



Iº EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO: RESGATE HISTÓRICO E RADIOGRAFIA ATUAL DO VELHO CHICO

EQUIPE PRINCIPAL:

Coordenação:

Prof. Dr. Emerson Carlos Soares – UFAL/CECA

Vice-coordenação:

Prof. Dr. Leonardo Viana Pereira – UFAL/IC

Pesquisadores:

Prof. Dr. José Vieira Silva – UFAL/Campus Arapiraca

Prof. Dra. Themis de Jesus da Silva – UFAL/CECA

Dr. Carlos Alberto da Silva – EMBRAPA/Tabuleiros Costeiros

Dr. Marcus Aurélio Soares Cruz - EMBRAPA/Tabuleiros Costeiros

Prof. Dr. Elton Lima Santos - UFAL/CECA

Dra. Misleni Ricarte Lima – UFAL/CECA

Mestranda Vivian Costa Vasconcelos –UFAL/CECA

Dr. Evaristo Pérez Rial- Instituto Español de Oceanografía-Centro de Vigo/Espanha
Profa. Dra. Jerusa Maria Oliveira – UFAL/ICBS
Prof. Dr. Gilberto Schwertner Filho – CTI-NE/IFCE
Prof. Dr. Rafael Navas – UFAL/CECA
Prof. Dr. Ricardo Araújo Ferreira Junior - UFAL/CECA
Doutorando Ticiano Almeida Oliveira – UFS-PRODEMA
Prof. Dr. Petrônio Alves Coelho Filho – UFAL/ Campus Arapiraca-unidade Penedo
Prof. Dr. Igor da Mata Oliveira – UFAL/ Campus Arapiraca-unidade Penedo
M.Sc. Renato Nunes Nascimento – UFAL/CECA
Eng. Remo Raulison de Oliveira – Robótica ambiental, CTI-NE

PESQUISADORES DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA:

Bolsista Guilherme Netter- UFAL/CECA
Bolsista Júlia de Souza Vieira – UFAL/ICBS
Bolsista Marco Yves de Aguiar – UFAL/Unidade Penedo
Bolsista Jhennipher da Silva Pereira – UFAL/Unidade Penedo
Bolsista Álex Fernando da Silva Santos- UFS/EMBRAPA
Bolsista Emily Valentim de Souza - UFAL/CECA
Bolsista Rivaldo Danilo dos Santos - UFAL/Unidade Penedo
Bolsista Teresa Reis Simões - UFAL/Unidade Penedo

PARCEIROS E APOIADORES:

CBHSF; FAPEAL; UFAL; EMBRAPA; EMATER; MCTI.



Maceió, 26 de junho de 2019.

INTRODUÇÃO

O Baixo São Francisco é uma das regiões mais conflitantes do Nordeste, devido localizar-se em ambiente árido, onde a água é a principal força motriz das comunidades rurais, assim fatores ligados a pesca e aquicultura, geração de energia elétrica, poluição oriunda dos esgotos das cidades, assoreamento, uso de agrotóxicos em culturas as margens do rio, desmatamento da vegetação marginal, avanço da cunha salina, alterações de vazão, endemismo de espécies, entre outras atividades, refletem diretamente na vida social, econômica e ambiental desta mesorregião.

Segundo Rodrigues (2014), o crescimento populacional e crescente urbanização, produz e libera no ambiente dezenas de milhares de compostos químicos. Dentre as áreas que apresentam maior risco ambiental, destaca-se o entorno dos cursos de água, por onde substâncias com potencial citotóxico são levadas para rios como o São Francisco aumentando a poluição devido rejeitos da agricultura, e/ou das cidades marginais a sua calha. Por outro lado, agrotóxicos quando aplicados sobre os campos de cultivo, atingem os corpos límnicos através da água da chuva, irrigação ou por percolação no solo, causando eutrofização e intoxicação para a comunidade aquática (Futon et al. 2001; Cincinelli et al. 2013).

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 predominaram com cerca de 58,37% do total, enquanto a classe agrícola, ocupa 15,77%. Quanto a vegetação nativa, a área corresponde a 10,96%, sendo dispersa por toda a área, em pequenos fragmentos e concentrada na bacia do rio Moxotó. 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 as suas consequências para a vida aquática.

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 Sobradinho, Itaparica e Xingó, cujas afluências foram reduzidas nos últimos anos, devido ao uso inadequado da terra, com redução da produção de água na bacia e aumento da erosão do solo, bem como sucessivos períodos de seca (CHESF, 2017). 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.

Associados a esta questão, 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). Para ser ter uma ideia, a vazão do rio São Francisco foi reduzida drasticamente nos últimos anos de 1.300 m³/s em 2012 para 550 m³/s em 2017 (Resolução ANA nº 1.291/2017), como efeito imediato foi detectado o aumento da salinidade na foz do São Francisco, onde Santana et al. (2017), observou concentração média de salinidade entre 0,17 a 28,87 ‰.

Existem várias consequências dessas reduções para o Baixo São Francisco, no entanto, 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 as 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; Gonçalves, 2016; Medeiros et al., 2016; Barbosa & Soares, 2017; Barbosa et al., 2018).

Esse cenário tem mostrado sinais de piora nos últimos anos, e pode ser acelerado à exploração excessiva de recursos naturais, como a remoção de mata ciliar em rios tributários e o baixo nível 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). A supressão da vegetação nas margens do rio contribui para o aumento do assoreamento e processos erosivos do solo, influenciando na diminuição de organismos, por serem importantes redutos de biodiversidade e indicador de preservação ambiental (Chabaribery et al., 2008; Morais Filho, 2014; Aparecido et al., 2016).

Já a atividade da pesca do baixo São Francisco, tem acompanhado as mudanças no regime hidrológico do rio e devido as alterações causadas pelas barragens e hidroelétricas, estas contribuíram para a redução das áreas de captura e destruição de habitats como as lagoas marginais, consideradas berçários de muitas espécies aquáticas, que conjuntamente com métodos de capturas não permitidos, vem ocasionando o declínio da biodiversidade de organismos aquáticos (Lourenço, 2016).

Dados do início da década de 2010, indicavam a curimatã pacu *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae) e o piau *Leporinus obtusidens* (Anostomidae, Characiformes) como espécies mais abundantes (Barbosa e 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).

Tratando-se de outras atividades agropecuárias na região, 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 da região (Cunha, 2015). Contudo, a rizicultura, vem sendo substituída gradativamente nos últimos anos pela carcinicultura, utilizando os mesmos viveiros antes usados no cultivo de arroz, com pequenas obras de adequação, reforço dos taludes e adequação das comportas de abastecimento d'água (Barbosa et al., 2018).

A maioria das pessoas tem uma imagem da vida rural associada a um ambiente tranquilo, harmonioso e saudável. O isolamento, os problemas financeiros, as condições climáticas, a falta de cuidados com a saúde e a insegurança são fatores que podem ter contribuído para a mudança dessa imagem (Poletto, 2009). Os transtornos mentais, neurológicos e por uso de substâncias são responsáveis por 14% da carga global de doenças, sendo que 75% da carga global de doenças neuropsiquiátricas advém de países de baixa renda (OMS, 2008).

Os TMCs é uma terminologia utilizada para a caracterização de quadros sintomáticos não psicóticos e sem patologia orgânica associada. Embora não preencham os critérios formais para diagnóstico de depressão e/ou ansiedade, reúnem sintomas depressivos e psicossomáticos, tais como insônia, fadiga, dificuldade de concentração que, além de causarem intenso sofrimento psíquico, geram incapacidade funcional (Carlotto, Amazarray, Chinazzo, & Taborda, 2011).

Devido a todas modificações que vem acontecendo no Baixo São Francisco, foi realizada uma grande expedição de 8 dias em cinco pontos de coletas, com intuito de coletar, conhecer, quantificar, analisar e investigar possíveis condições econômicas, sociais e ambientais, quanto a aspectos de poluentes, e agrotóxicos, ictiofauna, limnologia (qualidade físico-química e microbiológica), dados econômicos e sociais das

comunidades de pescadores e de agricultores, desmatamento e assoreamento das margens, comercialização do pescado e intrusão salina, com a finalidade de retratar a situação atual desta mesorregião.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas nos municípios Alagoanos de Traipú, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, região do Baixo São Francisco, perfazendo um trajeto por hidrovia, de aproximadamente 140 km, no mês de outubro de 2018 (Figura 1).

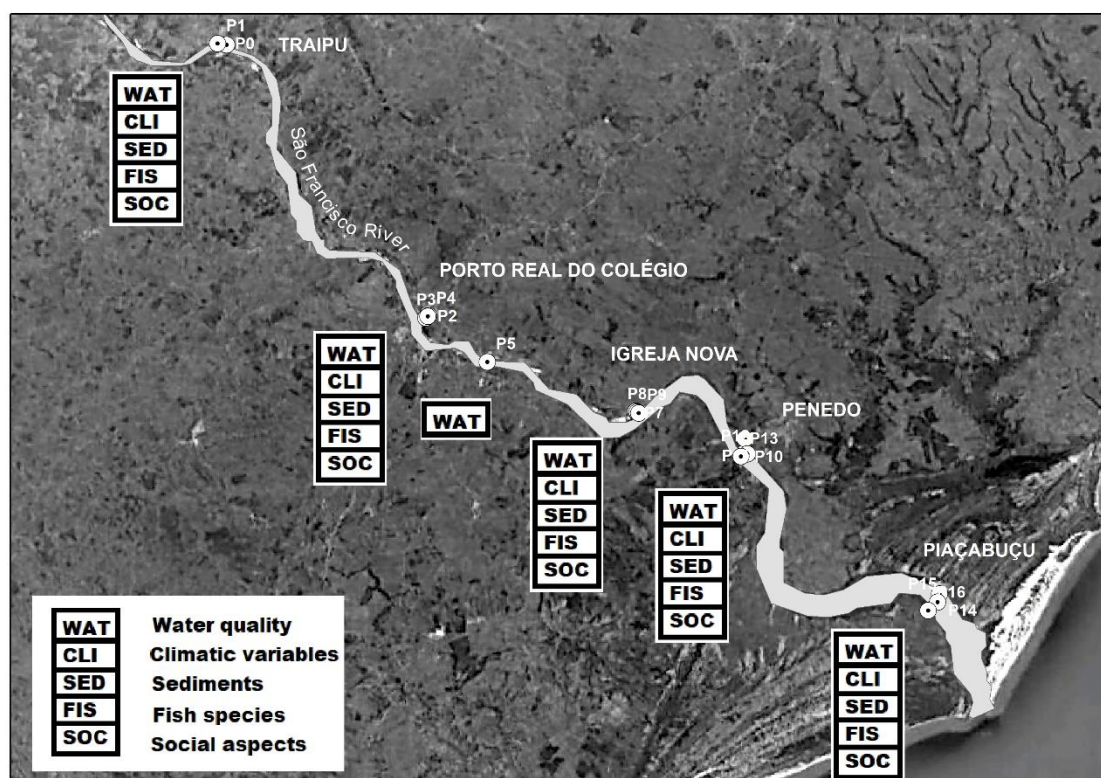


Figura 1. Locais percorridos e estações de coleta da I Expedição do Baixo São Francisco. WAT – Qualidade de água; CLI – Variáveis climáticas; SED- Sedimento; FIS – Coleta de peixes; SOC – Coleta de aspectos sociais

Aplicação de questionários, entrevistas e reuniões

Foram realizadas visitas as secretarias de meio-ambiente e de agricultura, associação de agricultores e colônia de pescadores de cada município alvo do estudo em conjunto com a EMATER- Alagoas onde foram definidos os grupos e contatos buscando relatar a experiência com agricultura, bem como os problemas e potencialidades existentes. Posteriormente, em reuniões conduzidas nas sedes destas secretarias e no próprio barco-laboratório da expedição, aplicaram-se questionários semiestruturados sobre aspectos de uso e ocupação do solo, educação ambiental, produção agropecuária, extensão rural, métodos de

captura e conservação do pescado, principais problemas enfrentados, conflitos, uso de agrotóxicos, etc. Em seguida, realizaram-se levantamentos in loco, através de registros fotográficos e visitas às margens e áreas ribeirinhas a calha do rio São Francisco.

O método de pesquisa etnoecológico considera que o conhecimento do homem sobre o ambiente sempre tem um efeito sobre seus atos. A sistematização buscou a análise metodológica quantitativa e qualitativa dos dados levantados, através das vivências de campo junto às comunidades pescadoras da região. Foram levantadas variáveis ambientais, econômicas e sociais dos grupos entrevistados, a fim de demonstrar a vulnerabilidade das comunidades/famílias em relação aos seus causadores de alterações. Também são descritas as formas de resiliência e organização social dos grupos acompanhados. Os dados foram coletados entre setembro e novembro de 2018.

Para o levantamento dos dados, foram realizadas conversas e atividades de diagnóstico rápido participativo, seguindo a proposta de Walliman (2015) e o monitoramento das informações seguiu a proposta de Franco (2004). Neste levantamento, foram abordados temas, divididos em três grandes eixos: Produtivo, Social/Educacional e Ambiental. Nestes, foram discutidos subtemas, levantados problemas, suas medidas de ordenamento e a indicação de órgãos e entidades responsáveis.

Ações de educação ambiental nas comunidades

Durante o período da expedição foram realizadas visitas nas escolas dos municípios/povoados ribeirinhos onde ocorreram as paradas para coletas de materiais, informações e aplicação de questionários. Foram visitadas as seguintes escolas: Escola Estadual Dona Santa Bulhões, em Porto Real do Colégio (AL); Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva, no Povoado Chinaré, em Igreja Nova (AL); Escola Municipal de Educação Básica Prof^o Douglas Apratto Tenório, em Penedo (AL); e Escola Estadual Correia Titara, em Piaçabuçu (AL).

O objetivo desta atividade foi conhecer a realidade local, o grau de conhecimento e envolvimento dos jovens com os problemas ambientais, além de questionar os alunos e professores das escolas sobre a situação de degradação atual do Rio São Francisco. Foram realizadas palestras com o intuito de informá-los sobre fatores de degradação do rio (tais como assoreamento, desmatamento da mata ciliar e poluição), bem como instruí-los acerca das possíveis soluções que podem ser realizadas individual ou coletivamente para superar tais problemas a curto, médio e longo prazo.

Coleta de sedimentos e amostras de solo

As coletas dos sedimentos e amostras de solos das margens e ilhas do baixo São Francisco foram realizadas de maneira aleatória, sendo que em cada parada (município) estabeleceu-se a coleta de cinco (5) amostras. Estas amostras foram coletadas nas duas margens (Alagoas e Sergipe) e três amostras do leito do rio (calha) e banco de sedimentos ou ilhas resultantes do assoreamento. A profundidade de coleta das amostras, nas margens e banco de sedimentos ou ilhas, foi de 20 cm, em média, conforme recomendado para análise física e de fertilidade de solos (Filizola, 2006). As amostras, com até 3 kg de sedimentos, foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas com a identificação do local (coordenadas geodésicas) e data de coleta

A análise granulométrica foi realizada no laboratório de Física do Solo, da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, através do processo de tamisação em agitador de peneiras, constituído de seis malhas distintas de retenção ($>2000\ \mu\text{m}$; $>600\ \mu\text{m}$; $>500\ \mu\text{m}$; $>425\ \mu\text{m}$; $>250\ \mu\text{m}$ e $>212\ \mu\text{m}$) e uma de passagem ($<212\ \mu\text{m}$), sendo esta última referente às frações silte + argila, e parte da fração areia fina com granulometria menor do que $212\ \mu\text{m}$. As imagens foram realizadas em lupa estereoscópica (40x) acoplada com sistema digital de captura de 5 MP.

Caracterização dos metais pesados no pescado

Imediatamente à captura, amostras de músculo dos pescados foram obtidas a bordo com a retirada de porções da musculatura da região latero-dorsal somando cerca de 30 g a 150 g dependendo do tamanho do peixe para análise de metais e, posteriormente, foram transportadas refrigeradas em caixas térmicas até o Laboratório de Estudos e Impactos Ambientais (LabEIA) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, SE. Os peixes foram identificados de acordo com Menezes e Figueiredo (1985) e Lessa e Nóbrega (2000).

Todo o material biológico foi acondicionado em recipientes plásticos previamente imersos em banho ácido de HNO_3 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água Mili-Q ($18\ \mu\Omega$), devidamente identificado e estocado em temperaturas abaixo de $-15\ ^\circ\text{C}$ em freezer até o momento da liofilização. Previamente a liofilização, as amostras foram estocadas em ultra freezer a $-80\ ^\circ\text{C}$ para acelerar esse processo. As amostras congeladas foram liofilizadas por 48 horas utilizando um liofilizador Liotop modelo L101, vácuo final de $3,7\ \mu\text{Hg}$ e posteriormente armazenadas em freezer a $-15\ ^\circ\text{C}$. Em seguida, foram trituradas em um processador doméstico para obter amostras homogêneas. Entre cada

trituração, o processador foi lavado com solução de ácido nítrico a 10% v/v e em seguida com água Mili-Q ($18 \mu\Omega$) para evitar contaminações cruzadas entre amostras.

