

An aerial photograph of a fish farm in a reservoir. The water is a vibrant turquoise color. In the foreground and middle ground, several long, parallel rows of floating cages are visible, each consisting of numerous small, square cages connected by a line. The cages are arranged in a curved pattern. On the right side of the image, a small building with a light-colored roof and walls is situated on a grassy bank. The background shows a dense forest of green trees. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

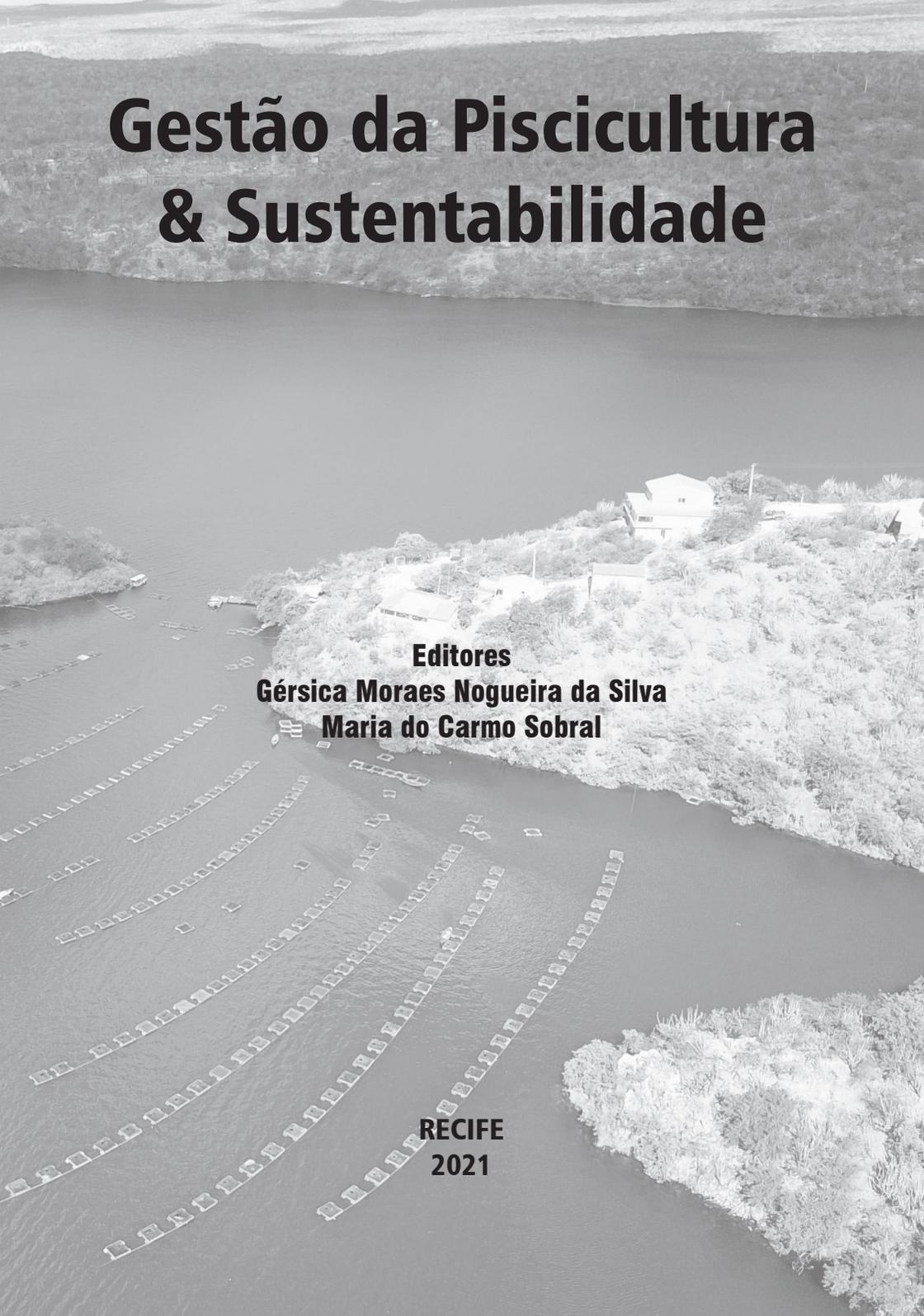
Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade

EDITORES

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

Maria do Carmo Sobral

Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade

An aerial photograph of a large-scale aquaculture operation. The water is filled with numerous long, parallel rows of floating cages, likely for fish farming. The cages are arranged in a grid-like pattern across the bay. In the background, a small settlement with several buildings is visible on a hillside overlooking the water. The overall scene is a mix of natural landscape and intensive agricultural activity.

Editores

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

Maria do Carmo Sobral

**RECIFE
2021**

PROJETO GRÁFICO E CAPA

Márcia Mendes

FOTOGRAFIA DA CAPA

Ricardo Sílvio de Andrade (acervo Observatório COMRIOS - UNEB)

DIAGRAMAÇÃO

Márcia Mendes

PRODUÇÃO EDITORIAL

CCS Gráfica Editora Ltda

EDITORES

*Gérsica Moraes Nogueira da Silva
Maria do Carmo Sobral*

APOIO TÉCNICO EDITORIAL

*Vanessa Adalgiza da Silva
Ruy Albuquerque Tenório*

REVISÃO GRAMATICAL

Renate Elisabet Inngauer

REALIZAÇÃO

*Grupo de Gestão Ambiental (GGA/UFPE)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE)*

CONSELHO EDITORIAL

CONSULTIVO

*Dr. Arlindo Philippi Jr (USP)
Dr. Carlos Alberto Cioce Sampaio (FURB)
Dra. Danielli Matias de Macedo Dantas (UFRPE)
Dra. Edvânia Torres Aguiar Gomes (UFRN)
Dr. Fabio Magno da Silva Santana (UFRN)
Dra. Fátima Lucia de Brito Santos (UNEB)
Dr. José Patrocínio Lopes (Observatório COMRIOS)
Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio (UFPE)
Dra. Lis Fernandes Stegmann (INPA)
Dr. Miguel Santana de Almeida Neto (IF-Sertão PE)
Dra. Sirleis Rodrigues Lacerda (URCA)
Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (UFC)
Dr. William Severi (UFRPE)*

G393 Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade /editores Gérsica Moraes Nogueira da Silva, Maria do Carmo Sobral ; prefácio William Severi. – Camaragibe, PE: CCS Gráfica e Editora, 2021.
222p. : il.
ISBN: 978-65-992464-3-2
Inclui referências.

1. Piscicultura – Brasil (Nordeste).
2. Piscicultura – Pernambuco.
3. Sustentabilidade – Brasil (Nordeste).
4. Bacia hidrográfica do rio São Francisco - Brasil (Nordeste) I. Silva, Gérsica Moraes Nogueira da. II. Sobral, Maria do Carmo. III. Severi, William.

CDU 639.3

CDD 639.3

PeR – BPE 20-293

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do presente livro, por meio dos recursos do projeto “Sistema de Apoio à Decisão para Gestão Ambiental do Arranjo Produtivo da Piscicultura em Reservatórios no Semiárido de Pernambuco”, subsidiado no APQ n° 1248_3.07/15.

Às instituições de ensino e pesquisa, as quais estão vinculados os autores dos capítulos desta obra, incluindo os integrantes do conselho editorial consultivo, representados em nome da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e o Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, o qual as editoras estão vinculadas.

Aos empreendimentos de piscicultura da região semiárida e atores sociais da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, que direta e indiretamente, contribuíram na obtenção dos dados e resultados apresentados. Assim como, os entes federativos que contribuem com o desenvolvimento da atividade de pesca e piscicultura no Brasil.

AUTORES

Ana Lúcia Candeias

Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Ana Lucila dos Santos Costa

Farmacêutica, Centro Universitário Rio São Francisco, UNIRIOS

Anthony Epifanio Alves

Biólogo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Ariane Silva Cardoso

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Cláudia Ricardo de Oliveira

Geógrafa, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Cristiane Maria Araújo Castro

Bióloga, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Danilo Oliveira Nogueira

Engenheiro de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Elivelton Ribeiro Souza

Engenheiro de Pesca, Integral Agroindustrial Ltda, Integral Mix

Érika Alves Tavares Marques

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Everardo Valadares de Sa Barretto Sampaio

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

Bióloga e Gestora ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Glenda da Silva Tavares

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Hidaiane Fayga Matias Caldas

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Igor Barros Oliveira

Engenheiro de Pesca, Observatório COMRIOS, UNEB

Janaina Maria Oliveira de Assis

Geógrafa, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Jorge Luiz Araújo da Silva

Médico Veterinário, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Juarez Antônio da Silva Júnior

Graduando em Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Luane dos Santos Simplicio

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Maiara Gabrielle de Souza Melo

Gestora ambiental, Instituto Federal da Paraíba, IFPB

Maria do Carmo Sobral

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Maria do Socorro Bezerra Araújo

Engenheira Química, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Maristela Casé Costa Cunha

Bióloga, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Nara Tôrres Silveira

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Omar Jorge Sabbag

Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual Paulista, UNESP

Rafaell Batista Pereira

Fisioterapeuta, Universitário Rio São Francisco, UNIRIOS

Renata Melon Barroso Bertolini

Médica Veterinária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA

Ricardo Marques Nogueira Filho

Engenheiro de Pesca, Biólogo e Químico, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Ronaldo Faustino da Silva

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Ruy Albuquerque Tenório

Engenheiro Agrônomo, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Tâmara de Almeida e Silva

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

SUMÁRIO

Apresentação.....09
Gérsica Nogueira da Silva & Maria do Carmo Sobral

Prefácio..... 11
William Severi

Capítulo 1

Arranjo produtivo da piscicultura e sustentabilidade no Submédio e Baixo São Francisco.....13
Érika Marques, Cláudia Oliveira & Maria do Carmo Sobral

Capítulo 2

Potencialidade à tilapicultura no reservatório hidrelétrico Moxotó: um aporte ao desenvolvimento do Submédio São Francisco.....39
Ruy Tenório, Igor Oliveira, Renata Bertolini, Elivelton Souza & Omar Sabbag

Capítulo 3

Composição taxonômica da comunidade zooplanctônica em empreendimentos aquícolas do Monumento Natural do São Francisco.....65
Luane Simplicio & Maristela Casé

Capítulo 4

Invasão do mexilhão dourado no bioma Caatinga com impacto na tilapicultura e prognóstico do seu estabelecimento no Monumento Natural do Rio São Francisco81
Tâmara de Almeida e Silva, Glenda Tavares, Ruy Tenório, Danilo Nogueira & Érika Marques

Capítulo 5

Impactos causados por *Egeria densa* em empreendimentos aquícolas no município de Jatobá – PE.....105
Nara Silveira, Ricardo Nogueira Filho, Rafaell Pereira & Ana Lucila Costa

Capítulo 6

Análise ecotoxicológica de fármacos utilizados em cultivo de alevinos.....121
Ariane Cardoso, Anthony Alves, Cristiane Castro & Maristela Casé

Capítulo 7

Uso do lodo de tanques da piscicultura, especialmente em áreas agrícolas do Semiárido brasileiro.....139
Jorge Luiz da Silva, Maria do Socorro Araújo, Everardo Sampaio & Ronaldo Faustino da Silva

Capítulo 8

Modelagem institucional para resolução de conflitos da piscicultura no Semiárido pernambucano a partir da Análise de Constelação.....151
Maiara Melo & Maria do Carmo Sobral

Capítulo 9

Mudanças Climáticas e redução da vazão no Submédio São Francisco.....175
Janaina Assis, Gérsica Nogueira da Silva & Hidaiane Caldas

Capítulo 10

Bases para um sistema de informação da atividade de piscicultura no reservatório Itaparica, semiárido nordestino, Brasil.....191
Gérsica Nogueira da Silva, Juarez da Silva Júnior, Ariane Cardoso & Ana Lúcia Candeias

APRESENTAÇÃO

O presente livro **Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade** é fruto do Projeto de pesquisa intitulado “Sistema de Apoio à Decisão para Gestão Ambiental do Arranjo Produtivo da Piscicultura em Reservatórios no Semiárido de Pernambuco”, desenvolvido no período de 2015 a 2019, sob a coordenação da profa. Maria do Carmo Sobral e financiamento da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE APQ-1248-3.07/15).

O livro apresenta resultados do projeto de pesquisa e contempla contribuições de parcerias consolidadas na temática da piscicultura ao longo do seu desenvolvimento, que possibilitaram obter uma visão integrada do processo de tomada de decisão, contribuindo para o fortalecimento do Arranjo Produtivo Local (APL) da piscicultura e da gestão ambiental da atividade no semiárido do nordeste brasileiro, com destaque às regiões do Submédio e Baixo da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Esta obra é composta por 10 capítulos, organizados sistematicamente em aspectos da **Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade**, contemplando: (i) Arranjo produtivo da piscicultura e suas potencialidades; (ii) Biodiversidade e impactos ambientais em reservatórios no semiárido; (iii) Aspectos tecnológicos e institucionais para desenvolvimento sustentável da piscicultura, considerando o contexto das mudanças climáticas; e (iv) Monitoramento e controle ambiental, como ferramentas para manutenção dos múltiplos usos na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

A questão da sustentabilidade ambiental relaciona-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos na Agenda 2030, dos quais alguns podem ser destacados para a temática do livro. A piscicultura tem relevância no ODS 1: Erradicação da pobreza e ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável, contribuindo na geração de emprego e renda local, no alcance da segurança alimentar, melhoria da nutrição e promoção da agricultura sustentável, através da implementação de sistemas sustentáveis de produção. A prática da gestão sustentável na piscicultura pode contribuir, ainda, com o ODS 6: Água potável e saneamento, visando assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água para todos, dentre as quais, podemos destacar o aumento na eficiência do uso da água.

Os benefícios socioeconômicos da piscicultura podem ser maximizados em contribuição ao ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico, assegurando inclusão e renda. O ODS 9: Indústria, inovação e infraestrutura e o ODS 12:

Consumo e produção sustentável, são complementares no sentido de investimentos na cadeia produtiva, na redução de desperdícios, no desenvolvimento tecnológico de produtos e processos para o Arranjo Produtivo Local, contribuindo para o manejo ambientalmente saudável. E, por fim, o ODS 16: Paz, justiça e instituições eficazes, principalmente no tocante a garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis, além de assegurar o acesso público à informação.

Gérsica Nogueira da Silva & Maria do Carmo Sobral

PREFÁCIO

A aquicultura – cultivo de organismos aquáticos – é a atividade pecuária de maior crescimento nas últimas três décadas. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção de pescado oriundo das diferentes modalidades da aquicultura, principalmente a carcinicultura (camarões), malacocultura (mariscos, ostras e mexilhões) e piscicultura (peixes), superior a 82,1 milhões de toneladas em 2018, ultrapassou neste ano a produção oriunda da atividade pesqueira (captura) em todo o mundo, estagnada em torno de 90 milhões de toneladas desde 1990.

No Brasil, a piscicultura é uma atividade quase que exclusiva de água doce, concentrada no cultivo predominante de espécies exóticas, com destaque para a tilápia-do-nilo. O desenvolvimento da piscicultura nos últimos anos foi alavancado pela implantação de uma modalidade intensiva de cultivo - o cultivo em gaiolas flutuantes ou tanques-rede -, cuja expansão tem sido favorecida pelo aproveitamento dos mais de 35.200 km² de água represada distribuídos nas diferentes bacias hidrográficas, sobretudo nas regiões sudeste, nordeste e sul do País. Cerca de 95% desse total são representados por águas de domínio público de reservatórios hidrelétricos.

Na região Nordeste, a atividade se implantou de modo rápido na bacia do rio São Francisco, que contempla 21 grandes reservatórios com aproximadamente 6.500 km², correspondente a cerca de 18% da área represada com reservatórios do Brasil. Dentre eles, se destaca o reservatório de Itaparica, com 820 km², situado no trecho Submédio da bacia, que hoje abriga o segundo maior parque aquícola do país.

Como uma modalidade intensiva de produção, altamente dependente de insumos alimentares (ração), é uma atividade com grande potencial de contribuir para o enriquecimento de nutrientes no ambiente, oriundo dos elevados níveis de proteína do alimento exigidos para o rápido crescimento dos peixes cultivados. Por outro lado, paradoxalmente, o sucesso da produção depende diretamente da qualidade da água do ambiente de cultivo onde os parques aquícolas estão implantados, de modo a garantir o bem-estar dos animais altamente confinados nos tanques de cultivo.

O presente livro representa uma importante contribuição para o entendimento da atual situação da piscicultura do rio São Francisco, dos fatores ambientais, econômicos e sociais que influenciam o processo produtivo e os principais desafios da atividade na região. Acreditamos que, ao longo de suas páginas, técnicos, leitores

leigos e tomadores de decisão vão encontrar informações úteis para o conhecimento e a gestão desta atividade, de significativa relevância econômica e social para o semiárido nordestino e seu povo.

William Severi

1

Arranjo produtivo da piscicultura e sustentabilidade no Submédio e Baixo São Francisco

Érika Alves Tavares Marques

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Cláudia Ricardo de Oliveira

Geógrafa, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Maria do Carmo Sobral

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

A PISCICULTURA COMO ESTRATÉGIA ALIMENTAR

Dentre os setores de produção de alimentos, a aquicultura é a atividade que mais cresce no mundo. Em 2016 por exemplo, a produção pesqueira mundial atingiu um máximo de aproximadamente 171 milhões de toneladas (*The Food and Agriculture Organization* - FAO, 2018). Essa expressiva contribuição faz com que a aquicultura seja considerada atividade estratégica à segurança alimentar mundial, por disponibilizar mais rapidamente fontes de proteína para a população. As projeções da FAO para o período 2012-2021 preveem um crescimento de 15% da produção aquícola e pesqueira sobre o nível médio estipulado para o período 2009-2011, o que contabiliza 172 milhões de toneladas em 2021.

Para o ano de 2050 estima-se que a população mundial seja de 9 bilhões de pessoas e, para alimentar este crescente número de indivíduos, a produção anual de carnes deverá aumentar em mais de 200 milhões de toneladas. O crescimento da população, a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental estão entre os principais desafios a serem enfrentados pela cadeia produtiva da piscicultura para as próximas décadas. Entretanto, a taxa média anual de produção vem decrescendo, o que pode ser explicado por fatores como limitações de água, a disponibilidade limitada de locais ideais para a produção e os custos crescentes de farinha e óleo de peixe e outros alimentos (FAO, 2012).

O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento do setor de pesca e aquicultura, dadas as condições naturais favoráveis devido à abundância dos recursos hídricos do país, às dimensões continentais, ao clima propício e ao empreendedorismo dos produtores. Apesar da piscicultura representar uma alternativa agropecuária com excelente perspectiva de desenvolvimento e retorno econômico, essa atividade se encontra pouco estruturada em nosso país, pois há dificuldade na obtenção de licenças, carência de assistência técnica, manejo inadequado e grande necessidade de capital de giro, entre outros fatores (SIDONIO et al., 2012).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de tilápia, atrás de China, Egito e Indonésia. Se o resultado no segmento é comemorado pelos piscicultores, a situação é diferente nos chamados peixes nativos, em que a produção caiu 4,7%. Foram 302,235 mil toneladas em 2017 e 287,910 mil toneladas em 2018 (GLOBO RURAL, 2019). A produção total da piscicultura brasileira foi de 519,3 mil toneladas em 2018, aumento de 3,4% em relação ao ano anterior, o que gerou um valor de produção para a atividade de R\$ 3,3 bilhões. A Região Nordeste foi responsável por 19,0% da produção brasileira (IBGE, 2018).

O consumo de carne de peixe pelo brasileiro, quando comparado aos países da Europa, é classificado como baixo, já que fora do Brasil o consumo *per capita* chega a ser o dobro (SEBRAE-BA, 2014). O consumo interno vem crescendo de forma acentuada, quase dobrando na última década (IPEA, 2017). O brasileiro consome cerca de 9,5 kg de peixes por ano. É pouco, visto que a recomendação da FAO é de 12 kg/hab./ano, porém, a média mundial é superior a 20 kg/hab./ano (PEIXE BR, 2018).

REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO (SBSF)

A bacia do rio São Francisco está subdividida em quatro grandes áreas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. As regiões geográficas do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF) compreendem o curso do Rio São Francisco do município de Remanso até o de Paulo Afonso-BA (168.528 km²) e se estende por vários estados (Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe). Apesar de estar localizada no semiárido nordestino, essa região apresenta condições excepcionais para produção de tilápia em termos de recursos hídricos, tanto em volume quanto em qualidade. Essa condição decorre não somente devido ao grande fluxo natural do rio São Francisco,

mas principalmente em função dos vários reservatórios artificiais construídos para instalação de usinas hidroelétricas (CNA, 2015).

Cerca de 57% da área da bacia hidrográfica do rio São Francisco está situada na região semiárida, que se caracteriza pela ausência de grandes rios, escassas precipitações e altas temperaturas, fazendo com que seus açudes tenham elevadas concentrações de sais e de compostos de fósforo e nitrogênio (ANA, 2009). A falta de água pode ser vista como um risco potencial à saúde pública, pela falta de opção de manancial alternativo, razão pela qual o lançamento de efluentes nessa região deve ser visto com cautela (CBHSF, 2004).

Do ponto de vista climático, a área do SBSF é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principal período chuvoso os meses de janeiro a abril e o clima da região é, segundo a classificação de Köppen (1928), BswH – quente e seco, com a estação chuvosa compreendida entre verão e o outono (ASSIS, 2016). Observa-se o total pluviométrico anual médio que varia de 300 mm a 900 mm. A temperatura, a umidade relativa e a evaporação potencial média anual são de 25 °C, 55% e 3.008 mm, respectivamente (PERAZZO, 2002).

A EVOLUÇÃO DA PISCICULTURA NO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO

A construção de açudes públicos na região semiárida do Brasil no século XIX, para propor ações de “combate às secas” e evitar o êxodo rural, pode ter sido uma das primeiras iniciativas que favoreceram a pesca e a piscicultura na região Nordeste. No entanto, foi somente no início da década de 1930 que, efetivamente, a aquicultura no semiárido apresentou significativo crescimento e caráter técnico-científico (ROSA; MOTTA, 2017).

O incentivo governamental para o estabelecimento definitivo da piscicultura aconteceu com a separação de 1% da lâmina d’água dos reservatórios federais e com a implantação dos parques aquícolas permitindo, assim, a formação de polos de pisciculturas e a consolidação da cadeia produtiva (BRASIL, 2003). A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) teve papel decisivo na implantação de açudes no semiárido, voltados sobretudo para abastecimento e para a irrigação. Gradualmente, tais corpos de água passaram a apoiar a piscicultura e, assim, o uso múltiplo (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

Foram instalados no semiárido brasileiro, vários projetos empresariais e de pequenos e médios produtores, nas áreas dos reservatórios hidrelétricos de Sobradinho, Itaparica, Moxotó e Xingó, onde atualmente se concentra o Polo Federal de Piscicultura do SBSF, bem como na barragem do Castanhão, no estado do Ceará, onde, juntos, produzem mais de 35 mil toneladas de tilápias por ano (CREA-PE, 2017).

Na década de 1980 deu-se início a uma nova fase de desenvolvimento da aquicultura no semiárido brasileiro: a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF, ao adquirir e adaptar a técnica de propagação artificial de peixes com base na “hipofisacção”. Ao final da década de 1990 e início deste século, a aquicultura comercial na região do semiárido passou por profundas transformações, com a intensificação da criação de peixes em tanques-rede em grandes reservatórios d'água, principalmente com o uso da *Oreochromis niloticus* (tilápia) (ROSA; MOTTA, 2017). Atualmente a piscicultura no semiárido é desenvolvida em águas interiores, como açudes e reservatórios. Os sistemas de produção podem ser classificados de diversas maneiras de acordo com a produtividade (Quadro 1).

Quadro 1 - Sistemas de produção da piscicultura

Intensivo	Semi-intensivo	Extensivo
Alta produtividade; Usado em tanques-redes e gaiolas; Alta densidade de povoamento; Uso de ração comercial.	Geralmente é praticado em tanques escavados, com grau de tecnificação variável; A alimentação natural é completada com ração balanceada.	A forma extensiva também pode ser desenvolvida em tanque escavado; Baixa produtividade; Uso alternativo de alimentos alternativos e naturais (plâncton).

Fonte: Vidal (2016).

Dentre as espécies de pescado mais cultivadas no Brasil, a tilápia do Nilo é um dos carros-chefes. Em 2018, foram produzidas 400.280 toneladas, com crescimento de 11,9% em relação ao ano anterior. Atualmente a tilápia do Nilo é cultivada em vinte e dois estados brasileiros (PEIXE BR, 2019).

Vidal (2016) destaca que as bacias do São Francisco e do Parnaíba reúnem condições ideais para o desenvolvimento da aquicultura, dentre as quais podem ser citadas a elevada disponibilidade hídrica, a boa qualidade de água, clima quente com

pequena variação de temperatura e solos propícios à construção de viveiros escavados. Esta atividade atua como fonte de energia secundária ao ecossistema aquático, na forma de sobra de rações e efluentes, que atraem a biota adjacente, causando alterações na estrutura da comunidade local.

O Estado brasileiro por meio do Ministério do Meio Ambiente, fundamentado nas recomendações da FAO, já apontou diretrizes para o setor aquícola desde 1997. O objetivo destas diretrizes é identificar as responsabilidades, deveres e obrigações do Estado e dos atores envolvidos com a aquicultura. O intercâmbio contínuo entre estes atores é essencial para garantir a sustentabilidade, a segurança alimentar e a erradicação da pobreza, direcionando para o bem-estar das gerações futuras (ELER; MILLANI, 2007).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a cadeia produtiva da piscicultura no Submédio e Baixo São Francisco e identificar as ações adotadas para a sustentabilidade ambiental da atividade.

CARACTERIZAÇÃO DO POLO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO (SBSF)

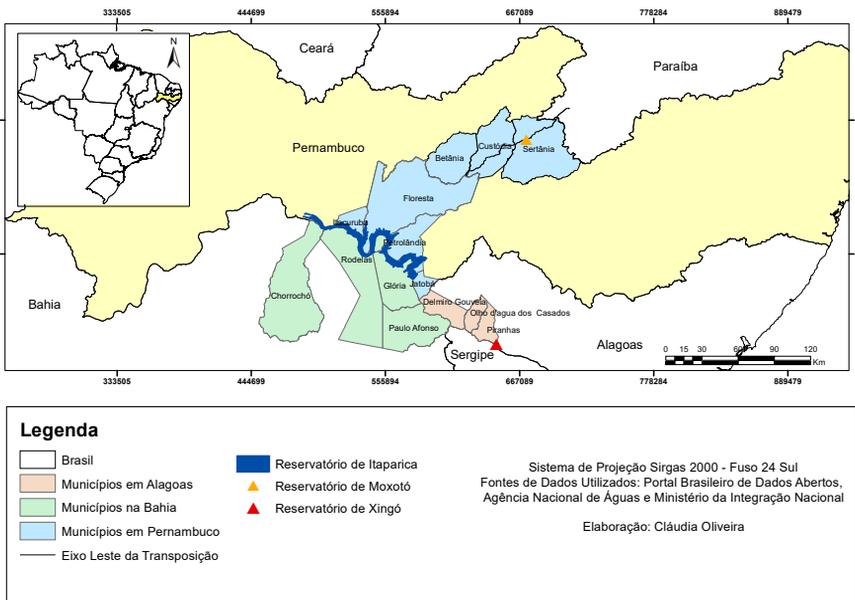
O estado de Pernambuco possui 11 municípios inseridos na região do semiárido margeados pelo rio São Francisco em sua porção do Submédio. Registra-se no Arranjo Produtivo Local (APL) da piscicultura do estado, 26 associações e um conjunto de empresas de médio e grande porte que juntas produziram 27.931 toneladas de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em 2017 (EMBRAPA, 2018a). O polo de piscicultura do SBSF é constituído pelos projetos instalados na região e que formam a cadeia produtiva da tilapicultura, compreendendo três reservatórios, sete municípios insertos em três estados da federação brasileira. A área dos reservatórios hidrelétricos do SBSF é de 988,3 km² (RIBEIRO et al., 2015).

O Polo Federal de Piscicultura do SBSF (Figura 1) compreende os reservatórios hidrelétricos Itaparica, Moxotó e Xingó, fazendo fronteira com os municípios de Delmiro Gouveia, Olho D'água do Casado e Piranhas (em Alagoas), Chorrochó, Glória, Paulo Afonso e Rodelas (na Bahia), Belém do São Francisco, Floresta, Jatobá, Itacuruba e Petrolândia (em Pernambuco) (TENÓRIO; SILVA; CAMPECHE, 2017). De acordo com o IBGE (2010), a população do SBSF é de 313.519 habitantes. O município mais populoso é Paulo Afonso com 108.396 habitantes e o menos

populoso é Itacuruba com 4.396 habitantes. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) variou entre 0,525 e 0,674 entre os municípios do polo do SBSF (IBGE, 2010), que de acordo com o Atlas Brasil (2013), indica uma Classificação de Desenvolvimento Humano variando entre baixo a médio (ATLAS BRASIL, 2013).

O modelo produtivo do Polo do SBSF segue o sistema intensivo, com uma das maiores densidades de estocagem do Brasil, isto é, 60 a 180 quilogramas de tilápias por metro de água (kg.m^{-1}), estocados em tanques-rede de tamanhos predominantes de 6 e de 14 m^3 . Apresenta ainda um dos menores ciclos de produção que é de 180 dias, para uma despesca com peso médio de 1 kg a partir da estocagem de juvenis com peso médio de 35 g (MARQUES, 2017). O consumo mensal de ração nos cultivos de tilápia no polo do SBSF é de 3.500 toneladas (EMBRAPA, 2018b).

Figura 1 - Polo Federal de Piscicultura do SBSF



Elaboração: Cláudia Oliveira.

Em relação ao porte das empresas pesquisadas, elas estão divididas entre microempresa (ME) e produtor rural. A atuação dessas empresas está direcionada ao mercado local ou regional, que são a própria cidade ou municípios próximos. O principal motivo de escolha do local do estabelecimento está relacionado à herança da

família e demandas locais. O tempo de mercado reflete empresas que possuem de 10 a 20 anos de existência (SEBRAE-BA, 2014).

A propriedade modal para esse perfil de produtores do polo do SBSF, possui uma área total de 3 ha, galpão de alvenaria de 200 m², boias como cerca do perímetro produtivo, um dique de alvenaria, e uma plataforma de 5 x 5 m. Ainda segundo os participantes, a mão de obra contratada por propriedade é composta por 1 administrador, recebendo 2 salários mínimos, 1 vigia, que recebe em média 1,2 salário mínimo, e 02 arraçoadores e 6 polivalentes, que recebem 1 salário (EMBRAPA, 2014a). A maioria dos piscicultores (69,23%) foram classificados como pequenos produtores, com produção de até 240 toneladas (RIBEIRO et al., 2015).

Dentre os piscicultores do SBSF, a maior parte é constituída por pescadores ou filhos de pescadores que acompanharam o declínio da sua principal fonte de renda, à medida que rios, lagos e barragens da região foram submetidas à exploração não racional. Há uma grande dificuldade em tentar mensurar a mão de obra envolvida na cadeia da piscicultura do SBSF devido à grande informalidade observada. A maior parte dos empregados não deseja ter carteira assinada para não perder os benefícios dos programas do Governo Federal (como o Bolsa Família, por exemplo). Com relação à escolaridade, a maior parte é de nível fundamental, já que não é exigida qualificação profissional. O polo de SBSF possui 16% de famílias assistidas pelo Programa Bolsa Família (EMBRAPA, 2018a).

No polo do SBSF há uma evidente desigualdade social entre os produtores, podendo explicar parcialmente as desigualdades tecnológicas da região. Com a presença de grandes produtores utilizando tecnologias importadas e pequenos produtores de origem social bastante simples que utilizam poucos equipamentos automatizados. A grande maioria dos funcionários do polo SBSF é do gênero masculino, representando aproximadamente 80% do total. A participação da mulher na piscicultura do SBSF ainda é muito tímida. No Polo SBSF, verificou-se que a mão de obra feminina varia de 8% a 29% nos empreendimentos, geralmente nas pisciculturas de pequeno porte com modelos associativos ou de divisão de trabalho. Com apenas uma unidade de processamento e poucos Laboratórios de Alevinagem, esse Polo apresenta os menores índices de empregabilidade feminina (EMBRAPA, 2018b). Vale ressaltar que dentre as associações uma é formada exclusivamente por mulheres e outra por pescadores (PEDROZA et al., 2014).

PRODUÇÃO DA TILÁPIA NO SUBMÉDIO E BAIXO SÃO FRANCISCO

O Rio São Francisco representa o sustento e fonte de renda de milhares de famílias ribeirinhas. Nos últimos anos, um importante polo de produção de tilápia tem se destacado nos reservatórios do SBSF. A tilápia representa cerca de 95% da produção total na região de Itaparica (PEIXE BR, 2019). Atualmente, o Polo do SBSF está entre as cinco maiores regiões produtoras de tilápia do país (KUBITZA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015). A atividade vem se estabelecendo como um importante recurso na região, que possui uma baixa renda, poucas oportunidades de trabalho e baixo nível educacional da população.

