
Divulgação do local e horário da abertura: 26/10/21	Imagem	89	1	2	1	616
Divulgação geral das palestras (Fig. 1): 27/10/21	Imagem	70	4	5	1	685
Paisagem do Rio São Francisco: 27/10/21	Vídeo	150/4.367 visualizações	9	4	4	636
Para que serve uma fossa agroecológica? Uma criança explica: 28/10/21	Vídeo	63	6	3	0	635
Paisagem do São Francisco com contagem regressiva: 29/10/21	Vídeo	122/3.394 visualizações	19	2	0	3.255
Saída das barcas de Penedo: 30/10/21	Vídeo	184/1.370 visualizações	11	19	3	4.032
Chegamos, Piranhas! 31/10/21	Imagem	228	12	9	3	1.777
Abertura ao vivo da Expedição: 01/11/21	Vídeo	85/466 visualizações	3	15	0	661
Programação do 1º dia de palestras: 01/11/21	Imagem	67	0	14	3	762
Bom dia com paisagem: 02/11/21	Vídeo	272/2.723 visualizações	6	10	2	6.899
Saúde bucal em Pão de Açúcar: 02/11/21	Vídeo	90	7	-	-	-
Análise ultrassônica em piranha-preta: 02/11/21	Vídeo	177	12	-	-	-
Ribeirinho incentivando o teste de Covid: 02/11/21	Vídeo	77	1	0	1	889



Post colaborativo com @ belomontedeboa: 03/11/21	Imagens	875	9	5	7	6.459
Flor facheiro: 03/11/21	Imagem	344	6	1	5	9.885
Crianças com máscara de carranca: 04/11/21	Imagem	116	6	1	1	903
Fisioterapia na Expedição: 04/11/21	Vídeo	180	17	3	3	1.115
Chuva em Lagoa Comprida: 04/11/21	Imagem	195	3	3	3	1.251
<i>Spirogyra</i> sp.: 05/11/21	Imagem	101	5	1	3	959
Peixamento: 05/11/21	Vídeo	410	18	76	7	2.357
Alunos falam sobre educação ambiental: 05/11/21	Vídeo	78/567 visualizações	2	5	1	1.412
Pôr do sol e bom fim de semana: 05/11/21	Imagem	452	6	1	5	8.914
Paisagem de bom dia: 06/11/21	Imagem	323	9	7	3	3.412
Recepção em Chinaré: 06/11/21	Imagens	218	7	5	1	1.279
2º dia de palestras: 07/11/21	Imagem	316	2	3	7	22.435
Descoberta arqueológica: 07/11/21	Vídeo	210/852 visualizações	19	13	4	1.718
Pescador/bom dia: 07/11/21	Imagem	162	1	2	0	1.318
Foto parcial da equipe em Penedo: 07/11/21	Imagem	182	24	0	2	1.249
3º dia de palestras: 08/11/21	Imagem	66	0	4	0	721
Chegada em Piaçabuçu: 08/11/21	Vídeo	190/1.346 visualizações	3	0	1	1.376
4º dia de palestras: 09/11/21	Imagem	68	2	0	0	706
Chegada à foz: 09/11/21	Vídeo	254	24	17	3	1.282
Foto oficial em Penedo: 10/11/21	Imagem	170	12	5	2	990
Emerson Soares avalia Expedição: 10/11/21	Vídeo	71/368 visualizações	7	2	0	855
Expedicionários fazendo PCR: 10/11/21	Imagem	144	7	0	1	898
Depoimento Mestre do Rio no encerramento: 11/11/21	Vídeo	110/450 visualizações	8	2	2	700
Agradecimento geral: 11/11/21	Vídeo	198/623 visualizações	13	0	3	1.343
Momentos equipe terra/ar: 12/11/21	Vídeo	91/297 visualizações	3	0	1	809



Resumo do CBH sobre a 4ª Expedição: 12/11/21	Vídeo	139/479 visualizações	3	1	3	939
Reportagem TV Gazeta (receita de tucunaré): 14/11/21	Vídeo	200/798 visualizações	11	3	10	1.489
Hélice quebrada #tbt: 16/11/21	Imagem	105	3	1	1	918
Coordenadora de saúde bucal de Propriá: 16/11/21	Vídeo	71/616 visualizações	10	0	0	1.301
Programa Ufal e Sociedade nº 111: 17/11/21	Imagem + podcast	57/267 visualizações	2	0	0	628
Consciência Negra: 20/11/12	Imagem	33	1	0	0	438
Dia do Músico: 22/11/21	Imagem	132	5	1	0	699
Expedição no JN: 23/11/21	Vídeo	330/2.940 visualizações	20	25	14	8.322
Expedição no Minutos da Ciência: 25/11/21	Vídeo	14/102 visualizações	2	1	0	254
Card de notícia do portal da Ufal sobre saúde bucal na Expedição: 30/11/21	Imagem	70	15	0	0	628

RU = recurso utilizado; CURT = curtidas; COMEN = comentários; COMPART = compartilhamentos; SALV = salvamentos; CONTALC = contas alcançadas.

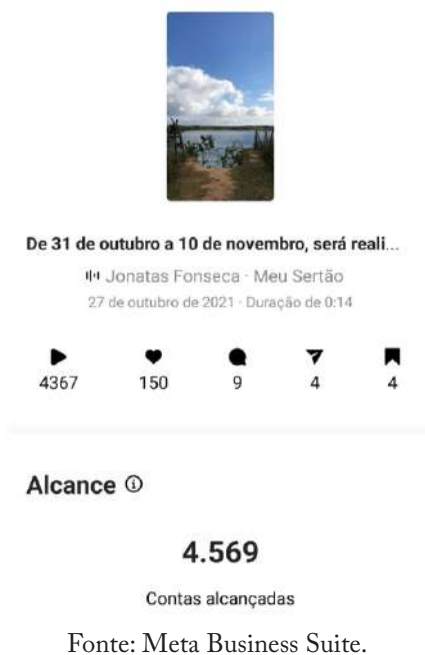
Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Assim, com base na Tabela 2, podemos concluir que:

- A Figura 8 demonstra que o *post* com maior número de visualizações (4.367) foi um vídeo de paisagem do Rio São Francisco, publicado em 27 de outubro de 2021, com a música *Meu Sertão*, de Jonatas Fonseca, ao fundo.