No processo de digestão foi utilizado cerca de 0,40 g de músculo liofilizado pesado diretamente nos tubos de digestão e, em seguida, adicionado 10 mL de ácido nítrico (HNO_3) na concentração de 7 M e 2 mL de peróxido de hidrogênio 30% v/v (H_2O_2 , Merk, EMSURE®) conforme metodologia adaptada de Jarić et al. (2011). O ácido nítrico PA foi bidestilado em um purificador de ácidos Milestone modelo Duo-Pur Na digestão das amostras foi utilizado um micro-ondas Mars na potência de 1.500 W por 40 minutos. Em seguida, as amostras digeridas foram avolumadas para 15 mL com água Milli-Q Gehaka modelo Master All ($1,47 \mu\Omega \cdot \text{cm}$) e conservadas a 4°C até serem analisadas. A determinação quantitativa dos metais foi analisada por um espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, Thermo, Alemanha). Na validação do método analítico foi utilizado o material de referência certificado NIST- 1566b USA (tecido de peixe) com base nos valores de recuperação dos analitos.

Coleta de parâmetros físico-químicos e metais pesados na água

Foram selecionados dezesseis pontos para coleta de amostras de água de forma aleatória, buscando representar o comportamento médio das seções de medição do rio presentes em cada município na medida do possível. Assim, sempre se buscou realizar coletas próximas às duas margens e em um ponto intermediário, priorizando os horários de maré alta (Figura 1).

As amostras de água (cerca de 45 amostras) foram coletadas na superfície e fundo 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 da análise.

As análises dos cátions sódio (Na), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na água foram feitas com espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS), modelo Varian Spectr 55B AA no Laboratório de Estudos Ambientais (Labeia) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. As curvas de calibração foram preparadas com soluções padrões multielementares SpecSol®. Os parâmetros físico/químicos pH, temperatura da água, turbidez, condutividade elétrica, potencial de óxido-redução, totais de sólidos dissolvidos e salinidade foram medidos *in situ* por meio da utilização de uma

sonda multiparamétrica modelo Aquaread AP 2000. As análises de água também foram comprovadas por espectrofotômetro prove 100 (Merck) e fotômetro modelo HI 8333 (Hanna). As análises estatísticas dos dados foi realizada por meio do programa R e foram produzidos mapas utilizando o QGIS.

A avaliação da condição ambiental e de usos múltiplos das águas amostradas foi realizada por meio da comparação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005; pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde sobre padrões de potabilidade, e limites estabelecidos pelo documento da FAO relacionado ao uso para irrigação (Ayers & Westcot, 1994).

Coleta da ictiofauna

Os peixes foram capturados por dois pescadores em duas embarcações com motor de 5 Hp, com uso de malhadeiras com 100 metros e tarrafas de 6 metros, ambas de malha 30, 40 e 50 entre nós opostos, com faina diária de 6 horas. Os peixes capturados foram identificados, quando possível a 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, onde estão depositados em frascos de vidro com volume de 2 e 5 litros para montagem de coleção ictiológica da expedição.

Geoprocessamento e geração de banco de dados da expedição

A aquisição de dados, durante a expedição, seguiu sistemáticas variadas, a depender do tipo de informação que se desejava obter. Em cada um dos dezesseis locais de coleta de água foram obtidas as coordenadas geográficas a partir da utilização de GPS e mapas.

Através da utilização do SIG de uso livre Quantum GIS (QGIS), versão 2.18.21, foi possível gerar mapas de localização dos pontos de coleta de água geoespacializados no percurso da expedição ao longo do Baixo São Francisco. O mesmo produto pôde ser gerado para os pontos de coleta de peixe e sedimento.

Nos mesmos locais onde houve as coletas de água, realizou-se a análise em tempo real dos principais parâmetros de qualidade de água através de sonda multiparâmetros portátil, o que permitiu o acompanhamento imediato dos padrões observados, possibilitando a identificação prévia de possíveis locais de contaminação, de aumento de salinidade, variação de temperatura e pH, turbidez entre outros. A organização dessas

análises em tabelas permitiu a geração de gráficos de variação de cada parâmetro ao longo da região do Baixo São Francisco.

Doenças e transtornos mentais dos ribeirinhos e agricultores

Trata-se de um estudo epidemiológico quantitativo descritivo transversal. A amostra foi constituída por trabalhadores de agricultura familiar residentes em Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piacabuçu.

Para a coleta de dados referentes aos problemas de saúde mental, foi utilizado o questionário com variáveis sociodemográficas e o questionário de identificação de distúrbios psiquiátricos em nível de atenção primária Self Report Questionnaire (SRQ-20). O SRQ foi desenvolvido por Harding et al. (1980) e validado no Brasil por Mari e Willians (1986). É composto por 20 questões elaboradas para detecção de distúrbios “neuróticos”, chamados atualmente de TMC. Os escores obtidos sinalizam a probabilidade de presença de TMC ou desconforto emocional, variando de 0 (nenhuma probabilidade) a 20 (extrema probabilidade). Não inclui questões sobre sintomas psicóticos nem sobre o consumo de álcool e outras drogas. Nessa pesquisa, foi adotado o ponto de corte de 07 ou mais respostas positivas como indicativo de TMC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados levantados sobre agricultura e pesca, por questões logísticas foram aplicados nas regiões e comunidades que envolvem nos municípios de Porto Real do Colégio, Igreja Nova e Piaçabuçu, totalizando cerca de 150 entrevistas.

Agricultura

Na região de Porto Real do Colégio considerado um município de baixo IDH e com economia dependente exclusivamente de atividades agropecuárias (IBGE, 2019), a expedição atuou na área que compreende o distrito irrigado de Itiúba. A área possui 894 hectares divididos em 227 lotes irrigados de pequenos agricultores familiares. A principal atividade econômica detectada foi a rizicultura por inundação, por outro lado, a CODEVASF (2019), afirma que cerca de 20% de suas terras são ocupadas com a produção de peixes e cana de açúcar.

A rizicultura utiliza os canais de irrigação utilizando as águas do rio São Francisco e administrados pela CODEVASF, com colheitas sazonais de (4 em 4 meses). A produção intensiva, exige grande quantidade de insumos, tanto para recompor nutrientes do solo, quanto para combater pragas e plantas indesejadas. O uso de agrotóxicos é frequente, pois

há necessidade de uso de fungicidas, inseticidas, raticidas, herbicidas, além dos fertilizantes químicos e ureia, fertilizante nitrogenado altamente solúvel.

Como o sistema de cultivo se dá por inundação, um fator preocupante pode ser os resíduos desses agrotóxicos, muitas vezes aplicados em mistura (de nível de toxicidade e risco ambiental altos) e podem ter estes contaminantes devolvidos aos canais de irrigação e conseqüentemente a calha do rio. Além do dano ambiental, a baixa fiscalização e pouca assistência técnica na região, contribuem para o uso descontrolado desses produtos. Em um sistema de cultivo intensivo, o uso dos tratamentos convencionais provoca uma perturbação na fisiologia das plantas, trazendo em conseqüência, desequilíbrio, transformando em parasitas, seres, que, antes, mantinham um convívio harmônico com as plantas, são as chamadas, doenças iatrogênicas (Chaboussou, 2006). Além desse ciclo “vicioso” do uso excessivo de insumos com riscos de contaminação ao solo e ao ambiente, há também o risco de contaminação dos agricultores, pois normalmente não fazem uso dos equipamentos de proteção necessários à aplicação de agroquímicos.

Um dos maiores problemas com pragas que esses agricultores têm enfrentado, provavelmente pelo desequilíbrio do uso de insumos químicos e o predomínio da monocultura, agravados pelo alta nível de desflorestamento das margens dos cursos d'água da região, são ratos e pássaros, que provavelmente por não encontrarem na região outras fontes de alimentos e abrigo, utilizam as extensas plantações de arroz como moradia e fonte de alimento, causando prejuízos aos agricultores. Esse fato pode também ser agravado pela redução dos inimigos naturais desses dois organismos, aumentando sua população.

Outro grande problema relatado é o aparecimento do arroz-preto, uma gramínea com morfologia parecida com o arroz produzido comercialmente e considerado uma invasora e que reduz a qualidade do produto final. Todos esses problemas são minimizados, de acordo com os entrevistados, com o uso dos agrotóxicos.

Um fator a ser trabalhado na região corresponde a permanência dos jovens no meio rural. Itiúba possui muitos jovens que migraram para os grandes centros, em busca de estudo ou qualidade de vida diferente das condições encontradas no meio rural por suas famílias, ao qual grande parte da população rural possui renda inferior a dois salários mínimos.

Igreja Nova corresponde a 18ª economia do estado de Alagoas, apresentando IDH de 0,568. O município possui uma agricultura diversificada. Sendo o polo do Distrito de Irrigação de Boacica, fundado em 1984, pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales

do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) que ocupa 2.762 ha, o distrito é grande produtor de arroz (38%), mas o principal produto agrícola do distrito é a banana (59%) e tendo a cana de açúcar com 3% da produção (CODEVASF, 2019).

113 moradores e agricultores são associados da ASMOCAN, produzindo frutas, verduras e hortaliças em sistema agroecológico, além da criação de gado leiteiro, a existência da agricultura e pecuária em conjunto permitem o aproveitamento do esterco para a adubação dos cultivos vegetais. A comercialização desses alimentos envolve cerca de 30 produtores sendo realizada pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), em feiras e mercadinhos de cidades vizinhas, sendo relatada como uma conquista e orgulho para o grupo, pois permite a oferta de alimentos saudáveis, cultivados com manejo agroecológico, na alimentação das crianças em escolas.

De acordo com os agricultores, o sistema de irrigação proveniente do rio Boacica, grande fornecedor de água na área de Igreja Nova, foi prejudicado pelos altos índices de nitrato em sua composição, acarretando danos a irrigação das culturas existentes, o que favoreceu a captação das águas do rio São Francisco para irrigação do plantio de pequenas unidades familiares.

Paralelamente, há casos de agricultores que se dedicam ao cultivo de cana-de-açúcar, favorecidos pelo incentivo e contratos com usinas sucroalcooleiras, porém com a crise do setor nos últimos 10 anos, os pagamentos vêm ocorrendo com atrasos e de forma descontinuada, sendo pagos sempre em anos subsequentes ou relativos a última safra, o que tem causado prejuízos financeiros e sociais, pois são pequenos agricultores que dependem dos ganhos da terra para sua manutenção. Adicionalmente, o sistema de cultivo adotado para essa cultura é baseado no pacote tecnológico da Revolução Verde, altamente dependente da utilização de adubos solúveis e agroquímicos. Outro fator relatado entre os agricultores foi a redução da vegetação nativa nas margens do rio São Francisco, que deram lugar ao cultivo de cana-de-açúcar durante o auge do ciclo econômico dessa cultura e à introdução de pastagens para criação animal, o que tem contribuído para o cenário de degradação ambiental da região.

Na microrregião de Penedo, a cidade de Piaçabuçu próximo a foz do rio São Francisco, tem sua economia amparada no turismo, atividades pesqueiras e serviços. A agricultura tem baixa representatividade na economia do município e tem enfrentado nos últimos anos, graves problemas devido ao aumento da salinidade da água. Mesmo a agricultura não apresentando importância econômica, a atividade tem grau secundário

para a economia familiar, em especial na produção de autoconsumo, contribuindo para a segurança alimentar das famílias, incluindo pescadores artesanais.

Em Piaçabuçu, o nível de salinidade do rio São Francisco aumentou significativamente nos últimos 10 anos, dificultando a agricultura nessa região. Mesmo nesse cenário, ainda existem cultivos de arroz adaptados a esse problema do avanço do mar e da cunha salina sobre as águas do rio. Nessas adaptações incluem-se o uso de pequenas lagoas, com água captada a partir dos níveis das marés “mortas”- período em que o mar permanece com menos variações de altura é que se é possível captar a água do rio São Francisco, reduzindo a captação do ambiente com maiores níveis de salinidade. Todo o processo hídrico é realizado por bombeamento e transferido para essas lagoas, onde permanece por um período de tempo antes de inundar as plantações de arroz.

Quanto as variedades da rizicultura na região, o arroz branco, divide espaço de cultivo com o arroz vermelho, rico em antioxidantes, minerais e fibras, e, o arroz preto, rico em ferro e antocianinas.

Com relação ao manejo, o uso dos fertilizantes sintéticos e altamente solúveis é menos comum nessa região, visto que, com os problemas de alta salinidade do rio São Francisco, as áreas de plantio vêm diminuindo ao longo dos anos, bem como a época de plantio, pois uma alternativa encontrada foi a realização da cultura no período de maio a junho, onde dependem menos das águas do rio. Nos períodos de entressafra, uma alternativa para as áreas foi a utilização da criação de gado para manter os locais com menos plantas espontâneas e contribuir para melhorar a fertilidade da área para a próxima safra, com uso dos dejetos. Porém o uso de agrotóxicos ainda é comum, assim como as pragas relatadas em outras produções ribeirinhas de arroz, com destaque para as aves, agora consideradas um problema econômico, com ataque de pombos na época do plantio e de espécies de passeriformes durante a maturação dos grãos.

Ictiofauna e pesca

Durante a expedição foram coletados cerca de 100 exemplares de peixes apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1. Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco

Ordem	Família	Espécie	n	Nome comum
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	8	Traíra - N
	Serrasalminidae	<i>Myleus micans</i>	9	Pacu-prata - N

		<i>Pygocentrus piraya</i>	5	Piranha-preta - N
		<i>Serrasalmus brandtii</i>	11	Pirambeba - N
	Anostomidae	<i>Leporinus obtusidens</i>	4	Piava - N
		<i>Schizodon knerii</i>	3	Piau-de-vara - N
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	1	Curimatã-pacu - N
Siluriformes	Ariidae	<i>Bagre marinus</i>	10	Bagre-do-mar - M
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	8	Robalo - M
		<i>Centropomus undecimalis</i>	2	Robalo-flecha - M
	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	11	Xáreu - M
	Gerreidae	<i>Eugerres brasiliensis</i>	6	Carapeba - M
		<i>Archosargus probatocephalus</i>	8	Sargo-de-dente - M
	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	14	Tucunaré - I
		<i>Oreochromis niloticus</i>	10	Tilápia-do-nilo - I
	Eletridae	<i>Guavina guavina</i>	5	Amoreia - M
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	4	Baiacu-arara -M

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados

De acordo com estudos realizados por Barbosa & Soares, 2009 e Barbosa & Soares (2017), A ictiofauna da bacia do rio São Francisco é composta por 32 famílias, 110 gêneros e 241 espécies, pertencem a sete ordens: Clupeiformes, Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Cypriniformes, Sinbranchiformes e Perciformes. Na distribuição das famílias, gêneros e espécies, por ordem, destacam-se as ordens Characiformes com 13 famílias, 44 gêneros e 77 espécies e a ordem Siluriformes, com 10 famílias, 47 gêneros e 85 espécies, pela maior diversidade nestes táxons, demonstrando grande capacidade de dispersão e especiação desses grupos. Os mesmos autores concluíram que dentre as espécies nativas da bacia várias espécies apresentam importância na alimentação humana, por isso alvo de intensa pesca, se destacavam: curimatãs *Prochilodus spp.*, dourado *Salminus franciscanus*, mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, mandi-açu *Duopalatinus emarginatus*, piaus *Leporinus spp.* e *Schizodon knerii*, traíras *Hoplias spp.*, cascudo-preto *Rhinelepis aspera*, corvinas e piranha *Pygocentrus piraya*.

Dados obtidos nos estudos de Soares et al. (2011) na microrregião de Penedo, relataram predominância de 22 espécies em 2007, 18 espécies em 2008 e 17 espécies em 2009, das quais cerca de cinco representavam em média 80% da biomassa do pescado desembarcado, com a curimatã-pacu *Prochilodus argenteus*, espécie endêmica da Bacia, com percentual médio de 40,0%, seguido da família Anostomidae, tendo os piaus *Leporinus reinhardt* e *Leporinus 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.

Ao confrontarmos com os dados atuais obtidos pela expedição científica atual, percebe-se o empobrecimento de espécies nativas na composição das capturas com 17 espécies coletadas, constatando o desaparecimento das curimatãs-pacús, pilombetas e diminuição dos piaus, onde ocorreu prevalência da ordem Perciformes em detrimento dos Characiformes, outrora mais abundantes, e aumento de espécies eurihalinas e marinhas e exóticas com relação as nativas.

Quanto a atividade pesqueira no Baixo São Francisco, esta emprega embarcações de pequeno porte e construídas com madeira, com comprimento entre três e sete metros, sendo estas comuns nos municípios estudados e outras de maior porte (média de nove metros) no município de Piaçabuçu/AL. De acordo com Soares et al. (2011), cerca de 80% dos desembarques registrados foram realizados por canoas a vela ou a motor. As canoas são motorizadas com potência média de 2,5 a 5,0 hp, estas, frequentemente, possuem a vela como segunda opção de propulsão (Sampaio et al., 2015).