A produção de tilápia no Brasil transformou algumas regiões do país em polos produtivos com crescente desenvolvimento. O polo aquícola é caracterizado quando há uma concentração regional de produtores, diversos tipos de empresas que dão suporte à produção aquícola, à indústria de beneficiamento de pescado e de ração. O agronegócio da tilapicultura movimenta mais de 600 milhões de dólares/ano e o Arranjo Produtivo Local (APL) da Piscicultura apresenta os segmentos de acordo com a Figura 2 (IPEA, 2017).

Figura 2 - Segmentos da cadeia produtiva da piscicultura



Fonte: IPEA (2017).

Até o presente já foram catalogadas 165 pisciculturas no Polo do SBSF formadas por associações ou outros tipos de empreendimentos. A maior concentração de pisciculturas encontra-se no reservatório de Moxotó (60,98%), entretanto, a maior produção de peixes concentra-se no reservatório de Itaparica (TENÓRIO; SILVA; CAMPECHE, 2017).

A existência de associações reagrupando pequenos agricultores é outra característica desse polo. Com forte impacto social, os ganhos médios dos associados giram em torno de R\$ 2.000,00 a R\$ 3.000,00 por mês. O modelo das Associações de Jovens Piscicultores no Polo do SBSF formado pelo Padre Antônio que, após muito esforço e persistência, obteve êxito formando 13 associações e passou a ser um modelo seguido por muitos pequenos produtores da região. No entanto, quando sozinho, o pequeno piscicultor sente dificuldades em obter os mesmos resultados dos associados, demonstrando a força e as vantagens da organização produtiva (BARROSO; ANDRÉS, 2014). O sucesso dessa iniciativa estimulou a instalação de outros cultivos de tilápia na região.

Atualmente, a aquicultura brasileira como um todo vivencia uma rápida profissionalização a partir da intensificação tecnológica dos cultivos. Dentre as principais tecnologias utilizadas na produção de tilápia em viveiros escavados pode-se citar o uso de aeradores, rações específicas para a tilápia, programa de melhoramento genético e telas antipássaros. Dentre as tecnologias usadas em tanques-rede pode-se citar vacinação, alimentador automático, despesca automática, mesa de classificação, rações específicas para a tilápia e programa de melhoramento genético (CNA BRASIL, 2015).

A capacidade hídrica – fator essencial para a piscicultura – é um dos pontos de destaque do polo do SBSF. Outros diferenciais que fazem dos reservatórios do SBSF casos de sucesso na produção de tilápia são: facilidade de escoamento da produção para os grandes centros, clima favorável durante o ano, proporcionando boas condições para a criação de tilápia (EMBRAPA, PESCA E AQUICULTURA, 2014).

A estruturação da cadeia produtiva abre vagas de trabalhos em regiões rurais, algumas delas com poucas opções de renda para a população local. No Polo SBSF, o município de Glória-BA, que concentra a maior produção deste Polo, a tilapicultura representou em 2015 mais de 80% dos empregos rurais formais, segundo os dados da Secretaria Municipal de Agricultura. No entanto, os parâmetros de emprego do SBSF demonstram uma menor eficiência da mão de obra. Os dados levantados apontam que o número de trabalhadores por piscicultura varia, em média, de 2 a 60 (Quadro 2). Os piscicultores de pequeno porte são mais intensivos em termos de mão de obra, demandando em média 1 trabalhador para cada 200 m³ de tanque-rede. No caso

dos piscicultores de médio e grande porte, esses números são respectivamente de 1 trabalhador para cada 285 m³ e 1 trabalhador para cada 500 m³ (EMBRAPA, 2018b).

Quadro 2 - Principais características de utilização de mão de obra nas tilapiculturas do SBSF

Parâmetro	Descrição	
Número médio de trabalhadores por cultivo	Pequeno	2-5
	Médio	18-28
	Grande	60

Fonte: EMBRAPA (2018).

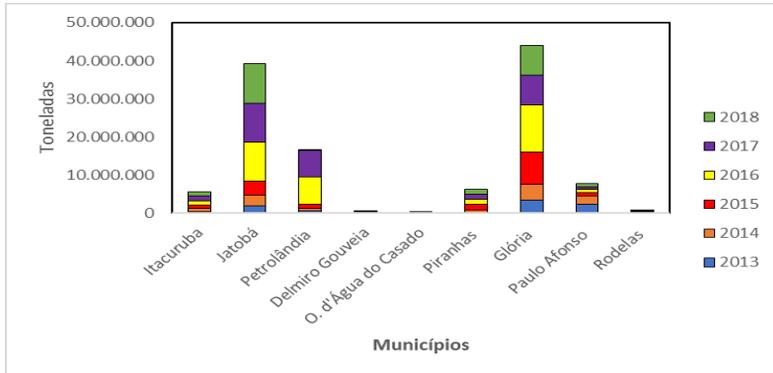
Com relação à produção do polo SBSF, o estado de Pernambuco apresentou maior produtividade (50,36%) em relação aos estados da Bahia (44,31%) e Alagoas (5,33%). O município de Glória, localizado na margem baiana, foi o que tem apresentado a maior produtividade no polo do SBSF em relação aos demais municípios. O município de Glória se destaca em relação ao número de tanques-rede (300) e em seguida, o município de Paulo Afonso (250). De acordo com a Pesquisa da Pecuária Municipal (2018), a produção passou de 3.462.500 kg/ano em 2013 a 12.414.800 kg/ano em 2016, porém em 2017 houve uma queda na produção, apresentando 7.838.370 kg/ano (Quadro 3; Figura 3).

Quadro 3 - Produção da aquicultura, por tipo de produto

Variável - Produção da aquicultura Brasil e Município	Ano x Produção de Tilápia (kg)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Brasil	169.306.011	199.948.214	241.384.616	281.235.218	311.540.268
Itacuruba (PE)	400.000	788.000	990.000	1.070.000	1.160.000
Jatobá (PE)	1.800.000	2.800.000	3.800.000	10.247.254	10.250.000
Petrolândia (PE)	600.000	550.000	1.200.000	7.061.294	7.100.000
Delmiro Gouveia (AL)	75.000	78.000	59.356	49.350	40.578
Olho d'Água do Casado (AL)	13.000	11.500	11.960	10.600	12.320
Piranhas (AL)	...	840.000	1.400.000	1.302.000	1.367.100
Glória (BA)	3.462.500	4.081.000	8.465.850	12.414.800	7.838.370
Paulo Afonso (BA)	2.348.700	2.208.710	763.373	808.460	806.676
Rodelas (BA)	301.000	300.500	...	13.250	15.500
Total	178.306.211	211.605.924	258.075.155	314.212.226	340.130.812

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal (2018).

Figura 3 - Produção da tilápia em toneladas no Submédio e Baixo São Francisco



Fonte: Baseado em IBGE (2018).

O município de Paulo Afonso foi o maior produtor até acontecerem mortandades de peixes no reservatório de Xingó por questões ambientais associadas ao manejo de comportas das usinas hidrelétricas (CUNHA, 2017). Mesmo tendo perdido o posto de maior produtor, o município se consolidou como o centro de negociações da piscicultura da região possuindo empresas fornecedoras de alevinos com capacidade de produção de aproximadamente 15.600.000 alevinos/ano e as fábricas de ração possuem capacidade de produção de 13.200 toneladas/ano. Existe também unidades de processamento e uma fábrica de gelo (RIBEIRO et al., 2015).

Em dois anos, o município de Glória, aumentou a produção 67,9%, e avançou da nona para a terceira posição entre os maiores produtores do Brasil. Além do incremento no volume de produção de Glória, foram identificados novos estabelecimentos agropecuários de criação de peixes nesta mesma região. Isto influenciou também neste crescimento (CORREIO 24 HORAS, 2018). A tilapicultura representou em 2015 mais de 80% dos empregos rurais formais no município de Glória, segundo os dados da Secretaria Municipal de Agricultura (EMBRAPA, 2018b). Quando somadas as áreas aquícolas das 39 instalações de tilapicultura, chega-se a um total de 48 áreas aquícolas só no município de Glória (EMBRAPA, 2016).

Um dos principais pontos na produção, o clima, tem influenciado o metabolismo dos animais, fazendo com que as produções em estados mais quentes, como no Nordeste, tenham vantagens em relação aos estados mais frios, como no Sul do país. Com o tamanho de abate girando em torno de 600 g a 1 kg, os ciclos

realizados no Nordeste brasileiro têm aproximadamente 210 dias. Nos estados mais ao Sul, a produção leva em torno de 270 dias (IPEA, 2017). Apesar da concentração da produção nas regiões Sul e Sudeste, as regiões quentes são mais favoráveis ao crescimento da tilápia ao longo de todo o ano (não há entressafra). Regiões com período de inverno mais severo provocam a redução do crescimento do peixe nos meses mais frios, causando entressafra na cadeia. Em compensação, os produtores dessas regiões contam com rações cerca de 10 a 20% mais baratas do que para os produtores do Nordeste por questões de logística, segundo os dados obtidos nesta pesquisa (EMBRAPA, 2018).

Os principais problemas, comuns a todos os polos de tilapicultura estudados, podem ser divididos em questões que dependem de apoio governamental, como o licenciamento ambiental, outorga de água e assistência técnica, e aqueles que dependem do setor produtivo, como o baixo número de indústrias processadoras e a necessidade de modernizar os mecanismos e canais de comercialização dos produtos.

Apesar do potencial produtivo da bacia do rio São Francisco, a produção ainda permanece abaixo do esperado. É necessário fortalecer as associações e cooperativas de pequenos produtores por meio de financiamento, capacitação técnica, melhoria da infraestrutura, investimentos públicos e privados, fornecimento de alevinos, custo de transporte mais barato, melhores estradas, entre outras ações (MARQUES et al., 2018).

IMPACTOS DA PISCICULTURA

A implantação dos reservatórios na bacia do rio São Francisco, provocou a regularização do rio, com o fim dos seus ciclos naturais, trouxe mudanças consideráveis na dinâmica e nos aspectos físicos das regiões do Submédio e Baixo. De forma visível, esses trechos da bacia hidrográfica amargam até hoje um passivo de inúmeros, profundos, crescentes e muitos já irreversíveis problemas ambientais (NASCIMENTO, 2013).

A piscicultura é uma atividade que vem crescendo no Brasil, com destaque nos trechos do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), o que vem gerando benefícios econômicos e sociais, inclusive promovendo a segurança alimentar para a população local. Entretanto, do ponto de vista ambiental, provoca uma série de impactos na qualidade da água, quando não é bem conduzida (MARQUES, 2017).

Os impactos positivos da piscicultura são a geração de empregos e uma fonte significativa de alimentos. A piscicultura também contribui para diminuir o êxodo rural ao oferecer novos empregos (MMA, 2007). A piscicultura contribui significativamente para o crescimento dos municípios locais, para o reestabelecimento da oferta de pescado nas áreas represadas e para inclusão social de famílias de trabalhadores rurais (SILVA et al., 2011).

Vale ressaltar que muitas espécies de outras bacias hidrográficas, ou mesmo espécies exóticas, já foram introduzidas na bacia do Rio São Francisco, quando do povoamento de seus reservatórios e açudes. Entre elas, encontram-se os tucunarés, a pescada, carpas, tilápias, tambaqui, pacu-caranha, apaiari, e o bagre-africano (AMBIENTE BRASIL, 2020). Espécies exóticas podem diminuir os estoques de espécies nativas ou até mesmo resultar em extinções locais através de alterações no habitat, competição por recursos, predação, transmissão de patógenos e parasitas, e degradação genética de espécies nativas (WELCOMME, 1988).

Outros impactos negativos gerados pela piscicultura são a falta de oxigênio na água, entrada de peixes estranhos nos tanques, presença de animais predadores, surgimento de algumas doenças ou parasitas, surgimento de algumas plantas aquáticas não desejáveis e contaminação da água por praguicidas (MELLO; STIPP, 2001).

O impacto ambiental negativo em um sistema de produção é sem dúvida o aspecto menos perceptível pelos produtores, no entanto um dos mais importantes (ALMEIDA, 2013). Em relação aos potenciais impactos negativos, a eutrofização é ainda mais agravante na região semiárida, face à baixa disponibilidade hídrica, afetando a qualidade de vida das pessoas que dependem desse recurso para seu consumo e sustento. Por isso a gestão de recursos pesqueiros se faz importante, para garantir o crescimento econômico da atividade simultaneamente à sustentabilidade do uso dos recursos (SOBRAL et al., 2009).

A ração, dos pontos de vista ambiental e econômico, é um dos fatores mais importantes envolvidos no manejo da aquicultura, pois onde não é adotado um manejo de qualidade da água eficiente, as rações vêm a se tornar uma fonte de nutrientes que invariavelmente causam *blooms* (crescimento repentino e excessivo) de fitoplâncton e, conseqüentemente, conduzem à deterioração da qualidade da água dos viveiros. Entretanto, com rações de alta qualidade, armazenamento adequado em silos ou

galpões fechados e de procedimentos corretos, é perfeitamente possível manter a qualidade da água em níveis satisfatórios (QUEIROZ; SILVEIRA, 2006).

Especificamente no Polo SBSF um dos principais fatores limitantes da piscicultura é a baronesa (*Eichhornia crassipes*), que se tornou abundante após a construção das barragens (BARROSO; MUÑOZ, 2017). Outro fator limitante são os mexilhões dourados (*Limnoperna fortunei*) que se fixam nas telas dos tanques-rede, crescem e, junto com a matéria orgânica, aceleram a colmatação (*fouling*), reduzindo as trocas de água com o ambiente externo, o que implica na redução da oxigenação e da eliminação de resíduos nas estruturas de criação. A infestação do *L. fortunei* nas pisciculturas acarreta a necessidade de limpezas frequentes, que, de maneira geral, são realizadas utilizando-se lavadoras de alta pressão. Este procedimento aumenta o custo com mão de obra, energia elétrica, investimento em equipamentos e, algumas vezes, na construção de estruturas e local em terra para onde os tanques-rede são deslocados para a realização deste manejo (OLIVEIRA et al., 2018).

O uso integrado da piscicultura com sistemas de tratamento com *wetlands* construídas pode gerar ganhos econômicos, sociais e ambientais, contribuindo para a sustentabilidade da atividade e a proteção ambiental. O objetivo das *wetlands* artificiais está na melhoria da qualidade da água dos cultivos usando plantas aquáticas (MARQUES, 2017).

SUSTENTABILIDADE DA PISCICULTURA NO SUBMÉDIO E BAIXO SÃO FRANCISCO E O ALINHAMENTO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Atualmente, a aquicultura enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores à produção de conhecimento e às práticas do setor (ELER; MILLANI, 2007). O grande desafio é realizar isso de modo sustentável, reduzindo sua dependência em recursos naturais não renováveis, minimizando a emissão de efluentes, utilizando alimentos que não concorram diretamente com a alimentação humana e fazendo um uso integrado ou compartilhado dos recursos hídricos (KUBITZA, 2010).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas (ONU), foram elaborados com o intuito de dar sequência aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estabelecidos para serem cumpridos até 2015. Dessa forma, os ODS se configuram em novos desafios a serem cumpridos até 2030. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e metas estimularão a ação para os

próximos 15 anos em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta, como a piscicultura. Os principais ODS em relação à piscicultura estão descritos no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais metas dos ODS relacionadas à piscicultura

ODS	Principais metas relacionadas à piscicultura
1	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares
2	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável
6	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos
12	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis
14	Conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável

Fonte: PNUD (2016).

O ODS 2 está diretamente relacionado com a piscicultura como solução para erradicar a fome, já o ODS 14 (vida na água) tem conexões claras com os setores pesqueiros e de aquicultura. A prática da gestão sustentável na piscicultura pode também contribuir ainda com o ODS 6, que trata da Água Potável e Saneamento, visando até 2030 assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, aumentando a eficiência do uso da água em todos os setores.

Novas tecnologias foram criadas para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos para a prática da piscicultura em represas, que compreende desde a escolha da espécie ideal para este tipo de cultivo e o seu melhoramento genético, assim como, as estruturas físicas para o confinamento da espécie (incluindo o tipo de material, tamanho, formato, volume de estocagem, abertura de malha, tipos de flutuadores, etc.) e as estratégias de manejo de produção e o gerenciamento (RIBEIRO et al., 2015).

O Código de Conduta da Pesca Responsável, principalmente em seu Artigo 9º, da *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, criado em 1995, bem como a Agenda 21, criada na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), principalmente em seus capítulos 17 e 18, dentre outros fornecem algumas bases documentais para que a aquicultura, se desenvolva de forma que garanta a sustentabilidade do ecossistema onde encontra-se instalada (SILVA et al., 2018).

A adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) na piscicultura é uma tendência mundial que vem sendo adotada pelos piscicultores no SBSF e podem contribuir para a melhoria da qualidade da água e dos índices de desempenho zootécnico, bem como a prevenção dos processos erosivos do solo nas áreas de proteção ambiental e da preservação dos recursos hídricos.

As BPM são recomendadas para atenuar os eventuais impactos ambientais negativos oriundos das atividades produtivas. Dentre esses modelos de BPM podemos citar os sistemas fechados de recirculação de água com geração de pouco ou nenhum efluente para o meio ambiente, o uso correto de fertilizantes, rações, materiais para calagem, proteção das nascentes e matas ciliares, rações de alto desempenho que atendam adequadamente às exigências nutricionais das espécies, sistemas integrados de produção e aquaponia, instalações para eliminação de resíduos, promovendo a manutenção da qualidade nos corpos de água adjacentes aos sistemas produtivos, dentre outros. O descarte de peixes e camarões mortos se destaca como uma das questões sanitárias de maior relevância e deve ser tratada com a devida importância (QUEIROZ, 2016).

Para promover um melhor desempenho zootécnico e econômico, para a produção de tilápia em tanques-rede, as seguintes Boas Práticas de Manejo (BPM) são recomendadas: o uso de tilápia proveniente de linhagens melhoradas geneticamente, criadas nas densidades de estocagem entre 100 e 150 peixes/m³ (produtividade média de 70kg/m³), alimentada com ração comercial, contendo 32% de PB, fornecida duas vezes ao dia e durante sete dias da semana, obtendo-se assim, melhor ganho de peso e biomassa final (FRASCÁ-SCORVO; QUEIROZ; LOSEKAN, 2019).

De acordo com o código de conduta para o desenvolvimento sustentável os piscicultores devem atender à biossegurança e à legislação ambiental e trabalhista. Devem ainda ter cuidado na escolha de locais para a construção da piscicultura e nas práticas de manejo do processo produtivo, obedecendo sempre as quantidades e as técnicas existentes (BRASIL, 2004). A escolha do local é um aspecto crítico para a aquicultura. A produção de organismos aquáticos não poderá ser alcançada de uma forma eficiente onde as características do local são limitantes e impossíveis de serem melhoradas de forma economicamente viável (QUEIROZ, 2016).

Silva et al. (2018) recomendam algumas ações como estratégia para manutenção da qualidade da água dos reservatórios de múltiplos usos e a sustentabilidade da

piscicultura: (1) Inserção da análise do sedimento no monitoramento das pisciculturas, ao menos no centro, em termos de matéria orgânica e fósforo; (2) Deslocamento dos tanques-rede para o centro do corpo hídrico mantendo uma profundidade mínima de 10 metros, em situação de baixa circulação de água e redução crítica de vazão; (3) Fiscalização e controle das fontes de poluição pontuais e difusas, evitando risco de eutrofização; (4) Incentivo à produção em tanques escavados, uma vez que é possível controlar o ambiente e a difusão, inserindo técnicas de tratamento de efluentes e Aquaponia (produção associada de peixe e horta).

De acordo com o SEBRAE-BA (2014), o diagnóstico do segmento da piscicultura usando a análise *"Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats"* (SWOT) contempla as forças e fraquezas (ambiente interno) e oportunidades e ameaças (ambiente externo) pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5 - Análise SWOT do segmento da piscicultura

AMBIENTE INTERNO	
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> -Região com características propícias para o cultivo de peixes -Ampla diversidade de espécies para produzir -Diversos equipamentos e modelos de produção, muitos deles com custo acessível -Produtores organizados em cooperativas e associações 	<ul style="list-style-type: none"> -Falta de mão de obra capacitada -O setor ainda carece de gestão. Embora muitos profissionais sejam experts na produção de peixes, é necessário ter conhecimento de venda e de gestão para desenvolver o negócio e dar lucro
AMBIENTE EXTERNO	
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> -Exportação -Venda direta para o consumidor final -Venda para o Governo, participante de licitações -Venda para indústrias de transformação, que podem criar novos produtos -Aumento do consumo do pescado 	<ul style="list-style-type: none"> -Questões fitossanitárias -Crise hídrica -Problemas ambientais -Crise econômica, que afeta o poder de compra da população -O mercado nacional ainda tem certa resistência ao consumo de peixes criados em cativeiro, e isso pode impactar o volume de vendas -A clandestinidade, que significa vender pescado sem a fiscalização e a autorização necessárias, também é um problema para os empresários e produtores do setor -Dificuldade em obter financiamento por conta da alta burocracia

Fonte: SEBRAE-BA (2014).

O aumento da demanda no mercado interno nas duas últimas décadas tem resultado em mais profissionalismo e investimento na cadeia produtiva da aquicultura

brasileira. A adoção de tecnologias que poupem terra, água, trabalho e demais insumos é tendência irreversível para a competitividade da aquicultura brasileira hoje e no futuro (ROUTLEDGE, 2019).

Para minimizar os impactos oriundos dos empreendimentos aquícolas, o princípio da sustentabilidade deve ser adotado desde a fase do planejamento até a fase de operação, levando em consideração todos os segmentos do arranjo produtivo da atividade, como o manejo, transporte, armazenamento, geração de resíduos, capacitação para os colaboradores, monitoramento da qualidade da água, dentre outros. Vale ressaltar, mais uma vez, que a sustentabilidade precisa de planejamento, acompanhamento e avaliação de resultados, pois seus três pilares devem estar alinhados com os objetivos da empresa, não podendo ser definidos com base em ações pontuais ou simplesmente compensatórias (TERA AMBIENTAL, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tradicionalmente, a piscicultura se constituía em uma atividade econômica complementar no meio rural, porém esse cenário vem sendo alterado uma vez que a piscicultura do SBSF vive atualmente um momento de forte transformação com a intensificação tecnológica da criação e a concentração financeira dos investimentos como os principais vetores. Gradativamente o perfil tradicional predominante de piscicultores de pequeno porte produzindo em sistemas extensivos de produção está sendo mudado para empresas com elevado capital financeiro e tecnológico.

Paralelamente ao crescimento da população tem ocorrido um aumento da demanda por proteína animal, impulsionando a piscicultura como geradora de empregos, contribuindo para a economia, garantindo estratégia alimentar e, conseqüentemente, intensificando o uso dos recursos naturais, os impactos ambientais e os conflitos. A piscicultura do polo do SBSF teve um crescimento exponencial nos últimos anos, a despeito da conjuntura econômica, ambiental, política e institucional. Dentre os principais problemas enfrentados pelos piscicultores do polo do SBSF, estão a dependência de apoio governamental para o licenciamento, a outorga e assistência técnica, falta de capacitação da mão de obra, baixo número de empresas processadoras na região, necessidade de modernização, dentre outros.

De acordo com os resultados foi constatada uma grande heterogeneidade

entre os piscicultores do polo do SBSF, e a maioria é caracterizada por pequenos produtores, majoritariamente do sexo masculino, sendo que a tilápia representa 95% da produção, abastecendo o mercado local e regional. Além de servir como segurança alimentar das populações rurais pobres, o cultivo das tilápias para os pequenos produtores é comercial, não é para consumo.

A sustentabilidade ambiental é um desafio inerente à maioria dos setores produtivos, não podendo ser dissociada a piscicultura, que busca obter o equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais. A piscicultura deve ser praticada de maneira sustentável para que os recursos naturais possam ser usados racionalmente e a atividade possa ser praticada indefinidamente, sem prejuízos para as gerações atuais e futuras. As BPM são recomendadas para atenuar os eventuais impactos ambientais negativos oriundos das atividades produtivas.

A despeito das políticas que fortaleceram o desenvolvimento da piscicultura no SBSF, as demais dimensões da sustentabilidade não foram devidamente contempladas, provocando problemas de cunho social, ambiental e político, constituindo-se um grande desafio para implantar os ODS na região.

Atualmente, da forma que a piscicultura do SBSF está sendo conduzida, essa atividade não é sustentável. O setor carece de mais investimentos e uma maior fiscalização para que as BPM sejam efetivamente adotadas, seguindo uma tendência mundial a qual requer modelos de produção mais intensivos, eficientes e com maior biossegurança. Para o efetivo desenvolvimento da piscicultura no SBSF deve haver uma maior interação dos órgãos reguladores e fiscalizadores com os produtores. O manejo sustentável dessa atividade exige o envolvimento multidisciplinar de especialistas e a cooperação de governos fazendo investimentos em pesquisa, participação da academia desenvolvendo tecnologia e inovação, setor privado, investidores, comunidade e sociedade, demandando um esforço conjunto em busca da sustentabilidade.

Para alcançar a sustentabilidade da piscicultura será necessário fortalecer as associações e cooperativas de pequenos produtores através de financiamento, capacitação técnica, melhoria de infraestrutura, investimentos públicos e privados, abastecimento de alevinos, custos de transporte menores, melhores estradas, uma maior fiscalização por parte dos órgãos ambientais, entre outras ações. Só através

destas ações é que os piscicultores da BHSF terão condições de atuar neste mercado de forma competitiva. A tendência é haver aumento da produção da piscicultura no polo do SBSF, mas espera-se que este aumento seja amparado por um real desenvolvimento sustentável da atividade e dos setores vinculados à cadeia de produção, proporcionando melhora na qualidade de vida de todos aqueles, que, de uma forma ou de outra, trabalham no setor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. *Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques-rede em um reservatório tropical*. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas*. Portal da Qualidade da Água. 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/Inicio.aspx>>. Acesso em: 19/03/2017.

AMBIENTE BRASIL. *Bacia do São Francisco*. 2020. Disponível em: <https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/locais_de_pesca/bacia_do_sao_francisco.html>. Acesso em: 10/06/2020.

ASSIS, J. M. O. *Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). 2016. 187f. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

ATLAS BRASIL. *O Atlas*. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/>. Acesso em: 13/06/2020.

BARROSO, R. M.; ANDRÉS, M. P. 2014. *A tilápia e o desenvolvimento do Sertão de Itaparica/PE: análise econômica para investimentos de desenvolvimento na região*. Palmas-TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, Documento 4, 2014. 42p.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P. A cadeia de valor da tilápia. *Panorama da Piscicultura*, ed. 160, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial MMA/SEAP nº. 8, de 26 de novembro de 2003. Estabelece diretrizes para implantação dos parques e áreas aquícolas de que trata o Art. 20 do Decreto nº 2.869, de 9 de dezembro de 1998. *Diário Oficial [da] União*, Poder Executivo, Brasília-DF, 29 de abril de 2005.

BRASIL. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. Instrução Normativa nº 03, de 12 de maio de 2004. Dispõe sobre Operacionalização do Registro Geral de Pesca. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília-DF, 13 de maio de 2004, Seção 1, p. 6.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004-2013)*. Versão preliminar. Resumo executivo. Módulo 1. Salvador: Ed. São José: CBHSF, 2004.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Ativos da Aquicultura. *CNA Brasil*, ano 1, ed. 3, jul. 2015.

CORREIO 24 HORAS. Criação de peixes em cativeiro cresce 49% na Bahia, revela IBGE. 27.09.2018. Disponível em: <<https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/criacao-de-peixes-em-cativeiro-cresce-49-na-bahia-revela-ibge/>>. Acesso em: 11/06/2020.

CREA-PE - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia De Pernambuco. *Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades*, v. 12, n. 12, jul-ago, 2017.

CUNHA, A. *Potencialidades de desenvolvimento da aquicultura no semiárido*. Apresentação. Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 20, 2017. Florianópolis-SC, 08 a 11 de out. 2017.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. *R. Bras. Zootec.*, v. 36, suppl.0, Viçosa, Julho 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa. Piscicultores e técnicos discutem sobre os custos de produção da tilápia em Glória-BA. *Informativo Campo Futuro*, ed. 6, 2014a.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tilápia e o desenvolvimento do Sertão de Itaparica/PE – Análise econômica para investimentos de Desenvolvimento na região*. Renata Melo Barroso [Org.]. Palmas-TO, 2014b. 46p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Discussão sobre a regularização da piscicultura brasileira: da produção à comercialização*. Renata Melon Barroso... [et al.]. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016. 68p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil*. Brasília, DF, 2018a. 186p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Dimensão socioeconômica da tilapicultura no Brasil*. Renata Melon Barroso [et al.], autores. Brasília, DF, Embrapa, 2018b. 110p.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. *The state of world fisheries and aquaculture*. Roma, 2012. 209p.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. dos S.; SILVA, H. A. da; SANTOS, A..M. dos; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação de Caatinga no Município de Petrolina – PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 04, p. 904-922, 2012.

FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; QUEIROZ, J. F.; LOSEKAN, M. E. Manejos de tilápia em tanques-rede em represa rural do Leste paulista - (estudo de caso). *Pesquisa & Tecnologia*, v. 16, n. 2, Jul-Dez 2019.

GLOBO RURAL. *Tilápia leva piscicultura brasileira a R\$ 5 bilhões de faturamento. Setor cresceu 4,5% em 2018 e a expectativa para 2019 é acelerar o ritmo e chegar a 10% de expansão no geral e 15% na espécie mais cultivada no Brasil*. 2019. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/Peixe/noticia/2019/02/tilapia-leva-piscicultura-brasileira-r-5-bilhoes-de-faturamento.html>>. Acesso em: 10/06/2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro, IBGE, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa da Pecuária Municipal 2018*. Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, v. 46, p.1-8, 2018.

KUBITZA, F. Os caminhos para uma piscicultura sustentável. *Panorama da Aquicultura*, 30.jun.2010. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/os-caminhos-para-uma-piscicultura-sustentavel/>>. Acesso em: 22/10/2019.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; ONO, E. A.; ISTCHUK, P. I. Panorama da piscicultura no Brasil: estatísticas, espécies, polos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. *Panorama da Aquicultura*, v. 22, n. 132, p. 14-25, jul./ago. 2012.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para Discussão. *Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia*. Rio de Janeiro, Ipea, 1990-2017. ISSN 1415-4765.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
MARQUES, E. A. T. *Piscicultura e sistema de wetland construída no semiárido : características e potencialidades*. 2017. 205f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

MARQUES, E. A. T. OLIVEIRA, C. R.; SILVA, G. M. N.; CARDOS, A. S.; SOBRAL, M. C. Desafios para a sustentabilidade da piscicultura na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Anais... Sustentare*, ed. especial , II Simpósio da Bacia Hidrográfica do São Francisco, p. 1-29, 2018.

MELLO, A. R.; STIPP, N. A. F. A Piscicultura em Cativoiro como Alternativa Econômica para as Áreas Rurais. *Geografia*, Londrina, v. 10, n. 2, p. 175-193, jul./dez., 175-193, 2001.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Dia Mundial das Zonas Úmidas 2007 - Pesca para o futuro ?* 2007. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/205/publicacao/205_publicacao29112010050729.pdf>. Acesso em: 11/06/2020.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: *Recursos hídricos em regiões semiáridas*. Editores Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258p.

NASCIMENTO, M. C. *Relatório técnico da campanha de avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da regularização das vazões no Baixo Rio São Francisco*. Melchior Carlos do Nascimento, Carlos Eduardo Ribeiro Júnior, Antenor de Oliveira Aguiar Netto – Maceió, AL, 2013, 175p.

OLIVEIRA, M. D.; AYROZA, D. M. R.; CASTELLANI, D.; CAMPOS, M. C. S.; MANSUR, M. C. D. O mexilhão dourado nos tanques-rede das pisciculturas das Regiões Sudeste e Centro-Oeste. *Panorama da Piscicultura*, ed. 145, 2018.

PEDROZA, M. F.; BARROSO, R. M.; PRYSTHON, A. S.; FLORES, R. M. V. Modelos associativos como estratégia de inclusão produtiva para pequenos piscicultores. Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas/TO. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 5, 2014. 40p.

PEIXE BR. *Tilápia é o peixe de cultivo preferido no Sudeste. Produção avança e consumo é o dobro da média nacional*. 2018. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/?s=consumo+per+capita+de+peixe>>. Acesso em: 10/06/2020.

PEIXE BR. *Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2019*. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>>. Acesso em: 24/09/2019.

PERAZZO, G. M. Perfil do saneamento ambiental em 29 municípios da área de Xingó. Imprensa Universitária, Recife, 2002. In: ALVES, K. M. A. S. *Variabilidade pluvial no semiárido brasileiro: Impactos e vulnerabilidades na paisagem da bacia hidrográfica do rio Moxotó*. 164f. [2016]. Tese (Doutorado em Geografia). Recife, UFPE, 2016.

PNUD - Programa das Nações Unidas. *Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio*. 2016. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/odm.aspx>>. Acesso em: 13/06/2020.

QUEIROZ, J. F.; SILVEIRA, M. P. Recomendações Práticas para Melhorar a Qualidade da Água e dos Efluentes dos Viveiros de Aquicultura. *Circular Técnica*, n. 12, Jaguariúna, SP, dez. 2006.

QUEIROZ, J. F. Boas Práticas de Manejo (BPM) para a Aquicultura em Viveiros Escavados e em Reservatórios. *Circular Técnica*, n. 25, Jaguariúna, SP: EMBRAPA, Nov. 2016.

RIBEIRO, M. R.; SANTOS, J. P.; SILVA, E. M.; PEREIRA-JÚNIOR, E.; TENÓRIO, MA. A. S.; LINO E SILVA, L.; WEHBI, M. D.; LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco, região semiárida do Nordeste do Brasil. *Acta Fish. Aquat. Res.*, v. 3, n.1, p. 91-108, 2015.