Figura 8 - Demonstrativo dos dados de alcance da publicação mais visualizada no perfil @expedicao_saofrancisco no Instagram, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021



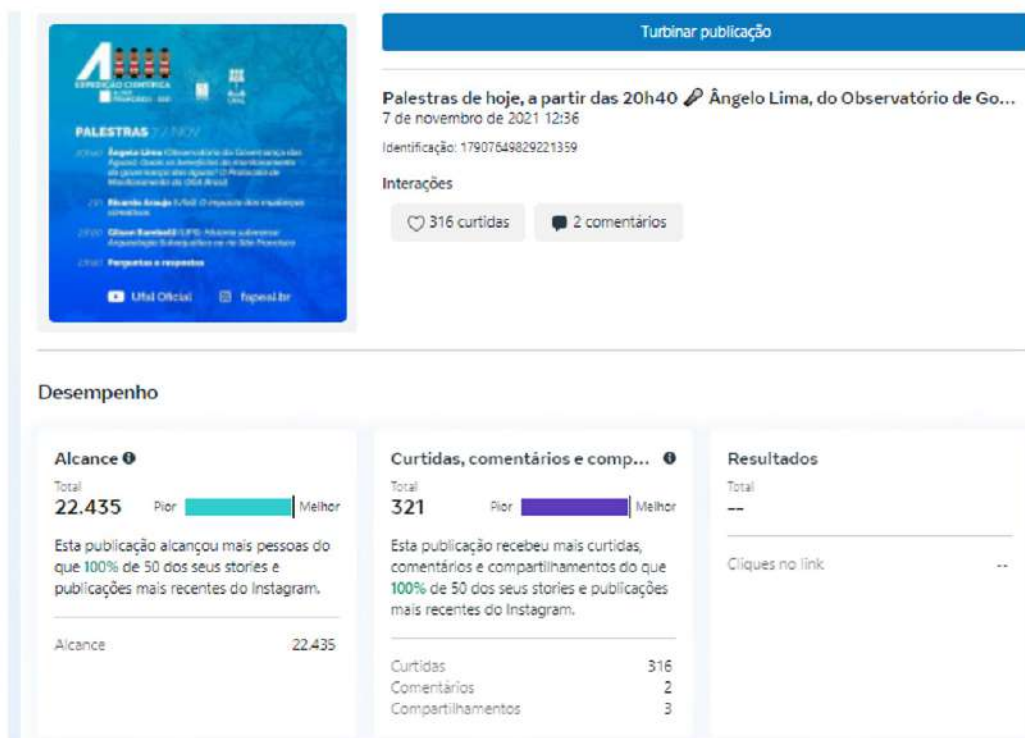
- O *post* com maior número de curtidas (875) foi feito colaborativamente com o perfil @belomontedeboa, em 03 de novembro de 2021, conforme Figura 9:

Figura 9 - Demonstrativo dos dados de curtidas (*likes*) da publicação mais visualizada no perfil @expedicao_saofrancisco no Instagram, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021



- A Figura 10 revela que o *post* com maior número de contas alcançadas (22.435) foi o de divulgação do 2º dia de palestras científicas, publicado em 07 de novembro de 2021:

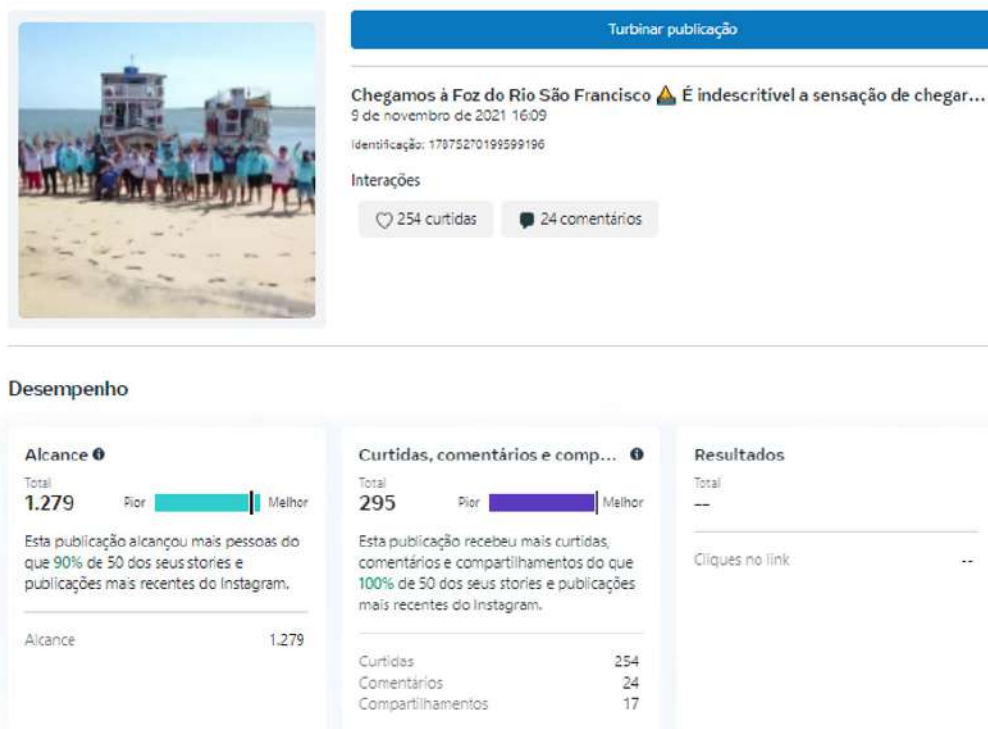
Figura 10 - Demonstrativo dos dados da publicação que alcançou mais contas no Instagram da Expedição, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021



Fonte: Meta Business Suite.