Dados apresentados pelos representantes dos pescadores no município de Porto Real Colégio informam que a Colônia de Pescadores Z 35 possuía, em 2017, 2100 associados. Devido a conflitos e disputas na Colônia, foi formada a Associação de Pescadores de Porto Real do Colégio, fundada em 1995, que conta hoje com cerca de 500 associados com forte atuação à garantia do seguro-defeso para seus associados.

A atividade pesqueira tem sido alternada entre peixes e à captura do siri, no qual a espécie representou grande volume de capturas nos últimos anos, motivada principalmente pela queda dos estoques pesqueiros, e conseqüentemente, das capturas, de curimatã-pacú – *Prochilodus argenteus*, uma das espécies outrora, mais abundantes no Baixo São Francisco e pilombeta - *Anchoviella sp.* (Soares et al., 2011) com último registro de captura ocorrido em 2012 na área do município. Os entrevistados relataram fortes indícios de pesca com uso de bombas e bolinhos de arroz embebidos em formol

(métodos proibidos em legislação ambiental), e que possivelmente aliado a outros fatores vem contribuindo com o declínio da atividade comprovada pelo desaparecimento de espécies como *Rhandia sp.* e *Pimelodella sp.* - mandi, *Oxidoras niger* - caboge, *Hipostomus sp.* e *Pimelodus spp.* -cascudo, *Anchoviella sp.* -pilombeta e *P. argenteus* – curimatã-pacú e com avanço da salinidade continente adentro, aumento das capturas do *Caranx latus* - xaréu, peixe predominantemente marinho/estuarino.

Nos relatos durante a expedição no município de Igreja Nova, os associados informaram que a colônia tem forte atuação na garantia do seguro-defeso e que dos seus 1.100 sócios ativos, 300 pescadores não tinham recebido o seguro-defeso em 2018, ocasionados em parte, pelas dificuldades de acesso ao sistema Prev Web, pertencentes ao INSS, possivelmente pela inconsistência no tipo de habitat de pescarias (por exemplo: pescarias em ambientes estuarinos e marinhos, entretanto os mesmos pescam no rio e em lagoas marginais). A exemplo do ocorrido nos estudos de Lima et al. (2010) e Soares et al (2011), há forte presença do atravessador na comercialização do pescado onde o preço pode variar de R\$ 10,00/kg na venda direta ao consumidor e por R\$ 5,00/kg ao atravessador, chamado na região de cambista. Os entrevistados relataram o sumiço de espécies na composição de capturas, a exemplo das curimatãs-pacús e piaus – *Leporinus sp.*

O município de Piaçabuçu é considerado o principal polo pesqueiro da região, devido a grandes índices de captura de camarão, tendo registros de mais de 242 toneladas deste recurso capturadas em 2018. Com 17.203 habitantes, e IDH de 0,57 (IBGE, 2019), o município não difere tanto dos demais da região, mas destaca-se pela pluriatividade pesqueira, sendo esta realizada nas águas do estuário e da costa, mobilizadas pela alteração da salinidade e diversidade de ambientes (salinos, estuarinos e dulciaquícolas).

Os dados levantados na região indicam quedas nas capturas da pilombeta, um dos recursos que chegou a representar cerca de 18% das capturas na mesorregião de Penedo equivalendo a terceira espécie mais capturada (Soares et al., 2011), praticamente desapareceu da região, e como possíveis causas, a pouca vazão do rio e elevados índices de contaminantes provenientes de esgotos das cidades podem ter contribuído para esta diminuição. Assim como observado nos outros municípios, os pescadores relataram queda nas capturas de curimatã-pacú e piaus, bem como do *Centropomus sp.* - robalo, e aumento nas capturas de *Calinectes sp.* - siris e *Megalops atlanticus* -camuripin.

Adicionalmente, os entrevistados relataram algumas modalidades de pescarias que prejudicam a ictiofauna e contribuem com a sobrepesca dos principais estoques, tais

como: pesca de batida, arrasto, arpão, rede de cerco ou lambuda (malha inferior a permitida pelos órgãos ambientais), além de competição com pescadores de outras regiões, implantação de cooperativa, necessidade de capacitação em mecânica e manutenção de motores e cuidados com o descarte adequado de óleo dos motores das embarcações de maior porte, exigindo para o sucesso da atividade, medidas protetivas de espécies com aumento da fiscalização. Ações para conter roubos, drogas e violência nas comunidades de pescadores e diminuição com atrasos no pagamento no seguro-defeso, foram citadas como empecilhos para a atividade de pesca em Piaçabuçu.

Há registros de atividades oficiais esporádicas de peixamento no rio, porém estas ações estão muito aquém do mínimo necessário para que se permita recompor a fauna piscosa do rio, bem como seu equilíbrio ambiental. Com o agravamento do assoreamento e redução da vazão do rio nos últimos anos, tem aumentado os problemas ambientais e, conseqüentemente, reduzido à disponibilidade de peixes, tanto em número quanto em relação à quantidade de espécies existentes e que povoam o rio.

A problemática ambiental na bacia do Rio São Francisco perpassa pela indissociabilidade entre as questões sociais e ambientais, ao constatar-se que a maior preocupação ambiental refere-se à regularização e fiscalização do seguro-defeso, enquanto a social refere-se à captura proibida de espécies de peixes. A exemplo do observado por Soares et al. (2011), a percepção da pesca artesanal no Baixo São Francisco está relacionada à baixa produtividade pesqueira, à captura (incidental ou não) de espécies cuja pesca está proibida ou controlada e às dificuldades de fiscalização e regulamentação do seguro defeso para os pescadores artesanais. Para Diegues (2001), a análise institucional local é uma ferramenta teórico-metodológica importante para se entender as relações entre usuários, a área manejada, e as regras de acesso e de uso.

O registro de conflitos socioambientais no Baixo São Francisco advém de relações com pecuaristas, na privatização das margens do rio e suas (poucas) lagoas marginais. Furtado (1993) afirma que “a territorialidade da pesca é um espaço construído e disputado por diversas outras categorias”. As disputas vão além dos estoques pesqueiros, uma vez que a água é o recurso abundante preterido. Os relatos dos próprios pescadores retratam os dois lados da atividade, seus problemas e potencialidades.

“O território da gente é todo o São Francisco, mas, estamos sendo impedidos de ter acesso à terra e a água. Existem muitas ameaças por parte dos latifundiários, fazendeiros e autoridades.

Ameaçam até com tiro, cercam todo o acesso às águas”.
(Anônimo, 2018).

Nesse sentido, as atividades que reduzem as áreas tradicionais das comunidades tradicionais e dificultam o acesso aos locais de trabalho, a citar a expansão urbana indiscriminada, a expansão das monoculturas, a destruição de ecossistemas importantes como o manguezal. A pesca artesanal praticada nestas águas, é a atividade que mais sofre danos, devido à série de barragens que o rio São Francisco possui em sua extensão ou a alteração do seu curso natural, que conseqüentemente geram uma mudança irreparável no ciclo reprodutivo de suas espécies de peixes, o que acarreta na redução dos estoques, afetando assim a atividade pesqueira.

Nas margens do rio São Francisco, a pesca em pequena escala sempre foi essencial para a segurança alimentar e a redução da pobreza de suas comunidades. “A maioria dos pescadores em pequena escala vivem em países em desenvolvimento e muitos deles vivem em comunidades caracterizadas pela pobreza e insegurança alimentar” (FAO, 2016). Merece destaque o relato de um novo conflito agrário decorrente da apropriação de ilhas formadas por bancos de areia, consequência do assoreamento e baixa vazão do rio. Estes novos territórios rapidamente são habitados pelo gado de produtores locais, e cercados, sendo conhecidos a partir de então por “ilhas de fulano”. Evidentemente estas ilhas tornam-se bons atrativos para populações de peixes, aumentando os pontos de pesca. Instala-se a disputa pelo território, uma vez que os extrativistas não estão autorizados a aportar nestas ilhas recém empossadas. Foram relatadas cercamentos das margens das ilhas e ameaças de morte por parte dos vigilantes.

Acserald (2004) afirma que “conflitos socioambientais colocam em questão a distribuição do poder sobre o território e seus recursos”, evidenciando ação e história produzidas pela ação coletiva. Logo, fatos sociais são construídos pelos próprios atores nas determinadas ações históricas e que as divisões do campo mudam, fugindo do determinismo rígido das posses de terra e criando novas configurações espaciais. As adaptações a estas novas configurações resultam em conflitos, que reafirmam e reconstroem as identidades e territorialidades específicas.

Às disputas territoriais, soma-se a qualidade das águas, com implicações sobre a gestão do ambiente aquático e conseqüentemente, dos estoques pesqueiros e das comunidades que fazem sua extração. Há indícios de contaminação das águas do Baixo

São Francisco por resíduos de agrotóxicos nas áreas de cultivo de arroz irrigado. O somatório dos impactos socioambientais afeta a produção pesqueira, ampliando as oscilações de produção e reduzindo o volume total. Além de diminuir a renda, aumenta a incerteza da obtenção de pescado. Para enfrentar esses problemas, comunidades pescadoras avançam na pluriatividade, atuando fora da pesca, mas afirmando-se enquanto comunidade, a fim de não perder benefícios sociais, ou atuando tanto na pesca como fora dela, com trabalhos eventuais e informais.

Educação ambiental, poluição, assoreamento, desmatamento e sedimentos

Através das reuniões e entrevistas realizadas com lideranças locais, municipais e demais entrevistados, além e de observações *in loco* e coleta de amostras, foi possível constatar que o Baixo Rio São Francisco recebe uma carga muito grande de esgotos das cidades que margeiam o rio, todas as amostras coletadas nas cidades de Traipú, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, apresentaram altos índices de coliformes fecais. Além disso, existem também as águas de drenagem dos projetos de irrigação que, na sua grande maioria, não são tratadas antes de serem lançadas na sua calha principal.

Mesmo com o projeto de transposição do Rio São Francisco e promessas de recursos por parte do Governo Federal para revitalização, através dos extintos Ministérios da Integração Nacional e do Meio Ambiente, até o presente momento não há um histórico, indícios ou registros de obras ou financiamento de atividades de revitalização de grande envergadura, de caráter parcial ou global na região do baixo. Ademais, não foram verificadas experiências exitosas que possam servir de modelos ou mesmo como incentivo ao desenvolvimento de novos projetos para mitigar os impactos negativos da degradação ambiental.

No trecho percorrido pela a expedição no baixo São Francisco, com cerca de 140 km, há uma forte e acentuada degradação das matas ciliares e áreas de preservação permanente (APPs) que margeiam as áreas do seu entorno. No contexto geral da política de desenvolvimento, são incipientes as medidas para preservação ambiental ou mitigação dos impactos promovidos pelos empreendimentos financiados das agências de fomento. Contudo, o comitê da bacia hidrográfica do São Francisco-CBHSF, criado em 1997, tem como objetivo estimular a recuperação de nascentes e preservação do rio São Francisco, sendo um contraponto ao estado de degradação na bacia.

Em Alagoas, há um plano inicial de recuperação de nascentes dos principais afluentes do Rio São Francisco, dentre eles o Rio Piauí, com 355 nascentes identificadas, o Rio Boacica, com 154 nascentes em recuperação, com previsão para abranger os Rios Itiúba,

Tibiri, Batinga e Perucaba. Na região de Betume, no Estado de Sergipe, existem 144 nascentes identificadas nas bacias dos Rios Jacaré e Japarutuba, também com previsão de recuperação.

Foi constatado a necessidade urgente de elaboração de um plano completo de saneamento básico para todos os municípios da bacia do Velho Chico, no que diz respeito ao tratamento de esgotos, água potável e resíduos sólidos. Os esgotos são lançados diretamente no rio, sem nenhum tratamento ou anteparo para redução da carga de poluentes de origem antrópica ou orgânica. De maneira geral, a totalidade dos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco apresentam enormes dificuldades financeiras para estabelecer uma política local de tratamento de resíduos sólidos. Neste contexto, as prefeituras se limitam a fazer a coleta e o transporte dos resíduos sólidos para aterros sanitários, como o de Craíbas, em Alagoas.

Há uma lacuna enorme ou ausência de programas de educação ambiental no âmbito das comunidades ribeirinhas, de caráter permanente ou mesmo eventual e que tratem das questões que atingem ou que provocam os problemas de degradação no rio. Desta forma, torna-se difícil a conscientização da população, que são usuárias diretas das águas e dos serviços ambientais prestados pelo o Velho Chico, quanto à identificação dos problemas e à adoção de soluções mitigadoras para preservação e recuperação do ambiente. De certa forma, há necessidade premente para o desenvolvimento de política educacional com ampla matriz ambiental, tanto sustentável quanto responsável, focado no envolvimento das escolas das comunidades e cidades ribeirinhas, principalmente no ensino fundamental. Enfatiza-se fortemente que a efetividade destes programas de educação ambiental depende da sua constância de execução e que seja encarado como meta de formação básica da população, com participação e envolvimento efetivo das famílias ribeirinhas.

Quanto as ações de educação ambiental promovidas durante a expedição, foram visitadas escolas com turmas do 5º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio. As visitas foram realizadas em ambientes comunitários das escolas, com a reunião de várias turmas para debater sobre as temáticas citadas anteriormente, explicitando as consequências dos problemas decorrentes da degradação do rio na vida das populações ribeirinhas.

Em sua maioria, os alunos não souberam ou quiseram responder a respeito das dificuldades que o Rio São Francisco enfrenta atualmente. Muitos demonstraram não terem ciência dos impactos causados pelo assoreamento, desmatamento e poluição ambiental (antrópica). Os professores afirmaram que o planejamento e o desenvolvimento de atividades

educacionais de contexto ambientais voltadas para solucionar tais problemas são poucas ou nenhuma, tanto no nível das escolas, como no contexto comunitário.

Durante as apresentações e nas discussões em cada uma das escolas, as soluções levantadas e lançadas como desafios para serem desenvolvidos juntos à comunidade como um todo foram: plantio de mudas de espécies nativas (arbóreas e frutíferas), redução da produção e tratamento do lixo doméstico, descarte correto do lixo produzido e ações de conscientização nas escolas através do desenvolvimento de atividades recreativas, como a realização de gincanas ambientais com a participação de pais e filhos.

Após as palestras nas escolas, os alunos foram convidados a visitar o barco da expedição e conhecer as atividades e os trabalhos de pesquisa realizados pelos pesquisadores. Através de uma visita guiada, puderam esclarecer dúvidas e conhecer as linhas de pesquisa trabalhadas, os equipamentos, parte da equipe de pesquisadores e alunos envolvidos e o barco robótico Iracema.





Figura 2 – Registro das palestras nas escolas ribeirinhas e visitas dos alunos e professores ao barco da 1ª Expedição Científica do Baixo São Francisco. A e B - Dona Santa Bulhões; C e D - Gen Artur da Costa e Silva; E e F - Profº Douglas Apratto Tenório; G - Correia Titara. H - Barco robótico IRACEMA. Fonte: José Vieira Silva (2018).

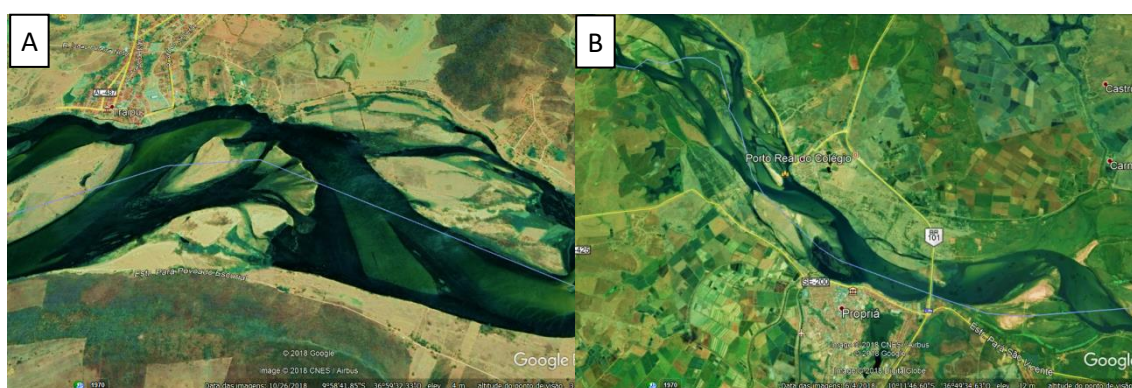
É possível atestar que a temática ambiental é tratada de forma superficial nos projetos pedagógicos das escolas e não há estímulos e recursos oficiais (federal, estadual e municipal) para desenvolvê-las de maneira efetiva. As poucas ações isoladas não apresentam conexão clara com os problemas enfrentados pelas comunidades ribeirinhas. Por outro lado, os gestores públicos das áreas ambiental e afins, bem como os promotores de desenvolvimento regional tratam os atuais problemas ambientais do rio de forma isolada e não foi constatada integração entre as poucas ações de proteção ambiental desenvolvidas na região do baixo São Francisco. Para fins de planejamento futuro dos agentes públicos que atuam na bacia do baixo São Francisco, é fortemente recomendado que incluam dentre os temas, as políticas de educação ambiental focadas nas questões dos problemas atuais de degradação ambiental do rio, incluindo obrigatoriamente a participação das escolas dos municípios, principalmente aquelas das séries iniciais.