ROSA, A. B. S.; MOTTA, E. J. O. O início da aquicultura no Semiárido brasileiro. In: *Cadernos do Semiárido*. AAquicultura atual no semiárido: Riquezas e Oportunidades. v. 12, n. 12 (jul./ago. 2017). / [organização de] Luiza Teixeira de Lima Brito. Recife, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco, 2017.

ROUTLEDGE, E. *Aquicultura brasileira e o desafio da intensificação sustentável*. Brasília: EMBRAPA, 2019.

SEBRAE - SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DA BAHIA. *Estudo de Mercado*. Agronegócios: piscicultura. Salvador: SEBRAE-BA, 2014. 36p.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A. J.; AMARAL, J. V. *Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 35, p. 421-463, 2012.

SILVA, W. L. M.; FROZZI, J. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, A. L.; SLAVADOR,

J. S. P.; RIBEIRO, P. N. T.; CAMPOS, M. C. C. *Sustentabilidade na Aquicultura: Dimensões Social, Econômica e Ambiental – Uma Revisão de Literatura*, ano 10, v. XX, n. 1, Jan-Jun, p. 87-108, 2018.

SOBRAL, M. C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; SILVA, M. M.; MELO, G.L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semiárido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, *Anais...* Punta del Este, Uruguay, 2009.

TENÓRIO, R. A.; SILVA, E. M.; CAMPECHE, D. F. B. O polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco – SBSF. In: *Cadernos do Semiárido: A Aquicultura atual no semiárido: Riquezas e Oportunidades*. v. 12, n. 12 (jul./ago. 2017). Recife: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco, 2017.

TERA AMBIENTAL. *Entenda os três pilares da sustentabilidade*. 2014. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/entenda-os-tres-pilares-da-sustentabilidade>>. Acesso em: 22/10/2019.

VIDAL, M. F. Panorama da piscicultura no Nordeste. *Caderno Setorial ETENE*, ano 1, n. 3, nov. 2016.

2

Potencialidade à tilapicultura no reservatório hidrelétrico Moxotó: um aporte ao desenvolvimento do Submédio São Francisco

Ruy Albuquerque Tenório

Engenheiro Agrônomo, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Igor Barros Oliveira

Engenheiro de Pesca, Observatório COMRIOS, UNEB

Renata Melon Barroso Bertolini

Médica Veterinária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA

Elivelton Ribeiro Souza

Engenheiro de Pesca, Integral Agroindustrial Ltda, Integral Mix

Omar Jorge Sabbag

Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual Paulista, UNESP

INTRODUÇÃO

Como principal produto da aquicultura brasileira, *Oreochromis niloticus* (Tilápia do Nilo) é destaque entre as principais espécies de peixes de águas continentais, devido ao pacote tecnológico de cultivo desenvolvido e consolidado, exclusivamente para esta espécie, que se adapta bem em diferentes sistemas de cultivos, além da facilidade de manejo, permitindo usar altas densidades de estocagem (60 a 160 exemplares/m³) para a produção em larga escala. A produção de tilápia encontra-se presente em 1.878 municípios do Brasil, com grande potencial produtivo em todo o País. Somente na bacia Amazônica a tilápia se encontra restrita por legislação ambiental (BARROSO et al., 2015a).

A tilapicultura tornou-se a mais importante atividade econômica dentre os cultivos aquícolas do Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) a produção nacional de tilápia foi de 281.384 toneladas (t), no ano

de 2017, e de 311.540 t, no ano de 2018. A atualização da produção de tilápia feita pela Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2020) colocou o Brasil como o quarto maior produtor desta espécie no mundo, em 2019, com uma produção de 432.149 t. Produções maiores foram obtidas pela China, Indonésia e Egito. O mesmo anuário informa que o Brasil, em 2019, exportou apenas 5.322 t de tilápia.

Por ser espécie de clima tropical, a tilápia apresenta um melhor resultado de produção nas condições climáticas da região do Submédio São Francisco, região pertencente a bacia hidrográfica do rio São Francisco, que faz parte do bioma Caatinga, na região semiárida do Nordeste do Brasil. Área de longos períodos de estiagem, sendo incluída no polígono das secas.

Aproximadamente 58% da bacia do São Francisco se encontra no Semiárido (BRASIL, 2015), o qual apresenta grandes restrições para a produção intensiva de alimentos de origem animal, tendo a tilapicultura superintensiva como uma das principais atividades econômicas da região, em virtude dos grandes reservatórios existentes nesta Região. Assim, devido ao represamento do rio São Francisco a região do Submédio São Francisco chegou a se tornar um dos maiores polos de tilapicultura do País, o Polo de Piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco - Polo SBSF (VIDAL, 2016; BARROSO et al., 2018a), mesmo com dificuldades encontradas tais como: Regularização das pisciculturas (BARROSO et al., 2016), distância dos centros produtores de insumos utilizados na produção de tilápia, custos de transporte e outros custos logísticos (BARROSO; MUÑOZ; CAI, 2019), e ainda, apresentando o mais baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) entre os polos de tilapicultura do Brasil (BARROSO et al., 2018b).

O represamento do rio São Francisco, para a geração de energia elétrica, tornou possível esse avanço da tilapicultura possibilitando, assim, grandes áreas inundadas, a formação de meandros ao longo dos reservatórios hidrelétricos e menores correntezas. Além dos investimentos no setor aquícola para o cultivo das várias linhagens da espécie *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), trabalhadas no Polo SBSF: Chitralada (Tailandesa), GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) e Supreme® ou GST (*Genomar Supreme Tilapia*), todas elas conhecidas popularmente por tilápia do Nilo (BARROSO et al., 2015a).

Histórico do início da tilapicultura do Polo SBSF

A primeira experiência registrada na produção intensiva de tilápia, fazendo uso de gaiolas, aconteceu em 1995, por iniciativa da Companhia Hidro Elétrica do Rio São Francisco (CHESF), na antiga Estação de Tratamento de Água (ETA II, desativada) da usina Paulo Afonso II, do Complexo Hidrelétrico Paulo Afonso. A antiga ETA II era abastecida por gravidade, com água do reservatório hidrelétrico Delmiro Gouveia. Esta iniciativa foi conduzida pelo pesquisador Dr. José Patrocínio Lopes, responsável na época pela Estação de Piscicultura de Paulo Afonso (EPPA)/CHESF, e pelo engenheiro Paulo Barbosa de Deus, coordenador da área de Meio Ambiente da Gerência Regional de Operação de Paulo Afonso (GRP)/CHESF (TENÓRIO; SILVA; CAMPECHE, 2017).

Em 1996, foi criado o Projeto Xingó por iniciativa conjunta da CHESF, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Comunidade Solidária (Governo Federal). No ano seguinte, 1997, foi realizado o levantamento das potencialidades na região de Xingó, juntamente com várias universidades, para a implantação do Programa Xingó, que aconteceu em 1998. Programa este, que desenvolveu muitos projetos importantes, na área temática de aquicultura, na região do Submédio e Baixo São Francisco, a ponto de se tornar o Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó (Instituto Xingó), em 1999.

Alguns exemplos dos trabalhos desenvolvidos pelo Instituto Xingó foram: Produção de alevinos de tilápia e de espécies nativas de peixes na EPPA, em Paulo Afonso, Bahia; produção de pós-larvas de *Macrobrachium carcinus* (camarão Pitu), produção de alevinos de tilápias em tanques de alvenaria, e engorda no sistema intensivo, com a utilização de tanques-rede flutuantes, no município de Piranhas em Alagoas; e capacitações e assistência técnicas em aquicultura na região do SBSF. Todos estes trabalhos foram coordenados pelo Eng. Prof. Fábio José Castelo Branco Costa, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O Instituto Xingó, também construiu uma Unidade de Beneficiamento de Peixes, em Piranhas, AL, coordenado na época pela Profª. Susana Menezes Luz de Souza, da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Em 2001, o Instituto Xingó recebeu a qualificação de Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), até o seu fechamento em 2011.

Porém, a implantação dos primeiros projetos de tilapicultura nos reservatórios

hidrelétricos do rio São Francisco aconteceu em função do sucesso dos experimentos do cultivo de tilápias em gaiolas, realizados pela EPPA, em 1995, somado a iniciativa do poder público local, Prefeitura Municipal de Paulo Afonso, juntamente com o governo do Estado da Bahia, por meio do Programa de Desenvolvimento da Piscicultura em Grandes Barragens, em 1997 (BALOGH, 2005; TEIXEIRA, 2006).

Assim, em 1997, teve início a formação das associações de pisciculturas que deram origem ao Polo SBSF. A primeira implantação foi a do projeto de piscicultura Caiçara, em uma área de 80 hectares, localizada às margens do reservatório hidrelétrico Paulo Afonso IV, formado por várias associações de pisciculturas em viveiros escavados. O projeto Caiçara, entrou em operação na produção de tilápias (engorda) em 1998, e posteriormente, na alevinagem.

Os demais projetos, foram implantados ainda em 1998, no reservatório hidrelétrico Xingó, sendo estes os projetos de associações de piscicultura intensiva, fazendo uso de gaiolas flutuantes de pequeno volume, passando depois a tilápia a ser produzida em tanques-rede flutuantes de pequeno e médio volumes. A execução dessas atividades foi uma ação conjunta da Prefeitura Municipal de Paulo Afonso com a Bahia Pesca S.A., tendo a participação direta dos engenheiros Luciano Gomes da Rocha, André Luiz de Castro Morais Teixeira e Ivan da Costa Accioly. Foram também pioneiros na tilapicultura do Polo SBSF, José Alves Feitosa (APCPLJ, Paulo Afonso - BA), Luiz Cavalcanti Xavier (piscicultura São Pedro, Piranhas - AL), Romero Magalhães Ledo (piscicultor, Itacuruba - PE), Pe. Antônio Miglio (associações de piscicultores, Jatobá - PE), Mahmoud Daoud Wehbi (empresário aquícola, Glória - BA) e Prof. Lucemário Xavier Batista (Campus VIII da UNEB).

Paralelamente à implantação da tilapicultura, em 1998, aconteceu no município de Paulo Afonso, o Curso de Especialização em Aqüicultura, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), visando a formação de mão de obra técnica especializada para dar suporte à atividade emergente. Esse Curso, foi coordenado pelo Prof. Dr. Antônio Lisboa Nogueira da Silva, e culminou com a implantação do Curso de Engenharia de Pesca na Universidade do Estado da Bahia (UNEB), no *Campus* de Paulo Afonso (*Campus* VIII da UNEB), em 1999, na gestão departamental da Profa. Marússia Almeida Paiva, tendo como primeira coordenadora do Colegiado de Pesca a Profa. Adriana Maria Cunha da Silva.

Outros importantes acontecimentos, para a consolidação do Polo SBSF, foram as implantações das empresas do Projeto Tilápia São Francisco, pertencentes a empresa Montagens e Projetos Especiais S/A (Grupo MPE), entre 2002 e 2003, que foram as empresas: AAT *International* Ltda, com produção de tilápia em *raceways*, e o Centro Integrado de Genética e Produção de Alevinos, ambas as empresas localizadas às margens do reservatório hidrelétrico Delmiro Gouveia; a Unidade de Processamento e Industrialização do Pescado, sendo a marca do produto “Tilápia do São Francisco”, e a Centermar Rações do Brasil Ltda, com a apresentação de dois produtos, Rações Absoluta para camarões e Rações Absoluta para peixes, ambas as empresas localizadas entre os reservatórios hidrelétricos Paulo Afonso IV e Xingó. Tudo isso foi fruto dos esforços governamentais para as instalações de projetos da cadeia produtiva da tilapicultura, no município de Paulo Afonso, que figura no cenário nacional como um dos maiores produtores de alevinos de tilápia do Brasil, sendo a Central de Alevinagem AAT *International*, a maior responsável por essa produção.

Todos os acontecimentos supracitados foram em áreas do município de Paulo Afonso, com exceção da sede do Instituto Xingó. Assim, Paulo Afonso foi pioneiro na tilapicultura no Polo SBSF e um dos primeiros municípios do País a ter desenvolvido essa atividade, que veio a se tornar uma das principais atividades econômicas da Região.

Atualidades e dados de produção da tilapicultura do Polo SBSF

Atualmente, a Unidade de Processamento e Industrialização do Pescado e a Centermar Rações do Brasil Ltda, não pertencem mais ao Grupo MPE. As estruturas dessas antigas empresas funcionam hoje como Indústria de Processamento da Netuno Pescados Ltda e Integral Agroindustrial Ltda, com a marca Integral Mix, respectivamente. A Netuno Pescados Ltda, divulga na sua página da internet como sendo a maior produtora de tilápias do Brasil, com toda a sua produção no Polo SBSF, tendo início no ano de 2006, com suas unidades de cultivo nos reservatórios hidrelétricos Itaparica e Moxotó.

Hoje, o Grupo MPE continua em atividade no Polo SBSF, sendo o maior produtor de alevinos e juvenis de tilápia, com o Centro Integrado de Genética e Produção de Alevinos, fazendo uso, também, dos *raceways* da AAT *International* Ltda para a produção de juvenis de tilápia, que antes eram utilizados na engorda.

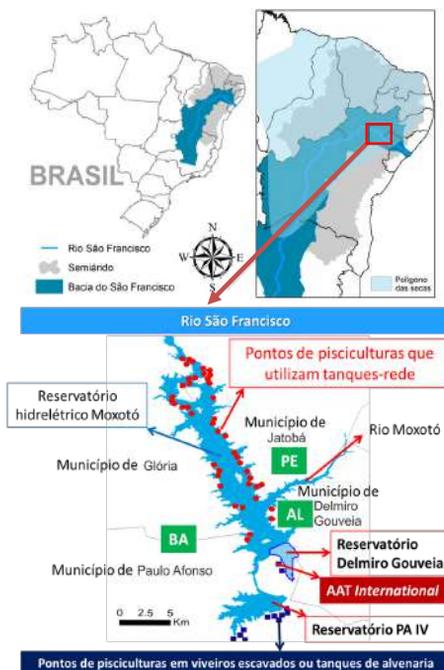
Dentre os dados disponibilizados pelo IBGE (2013 a 2018), o dado mais atual aponta o município de Paulo Afonso com o sexto maior valor de produção de alevinos do Brasil, R\$ 7.252.000,00 (IBGE, 2018). Praticamente toda essa produção de alevinos é proveniente da AAT *International* Ltda, cuja produção de alevinos faz do município de Paulo Afonso esse grande produtor (BARROSO et al., 2015a; CARDOSO, 2018).

A tilapicultura intensiva acontece principalmente em grandes reservatórios formados por águas da União, envolvendo, assim, parte da produção de várias unidades federativas do Brasil. A vista disso, a disponibilização dos dados de produção de tilápia destes reservatórios hidrelétricos, em águas da União, é algo inovador e importante, uma vez que existe produção de tilápia em vários estados da federação.

A exemplo disto, também se vislumbra na Figura 1, o reservatório Moxotó que apresenta produção de tilápia nas margens baiana, pernambucana e alagoana, sendo a sua capacidade de suporte de produção única para esses três estados da federação. A Embrapa Pesca e Aquicultura vem contribuindo com o setor aquícola, fornecendo os dados de produção de tilápia por polo produtivo. Também vale ressaltar que os dados de produção de tilapicultura do Polo SBSF, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Pesca e Aquicultura), são frutos de uma pesquisa onde quase 100% dos empreendimentos aquícolas foram analisados.

Assim, fazendo uso dos dados de produção dos polos de tilapicultura do Brasil, apresentados pela Embrapa Pesca e Aquicultura, ainda no ano de 2017, o Polo SBSF se destacou como o segundo maior polo de tilapicultura do Brasil, com produção de 50.065 t de tilápias. Esta produção é praticamente a somatória de quase toda a produção de tilápia dos estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco, onde a produção destes Estados, encontra-se no Polo de Piscicultura SBSF, em águas da União. Destacando-se o reservatório Moxotó com a maior produtividade do Polo SBSF, mesmo obtendo a segunda maior produção de tilápias, dentre os reservatórios hidrelétricos do referido polo, estimada em 20.296 t (BARROSO et al., 2018a). Segundo Barroso et al. (2018a), o município que apresentou maior produção de tilápias do Brasil foi Glória, na Bahia, seguido do município de Jatobá, em Pernambuco. Ambos com produção no reservatório Moxotó, e no caso de Glória, também no reservatório Itaparica. Sendo Jatobá o município com a maior produção de tilápia, no reservatório Moxotó, e com o maior número de pisciculturas do Polo SBSF (OLIVEIRA; TENÓRIO, 2017).

Figura 1 - Infomapa da localização das pisciculturas que operam ao longo dos reservatórios hidrelétricos Moxotó, Paulo Afonso IV e Delmiro Gouveia, do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso, da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF)



Fonte: Tenório et al. (2017), modificado por Cardoso e Tenório (2018).

Os dados de produção do Polo SBSF ainda estão sendo atualizados pelo Observatório COMRIOS, por Nunes e Tenório (2019) e Santos e Tenório (2019). Desta forma, os dados mais atuais, que possibilitam ter uma maior compreensão da realidade e complexidade do Polo SBSF, continuam sendo os de 2017. Dados estes, trabalhados em conjunto pela EMBRAPA Pesca e Aquicultura, UNEB e Universidade Estadual Paulista (UNESP), obtidos por meio de pesquisas realizadas nos empreendimentos aquícolas, em cada município do Polo SBSF, com confronto das informações obtidas para confirmação dos dados de produção, contabilizando a produção por polo produtivo, observando a eficiência de produção e a capacidade de suporte dos reservatórios hidrelétricos, independentemente da unidade federativa, isto pode ser visto nas pesquisas de Sabbag et al. (2017), Tenório et al. (2017), Oliveira e Tenório (2017), Oliveira (2018) e Barroso et al. (2018a; 2018b). O fornecimento dos

dados de produção por polo produtivo é algo inédito na aquicultura brasileira e de grande importância quando se trata de águas da União.

Os últimos dados de produção disponibilizados pelo IBGE são de 2018, e os dados apresentados pelo anuário da Peixe BR (2020) são do ano de 2019, sendo estes por estado da federação e por regiões do Brasil e não por polo. As pesquisas supracitadas disponibilizam dados produzidos em águas da União, por reservatórios hidrelétricos e também por margem de reservatório, cuja pesquisa envolve vários parâmetros para a obtenção dos dados de produção do Polo, trabalhando com todas as tilapiculturas deste, com poucas exceções, a exemplo de tilapiculturas que não deram o retorno da informação. O presente capítulo apresenta uma visão geral da tilapicultura no reservatório Moxotó e trata-se de parte dos resultados gerados pelo projeto de pesquisa de iniciação científica “Indicadores socioeconômicos da tilapicultura no polo produtivo do Submédio e Baixo São Francisco: Reservatório hidrelétrico Moxotó”, e pelo projeto de extensão “A tilapicultura nos municípios que fazem parte do Polo de Piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco (Polo SBSF)”.

Estes projetos foram desenvolvidos pelo Observatório COMRIOS (Observações e Estudos Estratégicos da Aquicultura do rio São Francisco) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - *Campus* VIII, com a participação de pisciculturas localizadas no reservatório Moxotó e das prefeituras municipais que margeiam o referido Reservatório. Ambos os projetos deram suporte a outros projetos intitulados “Indicadores socioeconômicos do desempenho da produção de tilápia no Brasil”, da Embrapa Pesca e Aquicultura, e “Análise da eficiência no polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco: aplicação da análise envoltória de dados”, da UNESP - *Campus* de Ilha Solteira.

Tendo em vista um estudo mais aprofundado para o desenvolvimento deste capítulo, foi utilizada a pesquisa considerando principalmente as variáveis para a obtenção dos dados de produção por margem de reservatório, por reservatório hidrelétrico e por Polo, o Polo SBSF. A pesquisa foi de natureza exploratória com descrição quantitativa e qualitativa das condições da piscicultura na região e apoiou-se nos dados técnicos e econômicos dos empreendimentos aquícolas do reservatório Moxotó, com representações gráficas e construção do mapa de localização dos empreendimentos aquícolas a partir das coordenadas geográficas, utilizando o

programa QGis versão 2.18. A localização dos empreendimentos aquícolas foi realizada *in loco*, percorrendo as margens, via transporte terrestre, e por navegação fluvial, onde foram coletadas as coordenadas geográficas de cada empreendimento aquícola fazendo uso de um receptor GPS.

As localizações das pisciculturas intensivas que utilizam tanques-rede flutuantes estão pontuadas em vermelho ao longo do reservatório hidrelétrico Moxotó (Figura 1). E as localizações das pisciculturas em viveiros escavados ou tanques de alvenaria e *raceways* estão ao longo dos reservatórios hidrelétricos Paulo Afonso IV e Delmiro Gouveia, pontuadas em azul marinho. A Figura 1 localiza a área de estudo na região semiárida, no polígono das secas e na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

ASPECTOS GEOGRÁFICOS DO RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO MOXOTÓ

O rio São Francisco é o maior rio totalmente brasileiro, ocupando 7,5% da área do território nacional, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), com nascente e foz em território nacional. Sendo também conhecido como rio da integração nacional. A bacia do São Francisco compreende, em seu curso principal, uma área de aproximadamente 634 mil km² e 2.700 km de extensão. O seu início se dá entre as cabeceiras, na serra da Canastra, localizada no município de São Roque (MG), e sua foz entre os estados de Alagoas e Sergipe, desaguardo no oceano Atlântico, conforme o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2017); Ministério da Integração Nacional (MI, 2017). Entretanto, Gorgulho (2014) relata sobre um novo curso desse Rio, onde as nascentes são na serra d'Água, da sub-bacia do Samburá com o rio Araguari, totalizando 2.814,12 km de extensão.

Percorrendo cinco estados da federação do Brasil, o rio São Francisco se divide em quatro trechos: o Alto São Francisco, que vai de suas cabeceiras até Pirapora (MG); o Médio São Francisco, que vai de Pirapora, onde começa o trecho navegável, até Remanso na Bahia; o Submédio São Francisco, que vai de Remanso até a Cachoeira de Paulo Afonso; e o Baixo São Francisco, que vai da cachoeira de Paulo Afonso até a foz, entre os estados de Alagoas e Sergipe (MI, 2017).

O rio São Francisco recebe água de 168 afluentes, onde 99 deles são permanentes, 90 se encontram na sua margem direita e 78 na sua margem esquerda.

A produção de água de sua bacia concentra-se nos cerrados do Brasil Central e em Minas Gerais. E a grande variação do porte dos seus afluentes é consequência das diferenças climáticas entre as regiões drenadas (MI, 2017).

No nordeste brasileiro, por onde passa grande parte do rio São Francisco passa, está localizada uma série de reservatórios: Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso IV, Delmiro Gouveia e Xingó. Estes foram construídos sob a administração da CHESF, com o objetivo de gerar energia ou abastecimento estratégico de água (CHESF, 2017; FERREIRA JUNIOR, 2014).

O reservatório Moxotó apresenta um volume total de 1,2 bilhões de m³ e volume útil de 0,2 bilhão de m³. A profundidade média do reservatório é de 13 m e sua área total compreende 98 km², com cota máxima da barragem de 141 m (FERREIRA JÚNIOR, 2014). Os reservatórios hidrelétricos do rio São Francisco são em cascatas, ficando o reservatório Itaparica a montante do reservatório Moxotó, e o reservatório Xingó a jusante. É necessário considerar dois pequenos reservatórios: o reservatório Paulo Afonso IV, ligado ao reservatório Moxotó por um canal (Figura 2), e o reservatório Delmiro Gouveia, que fica a jusante do reservatório Moxotó. Esses reservatórios abastecem o CHPA, formado pelas usinas Paulo Afonso (PA I, PA II, PA III, PA IV) e Apolônio Sales. Todas localizadas no município de Paulo Afonso, com exceção da usina Apolônio Sales, localizada na divisa com o município de Delmiro Gouveia (AL). Esses dois reservatórios abastecem o reservatório Xingó. Os estados da Bahia, Pernambuco e Alagoas possuem margens no reservatório Moxotó.

Figura 2 - Imagem de satélite dos reservatórios Moxotó, Paulo Afonso IV e Delmiro Gouveia, destacados no mapa por setas



Fonte: *Google Earth* (2018).

A TILAPICULTURA NO RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO MOXOTÓ

Apesar de possuir um menor volume de água em relação ao reservatório Xingó e menor área em relação ao reservatório Itaparica, o reservatório Moxotó apresenta a maior capacidade de suporte para a produção de peixes, dentre os três reservatórios do SBSF. Isto devido ao curto tempo para renovação das suas águas, aproximadamente cinco dias, podendo variar com a necessidade de geração de energia e com o período de estiagem (RIBEIRO et al., 2015). Mesmo durante os grandes períodos de estiagem, a produção do reservatório Moxotó não foi afetada. Isto, possivelmente, por que toda a produção existente nesse reservatório não chega a 50% de sua capacidade de suporte, garantindo assim, uma grande margem de segurança durante os períodos críticos (BARROSO et al., 2015b).

A capacidade de suporte do reservatório Moxotó é de 57.260 t/ano (AURELIANO et al., 2007). Dados estes embasados por cálculos que a ANA utiliza para auxiliar na liberação da outorga da lâmina d'água. Foi delimitado um limite máximo de ocupação de até 1% da área superficial dos corpos d'água, conforme a Instrução Normativa MMA/SEAP N° 07, de 28 de abril de 2005, desde que não ultrapasse o valor obtido pelos cálculos, baseados no modelo hidrodinâmico de Dillon e Rigler (1974), adotados pela ANA, para a obtenção da outorga do direito de uso de águas da União, para fins de aquicultura. Para o reservatório em estudo, o zoneamento da piscicultura em tanques-rede já foi realizado por Severi (2000). A tilapicultura é responsável pela maior parte das solicitações de cessão de uso de águas da União para a Aquicultura.

Os aspectos supracitados permitem a produção superintensiva de peixe, em larga escala, no reservatório Moxotó. A estrutura viável para esta produção, em alta densidade de estocagem de tilápia é o tanque-rede. Contudo, para a consolidação e a organização da cadeia produtiva da tilápia, foram necessários os investimentos do setor produtivo (BARROSO et al., 2015b).

A margem do reservatório Moxotó que apresenta maior produção de tilápia é a margem esquerda (Pernambuco e Alagoas), com 70% da produção, ficando a margem direita (Bahia) com 30%. Toda a margem pernambucana do reservatório Moxotó pertence a um único município, Jatobá, que apresenta 69% da produção do reservatório. Assim como, toda a margem alagoana pertence ao município de Delmiro Gouveia, que apresenta 1% da produção do reservatório (OLIVEIRA, 2017).

A margem baiana do reservatório Moxotó é formada pelos municípios de Glória com 30% da produção do reservatório. O município de Paulo Afonso não apresenta produção nesse Reservatório.

O presente capítulo dará ênfase as produções de tilápias dos municípios de Glória e Jatobá, considerados os municípios com maiores produções de tilápia do Brasil, em 2017 (BARROSO et al., 2018a). Neste mesmo ano, Glória e Jatobá também apresentaram os maiores valores de vendas de produtos da aquicultura do Brasil, R\$ 66.744.000,00 e R\$ 59.606.000,00; respectivamente (IBGE, 2017). Segundo os dados do IBGE (2017), quando se refere a quantidade de venda de produtos da aquicultura, Glória foi o município que apresentou o maior volume de venda do Brasil, 11.644 t. E o município de Jatobá apresentou o terceiro maior volume de venda de produtos da aquicultura do Brasil, com 10.274 t.

Dados do IBGE (2018) mostram a produção da aquicultura, por tipo de produto, no caso a tilápia, identificando que dos quatro municípios que apresentam margens no reservatório Moxotó, três deles: Glória, Jatobá e Paulo Afonso, estavam entre os 20 municípios maiores produtores de tilápias do Brasil, em 2015. No ano de 2016, Glória e Jatobá ficaram entre os 12 municípios maiores produtores do Brasil.

Em 2017, o município de Petrolândia (PE) que também faz parte do Polo SBSF, com produção no reservatório Itaparica, localizado a montante do reservatório Moxotó, alcançou a oitava maior produção de tilápias do Brasil; o município de Jatobá ficou com a quarta maior produção nacional, e o município de Glória figurou como o segundo maior produtor de tilápia do Brasil, conforme os dados do censo do IBGE, em 2017, ano em que as produções dos municípios do SBSF obtiveram maior destaque. Segundo os dados da pesquisa da pecuária municipal de 2018, do IBGE, atualizados em setembro de 2019, os três municípios supracitados continuam entre os maiores produtores do Brasil, com destaque para o município de Jatobá que alcançou a terceira maior produção do país, enquanto que os municípios de Glória e Petrolândia caíram para a sétima e décima primeira maior produção do Brasil, respectivamente (IBGE, 2017; 2018).

Contudo, faz-se necessário conhecer mais acerca da tilapicultura nos municípios de Glória e Jatobá, uma vez que a produção desses dois municípios representa quase 100% da produção de tilápia do reservatório Moxotó.

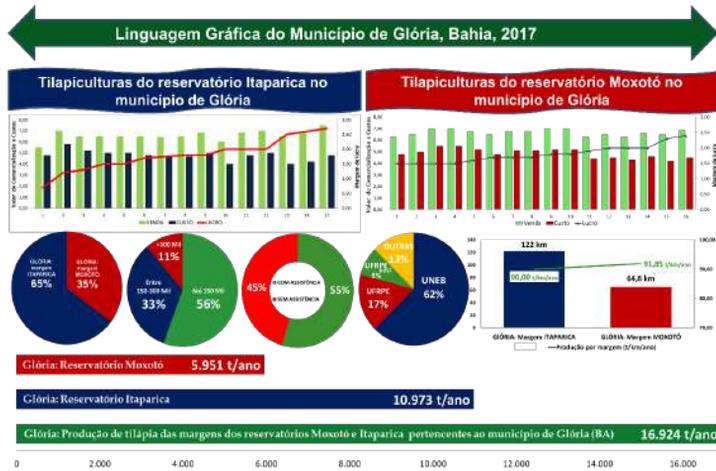
A tilapicultura na margem direita do reservatório Moxotó

Os municípios baianos de Glória e Paulo Afonso são os que compõem a margem direita do reservatório hidrelétrico Moxotó. Paulo Afonso não possui nenhuma tilapicultura instalada em sua margem, no reservatório Moxotó. Toda a produção de tilápia neste Município encontra-se em outros reservatórios: no reservatório Xingó, com a utilização de tanques-rede, e às margens dos reservatórios hidrelétricos Paulo Afonso IV e Delmiro Gouveia, em viveiros semiescavados e *raceways*. Em Paulo Afonso, além da produção de tilápia, outras espécies como *Colossoma macropomum* (tambaqui) e *Cyprinus carpio* (carpa) e o híbrido *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus* (tambatinga) também são cultivados. Entretanto, vale ressaltar que algumas dessas pisciculturas são de caráter semiextensivo e outras não fazem uso de técnicas adequadas para se cultivar tais espécies. Nesses viveiros há uma produção de 5,6 t/ano de tilápia, sendo as produções de tambatinga, tambaqui e carpa comum de 9,6 t/ano, 0,013 t/ano e 3,6 t/ano, respectivamente.

Já a margem do município de Glória com o rio São Francisco é de 186,8 km, considerando as reentrâncias ou braços dos reservatórios hidrelétricos. Sendo 122 km (65%) de margem no reservatório Itaparica e 64,8 (35%) no reservatório Moxotó. Isto corresponde a maior margem produtiva do Polo SBSF. Os aproveitamentos de margens foram 90 e 91,85 t de tilápia/km/ano, respectivamente para as margens nos reservatórios Itaparica e Moxotó. Glória possui a maior extensão de margem do reservatório Moxotó. Este reservatório abriga 57% das pisciculturas do referido Município, num total de 25 tilapiculturas no sistema intensivo, fazendo uso de tanques-rede.

Conforme os dados de produção fornecidos pela EMBRAPA, Glória foi considerado o município com a maior produção de tilápia do Brasil, estimada em 16.924 t de tilápia para o ano de 2017 (BARROSO et al., 2018a), como também a maior produtora de tilápia do Polo SBSF. Parte dessa produção, 10.973 t, foi no reservatório Itaparica, e 5.951 t no reservatório Moxotó. A referida produção aconteceu nos 6.019 tanques-rede pertencentes às 44 tilapiculturas localizadas no município de Glória. Os volumes dos tanques-rede foram de 6 a 140 m³, e a densidade de estocagem de 60 a 160 tilápias/m³. O investimento inicial de 56% das tilapiculturas, na margem direita, foi de até R\$ 150.000,00; 33% tiveram um investimento entre R\$ 150.000,00 a R\$ 300.000,00 e 11% superior a R\$ 300.000,00 (Figura 3).

Figura 3 - Linguagem gráfica da tilapicultura no município de Glória, Bahia



Fonte: Tenório et al., 2017.

Parte dos dados das pesquisas do Observatório COMRIOS, publicados por Nunes e Tenório (2019) e por Santos e Tenório (2019), mostram que a produção de tilápia no município de Glória foi reduzida a 10.908 t, sendo 3.408 no reservatório Moxotó e 7.500 t no reservatório Itaparica. Esta redução aconteceu após as grandes perdas de produção no município de Glória, Bahia, devido à grande estiagem, que fez com que fosse reduzida a densidade de estocagem de tilápias, e posteriormente, aos grandes bancos da macrófita aquática *Eichornia crassipes* (baronesa) que causaram grandes prejuízo no Polo SBSF, a ponto de várias pisciculturas deixarem de operar ou fecharem.