- Conforme a Figura 11, a seguir, o *post* com mais comentários (24) foi um vídeo da chegada à foz do São Francisco, realizado em 09 de novembro de 2021:

Figura 11 - Demonstrativo da publicação mais comentada no Instagram da Expedição, no período de 22 de outubro a 02 de dezembro de 2021



Fonte: Meta Business Suite.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados revelados nesta pesquisa mostram que tanto o *post* com maior número de curtidas quanto o *post* com maior número de contas alcançadas foram feitos de maneira colaborativa com os perfis @belomontedeboa e @ufaloficial, respectivamente, o que reforça a importância da parceria entre perfis afins e com credibilidade, com o objetivo de aumentar o alcance e o engajamento do público nas publicações.

Os *posts* com maior número de visualizações e com mais comentários foram vídeos curtos, mostrando o Rio São Francisco e a chegada à foz, respectivamente, publicados na ferramenta *reels* do Instagram; ferramenta mais recente desta rede social. Essa constatação corrobora a importância do *reels* como estratégia com maior possibilidade de entrega aos usuários e o quanto vídeos curtos, atraentes e bem elaborados tendem a se projetar mais nessa rede social que supervaloriza a beleza das publicações, seja em imagens ou em vídeos (MANOVICH, 2017).

Acreditamos que a escolha do Instagram como rede social preferencial e da comunicação virtual tenham contribuído para uma efetiva e abrangente comunicação de ciência, tendo em vista que a ciência precisa fazer-se presente onde as pessoas estão. Estudos como o de Martin e MacDonald (2020) mostram que as redes sociais têm bastante potencial, inclusive por permitirem um modelo participativo de comunicação, em que o cientista/pesquisador pode interagir com o público, esclarecer dúvidas e mostrar o que faz: "the internet and social media provide science communicators with significant opportunities to share policy-relevant

information with citizens, as such tools are now the main information source for the public, including for scientific and policy information” (MARTIN; MACDONALD, p.2).

Os desafios desta edição na área da Comunicação, além das condições climáticas difíceis enfrentadas por todos os participantes, com sensação térmica chegando a 46°C, foram a conectividade à internet limitada ou ausente nos municípios e a quantidade insuficiente de profissionais da área para cobrir o grande número de atividades paralelas desenvolvidas diariamente. A dimensão da Expedição Científica hoje exige uma equipe de assessoria de comunicação própria, a fim de garantir uma cobertura jornalística ampla, eficiente e eficaz e o atendimento a contento da imprensa em geral, seja para prestar esclarecimentos, sugerir pautas ou enviar material audiovisual.

Entretanto, com os recursos financeiros e humanos disponíveis, podemos considerar que a comunicação realizada durante a 4ª Expedição foi bem-sucedida, tendo como referência a repercussão local, nacional e internacional, por meio dos portais da Ufal e da Associação Nacional dos Dirigentes de Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes); das dezenas de *sites* de notícias, jornais impressos e revistas, a exemplo da *Revista Travessia*, do CBHSF, e da *Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência* (SBPC); de telejornais locais e nacionais, como o *Jornal Hoje*, o *Jornal Nacional* e o *Hora 1*, da TV Globo; e através do convite para participação na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), promovida pelo MCTI em dezembro de 2021.

A Aventura Produções, produtora premiada internacionalmente, também acompanhou integralmente a 4ª Expedição e lançará, em breve, um documentário sobre o Rio São Francisco, conferindo ainda mais credibilidade e ampliando o alcance do programa.

REFERÊNCIAS

BURNS, T.W.; O’CONNOR, D.J.; STOCKLMAYER, S.M. Science communication: a contemporary definition. **Public Understanding of Science**, v.12, n.2, p.183-202, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>. Acesso em: 01 abr. 2022.

INTERNET WORLD STATS. **World internet usage and population statistics**. 2021. Disponível em: www.internetworldstats.com. Acesso em: 01 abr. 2022.

MILLAR, R. Towards a science curriculum for public understanding. **School Science**, v.77, n.280, p.7-18, 1996.

MANOVICH, L. **Instagram and Contemporary Image**, 2017. Disponível em: <http://manovich.net/index.php/projects/instagram-and-contemporary-image>. Acesso em: 22 fev. 2022.

MARTIN, C.; MACDONALD, B.H. Using interpersonal communication strategies to encourage science conversations on social media. **PLoS ONE**, v.15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241972>. Acesso em: 22 fev. 2022.

NAZAR, E.; SIQUEIRA, N. **Memória e curadoria digital no Instagram: o contraste entre feed e stories**, p.463-482, 2018.



RECUERO, Raquel. **A Conversação em Rede**: a Comunicação Mediada pelo Computador e as Redes Sociais na Internet. Porto Alegre: Sulina, 2012.

SANTAELLA, Lucia. **A pós-verdade é verdadeira ou falsa?**. Barueri: Estação das Letras e Cores, 2018.

WE ARE SOCIAL E HOOTSUITE. **Digital 2021 July Global Statshot Report**, v.2, 2021. Disponível em: <https://www.slideshare.net/DataReportal/digital-2021-july-global-statshot-report-v02>. Acesso em: 10 abr. 2022.



SOBRE OS AUTORES

Abel Barbosa Lira Neto

Bacharel em Farmácia, Pós-Graduado em Saúde Coletiva, Mestre e Doutor em Ciências da Saúde. Atualmente, servidor técnico efetivo da UFAL e responsável técnico pelo Laboratório Molecular Clínico do Campus de Arapiraca - UFAL. Atua em inquéritos epidemiológicos direcionado a genética de populações associadas a doenças crônicas transmissíveis e não transmissíveis.