Há um forte traço cultural presente nas populações ribeirinhas no que diz respeito a esperar que o Estado resolva todos seus problemas. Esta cultura do “vitimismo” tem mascarado e desvirtuado completamente o papel que cada indivíduo precisa assumir perante os compromissos e obrigações inerentes à resolução da questão ambiental do rio. Outro

agravante, diz respeito aos interesses econômicos e políticos regionais que se sobrepõem aos interesses ambientais, bem como aos próprios problemas identificados em toda a bacia do rio São Francisco. Isto pode ser percebido através do relato dos secretários que apontam para o aumento do número de outorgas legais concedidas pela ANA (Agência Nacional de Águas) ao longo de todo o curso do rio, para atender demandas de caráter puramente político.

No que tange ao levantamento e identificação dos problemas de degradação ambiental no baixo São Francisco, há relatos sobre a fraca atuação dos órgãos de fiscalização ambiental, nas esferas municipal, estadual e federal. Tanto entre a população quanto entre os órgãos públicos locais, a percepção é que, na maioria dos casos, as ações de fiscalização são realizadas somente em locais pontuais e em determinados períodos esporádicos do ano. A própria população ribeirinha aponta para a necessidade de reforçar ou fortalecer as FPI (Fiscalizações Preventivas Integradas) e que, se as mesmas tivessem um caráter permanente, ajudariam a reduzir os problemas ambientais identificados no baixo São Francisco.

As margens do rio São Francisco, no trecho correspondente ao trajeto entre Traipu e Penedo, é preciso registrar que o estado vizinho de Sergipe apresenta-se visível e sensivelmente mais preservado do que as áreas marginais de Alagoas, onde uns poucos resquícios isolados de matas ciliares são registrados. No entanto, os fragmentos de matas ciliares do lado de Sergipe estão longe de atenderem à legislação ambiental para um rio Nacional, do porte e envergadura do Rio São Francisco (Figuras 3A, B, C, D e E).



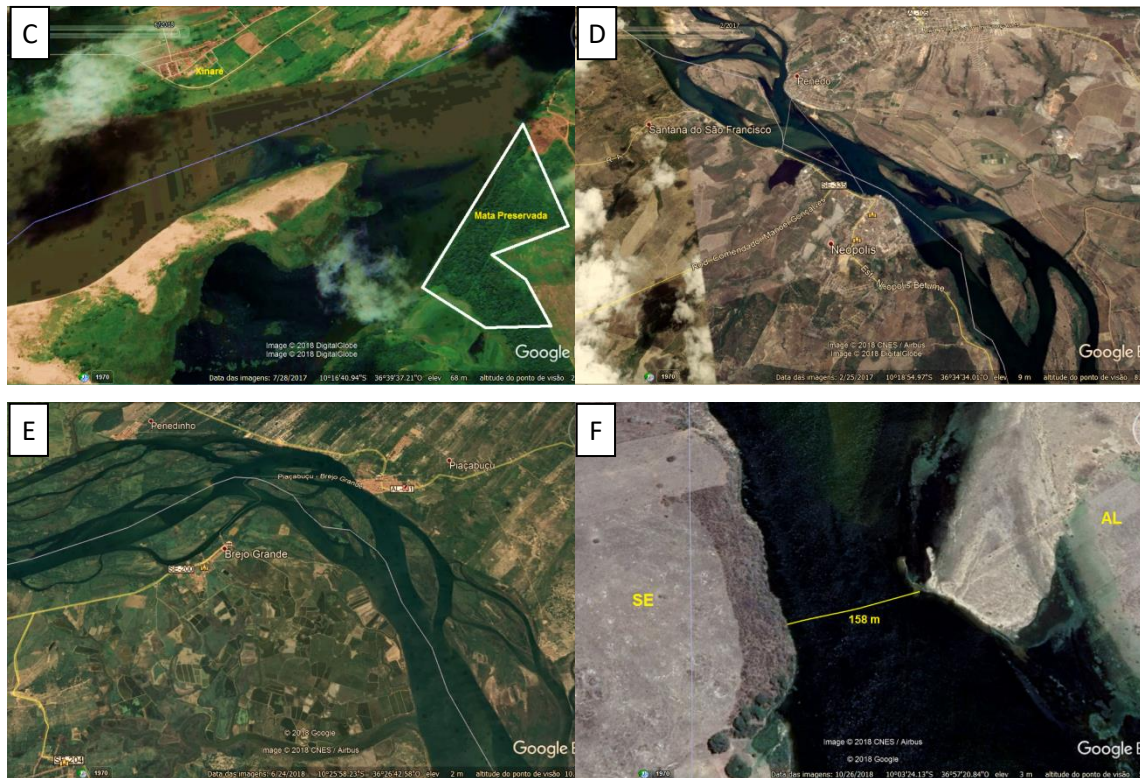
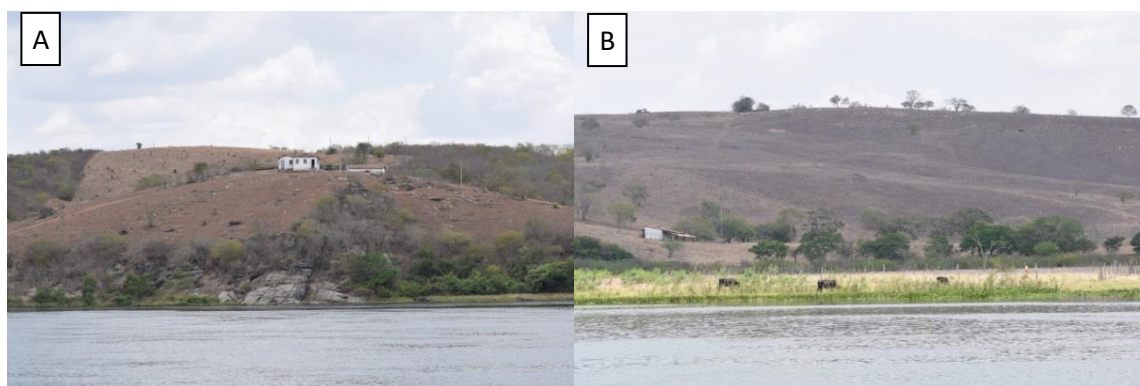


Figura 3 – Trecho da primeira coleta de amostras, em Traipu – AL (A), Porto Real do Colégio – AL / Propriá – SE (B), Povoado Chinaré, em Igreja Nova – AL (C), Penedo – AL / Neópolis – SE (D) e Piaçabuçu – AL (E). Local de estimativa da largura do rio (158 m), por meio de um transecto (F). Em destaque a formação de bancos de sedimentos, supressão das matas ciliares e substituição por atividades agrícolas. Fonte: Imagem do Google Earth, 2018.

Nas duas margens do trecho percorrido pela expedição, as matas ciliares e as áreas de proteção permanentes (APPs) intactas são praticamente inexistentes. Nos poucos casos de presença de matas ciliares, no lado referente à Sergipe, apesar de não atender ou corresponder ao preconizado na legislação ambiental, pode-se registrar ainda que há uma pequena diversidade de espécies nativas do bioma correspondente, dispersas em pequenos fragmentos ou árvores isoladas, onde muitas estavam em fase reprodutiva e produzindo sementes (Figuras 4A, B, C e D).



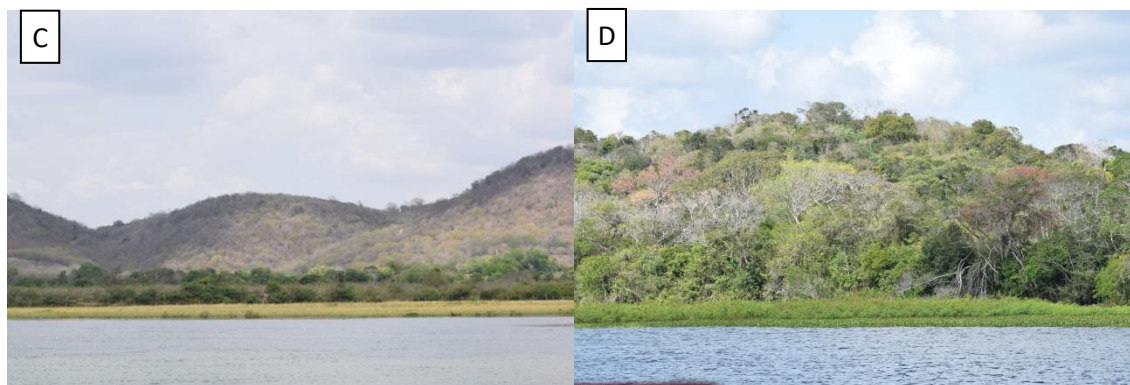


Figura 4 – Registros fotográficos das margens do rio São Francisco, com forte supressão das matas ciliares e áreas de proteção permanentes (APPs) (A e B) e fragmentos de áreas preservadas (C e D)

Na maioria dos lugares, a vegetação ciliar que margeia o rio não atende aos valores preconizados legalmente e que não tem protegido de forma efetiva o curso do mesmo. No trecho entre Penedo e Piaçabuçu, também é perceptível que há um aumento substancial dos sinais de antropização das matas ciliares e um maior nível de degradação nas margens do Estado de Sergipe. Há um processo inverso de preservação das matas ciliares das margens, onde as margens do rio no Estado de Alagoas apresentam uma maior presença de vegetação ciliar e nativa em áreas antropizadas, porém com inúmeros registros de total ausência de mata ciliar ou de preocupação dos ribeirinhos com a preservação do rio. Além das matas ciliares nas duas margens do rio, é perceptível que as áreas de proteção permanentes (APPs), correspondentes às serras e encostas, também apresentam uma forte degradação ambiental, com desmatamento ou supressão total da vegetação nativa até às margens do rio. Ao longo do trecho percorrido, de Traipú a Piaçabuçu (Alagoas), o cenário de degradação ambiental da vegetação é dominante, ao mesmo instante em que não foi verificado nenhum registro de ação efetiva de preservação, recuperação ou de atenuação/mitigação das áreas degradadas, nem de curto, médio ou de longo prazo.

A redução da vazão juntamente com o assoreamento do rio, reduziu a largura efetiva do rio, de modo que em alguns lugares esta largura corresponde tão somente a $\frac{1}{4}$ (25%) da largura média original do rio (Figura 5F). Nas ilhas resultantes dos bancos de assoreamentos, há registro de intenso uso recreativo e disputa entre pescadores, população ribeirinha e criadores de animais (bovinos, bubalinos, muares, asininos e equinos) para ocupação e apropriação das mesmas (Figuras 5A, B, C, D, E e F).

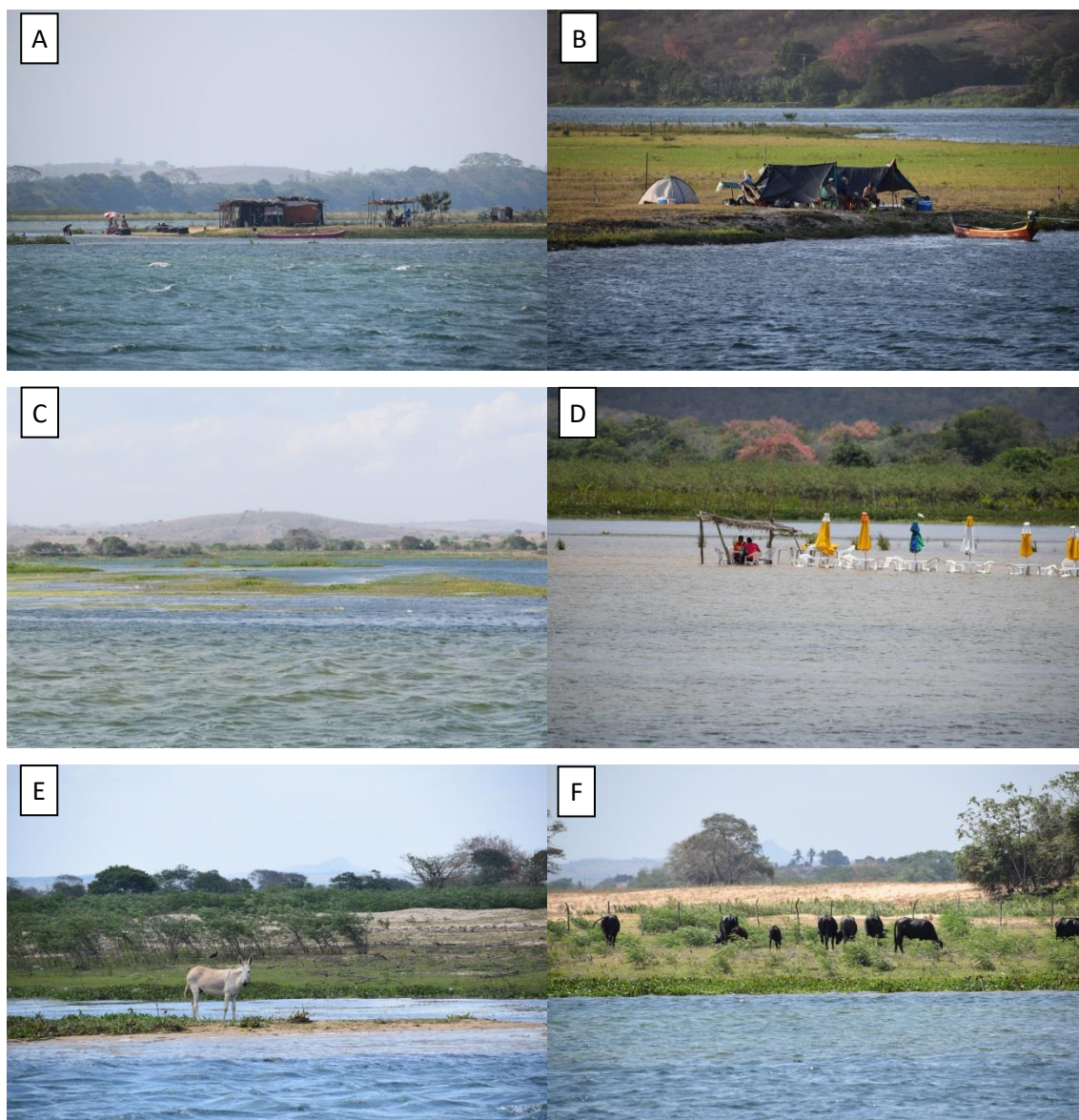


Figura 5 – Registros fotográficos da formação dos bancos de sedimentos no leito principal do rio e a ocupação por pessoas e animais. Fonte: José Vieira Silva (2018).

As políticas sociais e ambientais, no âmbito das esferas federal, estadual e municipal, assim como das ações de agências públicas e privadas, não apresentam capilaridade ou acolhida no âmbito das comunidades ribeirinhas, que estão alheias aos problemas atuais e aos fatos causadores dos mesmos. Em relação à vegetação das matas ciliares e das APPs, não existem ações efetivas ou possíveis soluções para recuperar ou atenuar a atual degradação do rio São Francisco. É perceptível que há esforços de uns poucos ativistas e defensores do Velho Chico, porém a extensão dos problemas ambientais e sociais, em muito suplantam as ações desenvolvidas pelos mesmos.

Quanto ao assoreamento e sedimentos, é possível verificar uma forte ação erosiva das águas sobre as margens do rio São Francisco, mesmo com baixa vazão, provocando

desbarrancamento e arraste das matas ciliares e dos sedimentos para o leito do rio (Figuras 6 A, B e C). Estes perfis visualizados nas barreiras erodidas contam uma história sobre a dinâmica do transporte de sedimentos ao longo dos tempos. A existência de camadas laminares de deposição e composição diferentes aponta para grandes variações no regime hídrico do rio, ano-a-ano, porém sem uma datação específica (Figuras 6C e D).