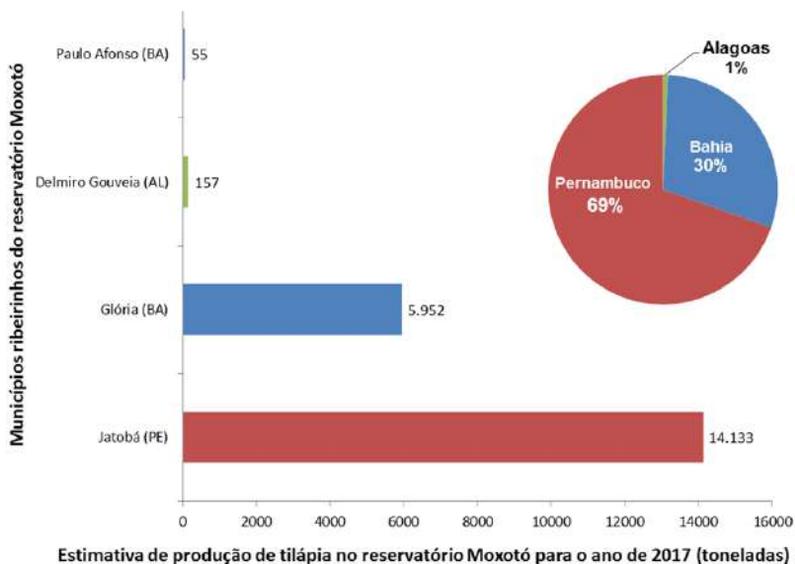
De acordo com os dados que foram disponibilizados pelas tilapiculturas durante a pesquisa no município de Glória, em 2017, foram comercializados mensalmente 1.836 milhões de alevinos de tilápia e 4.316 t de ração de tilápia. Na composição do custo médio do quilo da tilápia, que foi de R\$ 4,79, a ração correspondeu a 70%, aproximadamente. O preço médio da venda da tilápia foi de R\$ 6,59, o que corresponde a uma lucratividade de R\$ 1,80/kg. Segundo Tenório et al. (2017), 76% das pisciculturas localizadas em Glória, apresentaram responsável técnico, dos quais, 62% são egressos do Curso de Engenharia de Pesca da UNEB, Campus Paulo Afonso.

Uma visão técnica e econômica da tilapicultura, no município de Glória, pode ser visualizada de uma forma rápida, na linguagem gráfica apresentada na Figura 3. Assim, pode-se concluir que a tilapicultura apresenta um grande impacto positivo na economia do município de Glória. Sendo ainda uma das principais atividades econômicas deste Município, que mesmo com as grandes perdas ocorridas em 2019, continua se projetando no cenário aquícola nacional e internacional.

A tilapicultura na margem esquerda do reservatório Moxotó

Os municípios de Jatobá (PE) e Delmiro Gouveia (AL) são os que compõem a margem esquerda do reservatório hidrelétrico Moxotó. Jatobá possui 51,4 km de margem, sendo a margem que apresenta a maior quantidade de tilapiculturas no Polo SBSF, totalizando 53 tilapiculturas. Este Município ainda se destaca com a maior estimativa de produção de tilápia do reservatório Moxotó, 14.133 t/ano (Figura 4). Produção esta que colocou Jatobá como o segundo maior produtor de tilápia do Brasil, em 2017, tomando como base as produções municipais obtidas por Barroso et al. (2018a).

Figura 4 - Produção de tilápia nas margens municipais do reservatório hidrelétrico Moxotó e adjacentes, que fazem parte do CHPA

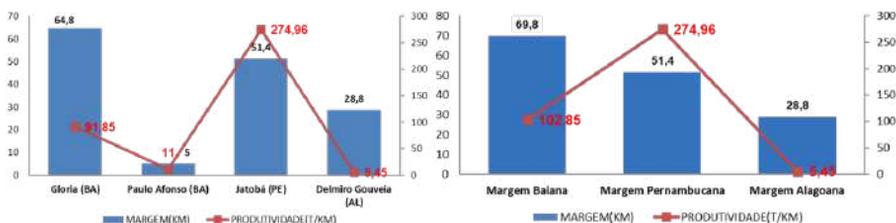


Fonte: Oliveira, 2018.

A margem alagoana do reservatório Moxotó tem 11,7 km de extensão e toda ela está localizada no município Delmiro Gouveia, que tem uma produção de 157,11 t/ano nas duas pisciculturas mapeadas por esta pesquisa. Os dados de produções de tilápia (t/ano) dos municípios ribeirinhos dos reservatórios Moxotó e adjacentes, que fazem parte do CHPA, estão disponibilizados na Figura 4.

Levando em consideração o aproveitamento das margens do reservatório Moxotó, constata-se que Jatobá, o único município da margem pernambucana, detém a segunda maior margem, 51,4 km, dentre os municípios ribeirinhos que fazem parte do reservatório Moxotó. Apresentando o melhor resultado de aproveitamento por margem, com 274,96 toneladas de tilápia por quilômetro de margem (Figura 5). O município de Glória detém 64,8 km de margem, aproximadamente 93% da margem baiana do reservatório Moxotó, e seu aproveitamento, em 2017, foi de 91,85 toneladas de tilápia por km de margem. Sendo o segundo melhor resultado do Reservatório, seguido de Delmiro Gouveia, com uma margem de 11,7 km e um aproveitamento de margem de 13,43 t/km, sendo este o único município da margem alagoana do reservatório Moxotó.

Figura 5 - Extensão das margens do reservatório Moxotó por município e por estado da federação (em km), e aproveitamento de margem (toneladas de tilápia por quilômetro - t/km)



Fonte: Oliveira, 2018.

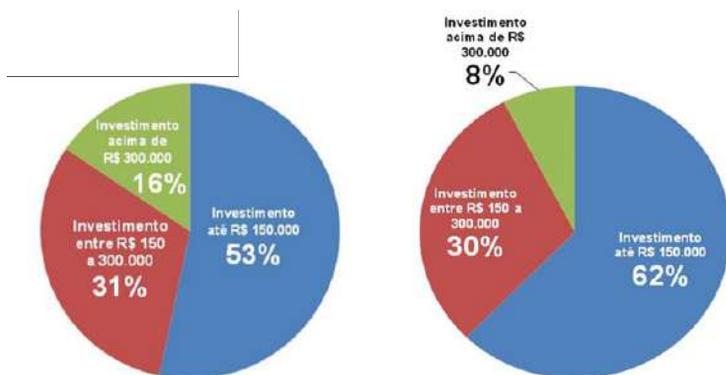
O município de Paulo Afonso tem uma margem de 5 km, porém não existe nenhum projeto instalado no reservatório Moxotó, mas, existe em reservatórios adjacentes.

A estimativa de produção das pisciculturas instaladas no reservatório Moxotó é de 19.998,03 toneladas de tilápia, para o ano de 2017. Representando um aumento de 36,69 %, quando comparada com a produção de 2014, estimada por Ribeiro et al. (2015), que foi de 12.660 t. Piscicultores cearenses que migraram para produzir

no reservatório Moxotó, devido à crise hídrica e à grande perda da produção nos açudes de Óros e Castanhão (OLIVEIRA, 2018), têm participação nesta estimativa de produção.

Os projetos de pisciculturas no reservatório Moxotó, nesta margem esquerda, tiveram investimentos médios de R\$ 150.000,00, em 53% das tilapiculturas. Em 31% delas o investimento foi entre R\$ 150.000,00 e R\$ 300.000,00, e em 16% o investimento foi acima de R\$ 300.000,00 (Figura 6). Na produção de peixes em água doce, o Brasil é o país que apresenta o maior potencial para a utilização de tanques-rede no sistema produtivo, em grandes reservatórios, com a menor demanda de investimento inicial para alta produtividade de tilápias (CASTAGNOLLI, 2000; BARROSO et al., 2018b). Para Furlaneto et al. (2006), a utilização de tanques-rede também é vantajosa, visto que o investimento inicial é menor em relação a viveiros escavados, dentre outras vantagens.

Figura 6 - Percentual do investimento médio dos piscicultores na produção de tilápia no reservatório Moxotó (a esquerda) e no município de Jatobá (a direita)

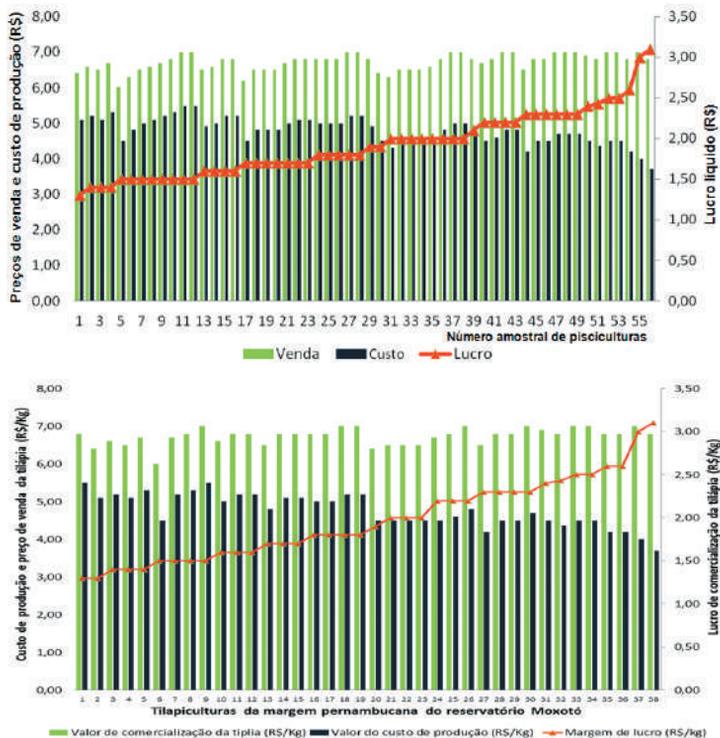


Fonte: Oliveira, 2018.

Nos municípios que compõem o reservatório Moxotó, o valor médio para comercialização do quilo da tilápia, no Reservatório, ficou em R\$ 6,72; o custo de produção em R\$ 4,79; e o lucro R\$ 1,93 (Figura 7). Em reunião com alguns dos produtores do SBSF, em 2015, a comercialização ficou em R\$ 5,50; o lucro em R\$ 1,73 e o custo de produção em R\$ 3,77 (MUÑOZ et al., 2015). O valor do lucro variou R\$ 0,20; ficando bem próximo do atual, e mostrando que devido ao aumento em R\$ 1,22 no custo da produção, consequentemente o valor de venda aumentou

para conseguir manter a margem de lucro, como mostra a Figura 7. Os percentuais referentes a ração no Custo Operacional Efetivo (COE) foram 84,15%, 75% e 74%, respectivamente para os municípios de Jatobá, Glória e Paulo Afonso (MUÑOZ et al., 2014a; MUÑOZ et al., 2014b; MUÑOZ et al., 2015).

Figura 7 - Indicativo do valor da venda, custo e lucro total das pisciculturas no reservatório Moxotó (Primeiro gráfico) e no município de Jatobá, margem esquerda (pernambucana) do reservatório Moxotó (Segundo gráfico)

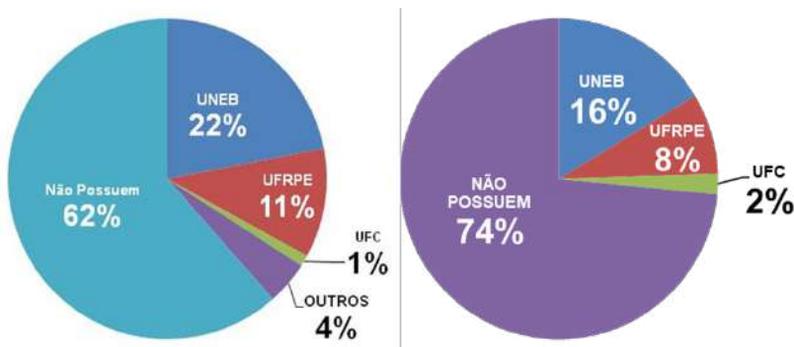


Fonte: Oliveira, 2018.

Apesar da maioria dos empreendimentos aquícolas (76%) fazerem parte do segundo setor da economia, o terceiro setor corresponde a uma fatia de 24%, formada por associações de pisciculturas, sendo uma particularidade encontrada apenas no município de Jatobá. Desta forma, as duas pisciculturas que apresentaram maior lucratividade são de associações localizadas no referido Município (PE), que conseguem otimizar os gastos e funcionam com um modelo de gestão diferenciado no SBSF (SOUZA, 2013; SABBAG et al., 2017).

Localizada em Paulo Afonso, a UNEB oferta o curso de Engenharia de Pesca no próprio polo de piscicultura, capacitando técnicos para dar suporte à atividade aquícola no Polo SBSF. O resultado é que a UNEB *Campus VIII*, tem o maior número de profissionais responsáveis pela tilapicultura no reservatório Moxotó (Figura 8).

Figura 8 - Percentual das tilapiculturas no reservatório Moxotó (a esquerda) e das tilapiculturas do município de Jatobá (a direita) que apresentam responsáveis técnicos, considerando as instituições formadoras

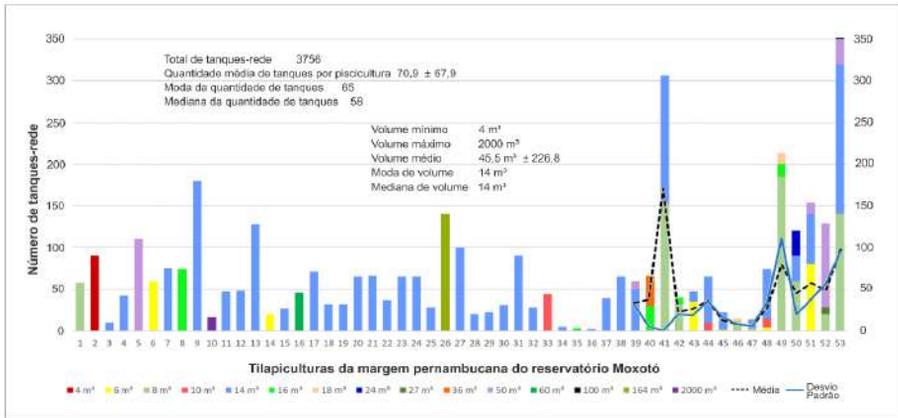


Fonte: Oliveira, 2018.

Para a produção intensiva de tilápia em grandes reservatórios hidrelétricos, a quantidade e o volume dos tanques-rede, juntamente com a densidade de estocagem de tilápia nestes tanques, são de grande importância para se obter maiores produtividades na produção de alimentos.

Para se ter uma melhor compreensão desses dados de produção foram calculados a moda, média, mediana e desvio padrão de cada um deles. Com base nesses cálculos, o município de Jatobá apresentou os melhores resultados de produção e de produtividade de tilápia, quando comparado com os outros municípios do Polo SBSF. Para os volumes dos tanques-rede das tilapiculturas no município de Jatobá obteve-se os seguintes resultados: 14 m³, 45,5 m³, 14 m³ e 226,8 para a moda, média, mediana e o desvio padrão, respectivamente. Nesta mesma sequência os valores de 70, 9, 65 e 58 para a quantidade de tanques-rede por tilapiculturas. Ao total foram 53 empreendimentos aquícolas no município de Jatobá (Figura 9).

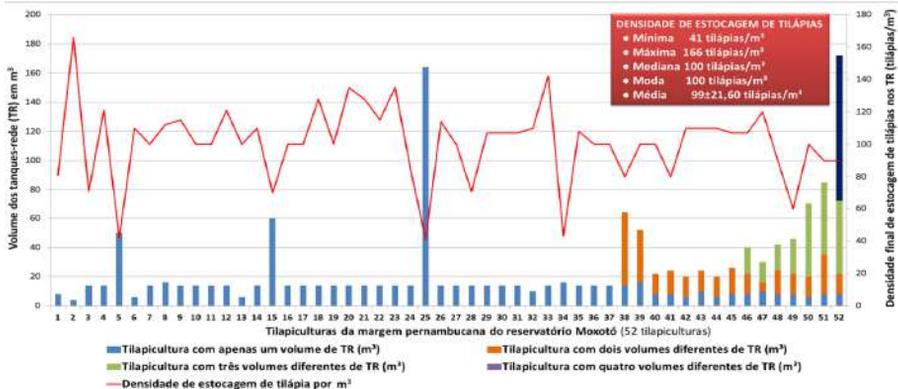
Figura 9 - Quantidades dos tanques-rede por volume (m³) de cada tilapicultura, constando os valores da média, desvio padrão, mediana e moda dos volumes e das quantidades dos tanques-rede das tilapiculturas, localizadas na margem pernambucana do reservatório Moxotó



Fonte: Oliveira, 2018.

Para a densidade de estocagem das tilapiculturas também no município de Jatobá obteve-se moda, média, mediana e desvio padrão iguais a 100, 99, 100 e 22 tilápias/m³, respectivamente (Figura 10).

Figura 10 - Densidades finais de estocagens de tilápias nos tanques-rede (m³) por tilapicultura, constando ainda os valores da média, desvio padrão, mediana e moda das densidades de estocagens nos tanques-rede das tilapiculturas, localizadas na margem pernambucana do reservatório Moxotó



Fonte: Oliveira, 2018.

Os valores mostram que apesar das tilapiculturas estarem na mesma região, no mesmo Rio e na mesma margem estadual, contudo, em reservatórios diferentes, os dois últimos municípios apresentados, Itacuruba e Belém de São Francisco, se destacaram por trabalharem com densidades de estocagens diferentes. O motivo pelo qual alguns fatores podem estar envolvidos, entre eles a qualidade de água, o aporte financeiro das tilapiculturas e costumes. A Figura 10 apresenta no seu gráfico 52 tilapiculturas, de um total de 53. Isso ocorreu pelo fato de uma tilapicultura na margem pernambucana trabalhar com tanques-rede de 2.000 m³. Logo, na representação gráfica, se tornaria um ponto fora da curva por ser um volume muito superior aos demais constatados neste trabalho.

Por fim, em pesquisa de Sabbag et al. (2017), avaliando-se a eficiência técnica do polo SBSF por meio da Análise Envoltória de Dados (ou DEA – *data envelopment analysis*), observou-se uma eficiência média global de 41%, de forma que os piscicultores devem otimizar o uso de insumos em 59%, bem como 20% das unidades piscícolas obtiveram níveis de eficiência superiores a 80%, com valores médios de área em 2,5 hectares, custos de produção em R\$ 4,25/kg, oito pessoas trabalhando diretamente na atividade e com produção de 183 toneladas/ciclo. Conclui-se que os sistemas produtivos da região do SBSF devem dar maior atenção à infraestrutura relacionada ao fator trabalho, assim como o desempenho comparativo entre unidades piscícolas contribui para otimizar o uso dos recursos, tornando o processo produtivo mais eficiente para a produção de tilápias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentou dados importantes até então desconhecidos, apontando o município de Jatobá como o maior produtor de tilápia do reservatório Moxotó e o município de Glória como um grande produtor nacional. A produção no referido Reservatório acontece de forma crescente, e ainda não atingiu a sua capacidade de suporte. Para as futuras produções, recomenda-se que o licenciamento ambiental e a outorga do direito de uso da água, para a produção aquícola, sejam autorizados de forma proporcional ao tamanho da margem apta à produção aquícola de cada município, com distribuição de cotas a partir de um zoneamento aquícola, visto que, a capacidade de suporte é única para o Reservatório.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), às Prefeituras de Glória (BA), Paulo Afonso (BA), Jatobá (PE) e Delmiro Gouveia (AL), à Bahia Pesca S.A e ao Programa Estadual de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (ProRural). Ao Padre Antônio Miglio, à contadora Ivone Lisboa e às associações de pisciculturas formadas por eles; aos tilapicultores Cleonaldo Pereira dos Santos, Isaac Feitosa, Marcos Antônio de Menezes Maciel e a seu filho, e a todos os outros tilapicultores do Polo SBSF; ao Prof. Lucemário Xavier Batista, ao pesquisador José Patrocínio Lopes, ao tecnólogo Gilvan José Alves Lisboa e a Engenheira Jéssica Tatiane Moreira de Britto; aos Engenheiros Kleyton Souza Lima, Tácito Leite Rodrigues, Heitor Torres Silveira e João Paulo Andrade do Nascimento; pelas contribuições na realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco*. ANA/GEF/PNUMA/OEA. 20p. 2002.
- AURELIANO, J. T., FALCÃO, D., MARINHO, L. H.; BRITO, J. Levantamento dos sistemas de tanque-rede nos reservatórios da Chesf em Pernambuco. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: Anais do SBRH, 18, pp. 1- 17, 2007.
- BALOGH, I. R. S. Piscicultura em Paulo Afonso: uma prática de desenvolvimento sustentável? [*Dissertação de Mestrado*]. Salvador (BA): Universidade Federal da Bahia, 99. p. 2005.
- BARROSO, R. M.; EVANGELISTA, B. A.; TAHIM, E. F.; TENÓRIO, R., A.; CARMO, F. J.; SABBAG, O. J. A importância da organização da cadeia de valor da tilápia na gestão da crise hídrica. Embrapa Pesca e Aquicultura, *Série Documentos Embrapa*, n. 24, 48 p., 2015a.
- BARROSO, R. M.; TENÓRIO, R. A.; PEDROZA FILHO, M. X.; WEBBWER, D. C.; BELCHIOR, L. S.; TAHIM, E. F.; CARMO, F. J.; MUEHLMANN, L. D. Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, *Série Documentos Embrapa*, n. 23, 64 p., 2015b.
- BARROSO, R. M; TENÓRIO, R. A.; TAVARES, F.; CHICRALA, P. S. M.; WIEFELS, R. C. Discussão sobre a regularização da piscicultura brasileira: da produção à comercialização.

Embrapa Pesca e Aquicultura. Palmas, TO. *Série Documentos*, n. 31, 61 p., 2016.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P.; TAHIM, E. F.; WEBBER, D. C.; ALBUQUERQUE FILHO, A. da C.; PEDROZA FILHO, M. X.; TENÓRIO, R. A.; CARMO, F. J. do; BARRETO, L. E. G. de S.; MUEHLMANN, L. D.; SILVA, F. M.; HEIN, G. *Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 181p. 2018a.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P.; TAHIM, E. F.; TENÓRIO, R. A.; MUEHLMANN, L. D.; SILVA, F. M.; BARRETO, L. E. G. de S.; HEIN, G.; CARMO, F. J.; FLORES, R. M. V. *Dimensão socioeconômica da tilapicultura no Brasil*. Brasília: Embrapa Pesca Aquicultura. 110 p. 2018b.

BARROSO, R. M., MUÑOZ, A. E. P., CAI, J. Social and economic performance of tilapia farming in Brazil. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1181*. Roma, FAO. Licença: CC BY - NC - SA 3,0 IGO. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (n.d.). *Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco* p.134. 2015.

CARDOSO, L. B. de O. A importância da seleção ontogenética da tilápia do Nilo da linhagem tailandesa para a linha de produção da Central de Alevinagem AAT *International*, Polo de Piscicultura do SBSF, Brasil. *Trabalho de Conclusão de Curso*. 2018. 60 p. (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade do Estado da Bahia.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura intensiva e sustentável in Valenti, W.C. editor. *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq. *Ministério da Ciência e tecnologia*: p.182-195. 2000.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Principais características do rio São Francisco*. 2017. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 12/11/2019.

CHESF - Companhia Hidrelétrica de São Francisco. *Sistemas de geração*. 2017. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/SistemasGeracao.aspx>> Acesso em: 01/08/2017.

DILLON, P. J.; RIGLER, F. H. A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *J. Fish. Res. Board Can.* 31, p. 1771-1778, 1974.

FERREIRA JUNIOR, M. G. Considerações hidrodinâmicas do reservatório Moxotó (BA, PE e AL). *Anais...XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Natal. 2014. 11 p.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, São Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, SP, v.36, n.3, mar. 2006.

GOOGLE. Google Earth website. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 01/12/2018.

GORGULHO, S. *A nova nascente do rio São Francisco*. Folha do Meio Ambiente. Brasília. Disponível em: <http://www.folhadomeio.com.br/publix/fma/folha/2004/04/res_geol146.html>. Acesso em: 01/11/2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de 2017, atualizado em 25/10/2019. *Tabela 6937 - ...Quantidade vendida de produtos da aquicultura e Valor da venda de produtos da aquicultura, por tipologia, espécie criada na aquicultura, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área total*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6937#resultado>>. Acesso em: 11/11/2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal 2018. *Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto da Pesquisa da Pecuária Municipal*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado>>. Acesso em: 11/11/2019.

MI - Ministério da Integração Nacional. *O rio e seus números*. 2017. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-rio-e-seus-numeros?inheritRedirect=true>>. Acesso em: 01/04/2017

MUÑOZ A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X.; BARROSO, R. M.; RODRIGUES, A. P. O.; MATAVELI, M. Piscicultores e técnicos discutem sobre os custos de produção da tilápia em Paulo Afonso-BA. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. 6 p. (*Inf. Campo Futuro*, 7).

MUÑOZ A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X.; BARROSO, R. M.; RODRIGUES, A. P. O.; MATAVELI, M. Piscicultores e técnicos discutem sobre os custos de produção da tilápia em Glória-BA. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014a. 6 p. (*Inf. Campo Futuro*, 6).

MUÑOZ A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X.; BARROSO, R. M.; RODRIGUES, A. P. O.; MATAVELI, M. Piscicultores e técnicos discutem sobre os custos de produção de tilápia em Jatobá-PE. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014b. 6 p. (*Inf. Campo Futuro*, 8).

NUNES, L. S.; TENÓRIO, R. A. Economia da tilapicultura na margem baiana do reservatório hidrelétrico Moxotó, rio São Francisco, região Semiárida do Nordeste do Brasil. In: XXI JIC, 2019, Salvador, *Anais*, XXIII Jornada de Iniciação Científica - 2019: EDUNEB, 2019. p. 110.

OLIVEIRA, I. B. Indicadores técnico-econômicos da tilapicultura da margem pernambucana do reservatório Moxotó, Município de Jatobá, Bioma Caatinga, Brasil. *Trabalho de Conclusão de Curso*. 2018. 51 p. (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade do Estado da Bahia.

OLIVEIRA, I. B.; TENÓRIO, R. A. Indicadores socioeconômicos da tilapicultura nos reservatórios Moxotó, Paulo Afonso IV e Delmiro Gouveia, polo de piscicultura SBSF. In: XXI JIC. 21, 2017, Salvador, *anais*, XXI Jornada de Iniciação Científica - 2017: EDUNEB, 2017. p. 128.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2020. Texto Comunicação Corporativa, São Paulo, 135p. 2020. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>>. Acesso em: 03/05/2020.

RIBEIRO, M. R. F.; SANTOS, J. P. dos; SILVA, E. M.; PEREIRA JÚNIOR, E. de A.; TENÓRIO, M. A. L. dos S.; LINO e SILVA, I. de L.; WEHBI, M. D.; LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources* (online), v. 3, n. 1, p. 91-108, 2015.

SABBAG, O. J.; TENÓRIO, R. A.; BATISTA, L. X.; SOUZA, E. R.; OLIVEIRA, I. B. Análise da eficiência no polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco: aplicação da análise envoltória de dados. in: XX CONBEP, 20, 2017, Florianópolis, 10, 2017, Florianópolis. *Anais Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca-Florianópolis, SC. Anais...Florianópolis, SC: FAEP -BR, p. 311., 2017.*

SEVERI, W. Zoneamento da piscicultura em tanques-rede nos reservatórios do Submédio São Francisco: Zoneamento do reservatório de Moxotó. *Relatório técnico Fadurpe/Chesf*. Recife: Fadurpe. 2000.

SANTOS, J. L.; TENÓRIO, R. A. Economia da tilapicultura do reservatório hidrelétrico Itaparica do rio São Francisco, região semiárida do Nordeste do Brasil. In: XXI JIC, 2019, Salvador, *Anais*, XXIII Jornada de Iniciação Científica - 2019: EDUNEB, 2019. p. 112.

SOUZA, D. S. Desenvolvimento de software em linguagem C Sharp como ferramenta para o gerenciamento do modelo de pisciculturas associativas implantadas no reservatório de Moxotó, rio São Francisco. *Trabalho de Conclusão de Curso*. 2013. 54 p (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade do Estado da Bahia.

TEIXEIRA, A. L. de C. M. (2006). Estudo da viabilidade técnica e econômica do cultivo de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada, em tanques-rede com duas densidades de estocagem. [*Dissertação de Mestrado*]. Recife (PE): Universidade Federal Rural de Pernambuco.

TENÓRIO, R. A.; BARROSO, R. M.; SABBAG, O. J.; BATISTA, L. X.; SILVA, E. M. da; LOPES, J. P.; SOUZA, E. R.; OLIVEIRA, I. B.; SILVEIRA, H. T.; NASCIMENTO, J. P. A. Indicadores socioeconômicos da tilapicultura no município de Glória, Bahia, Brasil. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2017, Florianópolis, SC. *Anais...Florianópolis*, SC: FAEP -BR, 2017. p. 369

TENÓRIO, R. A.; SILVA, E. M.; CAMPECHE, D. F. B. O polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco – SBSF. In: CAMPECHE, Daniela Ferraz Bacconi (Org.). Aquicultura atual no semiárido. *Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades*. Recife: CREA-PE/Academia Brasileira de Ciência Agrônoma, v. 12, n. 12, p. 23-33, jul./ago. 2017.

VIDAL, M. de F. Panorama da piscicultura no Nordeste. Banco do Nordeste: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza, ano 1, n. 3, p. 13-19, nov., 2016. Disponível em <<https://www.bnb.gov.br/web/guest/publicacoes/caderno-setorial>> Acesso em: 02/06/2020.

3

Composição taxonômica da comunidade zooplânctônica em empreendimentos aquícolas do Monumento Natural do São Francisco

Luane dos Santos Simplicio

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Maristela Casé

Bióloga, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

INTRODUÇÃO

Na região do semiárido, a aquicultura é uma atividade que movimenta a economia da região. Os reservatórios do rio São Francisco (Xingó, Itaparica, Complexo Paulo Afonso e Sobradinho) apresentam grande potencial para essa atividade, principalmente pela grande riqueza de nutrientes em suas águas.

O reservatório Xingó é o último antes da foz do São Francisco. Apesar de ser uma grande potência produtiva para empreendimentos aquícolas, em 2009 foi decretado como Monumento Natural do São Francisco (MONA) (BRASIL, 2000), onde a atividade agropecuária da região tornou-se limitada e deve ser regida em prol do desenvolvimento sustentável.

Em reservatórios onde ocorre a atividade de cultivo de peixes em tanques-rede, o zooplâncton, além de funcionar como alimento natural rico em nutrientes, atua como indicador biológico dos impactos gerados, dentre os quais se destacam o acúmulo de nutrientes dissolvidos, de sólidos em suspensão e de matéria orgânica (TOVAR et al., 2000).

O plâncton é composto por animais (zooplâncton) e vegetais (fitoplâncton), que não possuem movimentos suficientes para vencer a força da água (ESTEVES, 1998). O zooplâncton é composto por organismos geralmente microscópicos, variando de 0,3 a 0,5 mm de comprimento (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2008). Possui uma distribuição geográfica heterogênea e uma dieta variada, podendo ser modificada entre fases de vida de uma espécie.

Na água doce, o zooplâncton é, predominantemente, constituído pelos filos Protista, Rotifera e ordem Crustacea, representado principalmente por Copepoda e Cladocera (ROCHA; SIPAÚBA-TAVARES, 1994). A comunidade zooplânctônica tem importância ecológica, por estabelecer um elo energético entre a base da cadeia trófica com os outros níveis, agindo na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES, 1998).

Vários sistemas de produção de peixe combinam o benefício do alimento natural (zooplâncton e fitoplâncton) com o uso de rações, que podem ser suplementares ou completas (OLIVEIRA et al., 1992; PINTO-COELHO et al., 1997; KUBITZA, 2000, 2006). A qualidade do alimento planctônico visa, além da produtividade elevada, uma melhora significativa na conversão alimentar, pois é rico em energia e proteínas, fornecendo aminoácidos essenciais, ácidos graxos, minerais e vitaminas que podem estar ausentes ou em quantidades limitantes nas rações. Algumas espécies, inclusive a tilápia do Nilo, aproveitam de forma eficiente essa junção, utilizando o zooplâncton como alimento em todas as fases de vida.

A proposta desse capítulo é apresentar, baseado nas informações fornecidas pelo objeto de estudo que integra o Programa de Monitoramento de Qualidade da Água realizado pela CHESF, sobre a composição zooplânctônica no Monumento Natural do Rio São Francisco, nas regiões próximas a empreendimentos aquícolas, relacionado às espécies com importância nutricional para a piscicultura.

Os resultados aqui apresentados são referentes a quatro campanhas, realizadas trimestralmente durante o ano de 2015, em seis estações de amostragens. Para a coleta, arrastos superficiais e verticais foram realizados utilizando redes de plâncton de 35 µm para zooplâncton. Acoplados a essas redes estão equipamentos que auxiliam no cálculo do volume filtrado: os fluxômetros. As amostras coletadas foram preservadas em formol (4%) e transportadas ao laboratório onde ocorreram as análises.