Alexandre Guimarães Vasconcellos

Biólogo, Mestre em Biofísica e Doutor em Biotecnologia Vegetal pela UFRJ. Fez Pós-Doutorado Sênior em Gestão da Inovação em Saúde na FIOCRUZ e na WIPO, Suíça. É Pesquisador em Propriedade Industrial e Professor da Pós-graduação da Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento do INPI, onde ministra as Disciplinas de Conhecimentos Tradicionais e Direitos Associados e Propriedade Intelectual em Biotecnologia. Lidera o Grupo de Pesquisa em Propriedade Intelectual em Biotecnologia e Saúde no INPI. É autor de diversas publicações na área de Propriedade Intelectual e já apresentou mais de 100 palestras no Brasil e no exterior sobre o tema.

Alexandre Oliveira

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES - 1994), mestre em Oceanografia Biológica (FURG-1999), doutor em Oceanografia Biológica (FURG - 2006) e Pós-Doutorado em Recuperação de Áreas de Manguezal (UFMA - 2019). Atualmente é professor Associado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL-Penedo) onde coordena o Laboratório de Pesquisas em Estuários e Manguezais (LAPEMI). Desenvolve atividades na área de Ecologia de Ecossistemas, com ênfase em Manguezal, Dinâmica de Populações, com ênfase em Crustáceos Decápodes (caranguejos e siris) e Ecotoxicologia.

Alfredo Borie Mojica

Biólogo Marinho (UNAB, Chile) e Engenheiro de Pesca (UFRPE). Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (UFAM) e Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (UFRPE). Experiência na conservação de tartarugas marinhas e genética de populações e nas áreas de aquicultura e recursos pesqueiros (peixes ornamentais, biologia reprodutiva e cultivo de peixes amazônicos). Trabalhou com monitoramento da atividade pesqueira artesanal e com o impacto das hidroelétricas no rio Madeira. Atualmente trabalha com ecologia acústica aquática, paisagem sonora e bioacústica de peixes marinhos e de água doce, utilizando o método acústico passivo como sistema de monitoramento.



Ana Karolina Lopes da Silva

Graduanda em Ciências Biológicas modalidade Licenciatura. Atualmente é estagiária do Laboratório de Ficologia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplâncton e taxonomia de microalgas.

Ana Paula de Almeida Portela da Silva

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2004), mestre em Biologia de Fungos (UFPE- 2007) e doutora em Ciências Biológicas (UFPE-2014). Atualmente, é professora adjunta da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), coordenada o Laboratório de Diversidade Microbiana (LABDIMI), desenvolve atividades na área de Microbiologia aplicada, com ênfase em Micologia. Tem interesse por fungos de importância agrônômica, controle biológico de pragas e Microbiologia ambiental



Anderson dos Santos

Doutorando em Engenharia Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com ênfase em Meteorologia e Sensoriamento Remoto. Mestre em Agricultura e Ambiente - Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Bacharel em Agronomia, pela mesma instituição. Tem experiência em agrometeorologia e ecofisiologia, com ênfase em radiação solar e controle de ambientes; mudança do uso do solo e desertificação, geoprocessamento e sensoriamento remoto; e impactos das ações antrópicas no meio ambiente.

Antônio Jackson Borges Lima

Ambientalista. Bancário aposentado do BNB. Palestrante e autor de vários artigos sobre meio ambiente. Foi Secretário de Meio Ambiente de Traipu e Diretor do sindicato dos bancários de Alagoas. É Fundador e Diretor do Museu Ambiental Casa do Velho Chico, em Traipu. Honrarias: Comendador das Águas - Governo de Alagoas; Título de Velho do Rio/AFBNB; Destaque ambiental/IMA; Título de Cidadão dos Municípios de Traipu/AL, Gararu/SE, Pão de Açúcar/AL e Cidadão Sergipano. Membro do CBHSF por três mandatos seguidos.

Carlos Alberto da Silva

Oceanógrafo, Mestre em Aquicultura, Doutor em Geoquímica Ambiental e pós-doutorados em Gestão/Impacto Ambiental e Piscicultura Marinha. Pesquisador nas áreas de Sistemas de Produção e Boas Práticas de Manejo em Aquicultura, Contaminação Ambiental e Piscicultura marinha. Tem experiência na piscicultura e carcinicultura em sistemas de viveiros e tanques-rede. Atua na Geoquímica com contaminação e biomagnificação de metais pesados na cadeia trófica.

Chaiane Assunção

Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal de Alagoas (Ufal- Penedo). Atualmente estagia no Lapem (Laboratório de pesquisas em Estuários e Manguezais) da Ufal Penedo. Atuando nas áreas de monitoramento de Ecossistemas Costeiros com ênfase em Estuários e manguezais e Volutariando com projetos de Educação Ambiental e recuperação das populações de meros na costa Brasileira.

Cristiane Castro

Odontóloga (UFBA). Especialista em Gestão de sistemas e serviços de saúde. Mestre em Saúde Coletiva e doutora em Saúde Pública, área de concentração Epidemiologia. Experiência na área de Epidemiologia e odontologia, com ênfase em Saúde Coletiva, atuando principalmente nas seguintes áreas: epidemiologia, saúde coletiva, bioestatística, políticas de saúde. Membro associado da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO). Trabalhou como dentista de equipe da Estratégia Saúde da Família em dois municípios, como coordenadora de saúde bucal da equipe de gestão municipal, como epidemiologista e como sanitaria na Diretoria de Atenção Básica e na Diretoria de Vigilância Epidemiológica da SESAB. Professora Adjunta da Universidade Federal de Alagoas e da Uninassau.



Daniela Ferreira de Oliveira

Acadêmica do curso de Odontologia pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Pesquisadora do programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC - UFAL) na área de Dentística e Materiais Dentários. Vinculada ao grupo de Pesquisa Biomateriais em Odontologia (UFAL). Bolsista do Programa de Educação pelo Trabalho para a Saúde (PET - Saúde) /interprofissionalidade (Ministério da Saúde). Monitora da disciplina de Endodontia de Laboratório (FOUFAL) em 2019. Integrante da Liga Acadêmica de Endodontia da FOUFAL.