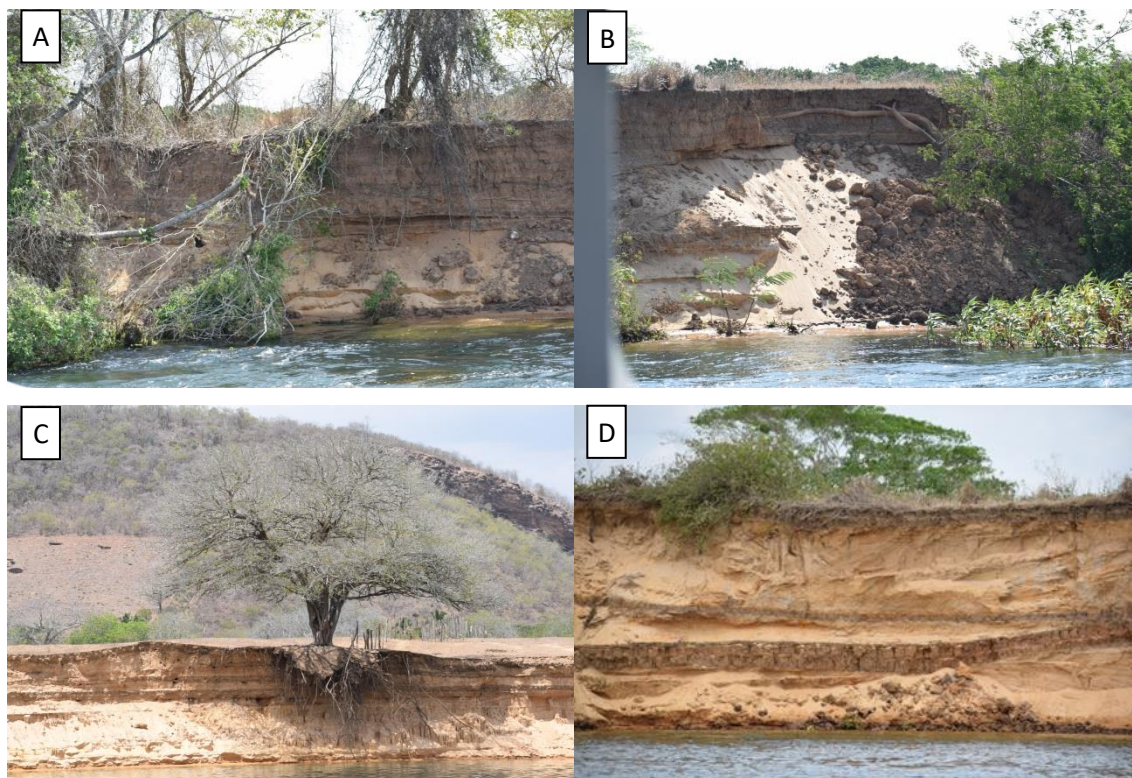


Figura 6 – Ocorrências de erosão hídrica nas margens do rio São Francisco, no trecho entre Traipu e Porto Real do Colégio – AL. Detalhes dos perfis de erosão com ênfase para o padrão das camadas de deposição de sedimentos ao longo do tempo. Fonte: José Vieira Silva (2018).

A incidência de bancos de areia e a carga de sedimentos mineral e orgânico resultantes do processo de erosão hídrica e assoreamento são visíveis em toda extensão do rio percorrido, de Traipu à Piaçabuçu – AL, e apresenta uma dinâmica de arraste e de formação muito variável com a vazão do rio. Apesar de navegável em toda extensão, a calha principal do rio apresenta sérias limitações quanto ao tráfego de grandes embarcações onde, devido ao assoreamento e redução da vazão do rio, em muitos trechos a profundidade média é inferior a 2 m.

A deposição de sedimentos de granulometria variável, além de reduzir a profundidade média do rio, promove o surgimento de novos afloramentos de sedimentos acima do espelho

d'água. Em termos de composição, os novos bancos de sedimentos (com até 3 anos de formação) são constituídos de areias fina e média e silte, com material bastante retrabalhado pelas águas, enquanto que, nos bancos com mais antigos, há presença visível e em maiores proporções de silte e argilas (Figuras 7, 8, 9, 10 e 11).

Os sedimentos encontrados nos locais de coletas das amostras, entre margens, banco de sedimentos e leito da calha principal, são predominantemente constituídos de areia (média e fina), silte e argila, com granulometria variando de 0,001 a 0,60 mm, possuindo ainda alguns agregados suportados por lama e fragmentos líticos. Porém nas amostras da calha principal do rio, foi encontrada uma pequena fração com granulometria acima de 0,6 mm (caracterizada como areias média e grossa).






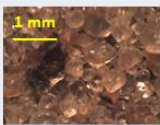

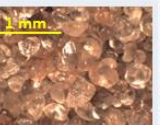

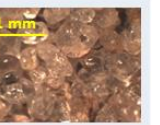
Coordenadas	09°58'26,0" 36°59'52,3"	09°58'27,5" 36°59'58,8"	09°58'50,1" 37°00'17,5"	09°58'41,4" 37°00'28,0"	09°58'22,9" 37°00'05,2"
Foto Geral					
Foto 1					
>2000 µm	0,81	3,37	0,00	0,32	0,55
>600 µm	11,30	18,97	1,82	11,54	10,20
>500 µm	2,62	4,39	2,12	0,93	12,10
>425 µm	13,14	16,12	33,94	3,32	6,99
>250 µm	52,09	45,17	57,15	26,81	44,20
>212 µm	10,97	6,48	3,54	20,28	14,76
<212 µm	9,07	4,99	1,44	36,80	11,20
Obs.:	Ilha formada a 3 anos	Calha do rio – água corrente	Margem do lado de SE	Ilha formada a mais de 10 anos	Calha do rio – água parada

Figura 7 – Caracterização e análise granulométrica dos sedimentos e amostras de solos das margens, banco de assoreamento e do leito do Rio São Francisco, em Traipu – AL.






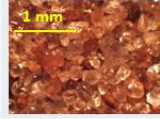




Coordenadas	10°11'16,0" 36°50'31,0"	10°11'20,3" 36°50'32,3"	10°11'31,1" 36°50'32,0"	10°11'32,5" 36°50'26,8"	10°11'23,9" 36°50'24,3"
Foto Geral					
Foto 1					
>2000 µm	1,30	0,17	2,97	0,09	0,01
>600 µm	8,75	9,96	14,91	4,26	10,54
>500 µm	2,66	2,48	3,69	1,33	3,57
>425 µm	8,27	15,87	14,05	5,85	14,05
>250 µm	40,26	44,84	38,71	50,17	50,51
>212 µm	23,33	15,70	13,12	23,33	12,99
<212 µm	15,43	10,99	12,55	14,98	8,41
Obs	Ilha formada a mais de 3 anos	Calha do rio - água parada	Margem de SE	Ilha em formação - água parada	Calha do rio - água corrente

Figura 8 – Caracterização e análise granulométrica dos sedimentos e amostras de solos das margens, banco de assoreamento e do leito do Rio São Francisco, em Porto Real do Colégio – AL.






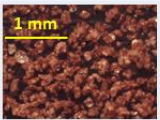
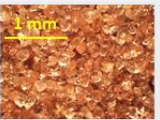
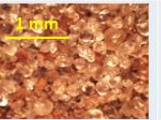
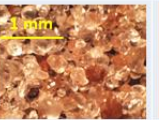

Coordenadas	10°16'19,8" 36°39'38,3"	10°16'02,1" 36°40'15,7"	10°16'15,0" 36°40'24,2"	10°15'58,2" 36°40'36,1"	10°15'54,2" 36°40'34,0"
Foto Geral					
Foto 1					
>2000 µm	1,10	0,00	0,00	2,26	1,30
>600 µm	29,99	0,14	0,48	15,84	44,65
>500 µm	1,78	0,10	0,53	3,87	2,42
>425 µm	3,27	0,82	5,60	11,70	4,69
>250 µm	12,01	47,36	58,03	44,66	7,78
>212 µm	7,62	33,79	24,22	14,24	6,23
<212 µm	44,24	17,78	11,14	7,43	32,94
Obs	Área Preservada SE	Calha rio SE – água parada	Ilha Central mais de 5 anos	Calha do Rio AL Água corrente	Margem AL – Barreira erodida

Figura 9 – Caracterização e análise granulométrica dos sedimentos e amostras de solos das margens, banco de assoreamento e do leito do Rio São Francisco, em Igreja Nova – AL.




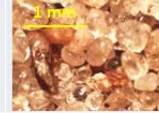

Coordenadas	10°16'43,7" 36°35'02,6"	10°17'13,1" 36°35'13,2"	10°17'44,8" 36°35'10,8"	10°17'53,5" 36°35'13,7"	10°17'59,5" 36°35'37,9"
Foto Geral					
Foto 1					
>2000 μm	1,27	1,31	13,42	0,78	0,60
>600 μm	53,71	9,71	13,21	15,67	38,95
>500 μm	2,26	2,03	2,31	3,90	1,25
>425 μm	5,87	8,00	6,04	15,90	20,16
>250 μm	11,37	42,52	29,64	44,51	1,69
>212 μm	2,43	19,26	8,63	10,02	5,30
<212 μm	23,09	17,16	26,75	9,22	32,06
Obs	Margem AL - várzea	Calha principal Ilha nova - AL	Calha - Ilha velha - AL	Calha principal SE	Margem SE - Barranco

Figura 10 – Caracterização e análise granulométrica dos sedimentos e amostras de solos das margens, banco de assoreamento e do leito do Rio São Francisco, em Penedo – AL.








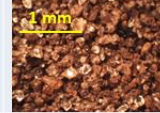

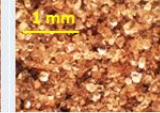
Coordenadas	10°24'01,4" 36°26'26,5"	10°24'21,8" 36°26'30,2"	10°24'26,4" 36°26'46,4"	10°24'31,7" 36°26'35,5"	10°24'34,3" 36°26'16,6"
Foto Geral					
Foto 1					
>2000 μm	0,00	0,31	0,00	0,44	0,04
>600 μm	0,39	46,06	5,59	15,67	4,19
>500 μm	0,08	2,22	0,28	3,18	0,24
>425 μm	0,22	5,06	0,62	5,77	0,70
>250 μm	2,73	15,10	7,08	31,60	6,41
>212 μm	13,47	3,83	9,71	25,33	32,63
<212 μm	83,11	27,42	76,72	18,01	55,79
Obs	Margem AL – Areia fina	Calha principal Leito rio - AL	Ilha Coqueiral - AL	Ilha Coqueiral - SE	Leito rio SE – água parada

Figura 11 – Caracterização e análise granulométrica dos sedimentos e amostras de solos das margens, banco de assoreamento e do leito do Rio São Francisco, em Piaçabuçu – AL.

Os sedimentos possuem esfericidade variável (baixa, média e alta), com diferentes graus de retrabalho e rolamento, com grande variação de forma e plano de fragmentação variando de muito angulosos e subangulosos a subarredondados e arredondados. Minerologicamente, os sedimentos são compostos predominantemente por quartzo,

feldspato, argilominerais e outros minerais máficos (minoria). Todas as amostras de solos coletados foram constituídas basicamente de areia, em três escalas de granulometria (grossa, média e fina) e uma fração considerável de silte e argila nas amostras coletadas nas margens preservadas do rio e nos locais de águas paradas.

Nas margens, tanto de Alagoas quanto de Sergipe, é possível verificar nos solos das áreas preservadas, que suas constituições granulométricas apresentam uma predominância de fração argila e silte, completamente distinta dos sedimentos encontrados no leito principal do rio. Os sedimentos de águas correntes apresentaram uma granulometria maior quando confrontado com os sedimentos de águas paradas, cuja granulometria é menor e constituída basicamente de areia fina e da fração silte + argila. Os sedimentos de águas correntes apresentam um grau de desgaste e rolamento mais acentuados do que aqueles encontrados nos locais de águas de menores correntezas ou mesmo paradas. A granulometria dos sedimentos das ilhas ou banco formados na calha principal do rio formados a mais de cinco anos e com vegetação arbórea estabelecida, é predominantemente pequena, constituída de materiais à base de silte e argilas. Nos bancos com característica arenosa, recém-formados (menos de três anos), há a predominância de sedimentos classificados como areia média e fina e poucos sedimentos classificados como silte e argila.

Em Piaçabuçu, é possível verificar uma redução no tamanho das partículas dos sedimentos, tanto nas águas paradas como nas ilhas e margens. Por outro lado, na calha principal com água corrente, ainda pode-se verificar sedimentos com composição granulométrica predominante de areia média misturada com uma fração constituída de limo e material organoargiloso (lama). Há que se enfatizar que, em todos locais de coletas no leito do rio em Piaçabuçu, há um aumento substancial da salinidade da água, em relação aos demais locais de coleta, com condutividade elétrica da água (CE_{H_2O}) que variou de 8 a 15 $dS.m^{-1}$, de acordo com a hora do dia e com a profundidade do rio. Com a redução do volume da vazão e redução da velocidade da água na calha do rio, aumentou a deposição de sedimentos de menor tamanho, como areia fina, silte e argila e, muito provavelmente, esta tenha sido a dinâmica de formação e consolidação dos bancos de sedimentos encontrados no leito do rio.

Metais pesados no pescado

Em relação à precisão e exatidão do método analítico, os valores de recuperação dos analitos encontram-se dentro da faixa de 85% a 120% aceitável para a análise de elementos traços (Tabela 2).

Tabela 2. Recuperação percentual no material de referência e limite de detecção dos metais e metaloides (n=3).

Elemento	Recuperação (%)	Limite de detecção (mg/kg)
As	102,2 ± 4,2	0,072
Cd	97,8 ± 9,7	0,023
Pb	97,8 ± 2,3	0,089
Cu	99,0 ± 0,34	0,89
Fe	116,7 ± 0,64	15,9
Mn	85,8 ± 0,83	2,05

As concentrações dos metais das amostras de pescado estão representadas em mg/kg em base úmida (Tabela 3) para fins de comparação com os valores na mesma base publicados pela legislação brasileira.

Tabela 3. Concentrações médias \pm desvio padrão dos metais (mg/kg peso úmido) em quinze espécies de peixes do Baixo São Francisco.

Espécies	Número de exemplares	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Zinco	Cobre	Cromo	Ferro	Manganês
Bagre	1	1,96 \pm 0,34	< 0,023	< 0,089	7,31 \pm 1,42	0,52 \pm 0,07	0,33 \pm 0,01	12,23 \pm 2,52	< 2,05
Baiacu	1	2,42 \pm 0,63	< 0,023	< 0,089	16,61 \pm 4,39	0,39 \pm 0,29	0,19 \pm 0,06	5,64 \pm 2,63	< 2,05
Carapeba	3	0,20 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	6,99 \pm 1,09	0,34 \pm 0,04	1,25 \pm 0,09	18,41 \pm 1,02	< 2,05
Curimatã pacu	1	0,16 \pm 0,02	< 0,023	< 0,089	10,71 \pm 0,57	0,48 \pm 0,07	0,27 \pm 0,07	12,85 \pm 0,61	1,33 \pm 0,07
Pacu	7	0,18 \pm 0,02	< 0,023	0,03 \pm 0,01	6,30 \pm 0,51	0,41 \pm 0,04	0,73 \pm 0,08	12,95 \pm 0,20	0,99 \pm 0,20
Piau branco	2	0,06 \pm 0,00	< 0,023	< 0,089	6,65 \pm 0,46	0,43 \pm 0,03	0,19 \pm 0,03	6,78 \pm 0,37	0,67 \pm 0,03
Piau pintado	3	0,05 \pm 0,00	< 0,023	0,03 \pm 0,01	6,68 \pm 0,33	0,39 \pm 0,13	0,33 \pm 0,01	9,33 \pm 0,83	0,83 \pm 0,15
Pirambeba	3	0,07 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,02 \pm 0,01	8,22 \pm 0,23	0,40 \pm 0,10	0,75 \pm 0,21	11,64 \pm 0,38	1,07 \pm 0,30
Piranha vermelha	1	0,09 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	8,56 \pm 0,67	0,36 \pm 0,01	0,22 \pm 0,01	9,19 \pm 0,03	0,67 \pm 0,11
Robalo	4	0,34 \pm 0,02	< 0,023	< 0,089	4,54 \pm 0,37	< 0,89	0,31 \pm 0,03	6,77 \pm 1,86	0,57 \pm 0,17
Sargo	2	0,50 \pm 0,29	< 0,023	< 0,089	5,96 \pm 2,64	0,32 \pm 0,25	0,20 \pm 0,02	8,32 \pm 2,33	0,44 \pm 0,21
Tilápia	3	0,10 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	5,99 \pm 0,59	0,45 \pm 0,05	0,20 \pm 0,03	5,54 \pm 0,77	0,72 \pm 0,03
Traíra	2	0,11 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	7,12 \pm 0,09	< 0,89	0,28 \pm 0,01	5,64 \pm 0,02	0,82 \pm 0,02
Tucunaré	6	0,11 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	8,66 \pm 0,28	0,30 \pm 0,05	0,27 \pm 0,06	11,08 \pm 0,34	0,66 \pm 0,21
Xareú	1	0,22 \pm 0,01	< 0,023	< 0,089	5,86 \pm 0,51	0,62 \pm 0,03	0,11 \pm 0,01	9,99 \pm 1,58	0,69 \pm 0,17

Arsênio

A concentração média de arsênio foi de $0,44 \pm 0,09$ mg/kg. O teor mínimo médio de $0,05 \pm 0,00$ mg/kg foi detectado no piau pintado capturado em Traipú/AL e o maior de $2,42 \pm 0,63$ mg. kg⁻¹ no baiacu procedente de Piaçabuçu/AL. Valores acima do LMT de 1,0 mg/kg para o arsênio (Anvisa, 2013) foram encontrados para o baiacu ($2,42 \pm 0,63$ mg/kg) e bagre ($1,96 \pm 0,34$ mg/kg), ambos capturados em Piaçabuçu/AL.