As análises das amostras foram realizadas baseadas nas normas da CETESB (2000). Para a identificação taxonômica dos organismos foi utilizada bibliografia especializada, sendo os principais autores: Elmoor-Loureiro (1997), Koste (1978), Sládeček (1983), Neumann-Leitão e Souza (1987). Os resultados são apresentados em riqueza, densidade e abundância relativa.

IMPORTÂNCIA DO ZOOPLÂNCTON PARA PISCICULTURA

As necessidades nutricionais dos peixes são voltadas para as funções fisiológicas normais, como crescimento e reprodução. Os nutrientes são geralmente oferecidos por alimentos naturais, por rações ou com a associação das duas opções (RIBEIRO et al., 2012). A alimentação de boa qualidade é fundamental para que a produtividade e a taxa de conversão alimentar atinjam bons valores. Além disso, proporciona uma boa digestão, influenciando diretamente na quantidade de dejetos jogados no meio ambiente.

Segundo Kubitz (2012), a formação do trato digestivo varia de acordo com a espécie, algumas portanto, necessitam ingerir alimento vivo, como protozoários, rotíferos, copépodos e cladóceros. A ingestão desse alimento vivo traz consigo suas enzimas, que ajudam na digestão e no desenvolvimento do trato digestivo. Pouco tempo depois, quando se tornam alevinos, passam a consumir organismos maiores, dando preferência a microcrustáceos, principalmente cladóceros. Mais tarde, eles passarão a se alimentar de copépodes e ou mesmo larvas de insetos. Sendo assim, a obtenção do zooplâncton em abundância e de boa qualidade nutricional é um requisito básico em qualquer projeto de piscicultura.

O zooplâncton pode ser considerado fonte de proteína, minerais, lipídios e balanceamento de aminoácidos. Os rotíferos, para larvas recém-eclodidas, são alimentos de muita qualidade, havendo um destaque para as espécies *Brachionus calyciflorus* e *B. Rubens*. Já em relação aos copépodos, a fase de náuplio se torna importante, pela facilidade de predação (ROSSETO et al., 1999).

No estudo realizado por Loures et al. (2001), com alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi observado que as temperaturas mais elevadas do ar, da água e a luminosidade do dia são fatores que influenciam diretamente na ingestão de alimentos pela espécie e por isso foi caracterizada com hábito alimentar diurno. O consumo de zooplâncton foi observado com maior interesse no período noturno, relacionado à migração vertical realizada pela comunidade nesse período.

O zooplâncton não é influente somente na alimentação em pisciculturas. Alvim et al. (2004) fez um levantamento do hábito alimentar de 1.127 indivíduos pertencentes a 35 espécies, coletados no Alto do Rio São Francisco, onde o conteúdo

estomacal de apenas 547 indivíduos foi analisado. Os invertebrados aquáticos estiveram pontuados entre as cinco principais opções de alimentação para os espécimes estudados. Outros estudos sobre o conteúdo estomacal de peixes que são encontrados no Rio São Francisco, como a pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) no estudo de Pompeu (1999), o acará (*Geophagus brasiliensis*) por Abelha et al. (2004), espécies do gênero *Leporinus* sp. por Durães et al. (2001), entre outros.

Além da sua importância na alimentação, o zooplâncton responde rapidamente a questões sobre as mudanças no meio. Dias et al. (2012) trazem em sua pesquisa realizada no reservatório de Rosana, no rio Paranapanema (SP), a informação que o zooplâncton foi capaz de se adaptar ao meio onde foram instalados tanques rede. Dos Santos et al. (2009) em seu estudo, no reservatório de Furnas (MG), descrevem a abundância, composição e diversidade do zooplâncton sob a influência do cultivo em tanques-rede. O filo Rotifera foi o mais rico no estudo, porém houve algumas variações na composição do mesmo e dos Cladocera, o que pode estar atrelado à consequência do impacto da piscicultura em tanque rede.

CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NO RESERVATÓRIO XINGÓ

No Nordeste, nas fronteiras dos estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, há um alto índice de produtividade de peixes durante o ano, graças a sua temperatura elevada e uniforme durante o ano, tornasse possível o cultivo de espécies tropicais (SOARES et al., 2007).

No baixo São Francisco, a piscicultura foi implantada no início dos anos 80, como uma alternativa para subsistência da população local e como uma resposta para a produção aquícola (ARAÚJO, 2008; SOARES et al., 2007) A partir do desenvolvimento da atividade na região, graças à introdução de tanques-rede nos anos 90 e outros fatores favoráveis do local, como solo, clima e água de boa qualidade, além dos incentivos do governo, a região recebeu o título de “polo regional do setor” (ALAGOAS, 2004).

Segundo Kubitza (2003), entre os anos de 1998 e 2002, houve um aumento de 1.134 toneladas de tilápia no reservatório Xingó. Em 2004, a expectativa era de uma produção de 4.500 toneladas, onde eram idealizadas implantações de novos projetos. A expectativa dessa produção foi baseada nos rendimentos de associações e produtores locais, totalizando a média de 800 t/ano de pescado.

De acordo com Roubach et al. (2003), no reservatório Xingó, as associações envolvidas com a produção intensiva contam com aproximadamente 150 unidades de tanques-rede. O volume dos tanques varia entre 4 a 6 m³, onde são alocadas juvenis com aproximadamente 30 gramas, num ciclo de cerca de 120 dias, onde alcançam peso de 500 a 600 g, ou seja, a produção por ciclo tem rendimento por volta de 120 kg.m³.

Em contrapartida, Ribeiro-Neto et al. (2016) afirmam que a produção no ano de 2014 foi de 5.652 toneladas. Ainda no mesmo estudo, os reservatórios Moxotó e Itaparica tendem a aumentar, consideravelmente, a produção, principalmente comparados ao reservatório Xingó, graças à residência de suas águas. Dentre os três, o reservatório Xingó é o maior, porém sua renovação de água é em curto espaço de tempo, o que leva a crer que não teria o suporte necessário para acompanhar a produção dos outros reservatórios. Além disso, para o reservatório de Xingó não são permitidas novas áreas para produção aquícola, devido à criação do MONA (BRASIL, 2009).

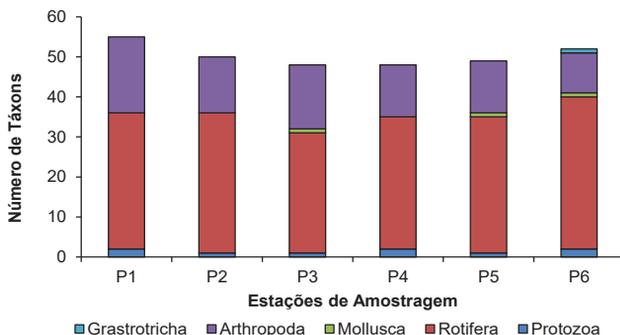
Comunidade Zooplancônica no Monumento Natural do São Francisco

A comunidade zooplancônica do MONA foi composta por um total de 89 táxons, distribuídos nas divisões: Rotifera (64 táxons), Arthropoda (19 táxons), Protozoa (4 táxons), Mollusca (1 táxon), e Gastrotricha (1 táxon). A riqueza encontrada no presente estudo pode ser considerada similar aquelas verificadas por outros pesquisadores no semiárido. Outros trabalhos também registraram o filo Rotifera com a maior riqueza, corroborando com o presente estudo (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007; LUCENA, 2015; ARAÚJO, 2017).

Entre os grupos encontrados, o filo Rotifera esteve mais bem representado, contribuindo com 72% da riqueza total. Esses organismos estiveram presentes em todas as estações de amostragem, durante todos os meses de coleta, com valores de riqueza semelhantes. A ocorrência de Rotifera em reservatório se deve a disponibilidade de nutrientes e a presença de microalgas (ALMEIDA et al., 2010; MARTINS; MOREIRA, 2013). Devido ao tamanho reduzido e riqueza proteica elevada, a presença de rotíferos em áreas aquícolas é interessante, principalmente se tratando de cultivo em fase inicial.

Em relação a variação espacial, P1 obteve a maior riqueza de táxons com 55 táxons, seguida por P6, com 52 táxons. Os pontos P3 e P4 obtiveram as menores riquezas, sendo os valores equivalentes, ambos apresentando 48 táxons (Figura 1).

Figura 1 - Variação espacial da riqueza (número de táxons) zooplancônica no período de fevereiro a novembro de 2015

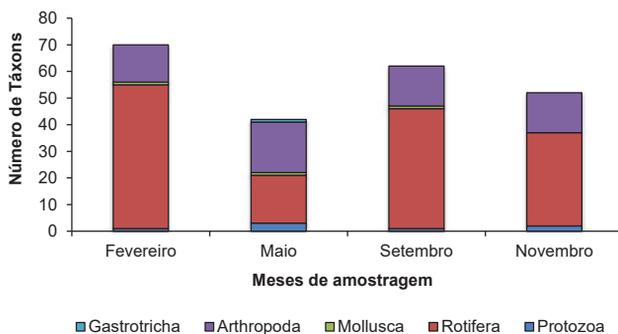


Fonte: Simplício e Casé (2019).

No mês de fevereiro a riqueza foi mais elevada, com 70 táxons (Figura 2). No mês de maio ocorreu declínio na riqueza, mas com representatividade de filos maior, que em relação a fevereiro. Comparado aos outros meses, maio foi o mês em que o filo Arthropoda apresentou a maior riqueza.

Os resultados apresentados concordam com Esteves (1998), quando afirma que em locais onde há uma alta densidade de peixes que se alimentam do plâncton, observa-se uma baixa densidade de animais de grande porte, como os crustáceos planctônicos. Em contrapartida, em locais onde existe uma baixa densidade de peixes planctófagos, o zooplâncton de grande porte tem uma densidade maior, observando-se o fenômeno oposto.

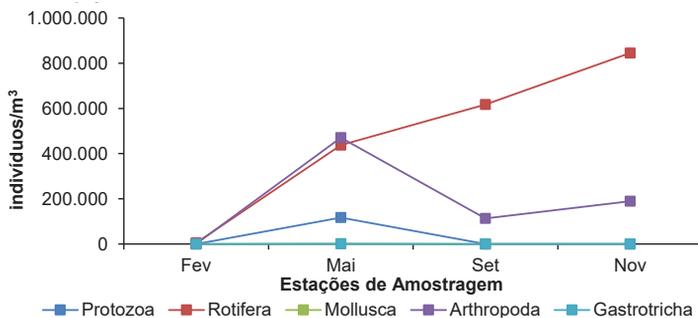
Figura 2 - Variação temporal da riqueza zooplancônica por divisão no período de fevereiro a novembro de 2015



Fonte: Simplício e Casé (2019).

A densidade total foi de 2.796.770 indivíduos.m³, sendo os filos Rotifera e Arthropoda mais representativos. As menores densidades foram encontradas para os filos Protozoa, Gastrotricha e Mollusca. Em relação à variação temporal, o mês de novembro apresentou maior densidade 1.034.615 indivíduos.m³, seguido por maio, com densidade 1.026.800 indivíduos.m³ (Figura 3).

Figura 3 - Variação temporal da riqueza zooplancônica por divisão no período de fevereiro a novembro de 2015



Fonte: Simplício e Casé (2019).

O presente estudo demonstrou que durante o ano o filo Rotifera obteve um aumento gradativo, iniciando com 4.683 indivíduos.m³, no mês de fevereiro, e chegando a 845.097 indivíduo.m³ no mês de novembro. As espécies *Keratella cochlearis* e *K. cochlearis irregularis* foram responsáveis por esse crescimento.

Os rotíferos são seres fundamentais na cadeia trófica. Possuem dieta variada, podendo até se alimentar de animais do mesmo filo (SENDACZ; CALEFFI; SANTOS-SOARES, 2006). Os indivíduos pertencentes ao gênero *Keratella* são geralmente abundantes e distribuídos de forma ampla, onde sua dieta inclui algas, diatomáceas e detritos associados com protozoários e bactérias (WHITMAN et al., 2004).

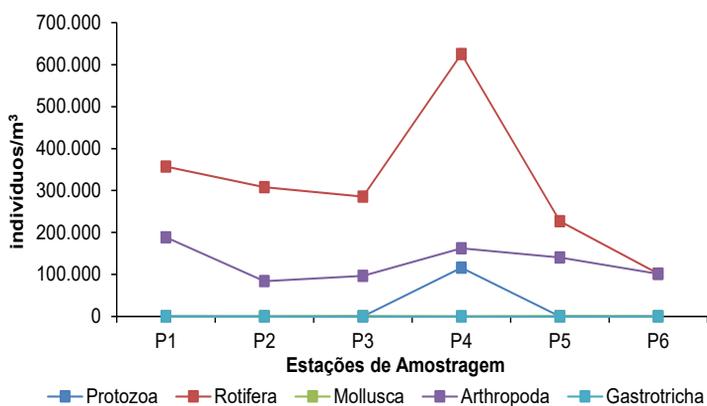
De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), o mês de fevereiro é considerado o mês mais quente da região, bem como o mês de novembro é considerado o mês mais seco. Segundo Loures (2001), a temperatura elevada influencia diretamente na ingestão de alimentos na piscicultura, refletindo significativamente na densidade constatada nesses meses.

No mês de maio, houve a maior densidade do filo Arthropoda, composto por

Cladocera, Copepoda e Ostracoda. Na coleta seguinte houve uma diminuição brusca na densidade do filo. Isso se deve à queda de indivíduos de copepodito, que em maio teve densidade equivalente a 180.800 indivíduos.m³ e em setembro caiu para 11.333 indivíduos.m³. Segundo Goulden e Henry (1988), formas jovens de copépodos e cladóceros acumulam uma grande quantidade de lipídeo como reserva energética, que pode ser usada, no caso de indivíduos adultos para suprir necessidades metabólicas durante períodos de limitação na alimentação ou para alocação na prole.

Como foi dito anteriormente, o ponto P4 obteve a menor riqueza, porém chamou atenção por ter obtido a maior densidade com o total de 546.116 indivíduos.m³, sob influência das espécies *Keratella cochlearis* e *K. cochlearis irregulares* (Figura 4). O local é um ambiente onde há ação antrópica, além da piscicultura, havendo presença de restaurantes e moradias. A partir do aumento das concentrações de nutrientes, há uma aceleração na produtividade de determinadas algas (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010), favorecendo assim o crescimento na densidade das espécies de zooplâncton que se alimentam delas.

Figura 4 - Variação espacial da densidade zooplancônica por divisão no período de fevereiro a novembro de 2015



Fonte: Simplicio e Casé (2019).

A estação P6 apresentou a menor densidade, com o total de 204.033 indivíduos/m³. Essa redução pode ser causada diretamente pelo consumo dos organismos zooplancônicos, e indiretamente, pelo consumo dos seus principais recursos alimentares (fitoplâncton e outros detritos) (ELHIGZI et al., 1995;

FIGUEREDO; GIANI, 2005). No local foi observado tanques-rede com grande volume e uma alta densidade de peixes. Kubitzka (2012) e Attayde et al. (2007) afirmam que a estocagem de peixes afeta diretamente na densidade do zooplâncton. Quanto à abundância relativa, os resultados demonstraram que a comunidade zooplancônica no reservatório Xingó, em geral, apresentou uma baixa abundância de organismos, visto que a grande maioria das espécies foi considerada rara ($\leq 20\%$), como também nenhum táxon foi classificado na categoria dominante ($\geq 70\%$).

O filo Protozoa, Gastrotricha, Nematoda e Mollusca foram incluídos no grupo denominado “Outros”. No filo Protozoa, a espécie *Vorticella* sp. foi considerada pouco abundante no mês de novembro (Quadro 1). Faria et al. (2000), levantam que quando houver a predominância de rotífera, haverá uma queda no gênero *Vorticella*. Essa informação pode estar relacionada a predação, onde o protozoário serve de alimento para os rotíferos ou pela competição dos grupos por alimento ou ainda pelo ciclo curto de vida dos protozoários.

Quadro 1 - Lista de espécies do grupo Outros com Abundância Relativa (AR%). R – Raro; PA – Pouco abundante; AB – Abundante

TÁXONS	fev/15	mai/15	set/15	nov/15
Protozoa				
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1838)	-	R	-	-
<i>Centropyxis</i> sp.	-	R	-	-
<i>Codonella</i> sp.	-	-	-	-
<i>Vorticella</i> sp.	R	PA	-	-
Gastrotricha	-	R	-	-
Mollusca	R	R	R	-

A espécie *Keratella cochlearis* foi a única que se enquadrou na categoria abundante, porém apenas no mês de fevereiro (57,12%) (Quadro 2). Essa espécie é considerada generalista, capaz de se alimentar de forma eficiente com bactérias e pequenos flagelados (WALZ, 1993). Essa característica pode ter sido responsável pela ampla distribuição observada, pois *K. cochlearis* esteve presente de forma expressiva em todas as campanhas.

Os gêneros *Brachionus* e *Keratella* apresentaram riqueza de espécies mais elevadas. *Brachionus*, além de apresentar interesse nutricional (FURUYA et al., 1999), também é um importante indicador da qualidade de água. Os organismos desses

gêneros são considerados oportunistas, por se adaptarem a ambientes eutrofizados, onde outros indivíduos não têm a mesma resposta de adaptação (BUCKA, 1968).

Quadro 2 - Lista de espécies do filo Rotifera com Abundância Relativa (AR%). R – Raro; PA – Pouco abundante; AB – Abundante

TÁXONS	fev/15	mai/15	set/15	nov/15
<i>Anuraeopsis</i> sp.	R	R	R	R
<i>Ascomorpha</i> sp.	R	R	R	R
<i>Asplanchna herrickii</i> De Guerne, 1888	R	-	-	-
<i>Asplanchna</i> sp.	R	-	R	R
<i>Asplanchnopus</i> sp.	-	-	R	R
<i>Brachionus caudatus</i> Barrois e Daday, 1894	R	-	-	-
<i>Brachionus dolabratus</i> Harring, 1914	R	-	R	R
<i>Brachionus mirus</i> Daday 1905	R	-	-	-
<i>Brachionus</i> sp.	R	-	-	-
<i>Collotheca tenuilobata</i> Anderson, 1889	R	-	R	R
<i>Collotheca</i> sp.	R	R	R	R
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	R	R	R	R
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	R	-	R	R
<i>Euchlanis meneta</i> Myers, 1930	R	-	-	-
<i>Euchlanis</i> sp.	R	-	-	R
<i>Filinia camasecla</i> Myers, 1938	R	-	-	R
<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg, 1834	R	-	-	R
<i>Filinia terminalis</i> Plate, 1886	R	-	R	-
<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	R	-	R	R
<i>Gastropus</i> sp.	R	-	R	R
<i>Harringia rousseleti</i> Beauchamp, 1912	R	-	-	-
<i>Harringia</i> sp.	R	R	R	R
<i>Hexarthra intermedia</i> Wiszniewski, 1929	R	-	-	-
<i>Hexarthra mira</i> Hudson, 1871	R	-	-	-
<i>Hexarthra</i> sp.	-	-	R	R
<i>Horaeella thomassoni</i> Koste, 1973	R	-	-	-
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	R	R	R	R
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse, 1851	AB	PA	PA	AB
<i>Keratella lenzi</i> Hauer, 1953	R	R	R	R
<i>Keratella tropica</i> Apstein, 1907	R	-	R	R
<i>Lecane bulla</i> Gosse, 1851	-	-	-	-
<i>Lecane lunaris</i> Ehrenberg, 1832	-	-	R	-
<i>Lecane papuana</i> Murray, 1913	R	-	R	-
<i>Lecane</i> sp.	-	-	R	-
<i>Lepadella ovalis</i> Müller, 1786	R	-	R	-
<i>Mytilinia ventralis</i> Gosse, 1886	R	-	-	-
<i>Platyonus patulus</i> Müller, 1786	R	-	-	-
<i>Ploesoma truncatum</i> Levander, 1894	R	-	R	-
<i>Ploesoma</i> sp.	-	-	R	R
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	R	R	R	-
<i>Polyarthra</i> sp.	R	-	R	R
<i>Pompholyx triloba</i> Pejler, 1957	-	-	R	R
<i>Pompholyx</i> sp.	-	-	R	-
<i>Proales</i> sp.	R	R	R	R
<i>Ptygura libera</i> Myers, 1934	R	-	-	-
<i>Ptygura</i> sp.	R	R	R	-
<i>Rotaria</i> sp.	R	R	R	R
<i>Sinantherina semibullata</i> Thorpe, 1893	R	-	-	-
<i>Sinantherina spinosa</i> Thorpe, 1893	R	R	R	R
<i>Sinantherina</i> sp.	R	R	-	R
<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893	R	-	R	R
<i>Synchaeta</i> sp.	R	R	-	-
<i>Testudinella</i> sp.	R	-	R	R
<i>Trichocerca capucina</i> Wierzejski e Zacharias, 1893	R	-	-	-
<i>Trichocerca cylindrica</i> Imhof, 1891	-	-	R	R
<i>Trichocerca gracilis</i> Tessin 1890	R	-	R	-
<i>Trichocerca pusilla</i> Jennings, 1903	-	-	-	-
<i>Trichocerca rattus</i>	R	-	R	R
<i>Trichocerca similis</i> Wierzejski, 1893	R	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	R	-	R	R
<i>Trochosphaera</i> sp.	R	R	R	R

Em relação a abundância do filo Arthropoda, somente copepodito e náuplio foram considerados pouco abundantes, enquanto os demais foram considerados raros (Quadro 3). Segundo Kubitza (2000), os náuplios e copepoditos são alimentos importantes para a fase inicial de vida do peixe, por serem ricos em nutrientes.

Sob a visão nutricional, Blancon e Tacon (1989) afirmam que os cladóceros do gênero *Daphnia* e *Moina* são de interesse para a aquicultura, por ter valor nutritivo elevado. Essa informação contribui com o seguinte estudo já que esses gêneros não foram destaques no presente levantamento, sendo considerada rara. O mês que o gênero *Daphnia* obteve maior densidade foi em maio, com 6.800 ind/m³, o mês onde há pouco interesse alimentar, como já observado anteriormente.

Quadro 3 - Lista de espécies do Filo Arthropoda com Abundância Relativa (AR%).
R – Raro; PA – Pouco abundante; AB – Abundante

TÁXONS	fev/15	mai/15	set/15	nov/15
<i>Argyrodiaptomus</i> sp.	R	R	R	-
<i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904	R	R	R	R
<i>Bosmina longirostris</i> Müller, 1785	R	R	-	-
<i>Bosmina</i> sp.	R	-	-	-
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895	R	R	R	R
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars 1886	R	R	-	R
<i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967	-	R	R	-
<i>Diaphanosoma</i> sp.	-	R	R	-
<i>Eudiatomus</i> sp.	R	R	-	R
<i>Macrocyclops</i> sp.	-	R	-	-
<i>Mesocyclops</i> sp.	-	R	-	R
<i>Microcyclops</i> sp.	-	R	-	R
<i>Notodiatomus cearensis</i> S. Wright, 1936	R	R	R	R
<i>Notodiatomus incompositus</i> Brian, 1925	R	R	R	R
<i>Notodiatomus</i> sp.	R	R	R	R
<i>Thermocyclops</i> sp.	R	R	R	R
Copepodito	R	PA	R	R
Nauplio	R	PA	R	R
Ostracoda	R	R	R	R

Apesar da clara importância do zooplâncton na alimentação em áreas aquícolas, informações específicas sobre o valor nutricional de determinados táxons são ainda muito escassas. Dados sobre a riqueza, densidade e abundância relativa nos pontos de piscicultura são de grande importância para a compreensão da dinâmica do ecossistema. A conservação desse ecossistema não deve se restringir apenas aos que

participam diretamente da aquicultura, mas também de toda sociedade, pois, todos estão ligados diretamente ou indiretamente a essa comunidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados para a comunidade zooplanctônica apresentaram uma composição formada por grupos presentes em outros reservatórios na região e no Brasil. Rotifera e Arthropoda foram os filos mais expressivos, com a predominância de *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis irregularis*, *Vorticella* sp., náuplio e copepodito.

A composição variada de rotifera, com a predominância do gênero *Keratella* aponta a influência da ação antrópica, além da piscicultura, no ambiente. A variedade de espécies de Rotifera e Cladocera são de grande interesse para a aquicultura, principalmente dos gêneros *Brachionus*, *Daphnia* e *Moina*.

O interesse alimentar depende do tamanho de peixe, onde, por exemplo, peixes menores se interessam por Rotifera e pequenos Cladocera, e peixes de grande porte se interessam por Cladocera de maior tamanho. A temperatura do ambiente influencia na alimentação dos peixes e conseqüentemente na densidade e riqueza da comunidade zooplanctônica.

O presente estudo contribui para o conhecimento da fauna da comunidade zooplanctônica do reservatório Xingó e fornece subsídios para elaboração de mais pesquisas na região, a qual apresenta literatura escassa sobre a temática.

REFERÊNCIAS

ABELHA, C. M. F.; GOULART, E. Oportunismo trófico de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae) no reservatório de Capivari, Estado do Paraná, Brasil. n. 1, p. 37–45, 2004.

ALMEIDA, V. et al. *O Zooplâncton de Água Doce e seu Estudo em Reservatórios do Nordeste do Brasil*. p. 441-475, 2010.

ALVIM, M. C.; PERET, A. C. Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil. *Brazilian journal of*

biology = *Revista brasileira de biologia*, v. 64, n. 2, p. 195–202, 2004.

ARAÚJO, A. P. DE; MARIA, E.; NOGUEIRA, D. S. Zooplâncton Como Bioindicador Das Águas Do Reservatório Natural Do Povoado Olhos D'Água Do Souza, Glória, Bahia, Brasil. *Revista Ouricuri*, v. 6, n. 2, p. 001–016, 2017.

ARAÚJO, J. S. DE. Sustentabilidade da piscicultura no baixo São Francisco alagoano : condicionantes socioeconômicos. p. 405–424, 2008.

BLANCO, L. T.; TACON, A. G. J. *La producion de alimento vivo y su importância em acuicultura*. Programa Cooperativo Experimental, FAO. 90p. 1989

BRASIL. Decreto do dia 5 de junho de 2000 – Cria o Monumento Natural do Rio São Francisco.

BUCKA, H. 1968 *Plankton communities in the Ochaby complex of experimental fishery farms*. *Acta Hydrobiologica, China*, 8(1): 13-46.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo (método de ensaio)*. Norma Técnica. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 17 p., 2000.

DIAS, J. D. et al. Impact of fish cage-culture on the community structure of zooplankton in a tropical reservoir. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 101, n. 1–2, p. 75–84, 2011.

DOS SANTOS, R. M. et al. Influence of net cage fish cultures on the diversity of the zooplankton community in the Furnas hydroelectric reservoir, Areado, MG, Brazil. *Aquaculture Research*, v. 40, n. 7, p. 753–761, 2009.

DURAES, R.; POMPEU, P. S.; GODINHO, A. L. Alimentação de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) durante a formação de um reservatório no sudeste do Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* [online]. 2001, n.90, pp.183-191. ISSN 0073-4721. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212001000100019>.

EDUARDO, C.; SOARES, A.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Uma atualização da lista de Cladocera Cladocera (Crustacea , Branchiopoda) do Estado de Pernambuco , Brasil Introdução Resultados Material e Métodos. v. 11, n. 2, [s.d.].

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. et al. Composição da Comunidade Zooplancônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 03, p. 410–421, 2007.

ESTEVEES, F. de A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2ed. Rio de Janeiro, Interciencia. 602p.

IBAMA. *Defeso da Piracema restringe a pesca na bacia do rio São Francisco até o fim de fevereiro*. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/noticias/58-2016/595-defeso-da-piracema-restringe-a-pesca-na-bacia-do-rio-sao-francisco-ate-o-fim-de-fevereiro>> Acesso em: 15/05/2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Climatologia de meses e trimestres de maiores e menores temperaturas e pluviosidades médias no período de 1961-2009*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mestempo>> Acesso em: 20/06/2017.

KOSTE, W. 1978. Rotatoria. Die Radertiere Mittel-europas, 2nd ed. Gebruder Borntraeger, Berlin and Stuttgart. V. 1, text, 673 p.; V. 2, plates, 476 p.

KUBTIZA, F. 2012. Larvicultura de peixes vivos. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/77/larvicultura.asp>. Acesso em: 15/06/2017.

LOURES, B. T. R. R. et al. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. Maringá, 23 (4), p. 877-883, 2001.

LUCENA, L. C. A.; DE MELO, T. X.; MEDEIROS, E. S. F. Comunidade zooplancônica do rio parnaíba, Nordeste, Brasil. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 27, n. 1, p. 118–129, 2015.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização E Qualidade Da Água Na Piscicultura : Consequências E Recomendações Eutrophication and Water Quality in Pisciculture : Consequences and Recommendations. *Bol. Inst. Pesca*, v. 36, n. 2, p. 149–163, 2010.

MARTINS, R.; MOREIRA, R. A. Composição e abundância do zooplâncton em um córrego urbano. p. 18–32, 2013.

OLIVEIRA, D.B.S de; SIPAÚBA-TAVARES, L.H; DURIGAN, J. G. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: Variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnol. Brasil.*, 4:123-137, 1992.

PINTO-COELHO, R. M., SA JÚNIOR, W. P.; CORGOSINHO, P. H. Variação nictemeral do status nutricional do zooplâncton em tanques de cultivo de plâncton. *Rev. Unimar*, 19(2):521-535, 1997.

POMPEU, S. Dieta da pirambeba *Serrasalmus brandtii* Reinhardt (Teleostei , Characidae)

- em quatro lagoas marginais do rio São Francisco , Brasil. v. 16, p. 19–26, 1999.
- RIBEIRO, M. R. et al, 2015. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*. v. 3, n. 1, p. 91-108, 2015.
- ROCHA, O.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para alimentação de larvas e alevinos de peixes: II - Organismos Zooplancônicos. *Biotemas*, v. 1 e 2, p. 94–109, 1994.
- ROSSETO, V. et al. Influência de plâncton , dieta artificial e sua combinação , sobre o crescimento e sobrevivência de larvas de curimatá (*Prochilodus lineatus*). *Acta Scientiarum*, v. 21, n. 3, p. 699–703, 1999.
- SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 1 B, p. 337–350, 2006.
- SLÁDECK, V. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100:169-201.
- NEUMANN-LEITÃO, S.; SOUZA, F. B. V. A. Rotíferos planctônicos do açude de Apipucos. Recife-PE (Brasil). *Arq. Biol. Tecnol. (Braz. J. Biol.)* 30 (3) : 393-418. 1987.
- SOARES, M. C. F. et al. A piscicultura no Rio São Francisco: é possível conciliar o uso múltiplo dos reservatórios? *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 2, n. 2, p. 69–83, 2007.
- TOVAR, A. et al. Environmental Implications of Intensive Marine Aquaculture in Earthen Ponds. *Marine Pollution Bulletin*, v. 40, n. 11, p. 981–988, 2000.
- TUNDISI, J. G. Reservatório como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. In: *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Fundibio/FAPESP, São Paulo: Raoul Henry, 1999.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: New challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 4 SUPPL., p. 1133–1135, 2008.
- WALZ, N. Life history strategies of rotifers. In: WALZ, N. (Ed.). *Plankton Regularion Dynamics. Experiments and models in rotifer continuous cultures*. Berlin: Springer-Verlag, 1993a. p. 193-214.
- WHITMAN, R. L.; NEVERS, M. B.; GOODRICH, M. L.; MURPHY, P. C.; DAVIS, B. M. Characterization of Lake Michigan coastal lakes using zooplankton assemblages.

Ecological Indicators, v. 4, p. 277-286, 2004

4

Invasão do mexilhão dourado no bioma Caatinga com impacto na tilapicultura e prognóstico do seu estabelecimento no Monumento Natural do Rio São Francisco

Tâmara de Almeida e Silva

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Glenda da Silva Tavares

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Ruy Albuquerque Tenório

Engenheiro Agrônomo, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Danilo Oliveira Nogueira

Engenheiro de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Érika Alves Tavares Marques

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

INTRODUÇÃO

O rio São Francisco é o recurso hídrico com maior dimensão do bioma Caatinga. Somando-se as áreas alagadas dos seus reservatórios hidrelétricos, localizados no bioma, estas perfazem um total de 5.395,2 km² (ANEEL, 2005). O uso de suas águas faz deste bioma um grande produtor de energia elétrica, da fruticultura irrigada e um dos maiores produtores no Brasil da espécie exótica *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), conhecida por tilápia do Nilo. Com essa produção, a Caatinga abriga o segundo maior polo de tilapicultura do país, o Polo de Piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco (Polo SBSF) (BARROSO et al., 2018).

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, possui várias espécies endêmicas do rio São Francisco, a exemplo de *Conorhynchus conirostris* (Valenciennes, 1840), *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876, *Salminus franciscanus* Lima & Britski, 2007 (ASSEGA et al., 2016). Este bioma tem sido ocupado também por espécies exóticas invasoras de águas continentais, a exemplo de *Egeria densa*

Planch, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) e *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (LOPES; TENÓRIO, 2002; LOPES; TENÓRIO, 2005; OLIVEIRA et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2019; SOUZA; TENÓRIO, 2019). Todas estas espécies, após o seu estabelecimento, contribuem para o desequilíbrio ambiental e econômico na região semiárida do Nordeste do Brasil, principalmente no que se refere a qualidade de água para o abastecimento humano e dessedentação animal. Considerando a ação direta da invasão biológica no ecossistema aquático, isto pode levar à extinção de espécies nativas, à redução da produção de tilápia nos reservatórios hidrelétricos do rio São Francisco, ao aumento dos custos de manutenção das hidrelétricas. E causar prejuízos em atividades de lazer que utilizam a orla do Rio (NOGUEIRA et al., 2019; SOUZA; TENÓRIO, 2019; TAVARES, 2019).