Eduardo Lucena Amorim

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas-UFAL (2005), mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo-USP (2007) e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é professor Associado III dos cursos de Engenharias e pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). É professor dos programas de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento e do programa de pós-graduação de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da UFAL. Atualmente é coordenador do programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS/UFAL). Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2 do CNPQ. É membro do grupo de trabalho saneamento do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF). Tem experiência na área de Engenharia Hidráulica e Saneamento, com ênfase em Tratamento de Águas Residuárias.

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre em Biologia Animal e Doutora em Oceanografia. Docente associada III e vice-reitora da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência em Zoologia (biodiversidade e macrozooplâncton) e em Saúde Pública (parasitologia humana). Atualmente coordena a Unidade de Testagens no enfrentamento ao Sars-COV-2 – UFAL de Campus de Arapiraca.

Elica Amara Cecília Guedes

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestrado em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e Doutorado em Biotecnologia - RENORBIO, pela Universidade Estadual do Ceará, com área de concentração em Biotecnologia de Recursos Naturais. É professora de nível superior da Universidade Federal de Alagoas ministrando aulas para os cursos de biologia, farmácia, agronomia e zootecnia. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplâncton, algas marinhas bentônicas e bioprospecção de extratos de algas.

Emerson Carlos Soares

Engenheiro de Pesca, graduando em Biomedicina, especialização em Gestão de Recursos Pesqueiros, Mestre em Biologia de Água Doce, Doutor em Biotecnologia com ênfase em Aquicultura, Pós-Doutorado em Ciências Marinhas com ênfase em reprodução de peixes-Instituto Espanhol de Oceanografia/Espanha. Aperfeiçoamento em microparasitas na Universidade do Porto/Portugal. Estágio na Kentucky State University- USA em aquicultura. Finalista do prêmio Espírito Público na área de meio ambiente e premiado pela Revista Gente da Gente, como personalidade da pesquisa na área ambiental em 2022. Foi Vice-Coordenador do comitê científico de bacias hidrográficas do Nordeste/MAPA. Coordenador da força-tarefa de pesquisas do óleo nas praias em Alagoas. Coordenador Geral das Expedição do São Francisco. Coordenador do Programa de Biomonitoramento do rio São Francisco e do projeto de qualidade ambiental dos três rios da APA Costa do Corais. Professor Associado IV da graduação e do mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas.

Emerson Fonseca Oliveira Filho

Graduando em Agroecologia (bacharelado, UFAL). Produtor audiovisual de documentários. Atualmente está produzindo um documentário sobre a história da Agroecologia no Estado de Alagoas, envolvendo a Universidade Federal de Alagoas, IFAL Maragogi, EMATER, SEAGRI, CPT, MST, Instituto Terra Viva, PRONERA, Coopabacs, AAGRA, Associação Aroeira, Rede Mutum de Agroecologia e agricultores oriundos da agricultura familiar. Sob orientação do Professor Rafael Navas, trabalha com levantamentos de campo, sobre socioeconomia de comunidades e agricultura familiar.



Emilly Valentim de Souza

Graduanda em Zootecnia. Bolsista do programa pró-graduando da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Colaboradora PIBIC no laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA) sob orientação da Prof^a. Dr^a. Themis de Jesus da Silva. Tem experiência em microparasitologia da fauna aquática do Brasil e ecotoxicologia, com ênfase nas enzimas antioxidantes Catalase e Superóxido dismutase, peroxidação lipídica (Malondialdeído) e teste de micronúcleo.

Ester Milena dos Santos

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFS na linha de pesquisa em Planejamento e Gestão Ambiental com ênfase em Recursos Hídricos, apresenta graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFS. Apresenta alguns estudos e atuações nas seguintes temáticas: resíduos sólidos, licenciamento ambiental, geoprocessamento e modelagem ambiental.



Gilson Rambelli

Arqueólogo Subaquático; Professor Associado III do Departamento de Arqueologia da Universidade Federal de Sergipe - UFS; Bolsista de Produtividade do CNPq; Possui Graduação em História pela Universidade de São Paulo - USP (1991), Especialização em Arqueologia Subaquática na França (1992), Mestrado (1998) e Doutorado (2003) em Arqueologia pela Universidade de São Paulo - USP e Pós-Doutorado em Arqueologia Subaquática pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2004-2007); Professor dos Programas de Pós-graduação em Arqueologia (PROARQ-UFS) e Antropologia (PPGA - UFS); Coordenador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos (LAAA/UFS); Membro do Comitê Internacional para o Patrimônio Cultural Subaquático / Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICUCH / ICOMOS).

Hanna Francielle Barbosa Costa

Engenheira Civil - IFAL e especialização em Gerenciamento de Obras pela UNIBF, Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento pelo PPGRHS-UFAL na linha de pesquisa de qualidade ambiental aquática. Possui conhecimento nas análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos na água e análise de contaminantes por cromatografia gasosa (GC/MS) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Hortência Elucielly Pereira de Santana

Graduada em Química Industrial pela UFS e atual mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PROBIO - UFS). Possui experiência na área de tratamento de amostras e análise de metais tóxicos em pescados, tendo atuado como bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial na Embrapa Tabuleiros Costeiros (SE).

Iara Maria Melo Nascimento,

Graduanda em Comunicação Social - Jornalismo (UFAL). Atuou no Núcleo de Rede da TV Gazeta de Alagoas, afiliada da Rede Globo, com apuração jornalística e produção de reportagens. Atualmente, trabalha como analista de comunicação em uma Organização da Sociedade Civil (OSC), em Maceió. Trabalha com assessoria de imprensa e gestão de mídias sociais. Teve experiências também com assessoria de imprensa, no Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

João Inácio Soletti

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE/ PEQ (1990) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE/ PEQ (1997). Pós-Doutorado na University of British Columbia, em Vancouver, Canadá. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional, e na área de energia, atuando principalmente nos seguintes temas: biodiesel, tratamento de efluentes, otimização de processo, petróleo e separação petróleo-água. Professor Titular pela Universidade Federal de Alagoas, com defesa de Memorial ocorrido em 24 de julho de 2015. Bolsista CNPq de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT 2015, Nível 2.