A toxicidade do arsênio (As) depende do estado de oxidação, espécies químicas, exposição e da dose, solubilidade nos meios biológicos e da taxa de excreção. O principal fator para determinar os riscos à saúde humana é forma química e o arsênio inorgânico é mais tóxico que as formas orgânicas (ATSDR, 2007; SANTOS et al.; 2013), podendo as formas variar grandemente dependendo do organismo, ambiente e região geográfica (MAHER et al, 2018). O arsênio inorgânico em doses crônicas pode provocar irritação do estômago, intestino, pulmão e pele, bem como decréscimo na produção de células vermelhas e brancas no sangue (DESESSO, 2001), hiperpigmentação e diabetes (TSENG et al., 2000) e a ingestão de quantidades significantes deste elemento pode intensificar o desenvolvimento de câncer, em particular, câncer linfático, de pele, pulmão e fígado (ATSDR, 2007). Arsênio em níveis subletais pode representar mutação ou danos no DNA dos peixes (AHMED et al. 2011)

Com exceção de um exemplar das pirambebas, capturadas em Traipu/AL, que apresentou teor de cádmio de $0,01 \pm 0,00$ mg/kg, todos os demais exemplares das 14 espécies de peixes analisadas apresentaram níveis abaixo do limite de detecção de 0,023 mg/kg. Todas as quinze espécies avaliadas apresentaram concentrações de cádmio abaixo do LMT de 0,05 mg/kg publicado pela Resolução Anvisa N° 42 de 29 de agosto de 2013 (ANVISA, 2013).

Cádmio

As contribuições antrópicas de cádmio ao ambiente podem advir de processos industriais como fundição ou galvanoplastia e também pelo uso de fertilizantes químicos. As implicações de saúde da exposição de cádmio são agravadas pela incapacidade relativa dos seres humanos de excretar cádmio (DURAL et al., 2007). Efeitos deletérios causados por exposição em longo prazo ou a altas doses de cádmio foram relatados à causas de insuficiência renal e amolecimento dos ossos (VANNOORT e THOMSON 2006), e à cancer de próstata (GRAY et al. 2005). Gomes e Sato, 2011 encontraram níveis de cádmio em *Prochilodus argenteus* capturados à jusante da represa de três Marias/MG no Rio São Francisco de $0,26 \pm 0,08$ mg/kg no período chuvoso e de $0,24 \pm 0,04$ mg/kg no período

seco, similares aos observados nesse estudo de $0,16 \pm 0,02$ mg/kg para essa mesma espécie (tabela 3).

Zinco

A concentração média de zinco foi de $7,74 \pm 0,94$ mg/kg sendo que o menor valor médio de $4,54 \pm 0,37$ mg/kg foi observado no robalo e o maior valor médio de $16,61 \pm 4,39$ mg/kg no baiacu. Nenhuma das espécies analisadas no presente estudo apresentaram níveis de zinco acima do LMT de 50 mg/kg previsto na legislação brasileira conforme Decreto n.º 55.871 de 26/03/1965. Níveis de Zn em *Prochilodus argenteus*, capturados à jusante da represa de três Marias/MG no RSF de $4,76 \pm 2,62$ mg/kg no período chuvoso e de $2,88 \pm 1,31$ mg/kg no período chuvoso, inferiores aos observados nesse estudo de $10,71 \pm 0,57$ mg/kg para essa mesma espécie (GOMES e SATO, 2011).

O zinco é um micronutriente essencial para todos os organismos com múltiplas funções bioquímicas, sendo necessário em níveis elevados no organismo para manter certas funções biológicas como constituinte de várias enzimas. Peixes com um teor médio de zinco de cerca de 3 a 5 mg/kg é uma boa fonte para este elemento essencial. (OEHLENSCHLAGER, 2002). A deficiência em zinco provoca transtornos como diarreia, distúrbios da função cerebral, retardo do crescimento, declínio de defesa imunológica, lesões de olhos e pele, mau funcionamento de cicatrização de feridas e outras doenças de pele (ROTH e KIRCHGAESSNER, 1991). A toxicidade do zinco é refletida em ambas as formas agudas e crônicas. Os consumos de 150 a 450 mg por dia alteram o metabolismo do ferro, reduzindo os níveis de HDL e a função imunológica.

Chumbo

O chumbo não foi detectado em 12 espécies analisadas, sendo que duas, pacu *Myleus micans* e piau pintado *Leporinus obtusidens*, apresentaram teores de $0,03 \pm 0,01$ mg/kg e a pirambeba *Serrasalmus brandtii* de $0,02 \pm 0,01$ mg/kg. Nenhuma das quinze espécies de peixes avaliados registraram concentrações de chumbo acima do LMT de 0,3 mg/kg (ANVISA, 2013).

O acúmulo de chumbo nos organismos pode causar efeitos adversos como danos neurológicos, doenças renais, efeitos cardiovasculares e reprodutivos. A forma orgânica é a mais tóxica e absorvida pelos organismos, porém a inorgânica é a mais frequente (GARZA et al., 2006).

Cromo

A concentração média de cromo no presente estudo foi de $0,37 \pm 0,05$ mg/kg. Os menores e maiores teores médios encontrados no tecido muscular dos peixes foram de

0,11±0,02 mg/kg no único exemplar de xaréu capturado em Penedo/AL e de 1,25±0,09 nas carapebas pescadas em Brejo Grande/SE. Todas as espécies avaliadas apresentaram concentrações médias de cromo superiores ao LMT de 0,1 mg/kg prescrito no Decreto n.55.871 de 26/03/1965 para qualquer alimento.

Vários estudos apontam que os compostos de cromo (VI) podem aumentar o risco de câncer de pulmão (Ishikawa et al. 1994). A saúde dos peixes também pode ser afetada pela exposição ao cromo. A presença de cromo junto com outros metais foi relacionada ao aumento do nível de glicogênio em diferentes órgãos dos peixes, indicando estresse devido à exposição ao metal (JAVED e USMANI 2011, 2013).

Manganês

O teor médio de manganês foi de 0,79±0,14 mg/kg, sendo o menor valor médio de 0,44±0,21 mg/kg detectado no único exemplar de sargo pescado em Piaçabuçu/AL e o maior no único exemplar de curimatã-pacu de 1,33 ± 0,07 mg/kg capturado em Chinaré/AL. Não há na legislação brasileira limites máximos em pescados prescritos para esse metal.

Manganês é um elemento essencial para os seres humanos e deficiência de Mn causa anormalidades esqueléticas e reprodutivas (SIVAPERUMAL et al. 2007) e, a ingestão excessiva de Mn pode resultar em distúrbio neurológico (MORENO et al. 2009). Esse metal ocorre naturalmente e pode ser liberado em corpos de água através de escoamento ou lixiviação facilitado pelas atividades agrícolas, enquanto as fontes antropogênicas incluem os agrotóxicos.

Ferro

A média geral da concentração de ferro nas espécies avaliadas foi de 9,76 ± 1,03 mg/kg. O menor valor médio de 5,54 ± 0,77 mg/kg foi encontrado nas tilápias provenientes de Neópolis/SE e o maior de 18,41±1,02 mg/kg nas carapebas capturados em Brejo Grande/SE. A legislação brasileira não estabelece valores do LMT para os níveis de ferro em pescado.

O ferro no corpo humano está associado ao transporte de oxigênio através da hemoglobina, sendo considerado um dos elementos mais importantes para o ser humano (SOUZA et al, 2009). Segundo a WHO (World Health Organization) a quantidade diária necessária para um homem adulto é de 20 mg.

Cobre

O nível médio de cobre encontrado nos peixes foi de 0,45 ± 0,09 mg/kg e os menores e maiores valores médios foram de 0,30 ± 0,05 mg/kg nos tucunarés pescados

ao longo do RSF e $0,62 \pm 0,03$ mg/kg no único exemplar de xaréu capturado em Penedo/AL, respectivamente. Todos os peixes avaliados nesse estudo apresentaram teores de cobre inferiores ao LMT de 30 mg/kg estabelecido no Decreto n.55.871 de 26/03/1965. O cobre é um metal essencial para o organismo e é facilmente regulado pelo metabolismo, o que dificulta muito a sua bioacumulação (Pereira et al, 2010).

Intrusão salina

As águas coletadas, tanto em superfície quanto no fundo, do ponto 0 na localidade de Traipu até o ponto 13 entre Penedo (AL) e Neópolis (SE) 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 (Tabela 3). A salinidade média foi $0,02 \pm 0,004$ ‰ e valores mínimos de 0,02‰ e máximos de 0,03‰ (Figuras 2 e 3). Os valores de condutividade elétrica (CE) apresentaram média de $0,07 \pm 0,003$ dS/cm, estando as águas classificadas como de nenhuma restrição ao seu uso para fins de irrigação e culturas segundo a FAO (Tabela 3).

Tabela 3. Limites comparativos para 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	CONAMA 357/05
Salinidade	Águas doces < 0,5 ‰ 0,5 ‰ < Águas salobras < 30,0‰ 30,0‰ > Águas salinas	CONAMA 357/05
CE (dS.m ⁻¹)	Nenhuma < 0,7	FAO (Ayers & Westcot, 1994)
Restrição ao uso para irrigação	0,7 < Moderada < 3,0 Severa > 3,0	
Na	200,0 mg/L	Portaria 05/2017 MS Potabilidade
Cu	2,0 mg/L	Portaria 05/2017 MS Potabilidade
Fe	0,3 mg/L	Portaria 05/2017 MS Potabilidade
Mn	0,1 mg/L	Portaria 05/2017 MS Potabilidade
Zn	5,0 mg/L	Portaria 05/2017 MS Potabilidade

Tabela 4. Análise da estatística descritiva dos parâmetros medidos nos pontos 1 a 13 no Baixo São Francisco

Parâmetros	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Salin.	CE	pH	Temp.
Unidades	mg/L					ppt	dS/cm		°C
Média	3,69	0,01	0,05	0,01	0,01	0,02	0,07	8,63	28,18
Dsv. padrão	0,49	0,00	0,02	0,01	0,01	0,004	0,003	0,40	0,33

Mínimo	3,20	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,06	7,67	27,70
Máximo	5,50	0,017	0,079	0,023	0,024	0,03	0,08	9,20	29,10

Os níveis de sódio (Na^+) das águas superficiais e de fundo dos pontos 0 até o ponto 13 apresentaram concentração média de $3,69 \pm 0,49$ mg/L e valores mínimos de 3,20 mg/L e máximos de 3,50 mg/L. Esses valores da concentração de sódio na água encontram-se abaixo do limite de potabilidade de 200 mg/L definido para esse parâmetro pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, sendo viável para o consumo humano.

As concentrações médias de cobre ($0,01 \pm 0,00$ mg/L), ferro ($0,05 \pm 0,02$ mg/L), manganês ($0,01 \pm 0,01$ mg/L) e zinco ($0,01 \pm 0,01$ mg/L) observados nas águas coletadas entre Traipú e Penedo apresentaram valores abaixo dos limites de 2,0 mg/L, 0,3 mg/L, 0,1 mg/L e 5,0 mg/L, respectivamente, estabelecidos pela mesma portaria acima. Segundo Bassoi & Guazelli (2004) valores de cobre inferiores a 0,02 mg/L são usuais em águas doces, assim como zinco em concentrações de 0,001 a 0,10 mg/L e de manganês da ordem de 0,2 mg/L, raramente ultrapassando 1,0 mg/L. Os valores descritos pelos autores acima estão na mesma ordem de grandeza ou superiores àqueles obtidos nas águas doces do Baixo São Francisco.

Tabela 5. Análise da estatística descritiva dos parâmetros medidos em amostras superficiais nos pontos 14 a 16 no Baixo São Francisco

Parâmetros	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Salin.	CE	pH	Temp.
Unidades	mg/L					ppt	dS/cm		°C
Média	592,50	0,02	0,04	0,01	0,02	3,55	6,47	7,86	28,25
Dsv. padrão	365,57	0,00	0,02	0,01	0,00	1,35	2,35	0,23	0,07
Mínimo	334,00	0,014	0,021	0,006	0,013	2,59	4,81	7,70	28,20
Máximo	851,00	0,017	0,052	0,016	0,018	4,50	8,13	8,02	28,30

Tabela 6. Análise da estatística dos parâmetros medidos em amostras em profundidade nos pontos 14 a 16 no Baixo São Francisco

Parâmetros	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Salin.	CE	pH	Temp.
Unidades	mg/L					ppt	dS/cm		°C
Média	2625,00	0,03	0,05	0,01	0,02	11,23	19,23	6,94	27,90
Dsv. padrão	2566,80	0,01	0,02	0,01	0,01	8,13	12,31	1,11	0,00
Mínimo	810,00	0,024	0,035	0,002	0,019	5,48	10,52	6,15	27,90
Máximo	4440,00	0,04	0,060	0,020	0,030	16,98	27,94	7,720	27,90

Nos pontos 14 e 15 (Piaçabuçu) e no ponto 16 (Brejo Grande), as águas coletadas em superfície (Tabela 5) e em profundidade (Tabela 6) foram enquadradas como “águas salobras” (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), conforme a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Tabela 1). A salinidade superficial variou de 2,59‰ a 4,50 ‰ (Figura 12) e de 5,48‰ a 16,98‰ (Figura 13) nas águas de fundo no trecho do rio São Francisco na localidade de Piaçabuçu/AL a Brejo Grande/SE. As águas amostradas no fundo apresentaram as maiores salinidades devido ao fato de que maiores teores de sais dissolvidos nessas águas conferem maiores densidades da água que se distribuem abaixo de águas superficiais de menores salinidades e densidades.

Em relação aos teores de sódio das águas salobras na localidade de Piaçabuçu, o menor valor de 334,0 mg/L foi observado na água superficial e o maior teor de 4.400,0 mg/L na água de fundo. Esses valores encontram-se acima do limite de potabilidade de 200 mg/L definido para esse parâmetro pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, sendo inviável seu uso para o consumo humano. Quanto aos limites estabelecidos para os demais cátions que compõem essa portaria, os níveis médios nas águas superficiais e de fundo foram para o cobre de $0,02 \pm 0,00$ mg/L e $0,03 \pm 0,01$ mg/L; ferro de $0,04 \pm 0,02$ mg/L e $0,05 \pm 0,02$ mg/L; manganês de $0,01 \pm 0,01$ mg/L e zinco de $0,02 \pm 0,00$ mg/L e $0,02 \pm 0,01$ mg/L, respectivamente, encontram-se abaixo do limite estabelecido para consumo humano. Observa-se uma tendência de maiores concentrações desses cátions em águas de fundo em relação às superficiais da estação Piaçabuçu, sendo que o mesmo comportamento foi registrado para a condutividade elétrica com menores valores médios de $6,47 \pm 2,35$ dS/cm na superfície e maiores de $19,23 \pm 12,31$ dS/cm em profundidade, valores que enquadram essas águas em águas de risco severo para utilização com fins de irrigação de culturas segundo a FAO.

e com os sais K, Ca, Mg, Na e Cu, além de indicar um comportamento inverso à variação do pH da água nessa região.

Os maiores valores de salinidade e condutividade elétrica observados nos pontos 14 e 15 próximos da foz do rio São Francisco na localidade de Piaçabuçu/AL estão coerentes com os descritos por Da Silva et al. (2010) no estudo sobre a variabilidade espacial de parâmetros de qualidade de água na bacia do rio São Francisco que aponta a influência das águas do Oceano Atlântico nos processos de troca de água do rio e oceano decorrentes dos fluxos da maré nesse estuário. De acordo com Gonçalves (2016) o problema da salinização do rio São Francisco na região da foz, a exemplo de Piaçabuçu, está vinculado a diminuição das cotas máximas (vazões liberadas), ou seja, a redução de cheias que conseguem empurrar a cunha salina de volta para o mar.

Tabela 7 – Matriz de correlação das variáveis medidas no Baixo São Francisco

	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Sal.	pH	Temp.	CE
K	1.0000	0.9989	0.9997	0.9998	0.8908	-0.1791	0.3682	0.4694	0.9889	-0.8152	-0.2099	0.9797
Ca		1.0000	0.9996	0.9991	0.8826	-0.1768	0.3712	0.4765	0.9819	-0.8051	-0.2173	0.9707
Mg			1.0000	0.9996	0.8880	-0.1739	0.3656	0.4730	0.9862	-0.8106	-0.2107	0.9762
Na				1.0000	0.8894	-0.1811	0.3695	0.4681	0.9875	-0.8088	-0.2094	0.9779
Cu					1.0000	-0.1411	0.1973	0.4094	0.9092	-0.8030	-0.2504	0.9116
Fe						1.0000	-0.4355	-0.2464	-0.1641	0.2298	0.5775	-0.1573
Mn							1.0000	0.1150	0.3388	-0.2060	-0.1639	0.3266
Zn								1.0000	0.4513	-0.5479	-0.5580	0.4427
Sal.									1.0000	-0.8346	-0.2198	0.9986
pH										1.0000	0.3940	-0.8372
Temp.											1.0000	-0.2228
CE												1.0000

Os dados de nitrito e amônia foram maiores nas coletas realizadas nos municípios de Porto Real do Colégio, Penedo, e Piaçabuçu, com valores médios de $0,5 \pm 0,1$ mg/L e $2,5 \pm 0,3$ mg/L, respectivamente, quanto aos dados de ferro, alcalinidade e dureza, estes foram estatisticamente superiores em Piaçabuçu com valores médios de $2,01 \pm 0,2$ mg/L, $48,00 \pm 1,5$ mg/L e $196,5 \pm 3,7$ mg/L.