Existe também a espécie exótica da Caatinga, *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921, conhecida vulgarmente por branchoneta, que pode causar prejuízos nas centrais de alevinagens de tilápias e ainda de espécies de peixes nativas do rio São Francisco, quando produzidos no sistema semi-intensivo. Isto devido ao grande poder de filtração desta espécie, a ponto de ser também utilizada como biorremediadora de ambientes aquáticos eutrofizados. A referida espécie, apesar de ser exótica, pode ser utilizada na aquicultura da Caatinga como alimento vivo, na produção de hidrolisado proteico e como saborizante, por causa do sabor umami que esta espécie proporciona (TENÓRIO, 2011; LOPES; TENÓRIO, 2019). Desta forma, pode-se observar que na caatinga existem espécies exóticas com alta capacidade de causar impactos ambientais e econômicos, tanto positivos como negativos. A exemplo da tilápia do Nilo, espécie exótica bem-sucedida em reservatórios hidrelétricos e que tem contribuído para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no país (MARINHO, 2012).

O represamento do rio São Francisco, nas regiões do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), no bioma Caatinga, para a geração de energia elétrica, formou os reservatórios hidrelétricos Itaparica, Moxotó, Delmiro Gouveia, Paulo Afonso IV e Xingó. Todos eles com produção de tilápia em suas águas, que, quando não acontece diretamente no Rio, ocorre em suas margens. A partir da produção de tilápia desses reservatórios foi formado o polo de piscicultura do SBSF.

A formação do reservatório Xingó foi com pouca inundação, sendo a acumulação das águas quase que totalmente de forma vertical, subindo as paredes

dos cânions do rio São Francisco, sobrevivendo, assim, um cânion subaquático e ainda permitindo a visualização dos cânions além das águas do rio São Francisco. Esse grande cânion navegável, tão importante para a pesca artesanal, tornou-se um grande polo turístico, e ainda, com uma significativa produção de tilápia para a região do Baixo São Francisco.

Devido à importância dos cânions do rio São Francisco foi criada a Unidade de Conservação do Monumento Natural do Rio São Francisco (MONA SF), pelo Decreto Lei s/n.º de 05 de junho de 2009, visando a preservação desse ecossistema de grande relevância ecológica e beleza cênica. A administração do MONA SF cabe ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), conhecido também como Instituto Chico Mendes. Sendo garantida a pesca artesanal e, a partir do plano de manejo, outras atividades econômicas, recreativas, educacionais, de pesquisa científica e a navegação.

Vale ressaltar a importância de conservar os cânions, mesmo após o grande impacto antrópico que inundou parte deles, como também, conservar a parte do rio São Francisco que está incluída no MONA SF. A fauna foi impactada pelos barramentos do Rio (LIMA; SILVA; TENÓRIO, 2019), que resultaram na extinção de várias espécies no Mona SF, a exemplo de *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829) e *Brycon orthotaenia* Günther, 1864. Estes barramentos formaram os reservatórios hidrelétricos Delmiro Gouveia e Xingó, os quais estão totalmente inseridos no MONA SF, quando considerada também a sua zona de amortecimento.

Assim, no bioma Caatinga a produção intensiva da agropecuária, em larga escala, apresenta restrições, devido à escassez de água e às condições edafoclimáticas. A tilapicultura é a atividade emergente praticada no sistema superintensivo de produção e em larga escala, nos reservatórios hidrelétricos do Semiárido do Nordeste do Brasil (OLIVEIRA, 2018), mesmo a tilápia sendo uma espécie exótica introduzida na Caatinga. Outra espécie, *L. fortunei*, conhecida popularmente por mexilhão dourado, invadiu reservatórios hidrelétricos do Nordeste, do Brasil, em 2015 (BARBOSA et al., 2016). Ambas as espécies supracitadas são encontradas no MONA SF e são o foco principal desenvolvido neste capítulo: a tilápia, devido a sua grande produção no reservatório, e o mexilhão dourado, por ser uma nova espécie exótica a invadir a Unidade de Conservação e pelos prejuízos que este vem causando

às pisciculturas do rio São Francisco, a ponto de mudar o manejo e o material de algumas estruturas utilizadas na produção de tilápias do Polo SBSF.

A BIOINVASÃO NO LIMNOCICLO

A invasão de espécies exóticas em ecossistemas aquáticos é um fenômeno exponencial no mundo globalizado, sendo considerada a segunda maior causa de perda da biodiversidade do planeta (IUCN, 2006; SILVA et al., 2016), sem considerar as espécies alóctones. Esta perda está relacionada com a destruição dos *habitats* das espécies nativas, autóctones, que pode levar o ecossistema a não desempenhar o seu papel (CBD, 2006).

Uma vez que o ecossistema aquático é mais vulnerável à invasão (SALA et al., 2000), nos últimos tempos a tendência foi o aumento da bioinvasão aquática no Brasil, gerando grande preocupação para os setores que desenvolvem atividades associadas ao uso da água. O trânsito de espécies exóticas invasoras no planeta deve-se, principalmente, à água de lastro dos navios cargueiros. Esse fato aconteceu devido à globalização, que rompeu fronteiras em função do comércio mundial, e provocou um maior fluxo de passageiros e de cargas utilizando transportes aquáticos (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). A introdução de embarcações em reservatórios hidrelétricos, o transporte de organismos vivos como o de alevinos para as aquiculturas, entre outras possibilidades, contribuem para acontecer diversas formas de introdução de espécies exóticas, num mesmo ecossistema aquático.

A bioinvasão teve como consequência a diminuição de espécies nativas e o aumento das espécies invasoras, alterando assim, a distribuição das espécies nos níveis tróficos da cadeia alimentar e comprometendo a biodiversidade. As invasões biológicas são reconhecidas cientificamente como causadoras de impactos ambientais há muitos anos (ELTON, 1958). Mas, pouco tem sido feito no sentido de prevenir ou remediar os danos, que vêm causando grande preocupação aos pesquisadores. Nos últimos 20 anos houve um crescimento expressivo na investigação científica sobre invasões biológicas, especialmente nos países desenvolvidos (VÁZQUEZ; ARAGON, 2002; SPEZIALE et al., 2012).

O homem depende da água para a sua sobrevivência, além de utilizá-la na produção de alimentos, recreação, meio de transporte, extrativismo, entre

outras. Assim, os ambientes aquáticos merecem considerável destaque para a sustentabilidade ao longo do tempo, visualizando a maximização do uso de suas águas em benefício do ser humano. As espécies invasoras podem comprometer o uso múltiplo das águas dos reservatórios hidrelétricos, cujas águas são utilizadas na geração de energia elétrica, no abastecimento de cidades, na irrigação e na produção de peixes, entre outros.

A invasão do mexilhão dourado no bioma Caatinga

O primeiro registro da invasão de mexilhão dourado no bioma Caatinga aconteceu em 2015, no reservatório hidrelétrico Sobradinho, no rio São Francisco, dispersando rapidamente para os reservatórios do Submédio e, em 2016, chegando no Baixo São Francisco, mais especificamente no reservatório hidrelétrico Xingó (CHESF, 2020), que faz parte da Unidade de Conservação do Monumento Natural do Rio São Francisco. Esta invasão atingiu diretamente um dos maiores polos de tilapicultura do Brasil, o Polo SBSF, cujos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco fazem parte, sendo o reservatório Sobradinho uma extensão do referido polo.

O mexilhão dourado, bivalve de água doce, originário da China e do Sudeste Asiático, há algum tempo vem merecendo atenção dos pesquisadores (DARRIGRAN; EZCURRA DE DRAGO, 2000) por causar prejuízos nos setores social, econômico e ambiental. Esta espécie foi introduzida na América do Sul através de água de lastro de embarcações (DARRIGRAN; PASTORINO, 1995; MANSUR et al., 1999), que atacam nos portos argentinos no rio da Prata, podendo atualmente ser encontrada em rios da Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Uruguai.

No Brasil, após ter sido registrada a invasão do mexilhão dourado em rios de alguns estados das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste, esta espécie vem se estabelecendo no sertão do Nordeste por volta de 2015, nos reservatórios hidrelétricos do Médio, Submédio e Baixo São Francisco (Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso, Delmiro Gouveia e Xingó) e nos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional. Diferente de como chegou ao Sul do Brasil, em 1998, de modo acidental, o mexilhão pode ter sido introduzido no rio São Francisco durante o povoamento de alevinos nas tilapiculturas (BARBOSA, 2015).

O rio São Francisco é o maior rio totalmente brasileiro compreendendo cinco estados e 521 municípios. O número de municípios aumentou após a transposição do rio por meio dos 210 quilômetros de canais. Esta região é impactada por diversas ações antrópicas e marcada por longos períodos de estiagem (BARROSO et al., 2015) e atualmente vem sendo vitimada pela invasão do mexilhão dourado que vem causando prejuízos na economia local, chegando a afetar a captação de água das comunidades adjacentes e trazendo transtornos para as companhias de abastecimento de água, usinas de geração de energia, reservatórios, piscicultura em tanques-rede, e danos em cascos e motores de embarcações.

O mexilhão provoca alterações na composição das comunidades fitoplanctônica e zoobentônica, bem como pode afetar a cadeia alimentar dos peixes com conseqüente prejuízo à pesca artesanal. Provoca ainda a competição pelos nutrientes presentes na água com outros organismos aquáticos, causa alteração da paisagem nos reservatórios hidrelétricos e afeta diretamente as tilapiculturas pelas incrustações nos tanques-rede e equipamentos.

As incrustações do mexilhão dourado acontecem de forma rápida nos tanques-rede e em outras estruturas envolvidas no sistema de produção da tilápia, por não serem antiaderentes e por se encontrarem em ambientes com abundância de plâncton, alimento do mexilhão. A colmatação dos tanques-rede utilizados na tilapicultura eleva os custos com mão de obra, com energia elétrica, provoca danos às estruturas de flutuação dos tanques-rede e queda na produção de peixes, além da necessidade de investimento para a substituição das telas danificadas pela colmatação de mexilhão dourado ou pela substituição por telas anti-incrustantes.

O mexilhão dourado pode também provocar lesões ao homem durante o manejo de despesca e ferimentos na pele dos peixes. Esta espécie pode se alimentar de cianobactérias e bactérias tóxicas, concentrando toxinas em seu organismo, transferindo-as para os organismos da cadeia alimentar e trazendo conseqüências ao homem (bioacumulação). As comunidades de pescadores poderão ser impactadas e a captação de água em pequenas comunidades e em pivôs de irrigação podem ser seriamente afetadas devido à presença de incrustações de mexilhões, que poderão entupir as tubulações.

Após a invasão do mexilhão dourado nos reservatórios onde estão

localizadas as tilapiculturas intensivas em tanques-rede, ocorreu um desestímulo dos piscicultores e investidores na implantação de novos empreendimentos aquícolas. Pois, o mexilhão onera os gastos na produção do pescado em aproximadamente 15% (OLIVEIRA et al., 2014), tendo em vista que é preciso maior tempo de mão de obra, produtos assépticos, equipamentos e energia elétrica para a retirada desses mexilhões das telas dos tanques-rede, ou investimentos na aquisição de materiais antiaderentes à incrustação do mexilhão dourado (GAMA, 2020).

Existem poucos estudos desenvolvidos a respeito da atividade reprodutiva do mexilhão dourado em áreas de tilapiculturas, no rio São Francisco. Geralmente, os estudos são baseados em dados de lagos e rios do Sudoeste Asiático e da América do Sul (SANTOS et al., 2005; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006; MANSUR et al., 2012). Estudos dessa espécie incluindo tamanho reprodutivo, época de reprodução e sazonalidade podem subsidiar ações para a redução desta infestação nas pisciculturas. Como também, estudos de genética e biologia molecular podem contribuir com tecnologias para o controle do mexilhão (OLIVEIRA et al., 2014). A escassez de informação e de tecnologia fazem com que os produtores empreguem técnicas de manejo como ações paliativas. Ainda há necessidade de estudos a respeito do padrão de comportamento desta espécie nas tilapiculturas do bioma Caatinga.

A dispersão das larvas no plâncton em áreas de pisciculturas ainda precisa ser melhor investigado, uma vez que os registros em sua maioria são para os mexilhões adultos (BARBOSA et al., 2016; TAVARES et al., 2016). Diante deste cenário, estudos para verificação da dispersão das larvas do mexilhão dourado nos reservatórios hidrelétricos das regiões compreendidas do Médio ao Baixo São Francisco, onde se localiza um dos maiores polos de piscicultura do Brasil, e inicia-se o projeto de transposição das águas deste rio até o estado do Ceará, são de grande importância.

Os estudos de monitoramento ambiental das larvas do mexilhão dourado poderão apresentar dados importantes para o entendimento da dispersão deste organismo nos reservatórios hidroelétricos Xingó e Sobradinho, podendo, por meio destes, serem previstas novas invasões conforme a velocidade da dispersão. Neste sentido, o monitoramento se caracteriza como uma ferramenta preventiva e necessária na avaliação e predição de futuras invasões em áreas continentais, particularmente na

área de tilapicultura dos reservatórios hidrelétricos do rio São Francisco, no bioma Caatinga, uma vez que as larvas sinalizam os locais onde futuramente irão habitar, além de indicar o estado de saúde do ecossistema.

Causas de dispersão e formas de reprodução de mexilhão dourado

Os mexilhões dourados podem apresentar em alguns locais concentrações populacionais de mais de 120.000 mexilhões por metro quadrado, com comprimento máximo variando entre 30 a 40 mm (RICCIARDI, 1998). Essa espécie vem se multiplicando no rio São Francisco, competindo com espécies bentônicas nativas e apresentando altas densidades nas estruturas de cultivo de tilápias (TAVARES et al., 2016). A carga orgânica liberada pelo arraçamento das tilápias (COSTA et al., 2012) e pela excreção dos peixes, acondicionados em altas densidades de estocagem, promove a disponibilidade dos nutrientes necessários para o aumento da produtividade primária do mexilhão dourado (OLIVEIRA et al., 2014).

O mexilhão dourado apresenta amadurecimento sexual precoce, alta fecundidade, elevada tolerância ambiental, ausência de predadores e de parasitas, características estas preponderantes de uma espécie invasora (DARRIGRAN, 2002). Quanto à reprodução, essa espécie apresenta maturidade sexual com aproximadamente 6 mm de comprimento, que se inicia com o amadurecimento de suas gônadas (DARRIGRAN, 2002). Como seu ciclo de vida é curto, a referida espécie pode chegar à idade adulta com apenas 6 meses (DARRIGRAN; DAMBOREANA, 2009). A fecundação é externa e após a eclosão da larva passa a fazer parte do plâncton (DARRIGRAN; DAMBOREANA, 2005), onde acontece a metamorfose: trocófora ciliada, véliger ou larva D e umbonada ou juvenil (CHOI; KIM, 1985; CHOI; SHIN, 1985), até passar a viver de forma fixa em um substrato.

Na forma planctônica a larva é livre natante, a qual se desloca a favor da correnteza favorecendo a sua dispersão para outras áreas (MORTON, 1977). A dispersão do mexilhão dourado é muito rápida, pois, se estima que de 1991-1998 houve uma invasão em cinco países da América do Sul (Argentina, Paraguai, Uruguai, Brasil e Bolívia) avançando, em média, 240 km/ano (OLIVEIRA, 2003).

Segundo Boltovskoy e Cataldo (1999), o ingresso do mexilhão dourado ocorre durante os primeiros estágios de desenvolvimento larvais. Quando essas larvas

passam para a fase de recrutamento, os juvenis começam a formar aglomerados, com vários indivíduos construindo colônias organizadas em camadas (MORTON, 1977; DARRIGRAN, 2002). Esses aglomerados, pela quantidade de indivíduos, provocam *macrofouling* (entupimentos) nos sistemas construídos (tanques-redes, boias, por exemplo). E os espaços existentes entre os indivíduos maiores são preenchidos por outros indivíduos de tamanhos medianos e as frestas restantes pelos menores. O aglomerado torna-se, assim, uma superfície coesa, que aparentemente traz vários benefícios à colônia, como por exemplo: defesa contra predadores e fortes correntezas.

Com relação à influência da temperatura no crescimento desses organismos, segundo Silva (2006) as maiores taxas de crescimento e os maiores ganhos em biomassa foram alcançados na temperatura mais elevada, 25°C, em região de clima Subtropical. Já em região de clima tropical, no reservatório hidrelétrico Xingó, a temperatura mínima encontrada por Tavares (2019) foi de 27,21°C±0,77, indicando que o ambiente pode se apresentar propício para a reprodução do mexilhão o ano todo.

RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS DO RIO SÃO FRANCISCO E A UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DO MONA SF: LOCALIZAÇÕES E PECULIARIDADES

Os reservatórios hidrelétricos do rio São Francisco, localizados no bioma Caatinga, na região Semiárida do Nordeste do Brasil (Figura 1C), são os reservatórios: Sobradinho, no Médio São Francisco; Itaparica, Moxotó, Delmiro Gouveia e Paulo Afonso IV, no Submédio São Francisco; e o reservatório Xingó, no Baixo São Francisco (Figura 1B). Estes reservatórios encontram-se em uma área com pouca pluviosidade, apresentando média anual de 444 mm e a temperatura média de 25,2 °C (CLIMATE, 2017). Todos eles formam o Polo SBSF (RIBEIRO et al., 2015), sendo os principais responsáveis pela grande produção de tilápia deste, com exceção do reservatório hidrelétrico Sobradinho, cuja produção futuramente poderá ser somada à produção do Polo, uma vez que este reservatório já é visto pelo Observatório COMRIOS - UNEB como sendo uma extensão do Polo SBSF.

O sistema produtivo do Polo SBSF é o intensivo, com uma das maiores densidades de estocagem do Brasil, que é de 60 a 160 tilápias por metro cúbico de

água. Estes organismos são estocados em tanques-rede de volumes predominantes entre 6 m³ e 14 m³, apresentando ainda um dos menores ciclos de produção que é de 180 dias, para uma despesca com peso médio de 1 kg, a partir da estocagem de juvenis com peso médio de 35 g (CREA-PE, 2017).

O reservatório Xingó possivelmente foi o lugar onde teve início a tilapicultura intensiva no Brasil, em grandes reservatórios hidrelétricos, em águas da União, fazendo uso de gaiolas e tanques-rede, no ano de 1998. O reservatório Xingó já apresentou a maior produção de tilápias do rio São Francisco, contudo, só existem hoje nove pisciculturas na margem baiana (BATISTA, 2019), apenas uma a mais das observadas por Silveira e Tenório (2017). Mesmo que o mexilhão dourado venha a causar grandes danos à piscicultura, no caso do reservatório Xingó, a sua pequena produção de tilápias, quando comparada a produção do Polo SBSF, não afetará muito na produção do Polo SBSF (RIBEIRO et al., 2015), mas, poderá afetar de forma significativa a sobrevivência da piscicultura neste reservatório (BATISTA, 2019).

Uma peculiaridade do reservatório Xingó é que, desde 2009, ele faz parte da UC do MONA do Rio São Francisco e de sua zona de amortecimento (ICMBio, 2019). Merecendo, assim, um maior cuidado no controle do desenvolvimento de espécies exóticas invasoras, nesse reservatório. A montante de Xingó, no reservatório Moxotó, o mexilhão dourado, juntamente com a baronesa, vêm causando danos nos abastecimentos dos centros urbanos das localidades que têm margem com o reservatório Moxotó, além de danos econômicos às tilapiculturas do Polo do Submédio e Baixo São Francisco (TENÓRIO et al., 2017).

A parte hídrica da Unidade de Conservação do Monumento Natural do Rio São Francisco tem o predomínio quase absoluto no reservatório hidroelétrico Xingó. Este tem como margens os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. O reservatório hidrelétrico Delmiro Gouveia destaca-se como a principal parte hídrica da área de amortecimento do MONA SF (Figura 1A).

ESTABELECIMENTO DO MEXILHÃO DOURADO NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DO MONUMENTO NATURAL DO RIO SÃO FRANCISCO

Tendo em vista a grande importância da tilapicultura para a região que abrange o rio São Francisco, e os impactos negativos que o mexilhão dourado vem causando para a atividade, fazem-se necessários estudos acerca dos fatores que favorecem a proliferação do mexilhão dourado. Visando contribuir com esses estudos, neste capítulo consta os resultados da pesquisa onde foram identificados os estágios larvais do mexilhão dourado sob a influência das variáveis físico-químicas, para poder realizar um prognóstico do estabelecimento desse molusco no reservatório hidrelétrico Xingó. Tendo o reservatório hidrelétrico Sobradinho como referência, uma vez que no bioma Caatinga o primeiro registro do mexilhão dourado foi neste último reservatório, onde essa espécie já está estabelecida, e cujas águas alcançam o reservatório hidrelétrico Xingó, na UC do MONA SF, por se tratar de um conjunto de reservatórios dispostos em cascata, compreendendo do Médio ao Baixo São Francisco.

Assim, foram coletadas amostras com larvas desta espécie no ano de 2017, em 12 e 20 pontos dos respectivos reservatórios, nos períodos seco e chuvoso, através de arrastos subsuperficiais, utilizando rede de plâncton de 35 µm abertura de malha, com duração de 5 minutos, com auxílio de um barco. As amostras coletadas foram acondicionadas em potes plásticos, fixada em formol neutralizado com bórax a 4%.

Paralelamente à coleta foram verificadas as variáveis físico-químicas da água, em ambos os reservatórios: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. No caso do reservatório hidrelétrico Xingó, as variáveis abióticas foram obtidas no *site* da CHESF, para posterior correlação com a densidade larval do mexilhão dourado. Já no reservatório hidrelétrico Sobradinho, as variáveis físico-químicas da água foram verificadas com a utilização de uma sonda multiparâmetro.

Posteriormente, no Laboratório de Qualidade de Água no Centro de Difusão de Tecnologia em Aquicultura (CDTA) da UNEB *Campus* VIII, ocorreram as análises quantitativas: densidade (org. m⁻³), abundância relativa (%), frequência de ocorrência (%); teste estatístico e a identificação dos estágios larvais do mexilhão dourado. Também foi utilizada nesse estudo a pesquisa exploratória, como método de abordagem para a obtenção dos dados secundários.

Foi verificada uma maior concentração de larvas do mexilhão dourado nas amostras coletadas em áreas de tilapiculturas. Estas áreas geralmente são em braços do reservatório, onde são mais ricas em plâncton devido as menores correntezas e por existir um maior número de estruturas fixantes para os mexilhões, os tanques-rede. Tem-se observado a ocorrência em massa do mexilhão dourado nessas áreas de cultivos, causando grandes transtornos de ordem social, econômica e ambiental, nos principais polos de tilapicultura do Brasil, inclusive no Polo de Piscicultura do SBSF.

No reservatório Xingó, através da análise estatística Bioestat (AYRES et al., 2007), observou-se que não houve diferença significativa entre os meses seco e chuvoso com relação à densidade larval, onde a única variável que apresentou diferença significativa foi a temperatura da água ($p=0.0001$), com taxas próximas e faixa ideal para a proliferação desses organismos. As maiores temperaturas foram registradas no período seco, chegando a $30,1^{\circ}\text{C}$, e a menor temperatura encontrada no período chuvoso foi de $25,9^{\circ}\text{C}$. As maiores densidades foram registradas no período seco, $11.308 \text{ org. m}^{-3}$, chegando a $15.965 \text{ org.m}^{-3}$, resultados estes que podem ser atribuídos as altas temperaturas apresentadas.

Já no reservatório Sobradinho (BA) observou-se que houve diferenças significativa entre os meses seco e chuvoso com a densidade larval, e com a condutividade elétrica ($p=0.4300$), e a temperatura ($p=0.5600$). As maiores densidades foram registradas no período seco, $4.709,28 \text{ org. m}^{-3}$ chegando a $4.861,93 \text{ org.m}^{-3}$, resultados estes que podem ser atribuídos as altas temperaturas apresentadas. As maiores temperaturas foram registradas no período seco, chegando a $31,32^{\circ}\text{C}$, e a menor temperatura encontrada no período chuvoso foi de $24,52^{\circ}\text{C}$.

Quanto à frequência de ocorrência, no reservatório Xingó ocorreu a presença de oito estágios larvais do mexilhão dourado, sendo estes considerados muito frequentes ($>70\%$), destacando-se no período chuvoso: mórula ciliada, trocófora fase 2 e trocófora fase 1, e no período seco: mórula ciliada (Figura 2).

No reservatório de Sobradinho foram registrados cinco estágios larvais (Figura 2), e todos foram classificados como muito frequentes ($>70\%$), no período seco, com exceção de véliger umbonado ($53,33\%$). Já no período chuvoso, apenas a larva D ($73,33\%$) destacou-se como muito frequente. Durante o período seco destacaram-se com muito frequentes os estágios: larva D, trocófora fase 1, véliger de charneira reta e mórula ciliada (Figura 2).

Foi observado, que do período chuvoso para o seco, os estágios não valvados (mórula ciliada e trocófora fase 1) passam a ser mais frequentes que os estágios valvados (véliger de charneira reta e véliger umbonada), reforçando que o período seco aumenta a atividade reprodutiva do mexilhão dourado.

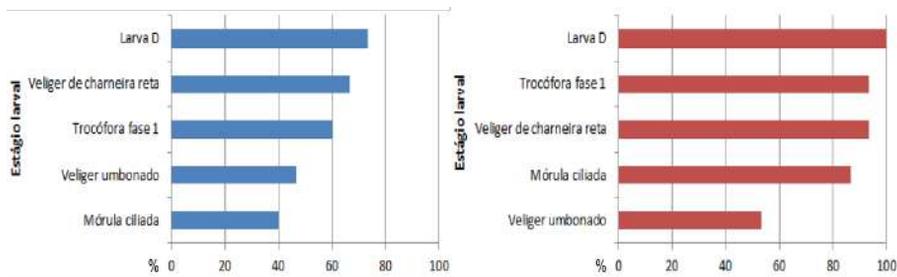
Como em outros trabalhos (EILERS et al., 2011; SILVA et al., 2017) no reservatório Xingó, o registro de maior abundância dos primeiros estágios larvais (em relação aos últimos) pode estar relacionado com as variações temporais na taxa de produção de gametas, no qual os estágios larvais em fases iniciais podem ser proporcionalmente maiores durante a iniciação das atividades reprodutivas (EILERS et al., 2011), as quais normalmente se dão em altas temperaturas. Enquanto a maior abundância dos últimos estágios larvais pode estar atrelada a rápida dispersão larval dos primeiros estágios no ambiente (forma livre), incrustações em estruturas de cultivos, os flagelos que permite a fixação, além de desova continua no ambiente.

Por outro lado, segundo Cataldo e Boltovskoy (2000), a densidade larval do mexilhão dourado é um indicativo do período reprodutivo e de quando devem ser tomadas medidas de controle da espécie. Sazonalmente, houve maior frequência (> 70%) para os primeiros estágios larvais (mórula ciliada e trocófora fases 1 e 2) no reservatório Xingó. No reservatório Sobradinho houve maior frequência para os estágios trocófora fase 1 e larva D. Esses percentuais elevados nas frequências estão intrinsecamente ligados às altas e constantes temperaturas provenientes do mês seco, favorecendo assim a reprodução e consequentemente aos picos de desova do *Limnoperna fortunei* (DARRIGRAN, 2002; SILVA, 2006).

Figura 2 - Estágios larvais do mexilhão dourado nos reservatórios Xingó e Sobradinho, durante os períodos chuvoso (em azul) e seco (em vermelho)



RESERVATÓRIO SOBRADINHO



Fonte: Nogueira (2018) e Tavares (2019)

Ernandes-Silva et al. (2017) relatam que 83,6% das larvas de *L. fortunei* foram identificados como estágios iniciais. De acordo Eilers et al. (2011), as variações que prevalecem nas proporções dos diferentes estágios larvais podem estar relacionadas às variações sazonais com relação à taxa de produção dos gametas, visto que os estágios larvais em fases iniciais podem evidenciar maiores taxas reprodutivas.

Segundo Darrigran (2000) e Cataldo e Boltovskoy (2000), as temperaturas de inibição para o processo de desova estão em torno de 15° a 17°C. Para Karatayev et al. (2015) existe uma dependência da temperatura com a taxa de crescimento e com o comprimento das larvas do mexilhão dourado, as quais se desenvolvem melhor em períodos de altas temperaturas.

Em relação aos altos valores de densidade do mexilhão dourado, é importante ressaltar que em alguns pontos próximos a várias unidades de piscicultura, elas podem ter influenciado nesses picos de densidade, como foi o caso específico do reservatório Xingó, visto que esses empreendimentos podem gerar um grande aporte de nutrientes no reservatório, contribuindo assim para o desenvolvimento dos estágios larvais do *Limnoperna fortunei*. Entretanto, esse fato não foi observado no reservatório Sobradinho, nos pontos de piscicultura. Assim, a combinação de fatores naturais e humanos pode ocasionar ao ambiente condições propícias para a dispersão e colonização de larvas e indivíduos adultos de *Limnoperna fortunei* (PESTANA et al., 2010).

MÉTODOS DE CONTROLE DO MEXILHÃO DOURADO

As incrustações do mexilhão dourado que interferem diretamente na produção de tilápia, no Polo SBSF, são as que acontecem nas telas dos tanques-rede, principalmente quando essas incrustações causam um fechamento nas aberturas das telas, diminuindo a renovação da água dentro dos tanques-rede e, conseqüentemente, a densidade de estocagem de tilápias nesses tanques, ou quando há aumento dos custos com a retirada do mexilhão dourado nas telas das jaulas aquáticas de produção de tilápia, ou ainda com as trocas de tanques-rede durante o mesmo ciclo de produção. Todos esses danos acontecem de forma generalizada nas tilapiculturas do reservatório hidrelétrico Moxotó.

Existem diferentes métodos de controle do mexilhão dourado, sendo que estes podem ser divididos em três grupos (HOMAN,1991, CHALKER et al., 1994, CLAUDI, 1995, O'NEILL JR; CHARLES, 1996): métodos físicos, químicos e biológicos, tais como, remoção manual ou mecânica, controle de temperatura, filtros fixos e móveis, agentes oxidantes, ozônio, tintas anti-incrustantes e também a introdução de espécies predadoras, que não é algo simples devido à necessidade de determinar o comportamento de uma nova espécie no ecossistema. Porém, nenhum método utilizado tem sido definitivo, havendo a necessidade de se pesquisar alternativas mais eficientes.

Pesquisas recentes sobre métodos de controle dessa espécie mostram que os custos de produção podem ser reduzidos com a redução da colmatação do mexilhão dourado mediante a utilização de telas anti-incrustantes nas jaulas aquáticas ou nos tanques-rede, sendo desenvolvida ainda uma liga metálica anti-incrustante feita de zinco e aditivada com alumínio, conhecida por bezinal®, que foi testada em tilapiculturas do Polo SBSF. Gama (2020) verificou em um trabalho pontual, no reservatório hidrelétrico Moxotó, por meio de teste rápido, que as telas de bezinal® apresentaram menor colmatação. Porém, não foi testado por quanto tempo essa liga garante o seu efeito biocida e nem a durabilidade dessas telas, para que possa ser avaliado o custo-benefício, quando comparado com as telas de aço inox e aço revestido de PCV, em águas dos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco. Contudo, Vianna et al. (2019) realizou estes estudos em águas do reservatório hidrelétrico do Sul do país, em região de clima subtropical, diferente do clima tropical da região semiárida do Bioma Caatinga. Também há necessidade de

um estudo a respeito da possibilidade do bezinal® apresentar algum tipo de toxicidade para as tilápias ou para os organismos do ecossistema aquático.

Várias estratégias têm sido estudadas e disponibilizadas pela iniciativa privada, para o controle populacional desse molusco invasor. Entre elas, destacam-se o uso de luz ultravioleta, indução eletromagnética, dióxido de cloro, ozônio, hipoclorito de sódio e compostos citotóxicos diversos. Apesar de esses mecanismos de combate estarem disponíveis no mercado brasileiro, todos ainda carecem de regulamentação pelos órgãos ambientais, uma vez que causam significativos impactos ao ambiente (atuam de forma irrestrita sobre quaisquer organismos aquáticos), têm altos custos de implantação e estão limitados à área industrial. Nenhuma dessas técnicas pode ser usada em ambientes abertos e, portanto, elas não representam uma solução para os problemas decorrentes da invasão desses organismos (CIÊNCIA HOJE, 2016).

Ainda de acordo com Ciência Hoje (2016), os trabalhos de detecção rápida do mexilhão-dourado têm dois entraves importantes: O primeiro é que, devido ao grande potencial invasivo do organismo, diversas áreas devem ser monitoradas, o que eleva os custos da atividade e, conseqüentemente, reduz a capacidade de execução. O segundo entrave está na dificuldade de detectar as larvas em baixas densidades populacionais, nos grandes volumes de água que compõem os reservatórios, rios e lagos brasileiros.