**João Thiago Gomes de Farias**

Técnico em estradas. Atua na 5ª Superintendência da CODEVASF atuando nas áreas de levantamento topográfico, geoprocessamento, sensoriamento remoto e elaboração de projetos.

José Aldo Correia

Supervisor de imagens da TV Gazeta, afiliada da Rede Globo em Alagoas. Trabalha há 14 anos na empresa como repórter cinematográfico de rede e editor de imagem, com reportagens veiculadas em telejornais e programas locais e nacionais, como Jornal Nacional, Jornal Hoje e Hora 1. Com experiência internacional, é graduando em Marketing Digital (Uninassau), e já fez intercâmbio na Globo como camera cross do BBB 17.

José Amorim Neto

Jornalista com especialização em telejornalismo, radialista, roteirista e estudante de aviação. Também possui especialização em gestão de pessoas. Como jornalista atuou na rádio CBN no Recife com carreira de repórter de tv há 25 anos, sempre com afiliadas à rede Globo. Experiência em importantes coberturas relacionadas às secas e enchentes no Nordeste, e em assuntos diversos com mais de 1.200 participações em telejornais nacionais da rede Globo e Globo News. Foi diretor de jornalismo durante 7 anos em Teresina- PI e Caruaru-PE. Atualmente coordena o núcleo globo de jornalismo na Tv Gazeta- Maceió e com função de repórter em telejornais nacional. Cobre a expedição científica do rio São Francisco há 3 anos.

José Vieira Silva

Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Perito Criminal na área ambiental pela ANP/DPF. Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL - Campus Arapiraca), nas áreas de Ecofisiologia Vegetal e Agrometeorologia. Estuda e pesquisa na área de ecofisiologia de plantas cultivadas e nativas sob condições de estresses (hídrico e salino) e atua na recuperação de áreas degradadas e educação ambiental. É Pesquisador e Coordenador do Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD) do Baixo São Francisco – UFAL.

Jucilene Cavali

Mestre e Doutora em Zootecnia (UFV). Professora Associada da Universidade Federal de Rondônia. Atua como docente nos cursos de Engenharia de Pesca e Zootecnia. Laboratório de Ciência da Carne – LCC/UNIR e Núcleo de Estudos de Espécies de Peixes Tropicais - NEPET. Pesquisadora/Orientadora no Programa de Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais da UNIR/Embrapa e no Programa de Doutorado em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental (PPGESPA/UFAC). Desenvolve pesquisas em Sistemas de produção sustentáveis de peixes nativos na Amazônia, área piscicultura 4.0 para a comercialização do pescado.



Julieta de Fátima Xavier da Silva

Engenheira de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura - UFRPE. Doutora em Ciências Biológicas - UFPE. Atua na área de tecnologia do pescado, com ênfase em enzimologia aplicada a organismos aquáticos, aproveitamento integral do pescado; e inspeção do pescado. Atualmente é Professora Adjunta do Curso de Engenharia de Pesca da UFAL – Penedo, lecionando as disciplinas de: Tecnologia e Inspeção do Pescado, Beneficiamento e Industrialização do Pescado, Microbiologia Geral e do Pescado, e Instalações Pesqueiras e Engenharia Sanitária.

Karol Firemam de Farias

Bacharel em Enfermagem, Mestre em Ciências da Saúde e Doutora em Biotecnologia em Saúde. Docente Adjunta II e coordenadora do Laboratório Molecular Clínico. Tem experiência em revisões patentárias, saúde do trabalhador rural, câncer de colo do útero, infecções sexualmente transmissíveis, comorbidades psiquiátricas, biomarcadores imunológicos e genéticos. Atualmente atua na Unidade de Testagem no enfrentamento ao Sars-CoV-2 do Campus de Arapiraca.

Lívia Maria Alves Lino Acioly de Carvalho

Engenheira ambiental e sanitarista, atualmente presidente do Comitê de bacia hidrográfica do Rio Piauí e superintendente de meio ambiente do Município de Arapiraca.

Lucas Cruz Fonseca

Química Bacharel pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Tecnólogo em Gestão Ambiental e Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Universidade Estácio de Sergipe. Experiência em Química Analítica Ambiental, Recursos Hídricos e em Coleta e Preservação de amostra de água e sedimentos. Atualmente trabalhando no monitoramento de qualidade da água dos mananciais superficiais e reservatórios do estado de Sergipe, no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS).

Lucas de Oliveira Arruda

Graduando de Zootecnia. Bolsista do programa pró-graduando da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente faz parte da equipe de estudantes do Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA). Tem experiência em microparasitologia da fauna aquática do Brasil e ecotoxicologia.

Ludmylla Wolpert

Graduanda em Engenharia de Pesca (UFAL-Penedo). Atualmente estagia no LAPEM (Laboratório de Pesquisas em Estuários e Manguezais) da UFAL Penedo. Atua na área de Monitoramento de Ecossistemas Costeiros, com ênfase em Manguezais.

Luís Felipe Freire Dantas Santos

Doutor em Arqueologia pelo Programa de Pós-graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Sergipe (2020) e Mestre em Arqueologia pelo Programa de Pós-graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Sergipe (2013). Possui graduação em História pela Universidade Tiradentes (2009). Especialista em Cinema e Linguagem Audiovisual pela Universidade Estácio de Sá (2021). Pesquisador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe. Diretor de Projetos da Contextos Arqueologia. Possui experiência com diagnóstico, levantamento, resgate e monitoramento de sítios arqueológicos em áreas emersas e submersas, bem como com a coordenação de atividades de requalificação de acervos arqueológicos.

Manoel Messias da Silva Costa

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Alagoas (2003). Mestrado (2008) e Doutorado (2015) em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia, Sistemática e Ecologia de micro e macroalgas. Professor de nível médio (Estado de Alagoas e Instituto Federal de Alagoas/IFAL), e superior (Faculdade Regional Brasileira/UNIRB e Instituto Federal de Alagoas/IFAL) e Professor Formador I (Bolsista CAPES) de Ensino a Distância da Universidade Aberta do Brasil (UAB).