Banco de dados de informações coletadas na expedição

Para facilitar o acesso a todas as informações coletadas, resultados de análises, gráficos, fotos e percursos, foi criado com a plataforma *My Maps* do Google Maps, um mapa online interativo (Figura 14) onde através de camadas (*layers*) qualquer usuário

pode visualizar todas as informações que compõem o banco de dados obtidos pela expedição de forma espacializada, ou seja, com sua localização em forma de ponto na superfície, e o detalhamento informativo sobre cada ponto. Este acervo encontra-se disponível em <https://goo.gl/s2LxL2>.

A partir da utilização conjunta do banco de dados da expedição com outras informações ligadas, principalmente, as condições socioambientais e econômicas dos municípios, os gestores de atividades que se relacionem com os usos múltiplos dos recursos hídricos no Baixo São Francisco possuem relevantes dados que permitem um melhor planejamento de políticas públicas para a revitalização desta região, e que atendam as demandas da população gerando um menor impacto ambiental e promovendo o desenvolvimento sustentável local.

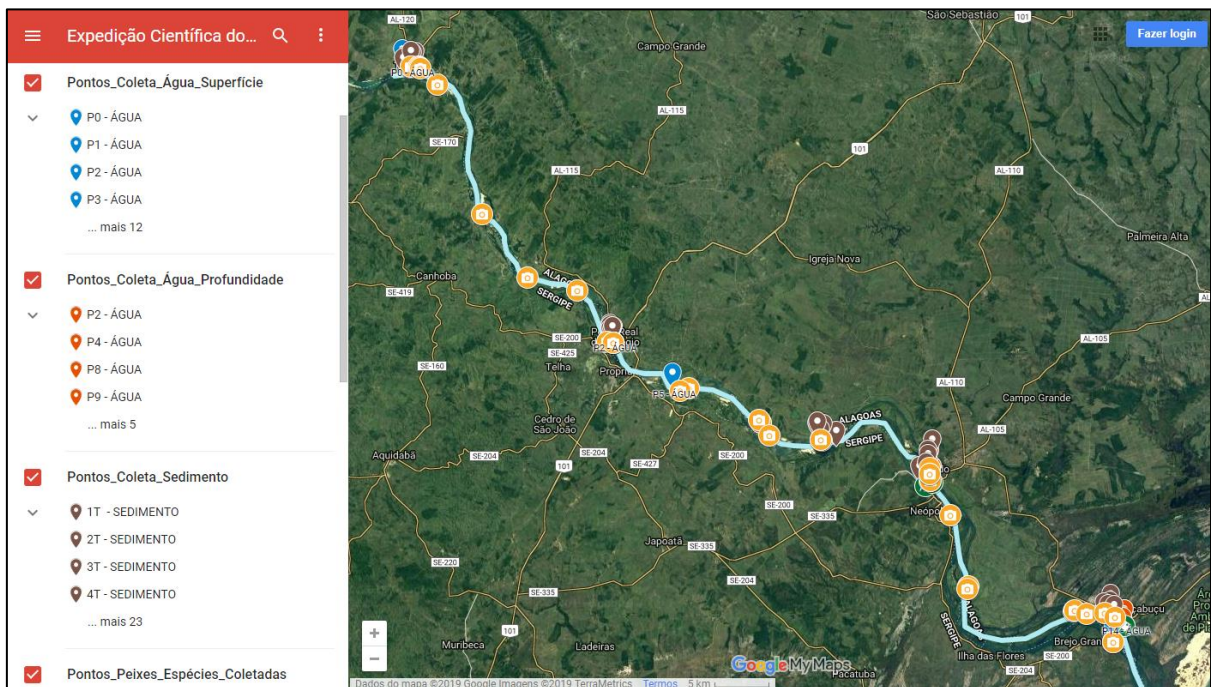


Figura 14. Exibição inicial do mapa online disponibilizado pela Expedição.

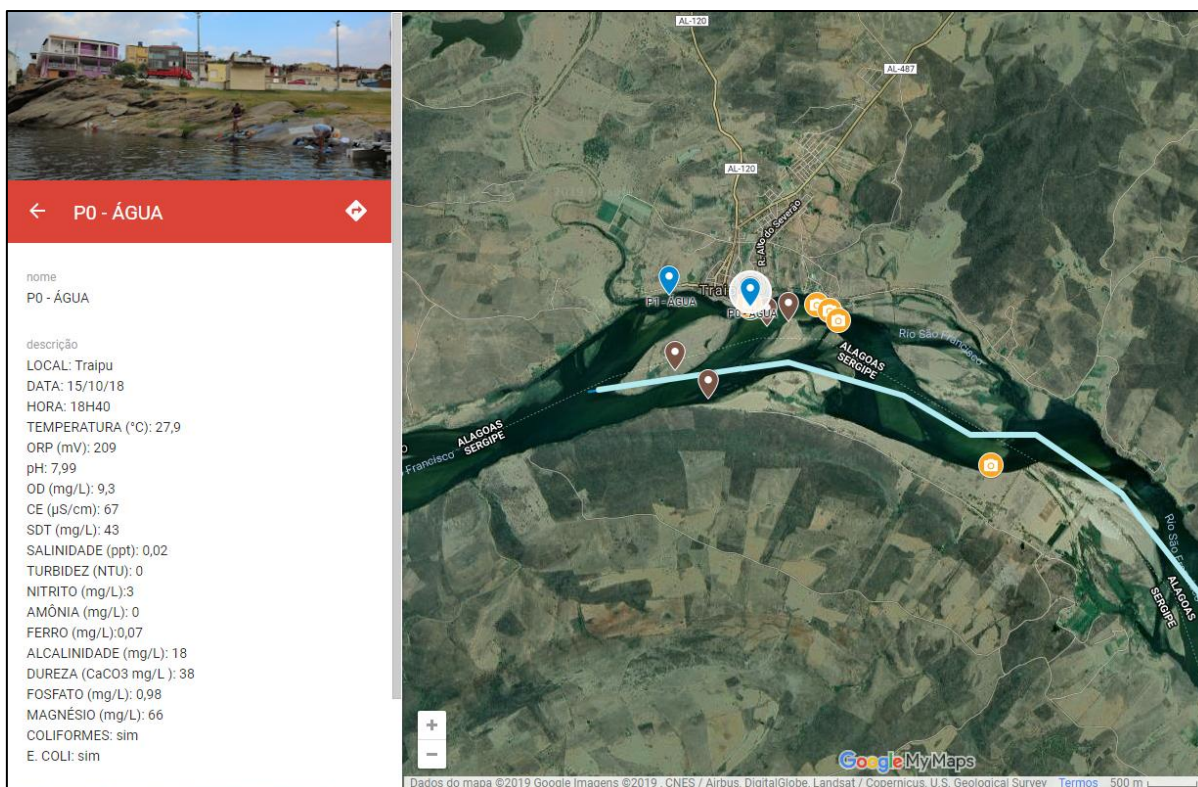


Figura 15. Exemplo das informações disponibilizadas em cada ponto das camadas.

Saúde mental de agricultores ribeirinhos do baixo São Francisco

Foram entrevistados 43 trabalhadores de agricultura familiar residentes em Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piacabuçu (Tabela 1). A maioria era do sexo masculino (40- 93%), casado (28 – 65,1%), cultivava arroz (13 – 30,2%) e trabalhava com pesca (7 – 16,3%) (Tabela 1). A média de idade foi de 45,7 (\pm 14,3) anos, variando de 21 a 69 anos (Tabela 8).

A pesquisa verificou uma frequência de 7 (16,3%) pessoas com TMC (Tabela 2). Os itens do instrumento com maiores afirmações positivas foram: Falta de apetite; sente-se nervoso, tenso ou preocupado; cansa-se com facilidade; dor de cabeça frequente; assusta-se com facilidade, tem sensações desagradáveis no estômago (Tabela 2).

Duas pessoas afirmaram que já teve depressão ao longo da vida. As duas foram positivas para o resultado de TMC. Apenas um desses alegou fazer tratamento medicamentoso. Outras duas pessoas fazem uso de medicação, mas não foram positivas para o resultado de TMC (Tabela 9).

Tabela 8- Características gerais de trabalhadores agrícolas ribeirinhos da região do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil.

Sexo	Porto Real do Colégio	Igreja Nova	Penedo	Piacabuçu	Total
Masculino	10 (25%)	9 (22,5%)	11 (27,5%)	10 (25%)	40 (93%)
Feminino	2 (66,7%)	-	1 (33,3%)	-	3 (7%)
Total	12 (27,9%)	9 (20,9%)	12 (27,9%)	10 (23,3%)	43 (100%)
Media de idade	45,7 ± 14,28 (Máx: 69 e Mín: 21 anos)				
Estado civil	Casado	Separado	Solteiro	Viúvo	Sem reposta
Masculino	26 (65%)	2 (5%)	6 (15%)	1 (2,5%)	5 (12,5%)
Feminino	2 (66,7%)	-	-	1 (33,3%)	-
Total	28 (65,1%)	2 (4,7%)	6 (13,9%)	2 (4,7%)	5 (11,6%)
Cultivo de arroz	13 (30,2%)	Pesca	7 (16,3%)		

Tabela 9 – Características de transtornos mentais comuns de trabalhadores agrícolas ribeirinhos da região do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil.

Sexo	Porto Real do Colégio	Igreja Nova	Penedo	Piacabuçu	Total
Masculino	1 (16,7%)	3 (50%)	2 (33,3%)	-	6 (85,7%)
Feminino	1 (100%)	-	-	-	1 (14,3%)
Total	2 (28,6%)	3 (42,8%)	2 (28,6%)	-	7 (16,3%)
Usa remédio psiquiátrico					
	Sim	Não	Total		
Masculino	3 (100%)	-	3 (7,5%)		
Já teve depressão					
	Sim	Não	Total		
Masculino	1 (100%)	-	1 (2,5%)		
Feminino	1 (100%)	-	1 (33,3%)		
Itens do Instrumento SQR – 20 com mais afirmações positivas					
Falta de apetite					13 (30,2%)
Sente-se nervoso, tenso ou preocupado					13 (30,2%)
Cansa-se com facilidade					13 (30,2%)

Dor de cabeça frequente	12 (27,9%)
Assusta-se com facilidade	12 (27,9%)
Tem sensações desagradáveis no estômago	12 (27,9%)

Os transtornos mentais são influenciados por uma combinação de fatores biológicos, psicológicos e sociais. Afetam pessoas de todas as idades, em todos os países e causam sofrimento aos indivíduos, às famílias e às comunidades. A maioria dos casos pode ser diagnosticada e tratada (Poletto, 2009).

Esse estudo identificou 7 (16,3%) pessoas com TMC e os itens do instrumento com maiores afirmações positivas foram: Falta de apetite; sente-se nervoso, tenso ou preocupado; cansa-se com facilidade; dor de cabeça frequente; assusta-se com facilidade, tem sensações desagradáveis no estômago. Esses itens apontam para a necessidade de se promover um cuidado voltado aos sinais e sintomas de ansiedade que podem estar presentes nessa comunidade.

O transtorno de ansiedade generalizada se caracteriza por uma preocupação intensa e persistente, incluindo redução de desempenho no ambiente laboral. Além disso, o indivíduo não consegue melhorar essa preocupação, sente-se como se estivesse com os nervos à “flor da pele”, fadigado, irritável, com dificuldade de concentração, tenso e com sono irregular (DSM-5, 2014).

As comunidades agrícolas são caracterizadas por um número de fatores favoráveis à saúde e bem-estar. No entanto, estas passaram por mudanças na tecnologia de produção, em que métodos de trabalho foram criados para vencer a sua demanda, ocorrendo alterações significativas no comportamento dos agricultores. Além disso, a modernização tem sido responsável pelo desemprego, o desenraizamento do campo, a desagregação da família e da comunidade, além de responder pela migração e expulsão em massa da população rural para as cidades (Martins, 2001). Esses fatores podem estar influenciando no desencadeamento de TMC.

Duas pessoas afirmaram que já teve depressão ao longo da vida. As duas foram positivas para o resultado de TMC. Apenas um desses alegou fazer tratamento medicamentoso. O transtorno depressivo maior é caracterizado pelo humor triste, vazio ou irritabilidade. O indivíduo pode apresentar perda de interesse pelas atividades do cotidiano, sentimento de inutilidade e culpa, perda da autoestima, ideias de morte e suicídio, perturbações do sono e alterações do apetite, além destes podem estar presentes os sintomas somáticos. É caracterizado por episódios distintos de pelo menos duas

semanas de duração, alguns ocorrendo por um período maior de tempo e pode ocorrer episodicamente ou recorrente ou crônica (DSM V, 2014).

Os 43 trabalhadores entrevistados tinham predominância do sexo masculino, eram casados e cultivavam arroz ou viviam da pesca. De acordo com os mesmos, uma das maiores dificuldades enfrentadas no momento é a degradação, assoreamento e poluição do rio.

CONCLUSÕES

O crescimento econômico, baseado na agroindústria irrigada, na expansão urbana, e consequentemente no desmatamento intensivo, resultaram em altos níveis de degradação ambiental e poluição das águas, assoreamento do rio, as suas lagoas marginais, aumento do teor de metais pesados, salinização de áreas irrigadas, ocupação desordenada de ambientes costeiros, dentre tantos outros exemplos de degradação ambiental.

O problema de salinização na foz do Rio São Francisco foi agravado com a redução da vazão do rio devido à crise hídrica e execução do plano de regularização de vazão do rio pelo gestor nacional de águas e energia, aumentando a ocorrência, magnitude e o alcance da “cunha salina” no Baixo São Francisco.

Foram registrados problemas com a captação e abastecimento de água de alguns municípios e povoados mais próximos da foz devido ao aumento da salinidade da água do rio. Para amenizar o problema, foi necessária a intervenção tanto do CBHSF como do poder público constituído. Coliformes fecais, índices de metais pesados e qualidade água com nitrito, amônia e fósforo com teores elevados foram observados em todas as cidades visitadas.

Há espécies consideradas extintas, como o Pirá, que é símbolo do rio e desaparecimento da curimatã-pacú, pilombeta e camarão-pitú, além da diminuição da captura de algumas espécies como os piaús. Este problema de redução das espécies de peixes também tem sido agravado pela falta de trabalho de conscientização das colônias de pescadores, no que diz respeito ao controle sobre a atividade e intensidade de pesca. Desta forma, é altamente recomendado às autoridades públicas constituídas e aos gestores ambientais das esferas públicas e privadas, que atuam na bacia do São Francisco, que procurem desenvolver ações efetivas para recompor e manter as populações das diferentes espécies de peixes nativos do rio e que estão em extinção gradual.

A revitalização do Rio São Francisco se faz necessária visando promover um melhor volume de água limpa. A vida do rio caminha junto com a vida dos moradores ribeirinhos. Esses moradores que trabalham com o cultivo e a pesca vêm apresentando

TMC que necessitam de um cuidado multidisciplinar voltado para a promoção da qualidade de vida e da saúde mental. Os gestores dos municípios estudados devem estar alerta para a promoção da saúde mental e a revitalização do rio, visando o bem estar dos que ali vivem.

As comunidades pesqueiras da Foz do São Francisco ainda não possuem a propriedade da terra, ela é utilizada de forma coletiva nos espaços das águas como os rios, açudes, lagoas e o mar, além das terras de beira d'água. Estes possuem um conjunto de regras e de condutas vivenciadas com a coletividade para o uso dos recursos naturais.

O agravamento de um conflito socioambiental trouxe às comunidades um sentimento de apego a terra. Reterritorializar-se, a partir da organização social, é cada vez mais necessário, para o avanço dos processos, não apenas jurídicos, mas sociais, de fortalecimento das identidades e conseqüentemente, das garantias dos territórios.

As frutas e verduras e uma boa parte do gado leiteiro mantém sua origem de produção sem agroquímicos, a produção de grãos mantém-se em sua maioria no modo convencional, e talvez, por isso, ainda continue a apresentar novas doenças e pragas. Esta produção pode causar impactos ao meio ambiente e conseqüentemente ao rio São Francisco através dos resíduos químicos, que podem retornar as águas e causar danos a toda a fauna e flora aquática.