Vários fatores podem contribuir para o rápido estabelecimento do mexilhão dourado no MONA SF: as embarcações introduzidas, as altas temperaturas que favorecem o seu desenvolvimento, a redução da vazão da água no reservatório Xingó, tornando o ambiente mais lântico, maior facilidade de fixação, somado com o aporte de nutrientes disponibilizados pelas pisciculturas e efluentes locais. Tudo isso favorece a floração algal, alimento do mexilhão dourado, que encontra condições favoráveis para um rápido estabelecimento no ecossistema aquático, causando vários danos às tilapiculturas e à população local, com as incrustações nas telas dos tanques-rede e nas tubulações de água. Diante desse quadro é urgente a atuação dos órgãos competentes na busca de uma solução definitiva para este grave problema, incluindo principalmente: CHESF, IBAMA, IMA, secretarias estaduais e municipais do Meio Ambiente, conselhos estaduais e municipais do Meio Ambiente, dentre outros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É imprescindível que haja um monitoramento contínuo das variáveis abióticas nos reservatórios do rio São Francisco, em especial no reservatório Xingo, uma vez que esse reservatório é parte integrante da Unidade de Conservação do Monumento Natural do rio São Francisco e de sua zona de amortecimento, área que se deve um maior cuidado no controle ambiental de espécies invasoras. Como também no reservatório Sobradinho, que se tornou um ponto importante de estudo do mexilhão dourado, por ser a origem das invasões dessa espécie nos reservatórios do SBSF, devido à disposição em cascata desses reservatórios.

O conhecimento das variáveis abióticas, principalmente no mês chuvoso, e das correlações destas com a densidade larval e a frequência do mexilhão dourado, presentes neste capítulo, juntamente com o efeito da cascata dos reservatórios à montante do reservatório Xingó na disseminação do mexilhão dourado, permitem o prognóstico do estabelecimento do mexilhão dourado na Unidade de Conservação do MONA SF.

A partir do monitoramento das variáveis físico-químicas e fazendo uso das correlações supracitadas, poderão ser realizadas novas estimativas de densidade e frequência das larvas do mexilhão dourado no ambiente, desde que não se altere o aporte de nutrientes nos reservatórios estudados, para que os piscicultores por meio dessas informações possam tomar medidas mais precisas contra o mexilhão dourado, antes do mês seco.

Assim, o prognóstico do estabelecimento do mexilhão dourado e, conseqüentemente, dos seus impactos, podem trazer contribuições para a sustentabilidade da tilapicultura no MONA SF, diminuindo os custos com a manutenção das estruturas de produção, que interferem no custo de produção da tilápia.

Considerando os muitos braços do reservatório Xingó e suas peculiaridades é necessário um estudo mais aprofundado em cada braço, para que se tenha uma maior compreensão da dinâmica do mexilhão dourado na Unidade de Conservação do MONA SF e em sua zona de amortecimento. Além de vistorias rigorosas no transporte de alevinos e objetos que sejam introduzidos nos projetos aquícolas, como também nos cascos das embarcações que são introduzidas no reservatório Xingó, para que não haja uma maior propagação dessa espécie invasora.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* 2 ed. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b>. Acesso em: 09/06/2020.

ASSEGA, F. M.; BIRINDELLI, J. L. O.; BIALETZKI, A.; SHIBATTA, O. A. External Morphology of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 during Early Stages of Development, and Its Implications for the Evolution of Pseudopimelodidae (Siluriformes). *Plos One*, v. 11, n. 4, 2016.

AVELINO, P. G.; AVELINO, D. F. G.; SILVA, T. A. Impactos provocados pelo descarte de *Limnoperna fortunei* em pisciculturas do Submédio São Francisco. *Revista Interfaces*, v. 7, n. 2. 2019.

BARBOSA, N. Mexilhão Dourado chega ao baixo-médio São Francisco. Net. 2015. Disponível em: <<https://www.grupoaguasclaras.com.br/mexilhao-dourado-chega-ao-baixo-medio-sao-francisco>>. Acesso em: 26/11/2019.

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

BARBOSA, R. M. et al. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1957) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River Basin, Brazil. *Check List*. v.12, n. 1, p. 1-6, 2016.

BARROSO, R. M. et al. A importância da organização da cadeia de valor da tilápia na gestão da crise hídrica. Série Documentos nº 24. *Embrapa Pesca e Aquicultura*, Palmas/TO. 48p. 2015.

BARROSO, R. M. et al. *Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil*. Brasília: Embrapa Pesca Aquicultura. 186 p. 2018.

BATISTA, E. M. L. Indicadores técnico-econômicos da aquicultura do Município de Paulo Afonso, Bahia, Brasil. 2018. 55 f. *Monografia* (Bacharelado em Engenharia de Pesca) - Universidade do Estado da Bahia, Paulo Afonso – UNEB, Paulo Afonso, 2019.

BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. Population dynamics of *Limnoperna fortunei* an invase fouling mollusk in the Lower Paraná River *Argentina). *Biofouling*, v. 14, p. 255- 263, 1999.

BUZZETTO, A. R. dos S.; FUNGUETTO, C. I. Impactos ambientais e econômicos do mexilhão dourado sobre a pesca artesanal do Rio Uruguai. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão. 6, 2014. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/7917>>. Acesso em: 26/11/2019.

CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the Lower Paraná River and the Rio da Prata estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, n. 34, p. 307-317. 2000.

CHESF - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Informações sobre a infestação do molusco mexilhão dourado em usinas do São Francisco. Net. 2019. Disponível em: http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/525418/RESPOSTA_PEDIDO_Chesf_Mexilho%20Dourado%20Xing_Resposta%20SIC.pdf. Acesso em: 15/05/2020.

CHOI, S. S.; C.N. SHIN. Study on the early development and larvae of *Limnoperna fortunei*. *Korean Journal of Limnology*, Seoul, n.1, p. 5 -12. 1985.

CIÊNCIA HOJE. Mexilhão dourado no Brasil. Net. 2016. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/artigo/mexilhao-dourado-no-brasil/>. Acesso em: 27/11/2019.

COSTA, J. M. et al. Incrustação de mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* em tanques-rede. *Cultivando o Saber: Cascavel*. v.5, n.2, p.37-46. 2012.

CREA-PE - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Pernambuco. Academia Brasileira de Ciência Agronômica. *Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades. Aquicultura atual no semiárido*, v. 12, n. 12, p. 23-33, jul./ago. 2017. Disponível em: <<http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades>> Acesso em: 01/09/2019.

DARRIGRAN, G.; I. EZCURRA DE DRAGO. Distribucion el *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), en la cuenca del Plata. Region Neotropical. Medio Ambiente, Buenos Aires, v. 13, n. 2. p. 75-79. 2000.

DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland fresh water environments. *Biological Invasions*, Knoxville, n. 4. p.145-156. 2002.

DARRIGRAN, G; DAMBORENEA, C. *Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano*. 1a ed. - La Plata: Univ. Nacional de La Plata. 226 p. 2006.

DARRIGRAN, G. et al. Invasion process of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae): The case of Uruguay River and emissaries of the Esteros del Iberá Wetland. *Zoologia*. Argentina, v.29, n. 6, p. 531–539. 2012.

ELTON, C. S. *The ecology of invasions by animals and plants*. London: Methuen, 196p. 1958.
EILERS, V.; OLIVEIRA, M. D. de; ROCHE, K. F. Density and body size of the larval stages of the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in two neotropical rivers. *Acta Limnol. Bras.* [online]. v.23, n.3, p.282-292. 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Área de ocorrência do Bioma Caatinga e altimetria do Semiárido brasileiro. Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/figura2biomacaatinga_000ge18nk0h_02wx5ok0ylax2lmiwl2jd.jpg. Acesso em: 15/05/2020.

ERNANDES-SILVA, J.; PINHA, G.D.; MORMUL, R. P. Environmental variables driving the larval distribution of *Limnoperna fortunei* in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, v. 29, p. 108, 2017.

ESTADÃO. Rio São Francisco e o mexilhão dourado. Net. 2019. Disponível em: <<https://marsemfim.com.br/rio-sao-francisco-moribundo-e-novo-problema/>>. Acesso em: 27/11/2019.

GAMA, I. D. M. da. Estudo da eficiência de diferentes materiais contra a incrustação do mexilhão dourado em piscicultura do reservatório Moxotó no Submédio São Francisco, Brasil. 2020. 36 f. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Paulo Afonso, 2020.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Unidades de Conservação – Caatinga*: Mona do Rio São Francisco. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2128-mn-do-rio-sao-francisco>>. Acesso em: 24/10/2019.

IUCN - International Union for Conservation of Nature. The World Conservation Union IUCN. 2006. Disponível em: <http://www.iucn.org>. Acesso em: 15/11/2019.

KARATAYEV, et al. Parallels and contrasts between *Limnoperna fortunei* and species of *Dreissena*. In: BOLTOSKOY, D. (Ed.). *Limnoperna fortunei – The ecology, Distribution and Control of a Swiftly Spreading Invasive Fouling Mussel*. Springer, p. 261-300, 2015.

LIMA, J. M. dos A.; SILVA, A. M. C.; TENÓRIO, R. A. Gestão socioambiental da pesca e da piscicultura no reservatório hidrelétrico Xingó, Delmiro Gouveia-AL. SABEH, Paulo Afonso-BA, v.5, n.5, p. 54-60, out. 2019.

LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. Contribuição para o conhecimento de macrófitas aquáticas existente nos lagos e reservatórios do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso - Chesf. In: *Anais...* Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 14, 2002, Rio Claro. São Paulo:SBSP, 2002.

LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. Primeiro registro do bivalve *Corbicula fluminea* (Muller, 1774), em reservatórios do médio rio São Francisco. *Revista Nordestina de Zoologia*, Maceió, v. 2, p. 67-74, 2005.

LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. Náuplios de branchonetas como alimento vivo: Biomassa e hidrolisado proteico pode incrementar a aquicultura. *Panorama da Aquicultura*, v. 29, p. 38-45, 2019.

MANSUR, M. C. D. et al. *Espécies de moluscos límnicos invasores no Brasil. Biologia, prevenção, controle*. Redes Editora. Porto Alegre. 411p. 2012.

MARINHO, L. Invasão das tilápias pode virar Lei. 2012. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/25901-invasao-das-tilapias-pode- virar-lei/>>. Acesso em: 09/06/2020.

MORTON, B. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bilvava: Mytela) in Plove Cove Reservoir, Hong Kong. *Malacologia*, v. 16, p. 165-182, 1977.

NOGUEIRA, D. O. Análise ontogenética larval de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), e sua influência nas tilapiculturas do reservatório Sobradinho, Polo SBSF, BRASIL. 2018. 44 f. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Paulo Afonso, 2018.

NOGUEIRA, D. O. et al. Invasão do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no rio São Francisco e prognóstico de seus impactos na tilapicultura do reservatório hidrelétrico Sobradinho, Bahia, Brasil. In: *Anais... Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca*, 21, 2019, Manaus. *Anais eletrônicos ...Manaus: FAEP-BR*, 2019. p. 957-957.

OLIVEIRA, M. D. Ocorrência e Impactos do Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) no Pantanal Mato-Grossense. Embrapa Pantanal - *Circular Técnica* (INFOTECA-E), 6 p. nov. 2003.

OLIVEIRA, N. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, S. M. B.; MOURA JUNIOR, A. M. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 363-369, 2005.

OLIVEIRA, M. D. et al. O mexilhão dourado nos tanques-rede das pisciculturas das regiões Sudeste e Centro-Oeste. *Panorama da Aquicultura*, v. 24, n. 145, p. 22, 2014.

PESTANA, D. et al. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. São Paulo. v. 50, n. 34, p. 553-559, 2010.

RIBEIRO, M. R. F. et al. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco, região semiárida do Nordeste do Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 3, n. 1, p. 91-108, 2015.

RICCIARDI, A. Global range expansion of the mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): another fouling threat to freshwater systems. *Biofouling*. v. 13. n. 2. p. 97-106. 1998.

ROCHA, A. A. F. et al. Relações Tróficas entre *Acestrorhynchus britskii* (nativa) e *Plagioscion squamosissimus* (introduzida) em Sistema de Reservatório em Cascata. *Boletim do Instituto de Pesca*. v. 41, n. 4, p. 917-930. 2015.

SANTOS, C. P.; WÜRDIG, N. L.; MANSUR, M. C. D. Fases larvais do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker)(Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil Larval stages of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker)(Bivalvia, Mytilidae) in Guaíba Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 3, p. 702-708, 2005.

SALA, O. E. et al. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, v. 287, p. 1770-1774, 2000.

SILVA, P. A.; VIEIRA, G. G.; FARINASSO, M.; CARLOS, R. J. Determinação da extensão do rio São Francisco. In: *Anais... XI SBSR*, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, p. 393-400.

SILVA, B. C.; TENÓRIO, R. A. Economia da tilapicultura no reservatório hidrelétrico Xingó, Monumento Natural do Rio São Francisco, Polo SBSF, Brasil. In: *Anais... Jornada de Iniciação Científica*, 23, 2019, Salvador: EDUNEB, 2019. p. 112-112.

SILVA, D. P. Aspectos Bioecológicos do Mexilhão Dourado *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae). 2006. 138f. *Tese* (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, F. A.; BARBOSA, N. P. de U; CARVALHO, V. A.; CARDOSO, A. V. Boletim de Alerta 4: Confirmada a presença do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no reservatório Emborcação (trecho médio do Rio Paranaíba. *Relatório Técnico do Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras* (CBEIN). 2016. Belo Horizonte, 2016.

SILVEIRA, H. T; TENÓRIO, R. A. Indicadores socioeconômicos da tilapicultura no reservatório Xingó, polo de piscicultura SBSF. In: *JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 21, 2017. Salvador. *Anais... Salvador: UNEB*.

SOUZA, A. N.; TENÓRIO, R. A. A baronesa no rio São Francisco e os impactos socioeconômicos no Polo de Piscicultura do SBSF. In: *Congresso Brasileiro de*

Engenharia de pesca, 21, 2019, Manaus. Anais... Manaus: FAEP-BR, 2019. 1542-1545.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das Espécies Invasoras no Ambiente Aquático. *Ciência e Cultura*, v. 61, p. 35-41. 2009.

SPEZIALE, K. L.; LAMBERTUCCI, S. A.; CARRETE, M.; TELLA, J. L. 2012. Dealing with non-invasive species: What makes the difference in South America? *Biological Invasions*, *Online First*. doi: 10.1007/s10530-011-0162-0.

TAVARES, G. S. O desenvolvimento larval do mexilhão dourado no reservatório hidrelétrico Xingó e sua interferência na tilapicultura do Polo SBSF, rio São Francisco, Brasil. 2019.38 f. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Paulo Afonso, 2019.

TAVARES, G. S.; HENRIQUE, S. CASÉ, M. C. C. Competição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), com espécies bentônicas no reservatório Sobradinho-BA. In.: Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Pesca. 2016, Serra Talhada: Resumo dos trabalhos. Serra Talhada: UAST/UFRPE, 2016. 6p.

TENÓRIO, R. A. et al. Crescimento do niquim (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876), em diferentes condições de luminosidade e tipos de alimento. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, p. 305-309, 2006.

TENÓRIO, R. A. Biorremediação em ambientes límnicos eutrofizados com a utilização de *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921 (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae) e seu aproveitamento na aquicultura. 2011. 191 f. *Tese* (Doutorado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

TENÓRIO, R. A.; SILVA, E. M. da; CAMPECHE, D. F. B. *O polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco – SBSF*. In: CAMPECHE, Daniela Ferraz Bacconi (Org.). *Aquicultura atual no semiárido*, v. 12, n. 12, p. 23-33, jul./ago. 2017. Disponível em: <<http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades>> Acesso em: 01/09/2019.

VÁZQUEZ, D. P.; ARAGON, R. Introduction to special issue on biological invasions in Southern South America. *Biological Invasions*, v. 4, n. 15. 2002.

VIANNA, G. R. et al. Biosseguridade para sistemas de produção de peixes em tanque-rede em função da colmatação agravada por *Limnoperna fortunei*. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v.71, n.1, p.314-322, 2019.

5

Impactos causados por *Egeria densa* em empreendimentos aquícolas no município de Jatobá – PE

Nara Tôrres Silveira

Engenheira de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Ricardo Marques Nogueira Filho

Engenheiro de Pesca, Biólogo e Químico, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Rafaell Batista Pereira

Fisioterapeuta, Universitário Rio São Francisco, UNIRIOS

Ana Lucila dos Santos Costa

Farmacêutica, Centro Universitário Rio São Francisco, UNIRIOS

INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma técnica tradicional datada dos tempos antigos e encontrada em diversas culturas do mundo. Há registros que comprovam a utilização desta atividade em documentos chineses de séculos remotos, bem como citada em hieróglifos egípcios. O sistema incluía, de maneira simplificada, o armazenamento de exemplares de várias espécies de peixes, seu desenvolvimento condicionado a um ambiente favorável, e por fim o consumo pelas populações (OLIVEIRA, 2009).

Segundo o Decreto 4895/2003 de 25 de novembro de 2003, a aquicultura é definida como “A produção de organismos com habitat predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento” e “também é o cultivo ou criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático” (BRASIL, 2003; SIMON; WEBBER, 2015).

A produção mundial de peixes, estimulada pela demanda de pescados, obteve um aumento de cerca de 30% de 1998 a 2008, passando de 123 milhões para 159 milhões de toneladas de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2012). Tal acréscimo provém principalmente

da participação da produção piscícola, que em 1998 representava apenas 29,5% da produção total mundial, obtendo 43% da participação após uma década.

A produção nacional, no ano de 2011, foi aproximadamente 1,25 milhões de toneladas de pescado, sendo 38% provenientes de cultivos. A atividade gera um PIB de R\$ 5 bilhões, movimenta cerca de 800 mil profissionais, entre pescadores e aquicultores, e oportuniza cerca de 3,5 milhões de empregos. Segundo a FAO (2012), o país poderá se tornar um dos maiores produtores do mundo até 2030, ano em que a produção pesqueira nacional teria condições de atingir 20 milhões de toneladas de pescado.

O Brasil tem potencial pesqueiro como poucos países do mundo, em virtude da quantidade de águas marítimas e continentais, com mais de dez milhões de hectares de lâmina d'água, incluindo os reservatórios de hidrelétricas, açudes e propriedades particulares, representando aproximadamente 13% da reserva total de água doce do mundo. Ademais, o clima é favorável ao crescimento de inúmeros organismos de diversas espécies (SIMON; WEBBER, 2015).

O São Francisco é o maior rio totalmente brasileiro (ANA, 2002), este foi represado formando os grandes reservatórios hidrelétricos de usos múltiplos, Itaparica, Moxotó e Xingó, arquitetados com o intuito de geração de energia, abastecimento de água, instalação de projetos piscícolas, irrigação e dessedentação de animais, entre outros (FERREIRA JUNIOR, 2014; MMA, 2015; CHESF, 2017; OLIVEIRA, 2018).

O reservatório Moxotó faz parte do Submédio São Francisco (SBSF), conforme a classificação adotada pela Agência Nacional das Águas (ANA), sendo este o detentor da maior capacidade de suporte para a produção de peixes. No ano de 2015, encontrava-se com o maior número de pisciculturas instaladas (36) dentre os reservatórios do SBSF (RIBEIRO et al., 2015; OLIVEIRA, 2018).

O município de Jatobá (PE) detém toda a margem pernambucana do reservatório Moxotó. No estudo realizado por Oliveira (2018), a região possui 53 tilapiculturas, uma produção anual de, aproximadamente, 14.133 toneladas de tilápia e uma produtividade de 274,96 toneladas de tilápia por quilômetro de margem. As pisciculturas de pequeno a grande porte, são as responsáveis pelo crescimento da atividade piscícola, abrangendo também as associações que representam uma

relevante fatia dessa produção apresentando um aumento estimado de 86,35% em apenas três anos, obtendo a maior produção de tilápia dentre os municípios que margeiam o reservatório Moxotó (OLIVEIRA, 2018).

O impacto ocasionado pela eutrofização possibilita o desenvolvimento de algumas espécies que acarretam densas infestações, dentre as quais as macrófitas aquáticas, que promovem uma série de prejuízos ao equilíbrio biológico e, por consequência, as áreas aquícolas (MIYAZAKI; PITELLI, 2003). Macrófitas aquáticas são vegetais autótrofos fotossintéticos existentes em ecossistemas aquáticos, podendo ser encontradas nas margens, áreas rasas de rios, lagos, reservatórios e cachoeiras, ou ainda em grandes anteparos a mais de 10 m de profundidade, dependendo do grau da adaptação da planta (ESTEVES, 1988; POMPÊO, 2001).

Em condições normais, as macrófitas aquáticas desempenham importantes funções no ambiente, como conservar a oxigenação da água, sedimentam os materiais em suspensão, protegem as margens, servem como abrigo, alimentação e reprodução para inúmeras espécies, além de atuarem como substrato para a comunidade periférica (NASCIMENTO et al., 2007; MOURA et al., 2009). Estão fortemente relacionadas ao funcionamento dos ambientes aquáticos, visto que são bastante vulneráveis aos impactos antrópicos, tornando a preservação essencial para a conservação da biodiversidade dos ecossistemas (ROCHA et al., 2003).

A macrófita aquática *Egeria densa* (Planch.) pertencente à família Hydrocharitaceae, é conhecida popularmente como “elódea brasileira”, são ervas aquáticas, completamente submersas ou parcialmente enraizadas no substrato ou livres e flutuantes, encontrada em ambientes limnéticos, nativa da América do Sul e largamente distribuída por várias partes do mundo, especialmente em regiões de clima tropical. Como outras Hydrocharitaceae, tem uma capacidade fotossintética alta, boa capacidade de dispersão de fragmentos vegetativos e alta sobrevivência (KAHARA; VERMAAT, 2003; OLIVEIRA et al., 2005). A *E. densa* está presente em ambientes com alta e moderada intensidade de luz, realiza fotossíntese no caule e nas folhas possuindo alta capacidade de absorção nutrientes, como amônia e fósforo a partir da coluna de água (DANTAS, 2016).

A ocorrência da macrófita aquática *Egeria densa* nos reservatórios do Sistema Hidroelétrico de Paulo Afonso e Itaparica foi verificada pela primeira vez

no ano de 1984 (SANTOS et al., 2006), esta, por sua vez, continua se proliferando, caracterizando-se como uma espécie daninha no ecossistema aquático, já que não podem ser controladas com herbicidas e dificilmente eliminadas via extração mecânica, causando prejuízos na geração de energia, formando verdadeiros prados de macrófitas nas margens (BEZERRA; SILVA; LOPES, 2007), e afetando diretamente as pisciculturas existentes nos reservatórios.

O aumento na quantidade de macrófitas ocasionou a morte de toneladas de peixes, forçando os responsáveis técnicos a adotarem medidas mitigatórias, dentre as quais o afastamento das gaiolas para áreas mais profundas, diminuição da densidade de estocagem e controle no arraçoamento, conforme o relatório emitido pela Prefeitura Municipal de Glória (2018). Em alguns empreendimentos de aquicultura em tanques-rede localizados no lago de Moxotó, dos vinte sistemas de cultivo existentes, todos enfrentam dificuldades por conta da existência de macrófitas aquáticas em quantidades exorbitantes e já tiveram algum tipo de prejuízo financeiro, com uma estimativa de R\$ 3,37 milhões de prejuízo direto com a perda do pescado.

No Brasil, ainda que existam amplas áreas cobertas por macrófitas na maior parte dos ecossistemas aquáticos, poucos são os estudos sobre a produtividade dessas comunidades (OLIVEIRA et al., 2005). Em parte, isso se deve à ideia de que no passado a presença desses vegetais nos ecossistemas era irrelevante. Nas duas últimas décadas, o interesse por esses estudos tem aumentado, graças à construção de represas, para geração de energia elétrica e, posteriormente a utilização dos reservatórios para o cultivo de peixes.

Entretanto, para a região Nordeste ainda se percebe um grande déficit quanto a pesquisas que enfoquem as macrófitas aquáticas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os principais impactos causados por *Egeria densa* em empreendimentos aquícolas no município de Jatobá-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos quatro projetos aquícolas localizados no reservatório Moxotó, no município de Jatobá - PE, dentre os quais: a Piscicultura Santa Anália, localizada a 1 km do centro da cidade, a Associação das Mulheres Guerreiras do Sítio Umburanas (AMGSU), localizada no Sítio Umburanas, a Associação de Jovens

Criadores de Peixes (AJCP) e a Associação Pequenos Criadores de Peixes (APCP), localizadas no Sítio do Martelo (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos empreendimentos: (A) Piscicultura Santa Anália; (B) Associações



Fonte: Google Earth (2018).

Os empreendimentos possuem uma média de 56 tanques-rede na água para produção, sendo quatro com tanques de 14 m³ e um com tanques em diversos tamanhos, como, por exemplo, 3 m³, 8 m³ e 13 m³ (Figura 2).

Figura 2 - Fotos dos tanques utilizados nos projetos piscícolas: (A) Piscicultura Santa Anália; (B) Associações.



Fonte: Silveira (2018).

A pesquisa foi de caráter exploratório, por meio da aplicação de questionário (APÊNDICE), com consentimento dos entrevistados, além da constatação *in loco* dos empreendimentos escolhidos. A pesquisa foi realizada nos meses de novembro e dezembro de 2018, sendo solicitada em contato com os proprietários e representantes, a divulgação dos nomes dos projetos piscícolas, bem como os registros fotográficos e a coleta de dados. Durante as visitas foram abordados: tempo de produção, frequência de aparecimento da *Egeria densa*, principais problemas enfrentados com a aparição

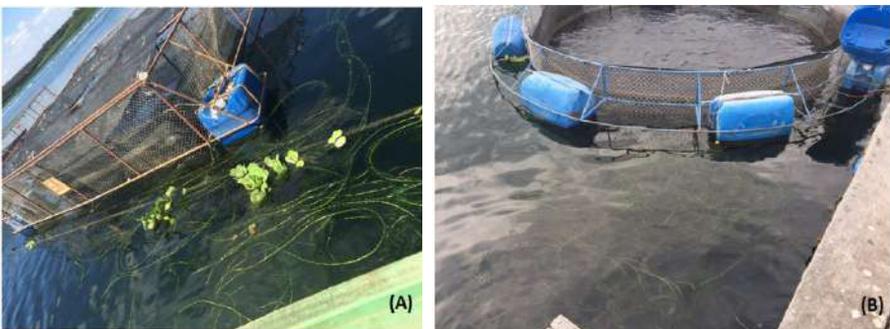
da espécie supracitada, frequência de remoção e quais os custos existentes para o empreendimento para realização da retirada destas. Após as coletas em campo, os dados foram encaminhados para análise e descrição dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Piscicultura Santa Anália atua há mais de dez anos no mercado, a AMGSU atua há cinco anos, a APCP há quatorze anos e a AJCP há mais de dezessete anos, todas com sistema de cultivo intensivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)). Segundo Cheng et al. (2010), uma alta concentração de fósforo aumenta o acúmulo do nitrogênio, estimulando o crescimento da planta no ambiente. De acordo com os resultados observados, a *Egeria densa* é encontrada diariamente nos empreendimentos, numa curta distância dos tanques-rede (Figura 3), podendo atribuir essa proximidade ao aporte de nutrientes excretados pelos peixes, principalmente nitrogênio e fósforo.

Feijó et al. (2002) ressaltam que o fósforo é essencial para o crescimento da *E. densa*, com isto, essa macrófita apresenta mecanismos de captação e retenção mais eficiente para fósforo do que para nitrogênio. Lycarião (2015) em estudo realizado no reservatório Camalaú, também identificou que o fósforo é um dos nutrientes responsáveis pelo aumento da biomassa da *E. densa*.

Figura 3 – Fotos da presença de *E. densa* próximo aos tanques-rede: (A) Piscicultura Santa Anália; (B) APCP



Fonte: Silveira (2018).

As condições para crescimento, nesta região, parecem muito propícias à proliferação de *E. densa*, tanto pelas características ambientais do reservatório

Moxotó, considerado um ambiente lântico, quanto em termos de substrato, nutrientes e luminosidade (OLIVEIRA et al., 2005). Em alguns dos empreendimentos estudados, existe ainda a formação de pequenas “ilhas” numa distância de aproximadamente 4-6 m dos tanques-rede, bem como em torno das passarelas utilizadas para chegar até os tanques-rede (Figura 4), que com a ação dos ventos e da correnteza da água, deslocam-se para mais perto do cultivo.

Ambientes onde a velocidade da corrente é moderada, a movimentação da água pode favorecer o aumento da produtividade de macrófitas aquáticas submersas. Além disso, a velocidade de corrente moderada aumenta a renovação de nutrientes devido ao constante transporte de íons que pode favorecer o aumento da produtividade e dispersão das macrófitas no ambiente (DANTAS, 2016).

Figura 4 – Fotos da formação de pequenas ilhas e próximas às passarelas: (A) AJCP; (B) AMGSU



Fonte: Silveira (2018).

A temperatura é uma variável que está relacionada com as taxas de crescimento de inúmeras espécies, podendo ainda influenciar a capacidade de absorção de nutrientes, visto que quanto maiores os valores de temperatura, mais favorável se torna a produtividade primária, aumentando as taxas das reações químicas metabólicas (PETRUCIO; ESTEVES, 2000). Segundo o Instituto Nacional

de Meteorologia (INMET) a cidade de Jatobá possui, em média, temperatura mínima de 23°C e máxima de 35°C. De acordo com Dantas (2016), a temperatura foi uma variável que estimulou o aumento da produção primária da *E. densa* nos dois biomas estudados, encontrando temperaturas entre 23,1 e 30,6°C, mostrando a preferência dessa espécie por temperaturas mais elevadas.

A presença da elódea, em grandes quantidades, afeta diretamente o cultivo, visto que reduz os níveis de oxigênio dissolvido na água, ocasionando o estresse no peixe, a redução da alimentação e crescimento, provocando mortalidade em grande escala (LEIRA et al., 2017). Em todos os empreendimentos houve registros de mortalidade, em virtude da proliferação de elódea nos cultivos. Na piscicultura Santa Anália, foi registrada no mês de outubro de 2018, uma mortalidade de mais de 500 kg de peixe grande. A perda da produção é o equivalente a aproximadamente R\$ 3.250,00, haja vista que o quilo de peixe grande produzido corresponde a R\$ 6,50. Entre as associações, somente a AMGSU contabilizou a quantidade perdida, totalizando 12 toneladas de peixe.

Segundo o relatório emitido pela Prefeitura Municipal de Glória (2018), em dezembro de 2017, houve perda de mais de 500 toneladas de tilápia em empreendimentos aquícolas localizados no reservatório Moxotó, em virtude da grande quantidade de macrófitas presentes e, por consequência, a redução do oxigênio dissolvido na água. Dentre os impactos e prejuízos gerados estão o desemprego, causado pelo encerramento das atividades de algumas propriedades, perda de material e recursos até a desvalorização dos terrenos nas margens. Dos 44 empreendimentos aquícolas identificados em 2017, cinco interromperam suas atividades e outros diminuíram a sua produção em 2018.

Para minimizar os impactos na propriedade todos os empreendimentos realizam a retirada das elódeas. Na piscicultura Santa Anália, esta acontece em seis dias da semana, excetuando o domingo. A remoção é feita com o auxílio de uma barca com capacidade de suporte estimada para 150 kg, no qual a quantidade retirada dependerá do funcionário responsável pela ação. Nas associações, a retirada das elódeas já consta no planejamento semanal das atividades, exceto na APCP, onde a mesma ocorre pontualmente, somente em casos de extrema necessidade. Nesses empreendimentos a remoção é feita através de barco, rastelos e pá (Figura 5).

Figura 5 - Materiais utilizados para remoção da *E. densa*: (A) Balsa utilizada para remoção na Piscicultura Santa Anália; (B) Barco utilizado nas associações



Fonte: Silveira (2018).

Segundo Pompêo (2008), entre os procedimentos de controle, o método mais simples é a remoção manual com o emprego de pás, facas e bolsas vazadas para retirada das plantas. Em ambientes rasos não se faz necessário a utilização de equipamentos sofisticados, entretanto em água profundas é preciso experiência e equipamento de mergulho autônomo, sua vantagem a remoção específica das espécies desejadas, com mínimo impacto sob as demais plantas existentes no ecossistema.

A piscicultura Santa Anália já possuía um funcionário para atuar especificamente na remoção da *E. densa*, com salário mensal de R\$ 954,00. Entretanto, no final do mês de setembro de 2018, em virtude da grande quantidade de elódea presente no cultivo, houve a contratação de um funcionário diarista para auxiliar na retirada, com diária no valor R\$ 35,00. Constantemente, são retiradas cerca de oito balsas por dia (Figura 6). Nas associações não existe um funcionário específico para a retirada, essa função é realizada por meio de rodízio entre os associados, de forma que todos colaborem com a atividade.

Figura 6 – Remoção de *E. densa*: (A) Funcionário realizando a remoção; na Piscicultura Santa Anália (B) Balsa abastecida após a retirada de *E. densa* no período da manhã na Piscicultura Santa Anália



Fonte: Silveira (2018).

Após a remoção, três dos empreendimentos (AMGGSU, APCP e AJCP) retiram as elódeas e as colocam na margem para secagem, apenas a AJCP não possui nenhuma alternativa para reaproveitamento das macrófitas, retirando apenas para minimizar a perda por mortalidade dos peixes. Na Piscicultura Santa Anália, uma pequena parte é empregada na alimentação de galinha de capoeira, cavalos ou vacas. Santos, Gomes e Lopes (2006) em seu trabalho evidenciam o uso das macrófitas como alimentação para espécies terrestres, dentre as quais bovinos, ovinos, suínos e equinos que entram na água para se alimentar.