Maráisa Bezerra de Jesus Feitosa

Bióloga, lotada no Laboratório de Aquicultura e Análise de Água/CECA/UFAL. Mestre e Doutora em Ciências da Saúde pela UFS. Atua na área de biofísica cardiovascular e biologia do estresse oxidativo e hoje investiga a interação de poluentes e compostos abióticos na modulação das espécies oxidativas e sistema enzimáticos nos diversos tecidos de peixes.

Marco Yves de Aguiar Vitório Praxedes

Engenheiro de Pesca pela Universidade Federal de Alagoas. Marinheiro fluvial de convés. Tem experiência em ecologia e diversidade de ecossistemas aquáticos continentais; em larvicultura e cultivo de crustáceos decápodos, com ênfase em camarões de água doce; em hidrologia e em biologia reprodutiva de peixes.

Marcus Aurélio Soares Cruz

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Pesquisador em Manejo de Bacias Hidrográficas na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, Sergipe. Tem experiência em Hidrologia, Modelagem hidrológica, Impactos Ambientais e Geotecnologias.

Milena Dutra da Silva

Doutora em Geografia, Mestre em Botânica e Licenciada em Ciências Biológicas. É professora adjunta da Universidade Federal da Paraíba, Curso de Ecologia, e se dedica aos estudos integrados do meio ambiente, com especial atenção aos remanescentes florestais, utilizando saberes em Botânica, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Ecologia da Paisagem.

Maria Mônica de França Aquino

Graduanda em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), estagiária do laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG). Tem experiência na área de Análise do Uso e Cobertura do Solo e Ecologia da Paisagem. Pesquisadora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) no ano de 2017-2018 e 2018-2019, Pesquisadora do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC) no ano de 2019-2020. Monitora da disciplina de Sensoriamento Remoto e SIG em 2019 e no ano atual 2022.

Mozart Daltro Bispo

Técnico em Eletrônica Industrial pelo SENAI, graduado em Engenharia e Tecnologia de Petróleo e Gás, mestre e doutor em Biotecnologia Industrial. Experiência na área Química, com ênfase em Química Analítica. Trabalho com análises cromatográficas enfatizando a cromatografia gasosa (GC/FID, GC/MS e GCxGC/qMS) e líquida (HPLC/DAD/MS). Atuo em projetos voltada a técnicas de extração (LLE, SPME), termoquímicas (pirólise) e análises cromatografias (combustíveis, biocombustíveis, óleos essenciais e outros). Atualmente pesquisador pós-doc. do programa de Engenharia Química – UFAL, colaborando no monitoramento dos pesticidas e compostos tóxicos no baixo do rio São Francisco.



Nadjacleia Vilar Almeida

Doutora em Geografia pela UFF (2012) com área de concentração em Ordenamento Territorial Ambiental, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2006) e graduada em Geografia (Bacharelado e Licenciatura), ambos pela UFPB (2002/2003). Atualmente é professora adjunta do curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba (Campus IV-CCAE), coordenadora do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG/CCAE/UFPB) e do grupo de pesquisa Estudos Geoambientais. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: geotecnologias com ênfase no sensoriamento remoto e geoprocessamento, diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas, expansão urbana, ecologia de paisagem e ordenamento e planejamento ambiental.

Paulo Bava de Camargo

Professor adjunto do magistério público superior, no Departamento de Arqueologia (DARQ) e no Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (PROARQ) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) desde 2013. Estágio de pós-doutorado na área de Arqueologia (2014), no Departamento de História do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutor em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE), da Universidade de São Paulo (USP), em 2009. Mestre em Ciências (2002), área de concentração em Arqueologia, no MAE-USP, então subordinado à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH). Bacharelado em Ciências Sociais pela FFLCH-USP (1998). Experiência em Arqueologia, nas disciplinas de Arqueologia marítima, portuária, subaquática, náutica/ naval, de ambientes aquáticos, histórica, urbana, industrial, mediterrânea e em Arqueologia preventiva. Membro da Sociedade de Arqueologia Brasileira (SAB) e da European Association of Archaeologists (EAA).

Petrônio Alves Coelho Filho

Bacharel em Ciências Biológicas (UFRPE), especialista em ecossistemas aquáticos (UFPE), Mestre em oceanografia (UFPE) e Doutor em oceanografia biológica (USP). Possui experiência em estudos da diversidade, conservação e ecologia de ecossistemas aquáticos, com ênfase nos estudos dos crustáceos decápodos. Professor do curso de graduação em Engenharia de Pesca da UFAL e dos Programas de Pós-graduação em Diversidade e Conservação (mestrado) e em Gestão Ambiental (especialização) da UFAL.

Priscylla Costa Dantas

Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre e Doutora em Entomologia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras e Especialização em Educação Ambiental (com ênfase em espaços educadores sustentáveis) pela Universidade Federal de Sergipe. Pós-doutorado na modalidade Desenvolvimento Científico Regional (DCR-Fapeal) pela Universidade Federal de Alagoas. Atualmente Professora substituta do Centro de Ciências Agrárias (CECA-UFAL) e atua como pesquisadora no Laboratório de Aquicultura e Análise de água (LAQUA) na área de técnicas histológicas e histoquímicas de peixes.



Ricardo Araújo Ferreira Junior

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia (Produção vegetal) e Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura). Professor efetivo da UFAL. Ministra as disciplinas relacionadas à Agrometeorologia e Energia de Biomassa. Tem experiência na área de Agrometeorologia atuando principalmente nos seguintes temas: medidas e modelagens agrometeorológicas e radiométricas, Modelagem do Crescimento e Desenvolvimento Vegetal.

Rychardson Rocha de Araújo

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Alagoas, Mestre e Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Seminário - RN. Professor efetivo da Universidade Federal de Sergipe. Ministra as disciplinas de Topografia Aplicada às Ciências Agrárias, Produção e Manejo de Cana-de-açúcar e Técnicas de Produção e Manejo de Culturas Agrícolas. Tem experiência nas áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e agricultura atuando nas seguintes linhas de pesquisa: geoprocessamento, topografia, produção vegetal e agricultura de precisão.