Mesmo com o apoio das equipes de assistência técnica, o número de profissionais é pequeno para um número muito grande de produtores. Por conseqüência disso em sua maioria, acabam utilizando técnicas convencionais de cultivo com o uso de fertilizantes solúveis como ureia e superfosfato.

Com relação a produção de arroz é frequente o uso de agrotóxicos. Foi relatado pelos agricultores o uso dos seguintes ingredientes ativos: *Cresoxim-metílico*, *Epoconazol* (Fungicida - Medianamente tóxico); *Acetamiprido*, *Alfa-Cipermetrina* (Inseticida - Medianamente tóxico); *Brodifacoum* (compostos anticoagulante derivado da hidroxycumarina – Raticida - Medianamente tóxico); *Endosulfan* (Inseticida - Altamente tóxico); *Imazapique*, *Imazapir* (Herbicida - Altamente tóxico). As experiências de produção de arroz em sistema agroecológico e orgânico podem servir de base para um processo de transição do atual modelo adotado para modos mais sustentáveis de produção.

Em todas as experiências visitadas, a pesca possui importância econômica, seja para renda como para o abastecimento das famílias. Essa atividade vem apresentando redução,

de acordo com os relatos dos grupos, tanto na quantidade de pescado, quanto na diversidade de espécies.

As experiências de produção agroecológica podem servir de base para ampliação desse modo de produção, buscando melhorar a renda e a qualidade de vida das famílias. O acesso à terra pode ser um fator limitante a manutenção das famílias no meio rural, pois aquelas que tem a atividade econômica voltada para a pesca não possuem áreas suficiente para a produção agrícola.

Os metais e o metaloide arsênio presentes nas quinze espécies de peixes capturados no Baixo São Francisco apresentaram as concentrações médias na seguinte ordem decrescente: $Fe > Zn > Mn > Cu > As > Cr > Pb > Cd$. O ferro foi o metal mais abundante, seguido do zinco, no tecido muscular dos peixes estudados.

As concentrações de cádmio e chumbo encontradas no tecido muscular dos peixes avaliados não apresentam risco à saúde humana associado ao consumo dessas espécies com base nos Limites Máximos de Tolerância (LMT).

Concentrações de arsênio acima do LMT foram detectadas em duas espécies: baiacu *Lagocephalus laevigatus* e bagre *Bagre marinus* podendo apresentar potencial risco à saúde humana associado ao consumo desses pescados. A ocorrência de exemplares únicos dessas espécies na amostragem dos peixes, bem como em outras: curimatã pacu *Prochilodus argenteus*, piranha vermelha *Pygocentrus piraya* e xareú *Caranx latus* resulta em baixa precisão dos resultados analíticos do arsênio e de todos os metais avaliados para essas espécies.

Os níveis de cromo acima do LMT registrados em todas as espécies estudadas indicam que o meio está impactado por esse metal, expondo risco à saúde das populações da região do Baixo São Francisco que frequentemente consomem essas espécies.

Em trabalhos futuros, é recomendável a ampliação do universo amostral com um maior número de indivíduos por espécie objetivando melhor acuracidade dos resultados. Em face aos dados apresentados, é necessária a continuidade desse trabalho em diferentes épocas do ano (verão e inverno) e análise de metais nos diferentes compartimentos ambientais, água e solo, para evidenciar possíveis inter-relações com as pressões antropogênicas e os processos geoquímicos presentes na região do Baixo São Francisco.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Espera-se que haja continuidade da expedição para que consigamos aumentar o volume de informações e contribuir com dados mais robustos sobre a situação do rio Baixo São Francisco. Com a realização de mais campanhas, pretende-se criar um programa de biomonitoramento na região e um sistema de coletas em tempo real.

Os dados de enzimas anti-estresse não foram disponibilizados no relatório por ausência de pagamento das análises e da responsável por esta etapa, desta forma, esperamos que o CBHSF regularize esta situação para que não prejudique a geração de informações com maior riqueza em detalhes.

A próxima expedição está prevista para o mês de novembro do corrente ano, onde esperamos cobrir mais áreas e municípios com 10 dias de trabalhos em campo e mais pesquisadores envolvidos, para isso esperamos o aporte de recursos do CBHSF, FAPEAL, SEAP-MAPA e demais parceiros.

AGRADECIMENTOS

A toda a equipe da I Expedição Científica do Baixo São Francisco. Ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF), e a Fundação ao Amparo à pesquisa e Inovação de Alagoas (FAPEAL), pelo aporte financeiro.

Nossos agradecimentos a todos que colaboraram direta e indiretamente para a realização das atividades e análises relatadas neste documento. Colaboraram com a coleta de amostras de sedimentos o professor Ricardo Ferreira Araújo (UFAL) e o bolsista Alex Fernando da Silva Santos (EMBRAPA/SE) e, com as análises de sedimentos, o Engenheiro Agrônomo Ricardo Barros da Silva (UFAL Arapiraca). Nas visitas às escolas, contamos com a valiosa e inestimável colaboração do pesquisador Evaristo Rial, do Centro Oceanográfico de Vigo da Espanha.

Agradecemos aos Secretários de Agricultura e de Meio Ambiente e aos técnicos dos municípios pela receptividade e participação das reuniões, a citar, o Sr. Jackson Borges (Traipú), Antônio Marcos da Silva (Porto Real do Colégio), Aureliano A. Dias Neto e Antenor Nerys Filho (Igreja Nova), Manoel Messias Limas, Paulo Freire e Lucas Primo (Penedo), Otávio Augusto Nascimento e José Alípio de Araújo Filho (Piaçabuçu).

Ao Engenheiro Agrônomo e futuro parceiro no desenvolvimento das atividades ambientais, Henrique Lessa (técnico do IMA, em Penedo - AL), bem como aos técnicos da CODEVASF em Penedo, Ana Helena, Álvaro Albuquerque e Maciel Oliveira, que nos

receberam gentilmente para uma conversa muito enriquecedora sobre os problemas enfrentados atualmente pelo rio São Francisco.

Agradecimento especial ao Engenheiro Agrônomo William Antônio Rodrigues e ao Supervisor Geral Aldo José Alves Toledo, bem como a todo demais Técnicos da EMATER-AL, Flávio Jodeklan, Gilvan Correia e Luiz Carlos Agostinho, que estiveram presentes e deram todo o suporte necessário à realização das visitas e reuniões durante toda a expedição.

Aos diretores das escolas públicas, municipais e estaduais, Bruno de Jesus Silva (Porto Real do Colégio), Vânia Santos Menezes (Chinaré, Igreja Nova) e Marciel Pinheiro Costa (Penedo), que nos receberam e disponibilizaram seus alunos e professores para participarem das palestras e visitas. Bem como agradecemos aos Alunos e Professoras da **Escola Estadual Correia Titara**, em Piaçabuçu, que se deslocaram para nos visitar no barco da expedição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSERALD, H. Conflitos ambientais – atualidade do objeto. in Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro, 2004.
- AFONSO, C.; CARDOSO, C.; Lourenço H.M. et al. 2013. Evaluation of hazards and benefits associated with the consumption of six fish species from the Portuguese coast. **J Food Compos Anal** 32: 59–67.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). 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.
- AHMED, M.K, HABIDULLAH-AL-MAMUN, M., HOSSAIN, M.A., ARIF, M., PARVIN, E., AKTER, M.S., KHAN, M.S., ISLAM, M.M. (2011) Assessing the genotoxic potentials of arsenic in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) using alkaline comet assay and micronucleus test. **Chemosphere** 4:143–149
- ANDRADE, A.R.; FELCHAK, I.M.. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do rio das Antas - Irati/PR. *Geoambiente On-Line*. n.12 (jan-jun): 108 – 132. 2009.
- APARECIDO, C.F.F.; VANZELA, L.S.; VAZQUEZ, G.H. & LIMA, R.C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. *Irriga, Botucatu*, v. 21, n. 2, p. 239-256, maio - junho, 2016.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for arsenic**. Atlanta, 2007. 500 p. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- BARBOSA, J.M., SOARES, E.C., CINTRA, I.H.A, HERMANN, M., ARAÚJO, A.R.R. (2017). Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco. *ActaFish*, 5(1): 70-90.
- 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. 2004, pp.53-99.
- BOSCH, A.C., O’NEILL, B, SIGGE, G.O. et al. 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: A review. **J Sci Food Agric** 96:32–48.
- CAMARGO, Eduardo; BEGOSSI, Alpina. Diários de Campo da Ilha de Búzios. São Paulo, Editora Hucitec, 128 p. 2006.

- CABRAL, J.B.P.. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. CAMINHOS DE GEOGRAFIA – 6 (14) 62-69, Fev / 2005 Revista *on line*. ISSN 1678-6343. www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html.
- CHABARIBERY, D.; SILVA, J.R.; TAVARES, L.F.J.; LOLI, M.V.B.; SILVA, M.R.; MONTEIRO, A.V.V.M.. RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares.. Informações Econômicas, SP, v.38, n.6, jun. 2008.
- 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. Dezembro. 2017.
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. Áreas de Irrigação. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/boacica>, acessado em 04/02/2019.
- COSTA, R. H. O mito da desterritorialização: do fim dos territórios à multiterritorialidade. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011.
- CPP - Conselho Pastoral dos Pescadores. Freitas, Alzeni Tomaz, Santos, Gilmar (orgs). Conflitos Socioambientais e Violação de Direitos Humanos em Comunidades Tradicionais Pesqueiras no Brasil. Brasília/DF. 2016.
- CRUZ, M.A.S.; SANTOS, L.T.S.O.; LIMA, L.G.L.M.; JESUS, T.B.. Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA). DOI: 10.5327/Z0102-9800201300010005. Geochimica Brasiliensis 27(1): 49-62, 2013.
- DECRETO Lei nº 55.781, de 26 de março de 1965: “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos” e seu anexo “Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos”. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/decreto-no-55-871-de-26-de-marco-de-1965.doc/view>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- DESESSO, J. M. Teratogen update: inorganic arsenic. **Teratology**, New York, v. 64, n. 3, p. 170-173, 2001.
- DIEGUES, Antonio Carlos Sant’Ana. A pesca construindo sociedades: leituras em socioantropologia marítima e pesqueira. NUPAUB – USP. São Paulo, 2004.
- DIEGUES, Antonio Carlos Sant’Ana. Ecologia humana e planejamento costeiro. 2. ed. NUPAUB-USP, São Paulo, Brasil, 2001.
- DURAL, M.; GOKSU, M. Z. L.; ÖZAK, A. A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. **Food Chemistry**, Amsterdam, n. 102, p. 415-421, 2007.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. The stat of world of fisheries and aquaculture. Rome. 2016.
- FARRUGIA, T.J.; OLIVEIRA, A.C.M.; KNUE, J.F.; et al. 2015. Nutritional content, mercury, and trace element analyses of two skate (Rajidae) species in the Gulf of Alaska. **J Food Compos Anal** 42:152–63.
- FRANCO, F. S. Monitoramento Participativo: Das práticas agroecológicas implantadas no entorno da reserva Mato do Sossego, dentro do projeto Doces Matas. In Monitoramento e avaliação de projetos: métodos e experiências. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Coordenação da Amazônia, Programa Piloto para a Proteção de Florestas Tropicais do Brasil, Projeto de Apoio ao Monitoramento e Análise. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2004.

- FURTADO, Lourdes G. Reservas pesqueiras: uma alternativa de subsistência e preservação ambiental. in Povos das águas: realidade e perspectiva na Amazônia. Belém, 1993.
- FILIZOLA, H.F.; GOMES, M.A.F.; SOUZA, M.D. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169p.
- GARZA, A.; VEGA, R.; SOTO, E. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. **Medical Science Monitor**, México, v. 12, n.3, p. 57-65, 2006.
- GRAY, M.A., HARRINS, A., CENTENO, J.A. (2005) The role of cadmium, zinc, and selenium in prostate disease. In: Moore TA, Black A, Centeno JA, Harding JS, Trumm DA (eds) Metal contaminants in New Zealand: sources, treatments, and effects on ecology and human health. Resolutionz Press, Christchurch, pp 393–414
- GUIL-GUERRERO, J.L; VENEGAS-VENEGAS, E; RINCON-CERVERA, M.A; et al. 2011. Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. **J Food Compos Anal** 24:217–22.
- HE, K. 2009. Fish, long-chain Omega-3 polyunsaturated fatty acids and prevention of cardiovascular disease—Eat fish or take fish oil supplement? **Prog Cardiovasc Dis** 52:95–114.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em 30/11/2018 e 04/02/2019.
- IMESON, A; CURFS, M. Erosão do solo. 2012. Disponível em: http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leaflets/B1_Leaflet_PT.pdf. Acesso em: 23/07/2014.
- ISHIKAWA, Y., NAGAKAWA, K., SATOH, Y., KITAGAWA, T., SUGANO, H., HIRANO, T., TSUCHIYA, E. (1994) Characteristics of chromate workers' cancers, chromium lung deposition and precancerous bronchial lesions: an autopsy study. **Br J Cancer** 70:160
- KEMKER, C. “Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids.” Fundamentals of Environmental Measurements. Fondriest Environmental, Inc. 3 março, 2014. Disponível em: <http://www.fondriest.com/environmental/measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/> Acesso em: 04 fev. 2019.
- LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. **Guia de identificação de peixes marinhos da Região Nordeste**. Recife: Dimar, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/arquivos/guiaiden.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.
- MAIA, A.G. As consequências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens. Tese de Doutor em Engenharia Civil. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos - SP. 271 p. 2006.
- MARQUES, José Geraldo W. Pescando Pescadores: Ciência e Etnociência em uma Perspectiva Ecológica. 2 Edição. São Paulo: NUPAUB/USP, 2001.
- MARTINS, S.V. Recuperação de matas ciliares. 2ª Ed. Revista e ampliada. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2007. 255p.
- MEDEIROS, P.R.P., CAVALCANTE, G.H., BRANDINI, N., KNOPPERS, B.A. Inter-annual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2016, vol. 28, ed.5.
- MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**: vol. V, teleostei. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1985.105 p.

- MORAIS FILHO, J.Z. O Assoreamento nos Lagos Igapó I e II na cidade de Londrina - PR. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014. 78 p.
- MORÀN, Emílio F. La ecología humana de los pueblos de la Amazonia. Fondo de Cultura Económica, 1993.
- MORENO, J.A., YEIMANS, E.C., STREIFEL, K.M., BRATTIN, B.L., TAYLOR, R.J., TJALKENS, R.B. (2009) Age-dependent susceptibility to manganese-induced neurological dysfunction. **Toxicol Sci** 112(2):394–404.
- POPP, J. H. Geologia Geral. 4ª ed. Rio de Janeiro; São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1988.
- QUEIROZ, M.M.A.; HORBE, A.M.C.; MOURA, C.A.V.. Mineralogia e química dos sedimentos de fundo do médio e baixo Madeira e de seus principais tributários – Amazonas – Brasil. *Acta Amazonica*. 41(4): 453 – 464. 2011.
- RAMALHO, Cristiano Wellington. Ah, esse povo do mar!: um estudo sobre trabalho e pertencimento na pesca artesanal pernambucana. 1. ed. São Paulo; Campinas: Editora Polis; Ceres-Unicamp, 2006.
- SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção / Milton Santos. - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- SILVA, A. M; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. Rima Editora. São Carlos, 2004.
- SILVA, L. G. A faina, a festa e o rito: uma etnografia histórica sobre as gentes do mar. Campinas, SP: Papyrus, 2001.
- VANUCCI, Marta. Os manguezais e nós. Editora Edusp, São Paulo/SP, 1999.
- WALLIMAN, Nicholas. Métodos de Pesquisa. São Paulo, 2015.

ANEXO

O impacto da expedição rendeu mais de 50 reportagens, incluindo sites, jornais e televisão, abaixo alguns endereços eletrônicos do trabalho:

<https://ufal.br/ufal/noticias/2018/10/seminario-apresentara-resultado-da-expedicao-cientifica-no-baixo-sao-francisco>

<https://ufal.br/ufal/noticias/2018/10/seminario-apresentara-resultado-da-expedicao-cientifica-no-baixo-sao-francisco>

<https://diariodopoder.com.br/ufal-lidera-expedicao-cientifica-na-regiao-do-baixo-sao-francisco/>

<http://g1.globo.com/al/alagoas/gazeta-rural/videos/t/edicoes/v/biosecuranca-na-agricultura-e-debatido-durante-simposio-de-ecotoxicologia/7137204/>

<https://globoplay.globo.com/v/7130190/programa/>

<https://www.cti.gov.br/pt-br/noticias/barco-aut%C3%B4nomo-iracema-integra-expedi%C3%A7%C3%A3o-cient%C3%ADfica-no-baixo-rio-s%C3%A3o-francisco>

<http://g1.globo.com/al/alagoas/altv-2edicao/videos/v/quase-40-pesquisadores-participam-de-expedicao-cientifica-no-rio-sao-francisco-em-al/7093319/>