Rose Mary Ferreira Pereira Gomes

Bacharel em Jornalismo (UFAL), especialista em Mídias na Educação, pelo Centro de Educação (CEDU/UFAL) e mestre em Multimídia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal. Servidora da Assessoria de Comunicação (ASCOM) da UFAL, desde 2008, tem ampla experiência em comunicação institucional, divulgação científica e redes sociais. Também possui experiência em revisão textual, edição e assessoria de comunicação de grandes eventos, como Bienais Internacionais do Livro de Alagoas, Congressos Acadêmicos Integrados de Inovação e Tecnologia (CAIITE) e a 70ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

Sandra Helena Vieira de Carvalho

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (1985), mestrado (1990) e doutorado (1998), em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ/COPPE/ PEQ. Pós-Doutorado na University of British Columbia, em Vancouver (UBC), Canadá. Trabalhou por cinco anos em indústrias químicas, como engenheira de projeto e de processo. Professora da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), tendo aposentado como Professor Titular em 2017. Professora visitante, concursada pela UFAL, 2018 a 2020; e, professora voluntária da UFAL a partir de 2020. Tem experiência na área de energia, atuando, principalmente, nos seguintes temas: biodiesel, dessalinização solar, gaseificação, bioóleo e biocarvão. Bolsista de Produtividade e Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq- DT 2, Nível 2.

Tatiane Luciano Balliano

Graduação em Química, mestrado em físico-química e doutorado em física aplicada. Desenvolve projetos na área de desenvolvimento tecnológico a partir de produtos naturais, na área de inovação e transferência de tecnologia e empreendedorismo inovador. Na expedição nosso projeto está voltado para obtenção de extratos de plantas das matas ciliares do Rio São Francisco



Themis de Jesus da Silva

Licenciada em Ciências Biológicas (UFAM), Mestre em Genética e Evolução (UFSCar) e Doutora em Biotecnologia (UFAM). Atualmente Professora da UFAL, com experiência na área de genética (genética molecular e genotoxicidade) e microparasitologia da fauna aquática do Brasil.

Ubiratan Piovezan

Zootecnista pela UNESP de Jaboticabal em 1995. Participou do Programa PET/CAPEs. Mestre em Zootecnia pelo programa de Pós graduação em Genética e Melhoramento Animal da UNESP, em 1998. Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília - UnB, em 2004. Pesquisador da Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desde 2002, possui experiência nas áreas de conservação e uso de animais; ecologia aplicada; manejo, comportamento e bem estar animal; além de possuir experiência no campo das relações internacionais, sobre o tema Agricultura. Atual supervisor do Núcleo de Apoio à Programação da área de PD&I - NAP, também atua como secretário executivo do Comitê Local de Publicações - CLP e como vice-coordenador da CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Membro de grupo de especialistas da IUCN desde 2009 - DSG/SSC/IUCN.

Vanildo Souza de Oliveira

Engenheiro de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE, 1985), Mestre e Doutor em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco. Especialização em Ciências Pesqueiras no Japão e Pesca de Profundidade na Coreia do Sul. Atualmente é Professor Associado da UFRPE. Foi consultor da FAO na África e assessor técnico do CONAMA. Trabalhos realizados com recursos e produção pesqueira, pesca artesanal e industrial, métodos sustentáveis de pesca.

Vivian Costa Vasconcelos

Engenheira de Pesca com Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas (2016/ PPGZ- 2019). Atualmente é colaborador/ pesquisador do Laboratório de Aquicultura e Análises de Água (LAQUA/CECA/UFAL), realizando estudos de biomonitoramento nos rios do litoral norte de Alagoas, investigando a qualidade de água e seus efeitos contaminantes na saúde de peixes, principalmente na Apa Costa dos Corais de Alagoas e na região do Baixo São Francisco, com ênfase em estresse oxidativo, genotoxicidade, histologia, microparasitologia e análises físico/química e microbiológica de água

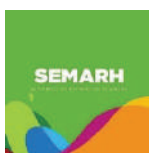


Este é o segundo volume de uma história que foi concretizada em 2018. As Expedições Científicas do São Francisco, hoje, são uma realidade no que diz respeito à conscientização ambiental e social. É um modelo de sucesso para implementar e atrair políticas públicas para a resolução de problemas no Baixo São Francisco. Este resultado é fruto de uma grande parceria visionária, que engloba, pesquisa, ensino, extensão e amor ao Velho Chico. A maior expedição científica do Brasil, veio para mostrar que a mudança de paradigmas depende de força de vontade, conhecimento e ações. O trabalho desenvolvido por cerca de 18 instituições, entre investidoras e parceiras, permitiu confeccionar o volume II desta obra, mesmo nos dois anos de pandemia (2020 e 2021), e mostrou que é possível realizar ações, em prol do povo ribeirinho, com responsabilidade e cuidado com o próximo. A Ciência não se curvou a um vírus e não se curvará aos desafios de mudar a realidade do Baixo São Francisco. O trabalho foi coordenado pela Universidade Federal de Alagoas (Ufal) e contou com a participação efetiva e investimentos de: CBHSF, MCTI, Embrapa (SE), Emater (AL), Fapeal, Codevasf, UFS, UFRPE, UFPB, ITPS, Semarh (AL), Unir, Pedreira Triunfo, Museu do Velho Chico e Inpi, além do apoio das prefeituras de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Propriá, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu. O conteúdo do livro contempla a participação de mais de 55 pesquisadores/as que estiveram presentes nas expedições e/ou colaboraram nas análises laboratoriais. Ao todo, são 23 capítulos estruturados por grandes áreas do conhecimento científico, de maneira que a organização da escrita técnico-científica possa facilitar a leitura e o entendimento por parte de todos/as os/as leitores/as. Viva o Velho Chico; viva as Expedições Científicas do São Francisco!

Patrocínio:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



ISBN 978-65-5624-107-4



9 786556 241074