Os outros dois empreendimentos (AMGSU e APCP) realizam a compostagem como uma alternativa de reaproveitamento da elódea (Figura 7). A utilização das macrófitas na fertilização de solos como adubo orgânico, pode ser considerada bastante vantajosa, uma vez que resolve os problemas quanto ao descarte do material retirado dos corpos d'água. Contudo é de extrema importância que suas composições químicas sejam conhecidas para evitar que se tornem agentes de introdução de elementos tóxicos no ambiente (PITELLI et al., 2018).

Figura 7 – Sistema de compostagem realizado pelas associações: (A) AMGSU; (B) APCP



Fonte: Silveira (2018).

Existe ainda a utilização das macrófitas como bioindicadoras de qualidade da água em ambientes lóticos e lênticos, considerada uma das funções mais relevantes (PEDRALLI, 2003; SILVA, 2011). Ademais, outros trabalhos comprovam a eficiência da utilização de *E. densa* no tratamento de efluentes de piscicultura e carcinicultura (HENRY –SILVA; CAMARGO, 2008), na produção de tijolos do tipo adobe para construção civil (BEZERRA; SILVA; LOPES, 2007), produção de papel (MORTON, 1975) e biogás (WOLVERTON; MACDONALD, 1978).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nos projetos piscícolas estudados mostram que a presença da macrófita aquática submersa, *Egeria densa*, em grande abundância ocasiona impactos e prejuízos ao ecossistema, bem como aos empreendimentos localizados no reservatório Moxotó. Esta se torna responsável por impactos como a diminuição do oxigênio dissolvido na água, mortalidade de peixes, desemprego e até mesmo o fim das atividades de algumas pisciculturas do reservatório.

Pode-se perceber também a grande relação entre fatores abióticos e o desenvolvimento favorável da espécie no ambiente. Entretanto estudos relacionados

aos custos reais para a retirada da espécie, ainda são escassos, e não retratam a realidade dos sistemas de cultivos que são afetados pelo crescimento exacerbado da macrófita. Além disso, nos empreendimentos estudados, apenas na AJCP, não há o reaproveitamento da *E. densa*, apesar da grande quantidade que é retirada do ambiente.

Em virtude da crise hídrica, dos altos níveis de eutrofização nos reservatórios, e pela grande quantidade de projetos piscícolas no reservatório Moxotó, responsáveis por uma produção significativa na região, compreende-se a necessidade de conhecer os impactos e custos causados pela elódea. Ademais se propõe que as opções para reutilização da espécie, sejam condizentes com as realidades dos empreendimentos e sirvam como base no gerenciamento e manejo das áreas afetadas, mitigando e /ou evitando danos socioeconômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco*. Brasília, 2002, 20 p.
- BEZERRA, T. P.; SILVA, C. P.; LOPES, J. P. *Utilização da macrófita aquática Egeria densa Planchon, 1849 (Hydrocharitaceae) na produção de tijolos para construção civil*. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, Paulo Afonso, v. 1, n. 2, p.114-127, jan. 2007.
- BRASIL. Decreto no 4.895, de 25 de novembro de 2003. *Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, 26/nov./2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm> Acesso em: 25/08/2018.
- CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco. *Usina Apolônio Sales*. Paulo Afonso, 2017. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/ApolonioSales.aspx>>. Acesso em: 08/11/2018.
- CHENG, W. et al. Response of the floating aquatic fern *Azolla filiculoides* to elevated CO₂, temperature, and phosphorus levels. *Hydrobiologia*, v. 656, n. 1, p.5-14, 2010.
- DANTAS, M. R. *Taxa fotossintética de Egeria densa em ambientes aquáticos da Mata Atlântica e da Caatinga*. 2016. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Semiárido, Mossoró, 2016.

ESTEVEES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 307-62, 1988.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture. *FAO Fisheries Department*. Rome, Italy. 2012.

FERREIRA JUNIOR, M. G. *Considerações hidrodinâmicas do reservatório de Moxotó (BA, PE e AL)*. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, 11 p, 2014.

FEIJÓ, C.; GARCIA, M.E.; MOMO, F.; TOJA, J. Nutrient absorption by the submerged macrophyte *Egeria densa* Planch: effect of ammonium and phosphorous availability in the water column on growth and nutrient uptake. *Limnetica*, 21 (1–2), 93–104. 2002.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto Das Atividades De Aqüicultura E Sistemas De Tratamento De Efluentes Com Macrófitas Aquáticas – Relato De Caso. *Boletim de Instituto da Pesca, São Paulo*, v. 1, n. 32, p.163-173, ago. 2008.

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. *Previsão do tempo*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2608057>>. Acesso em: 05/12/2018.

KAHARA, S. N.; VERMAAT, J. E. The effect of alkalinity on photosynthesis – light curves and inorganic carbon extraction capacity of freshwater macrophytes. *Aquatic Bot.*, v. 75, p. 217-227, 2003.

LEIRA, M. H. et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. *Pubvet*, [s.l.], v. 11, n. 1, p.11-17, jan. 2017.

LYCARIÃO, T. A. *Fatores controladores de *Najas arguta* Kunth e *Egeria densa* Planch em um reservatório no semiárido do Brasil*. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Caatinga*, Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 3/11/2018.

MIYAZAKI, D.M.Y.; PITELLI, R.A. *Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa* E. *najas* E *Ceratophyllum demersum**. Planta Daninha: Edição Especial, Viçosa, v. 21, n. 1, p.53-59, out. 2003.

MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. *Biológico*, São Paulo, v. 71, n. 1, p.77-82, jun. 2009.

MORTON, J. F. 1975. *Cattails (Typha spp.): Weed problem or potential crop?* *Economy Botany*, v. 29, p. 7-29, 1975.

NASCIMENTO, P.R.F.; PEREIRA, S.M.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. *Biomassa de Egeria densa nos reservatórios da Hidroelétrica de Paulo Afonso-Bahia*. Planta Daninha, Viçosa, v. 26, n. 3, p.481-486, jan. 2007.

OLIVEIRA, N. M. B. et al. *Capacidade de regeneração de Egeria densa nos reservatórios de Paulo Afonso, BA*. Planta Daninha, Viçosa, v. 23, n. 2, p.363-369, maio 2005.

OLIVEIRA, R. C. de. O panorama da aquíicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, São Paulo, v. 2, n. 1, p.71-89, fev. 2009.

OLIVEIRA, I. B. *Indicadores técnicos-econômicos da tilapicultura da Margem Pernambucana do Reservatório Moxotó, município de Jatoba, Bioma Caatinga, Brasil*. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Pesca, Universidade do Estado da Bahia, Paulo Afonso, 2018.

PEDRALLI, G. *Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios*. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, p. 171-188, 2003.

PETRUCCIO, M. M.; ESTEVES, F. A. Influence of photoperiod on the uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Rev. Brasil. Biol.*, 60(3): 373-379. 2000.

PITELLI, R. A. et al. Avaliação das concentrações de nutrientes e metais pesados nas principais macrófitas aquáticas do Reservatório de Santana – RJ no período de três anos. *Semioses*, [s.l.], v. 12, n. 2, p.112-126, 27 jul. 2018.

POMPÊO M. L. M. 2001. *As macrófitas aquáticas*. Disponível em: <<http://vivimarc.sites.uol.com.br/asmacrofitasaquaticas.html>>. Acesso em: 28/07/2018.

POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliensis*, São Paulo, v. 3, n. 12, p.406-424, jul. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GLÓRIA. *Relatório Técnico sobre a proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Apolônio Sales no trecho do município de Glória-BA*. Glória, 07 p, 2018.

RIBEIRO, M. R. et al. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources* (online), v. 3, n. 1, p. 91-108, 2015. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/ActaFish/article/view/3092/4040>>. Acesso em: 12/10/2018.

ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. G.; TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Macrófitas aquáticas*, 2003. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~probio/macrophytas_page.html>. Acesso em: 07/11/2018.

SANTOS, E. dos.; GOMES, S. de O.; LOPES, J. P. Contribuição de Elódea (*Egeria densa*) à piscicultura através da colonização do Camarão-canela (*Macrobrachium amazonicum*) no Sub-Médio Rio São Francisco, no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 1, n. 1, p.1-17, ago. 2006.

SIMON, J; WEBBER, D. C. *Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas*. Embrapa Pesca e Aquicultura. Série Documentos Embrapa, n. 10, 40p, 2015.

SILVA, S. S. L. *Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco*. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Botânica, Departamento de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

WOLVERTON, B. C.; MCDONALD, R. C. Bioaccumulation and detection of trace levels of cadmium in aquatic system by *Eichhornia crassipes*. *Environmental Health Perspectives*, v. 27, p. 161-164, 1978.

APÊNDICE

Roteiro de Entrevista Utilizado no Empreendimento

1. Nome do empreendimento?
2. Sistema de produção?
3. Qual o tempo de atividade do cultivo?
4. Quantidade de tanques na água? Produção média por ciclo?
5. A propriedade é legalizada?
6. Qual a frequência de aparecimento de Elódea no cultivo?
7. Quais os principais problemas enfrentados pelo aparecimento das macrófitas?
8. Qual a frequência de retirada das plantas no cultivo?
9. Existe custos para a retirada da Elódea?
10. Na piscicultura as Elódeas são aproveitadas de alguma forma na propriedade?
11. Quais alternativas são realizadas na propriedade para amenizar o problema?
12. Como é feito o descarte das Elódeas na propriedade?

6

Análise ecotoxicológica de fármacos utilizados em cultivo de alevinos

Ariane Silva Cardoso

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Anthony Epifanio Alves

Biólogo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Cristiane Maria Araújo Castro

Bióloga, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Maristela Casé Costa Cunha

Bióloga, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

INTRODUÇÃO

A atividade de piscicultura é responsável por proporcionar desenvolvimento econômico nas regiões onde se instala e está em constante crescimento no Brasil, pois o peixe é considerado uma proteína animal de importante valor nutricional e o país possui água em quantidade e de boa qualidade, com destaque para o Nordeste. Diante das grandes perspectivas de aumento de produção e consumo de peixe no Brasil, vale refletir sobre como atender essa demanda de maneira sustentável.

A produção intensiva de peixe gera impactos ambientais, especialmente na qualidade da água e a comunidade aquática. Pois nos cultivos, que em geral são densamente povoados para garantir a máxima produtividade, há amplo uso de rações para alimentação, produtos farmacêuticos veterinários para prevenção e tratamento de doenças, e hormônios para masculinização dos peixes. Este último, com intuito de priorizar a produção de indivíduos do sexo masculino, uma vez que representam maior ganho de massa corporal, menor gasto energético com reprodução e chegam mais rapidamente à fase adulta, tornando-se mais viável economicamente em relação a indivíduos fêmeas (DIAS-KOBERSTEIN et al., 2007; YASUI et al., 2007).

A liberação de nutrientes nos corpos hídricos, como nitrogênio e fósforo contidos nas rações e produtos farmacêuticos, associada a uma baixa dispersão desses poluentes na água, pode resultar na eutrofização da água e na contaminação dos próprios cultivos (AMÉRICO et al., 2013). Uma vez que os cultivos se utilizam da mesma água para sobrevivência dos peixes.

O superpovoamento dos cultivos leva a uma reação em cadeia, com aumento da possibilidade de doenças devido ao estresse crônico, resultando em peixes com menor resistência às enfermidades. Essas infecções podem gerar prejuízos econômicos, além do aumento na utilização de antibióticos de forma não controlada, levando à resistência de cepas bacterianas (VALENTI et al., 2000).

Entre os fármacos utilizados na piscicultura e lançados nos corpos hídricos, temos os hormônios sintéticos utilizados para masculinização, como o 17 α -metiltetosterona. Mas, com carência de estudos sobre os possíveis impactos no ambiente aquático.

Diante disto, os estudos ecotoxicológicos vem como uma ferramenta capaz de realizar prognósticos para compreensão da influência desses impactos, determinando o tempo e as concentrações em que o contaminante é potencialmente prejudicial aos organismos (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

A importância das análises ecotoxicológicas são trazidas no arcabouço legal brasileiro na Resolução Conama 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, e indica a implantação de ensaios ecotoxicológicos para avaliação direta de um efluente (BRASIL, 2011), constituindo uma excelente ferramenta para contribuir na gestão dos recursos hídricos.

Atualmente, a legislação brasileira não apresenta normas e padrões para lançamentos de produtos farmacêuticos utilizados nas pisciculturas. O uso indiscriminado dos produtos farmacêuticos representa um potencial risco à qualidade da água, à comunidade aquática e ao homem, através do pescado vendido, e pelo fato de que grande parte das pisciculturas lançam seus efluentes em reservatórios de múltiplos usos, incluindo o consumo humano.

Existe, portanto, a necessidade de melhoria do sistema de monitoramento e controle dos efluentes de piscicultura e dos corpos hídricos receptores, que harmonize a legislação nacional às características regionais. Considerando informações acerca

dos potenciais impactos no corpo receptor, que viabilize a elaboração um plano de minimização e mitigação dos impactos da piscicultura. O monitoramento ambiental nas pisciculturas é fundamental tanto pela necessidade de regularização dos empreendimentos, mas também para manutenção da qualidade da água e segurança alimentar para o pescado comercializado.

Os estudos ecotoxicológicos visam auxiliar na compreensão dos impactos gerados pela piscicultura, na gestão dos recursos hídricos e na promoção de políticas públicas que padronizem e norteiem o uso de produtos farmacêuticos e lançamento de efluentes de piscicultura, contribuindo com o fortalecimento sustentável da atividade.

IMPACTOS PROVENIENTES DO USO DE HORMÔNIOS

O uso do 17 α -metiltestosterona em pisciculturas ocorre por meio do acréscimo na ração dos peixes ou por banho de imersão quando ainda se encontram na fase inicial da vida (alevinos) e tem como objetivo causar reversão sexual, desenvolvendo cultivos formandos por indivíduos machos. O descarte de efluente das pisciculturas contendo esse composto pode levar a contaminação de rios e bacias, trazendo danos ambientais com masculinização de outras espécies no corpo receptor e desequilíbrios que pode levar a extinção (HOMKLIN, 2011; AMARAL, 2012).

Após administração do 17 α -metiltestosterona nos cultivos de peixes, o hormônio, além de entrar em contato com o animal e com a água, entra em contato com o sedimento dos tanques de cultivo em viveiros escavados, acumulando com o tempo de exposição e podendo voltar a coluna d'água quando o sedimento é revolvido (HOMKLIN, 2011).

De acordo com AMORIM (2013), o 17 α -metiltestosterona tem grande potencial de biomagnificação na cadeia alimentar e a implantação de protocolos visando o monitoramento e o controle do uso desse hormônio é necessária para gerar conhecimento dos efeitos e das principais rotas de exposição.

A necessidade de conhecer os potenciais impactos desses fármacos no meio ambiente e nos animais tem gerado crescente demanda por ensaios ecotoxicológicos, uma vez que estão sendo encontrados em estações de tratamento de esgoto e em fontes de água potável, levantando também ao questionamento sobre a eficiência de remoção dessas substâncias nos processos de tratamento de água e efluentes conhecidos (BILA; DEZOTTI, 2007).

IMPACTOS PROVENIENTES DO USO DE ANTIBIÓTICOS E PROBIÓTICOS

Várias condições ambientais são capazes de influenciar diretamente no sistema imunológico dos peixes resultando em estresse, entre elas o próprio confinamento, a perda da qualidade da água, a dieta e as más práticas de produção. O estresse reduz o consumo de alimento estendendo o ciclo de produção, reduzindo a resistência a infecções bacterianas e fúngicas, e conseqüentemente, aumentando o risco de ocorrência de doenças e do uso de medicamentos (CYRINO et al., 2010).

Os piscicultores vêm inserindo probióticos e prebióticos na alimentação dos peixes. Em geral, os probióticos são usados na piscicultura por meio de duas principais fontes, a primeira é a adição de células microbianas em tanques de larvicultura e alevinagem. Nessa fase têm o objetivo de modificar a composição da flora ambiental, diminuindo a presença de patógenos na água. A segunda é a adição de células microbianas nas rações, com o objetivo de modificar a flora intestinal. Os prebióticos estimulam seletivamente o crescimento ou ativam o metabolismo de bactérias benéficas e simbióticas no intestino dos peixes (CYRINO et al., 2010).

O uso de antibióticos na piscicultura são fundamentais no combate às infecções bacterianas, mas acarreta riscos de contaminação nos ecossistemas aquáticos, pois podem afetar a biodiversidade das comunidades de fitoplâncton e zooplâncton e a saúde dos animais. Além disso, representam riscos à saúde pública, pois a presença de antibióticos nos alimentos de origem animal podem interferir na microbiota intestinal humana e trazer repercussões diretas na saúde do indivíduo, além da possibilidade de transmissão de bactérias resistentes aos antibióticos e a disseminação de genes de resistência (GASTALHO et al., 2014).

A utilização de antibióticos na aquicultura representa uma das vias de entrada desses fármacos nos corpos hídricos (REGITANO; LEAL, 2010), com comprovado efeito tóxico sobre os organismos aquáticos (KOLAR et al., 2014).

As bactérias encontradas no trato gastrointestinal de animais podem contaminar os alimentos de origem animal e o uso de antibióticos acelerar a taxa de desenvolvimento de resistência nos seres humanos, pois vários gêneros bacterianos encontrados nas atividades aquícolas são resistentes à diversos antibióticos (GASTALHO et al., 2014).

Geralmente, a utilização dos antibióticos se dá por meio de rações medicadas e adição direta na água (imersão). No entanto, alguns antibióticos não são metabolizados pelos peixes, cerca de 75% são excretados na água, transportados para o ambiente, principalmente, através dos dejetos fisiológicos e grande parte não são biodegradáveis e nem são completamente extintos durante o tratamento de águas residuais (ZHANG; LI, 2007; GASTALHO et al., 2014).

Em geral, as informações sobre a toxicidade da exposição dos antibióticos avaliam os efeitos agudos a curto prazo em concentrações acima do encontrado no ambiente aquático. Deste modo, há pouco conhecimento acerca dos problemas de ecotoxicidade derivados da exposição prolongada em baixas concentrações e dos impactos causados pelos metabólitos, como por exemplo os produtos da degradação de ação biocida da enrofloxacina e da tetraciclina (REGITANO; LEAL, 2010), especialmente em espécies não alvo.

IMPORTÂNCIA DO USO DA ECOTOXICOLOGIA NA ATIVIDADE DE PISCICULTURA

A atividade de piscicultura é uma das vias de atuação poluente nos corpos d'água através do lançamento de efluentes (GUNKEL et al., 2013), e como consequência, a biota aquática está sujeita aos efeitos acumulativos desses poluentes, sobretudo, pela exposição por prolongados períodos de tempo e acúmulo da concentração dos poluentes, não metabolizados ou excretados, nos tecidos dos organismos vivos (BAPTISTA et al., 2001). Com isso, os poluentes podem ser transmitidos para os níveis superiores na cadeia trófica por meio de suas interações.

O termo ecotoxicologia foi introduzido pelo toxicologista René Truhaut em 1969, proveniente das palavras ecologia e toxicologia, surgindo a partir dos questionamentos sobre o efeito de compostos químicos ambientais sobre os organismos vivos durante a reunião do *Committee of the International Council of Scientific Unions* (ICSU), em Estocolmo. A ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, capaz de estimar a toxicidade dos elementos químicos em relação ao organismo-teste utilizado e verificar a circulação de poluentes em determinado ecossistema, seja na água, nos solos ou nos sedimentos através da cadeia trófica (WALKER, 2012).

O diagnóstico das condições ecotoxicológicas da água vem como alternativa a fim de subsidiar informações sobre a predição e a detecção dos efeitos de substâncias químicas e efluentes no ecossistema aquático (BAZANTE-YAMAGUISHI et al., 2009; CAMPOS et al., 2014), contribuindo como ferramenta para gestão ambiental das atividades potencialmente poluidoras e dos recursos hídricos. Uma vez que, os organismos utilizados nos testes, respondem com maior precisão à influências dos agentes poluidores nos sistemas biológicos. Especialmente, quando comparados as análises físico-químicas frequentemente empregadas (GUIMARÃES et al., 2004).

Compostos de uso regular nos cultivos, como antibióticos, antifúngicos e hormônios, vem sendo negligenciados em estudos que retratam os impactos das pisciculturas no meio ambiente. Os efeitos provenientes das interações das substâncias químicas lançadas nos ecossistemas aquáticos ocorrem de maneiras variadas, dependendo das características locais do corpo receptor, dificultando a formulação de normas com limites de ecotoxicidade que definem as concentrações máximas permitidas das substâncias químicas potencialmente poluidoras (UNEP, 1992), especialmente, se tratando de corpos hídricos empregados para usos múltiplos, como o abastecimento humano.

Os ensaios ecotoxicológicos amplamente utilizados para detectar a atuação de compostos químicos e efluentes são os de avaliação das toxicidades aguda e crônica em organismos-teste. De acordo com Bertoletti (2013), ensaios ecotoxicológicos crônicos são utilizados para observar efeitos subletais a longo prazo, que interfere em uma ou várias funções biológicas dos organismos, quando os testes agudos, que observam efeitos letais a curto prazo, não trouxerem resultados.

Para avaliação dos efeitos em ensaios ecotoxicológicos emprega-se a CL50 - concentração letal do agente tóxico que causa letalidade a 50% dos organismos-teste ou CE50 - concentração efetiva do agente tóxico que causa imobilidade a 50% dos organismos-teste (ABNT, 2009; 2015). Com isso é possível definir a concentração da amostra capaz de produzir efeito deletério na população exposta, em período e condições controladas.

Entre os principais organismos recomendados para realização de ensaios ecotoxicológicos em efluentes líquidos destacam-se: os produtores primários, como microalgas (*Desmodesmus subspicatus* (Chodat) E. Hegewald & A. Schmidt)

e macrófitas (*Lemna minor* L.); consumidores primários, como os organismos zooplancônicos (*Daphnia similis* Claus 1876, *Daphnia magna* Straus, 1820 e *Ceriodaphnia dubia* Richard, 1894); e os consumidores secundários, como os peixes (ex.: *Danio rerio* Hamilton, 1822 e *Poecilia reticulata* Peters, 1859) (IBAMA, 1987).

Devido às diferenças de sensibilidade entre os organismos encontrados no ecossistema aquático e as diversas interações aos variados contaminantes, estudos e órgãos reguladores vem recomendando que os ensaios ecotoxicológicos sejam realizados com mais de uma espécie representativa da biota em diferentes níveis tróficos (COSTA et al., 2008; BRASIL, 2011).

Exemplos de organismos utilizados para análise ecotoxicológica

Daphnia similis

O gênero *Daphnia* é composto por mais de 100 espécies encontradas no mundo todo. A espécie *Daphnia similis* (Figura 1), é uma das espécies zooplancônicas mais frequentemente utilizadas em ensaios ecotoxicológicos. Conhecidos como cladóceros ou microcrustáceos, de hábito planctônico em água doce, sua população é composta primeiramente de fêmeas, sua reprodução ocorre por partenogênese gerando proles geneticamente idênticas a mãe, os machos se desenvolvem a partir de ovos diplóides quando a população se encontra muito densa (TUNDISI, 2008). Possui comprimento máximo de 3,5 mm, se alimenta por filtração de material orgânico particulado em suspensão e possui larga distribuição no hemisfério norte (ABNT, 2016).

Figura 1 – *Daphnia similis*. Imagem obtida utilizando câmera Nikon acoplada a microscópio óptico Zeiss



Fonte: Cardoso, 2016.

Os microcrustáceos do gênero *Daphnia* spp. são bastante utilizados, pois são facilmente cultivados em laboratórios sob condições controladas, possuem normas padronizadas nacionalmente e internacionalmente, ciclo de vida relativamente curto, e estabilidade genética através da reprodução por partenogênese, que origina populações com atributos biológicos semelhantes.

De acordo com Rand et al. (1995), os dafnídeos são de grande importância ecológica na cadeia trófica, por serem consumidores herbívoros alimentando-se do fitoplâncton, bactérias, materiais em suspensão, além de constituírem parte da dieta de muitos organismos aquáticos, como os peixes.

As *Daphnia* sp. (Crustacea, Cladocera) têm sido utilizadas como organismos-teste em ensaios ecotoxicológicos na avaliação de água para consumo humano (GUIMARÃES et al., 2004), efluentes líquidos (MAGALHÃES, et al., 2014) e compostos químicos (SOUZA et al., 2011). Esses ensaios têm como base diversas normas padronizadas (CETESB, 1991; OECD, 1993; ISO, 1996; USEPA, 2002; APHA, 2005; ABNT, 2016).

Danio rerio

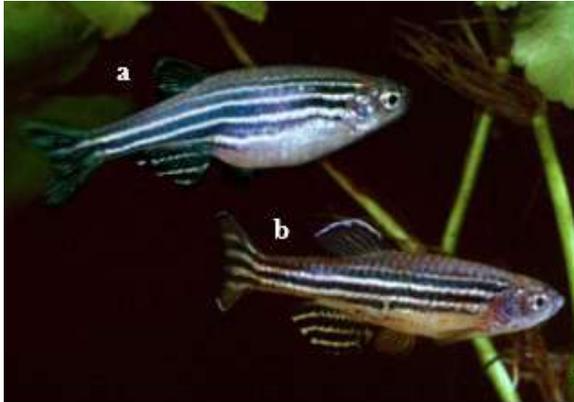
Os peixes são sensíveis ao impacto de produtos químicos nos ecossistemas aquáticos, capazes de metabolizar e promover a bioacumulação de variados compostos químicos ao longo do tempo. Por serem consumidores na cadeia trófica aquática e possuírem interesse comercial, podem contribuir com a biomagnificação de agentes tóxicos (DOMINGUES et al., 2010).

O peixe *Danio rerio* é uma espécie ovípara, teleóstea da família Cyprinidae, conhecido por “zebrafish” ou paulistinha, originário da Índia e vem sendo utilizado mundialmente como organismo-teste em estudos de ecotoxicidade (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008). Em geral, os adultos atingem comprimento médio de 4,5 cm e a primeira desova ocorre quando as fêmeas atingem comprimento-padrão aproximadamente de 25 mm e os machos, 23 mm, em média com 75 dias de idade, quando expostos a temperatura de 25 - 26 °C (LAALE, 1977).

A diferenciação sexual entre machos e fêmeas se dá primeiramente pelas características morfológicas externas (Figura 2), onde os machos são alongados, delgados e levemente dourados, principalmente no abdômen, nas nadadeiras peitoral

e caudal, com presença da listra abdominal completa, enquanto que, as fêmeas são robustas, ligeiramente maiores que os machos e prateadas, normalmente com abdômen mais inchado devido ao desenvolvimento de ovos e a listra abdominal é incompleta (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

Figura 2 - Principais diferenças morfológicas externas da espécie *Danio rerio*: a) fêmea (parte superior); b) macho (parte inferior)



Fonte: Braunbeck; Lammer (2006).

As vantagens que tornam o *D. rerio* um organismo-teste seguro são pelo fato de que possuem ciclo de vida rápido, pela grande quantidade de embriões produzidos a cada ciclo de reprodução e seu tamanho pequeno, sua alta capacidade adaptativa em variadas condições ambientais, facilitando a acomodação em recipientes-teste e possibilitando realizar ensaios mesmo em baixíssimas concentrações de compostos químicos (TESOLIN et al., 2014), encontra-se disponível comercialmente em diversos países, podem suportar grandes variações de temperatura, pH e dureza da água, são bastante sensíveis a uma grande quantidade de substâncias químicas e atualmente, o *D. rerio* é reconhecido internacionalmente em diversas normas para ensaios ecotoxicológicos (KNIE; LOPES, 2004).

Entre os principais métodos de ensaio de ecotoxicidade normalizados por entidades de padronização com *D. rerio* temos: APHA (2005); OECD (2013) e ABNT NBR 15499:2015 (ABNT, 2015).

Apesar do *D. rerio* ser uma espécie exótica no Brasil, estudos tem demonstrado que sua utilização é viável. Bertolleti (2009) realizou levantamento sobre

sensibilidade de algumas espécies de peixes para realização de ensaios toxicológicos. Foram utilizados *Danio rerio* (paulistinha), *Poecilia reticulata* (guarú), *Hemigrammus marginatus* (bandeirinha) e *Serrapinnus notomelas* (piabinha). O autor concluiu que entre as espécies introduzidas *Danio rerio* e *Poecilia reticulata*, poderiam substituir as espécies nativas nos ensaios de toxicidade.

Considerar apenas os efeitos sobre a sobrevivência do *D. rerio* nem sempre pode ser suficiente para caracterizar a toxicidade de amostras ambientais, por isso efeitos subletais devem ser observados e avaliados, uma vez que agentes químicos tóxicos e efluentes líquidos são lançados continuamente nos corpos hídricos (ARENZON et al., 2013), e podem estar causando efeitos crônicos.

Ensaios ecotoxicológicos com fármacos utilizados na piscicultura

Avaliação do grau de toxicidade do hormônio 17- α metiltestosterona

Ensaios ecotoxicológicos com intuito de testar os possíveis impactos do hormônio 17- α metiltestosterona nos organismos-teste *D. similis* (teste agudo e crônico) e *D. rerio* (teste crônico) demonstraram que as concentrações testadas do hormônio apresentaram toxicidade para ambos os organismos. Para a *D. similis* a toxicidade foi observada entre as concentrações 7,62 $\mu\text{g.L}^{-1}$ a 24 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e a concentração que causou imobilidade a 50% dos organismos-teste ($\text{CE}_{50};48\text{h}$) foi igual a 7,62 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Figura 3).

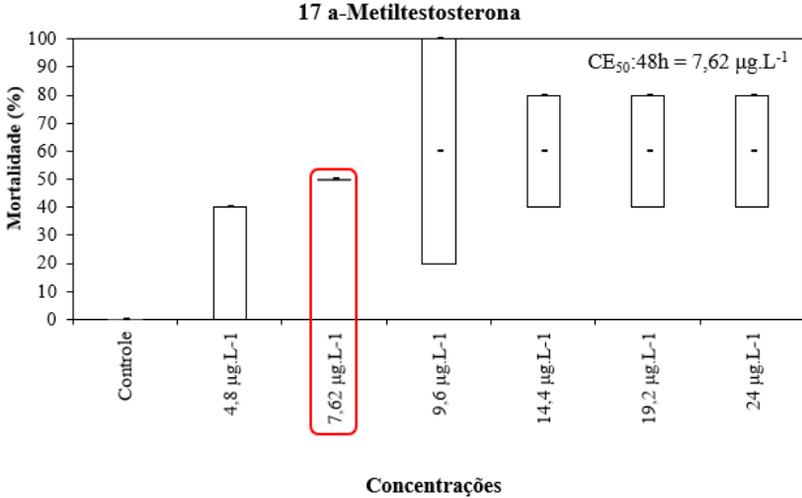
Ensaio crônico para verificar os possíveis impactos do hormônio 17- α metiltestosterona na reprodução de *D. similis* constatou que o hormônio não afetou na reprodução da *D. similis* nas concentrações testadas (0,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ a 4,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Já no ensaio com as larvas do *D. rerio* foi observada toxicidade entre as concentrações 0,7488 mg.L^{-1} e 0,864 mg.L^{-1} . A concentração que causou letalidade a 50% dos organismos-teste ($\text{CI}_{50};168\text{h}$) foi de 0,63 mg.L^{-1} (Figura 4). Efeitos subletais também foram observados, e os principais foram: coagulação dos ovos fertilizados, absorção tardia do saco vitelínico, desenvolvimento tardio, ausência de somitos, pigmentação ocular, ausência de melanóforos e presença de edemas cardíacos.

Efeitos crônicos devido à exposição contínua a este hormônio podem levar a alterações significativas pondo em risco o desenvolvimento das populações em ambientes naturais. Uma vez que, este hormônio vem sendo amplamente utilizado na piscicultura, sugere-se uma avaliação de risco deste produto baseada nos efeitos

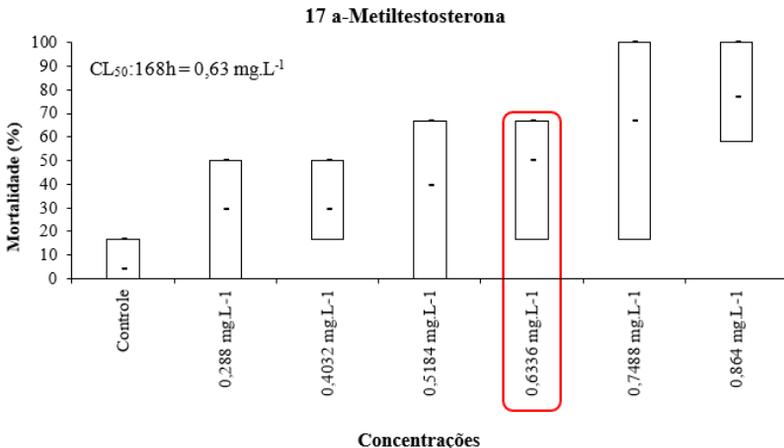
subletais em organismos de outros níveis tróficos.

Figura 3 – Resultado do teste de toxicidade aguda com o hormônio 17 α -metiltestosterona realizado com o organismo *D. similis*, mostrando o percentual de imobilidade máxima, mínima e média entre as réplicas e o valor da $CE_{50}:48h$



Fonte: Cardoso, 2017.

Figura 4 - Resultado do teste de toxicidade crônica de curta duração com o hormônio 17 α -metiltestosterona realizado com o organismo *D. rerio*, mostrando as mortalidades máxima, mínima e mediana entre as réplicas e o valor da $CL_{50}:168h$



Fonte: Cardoso, 2017.

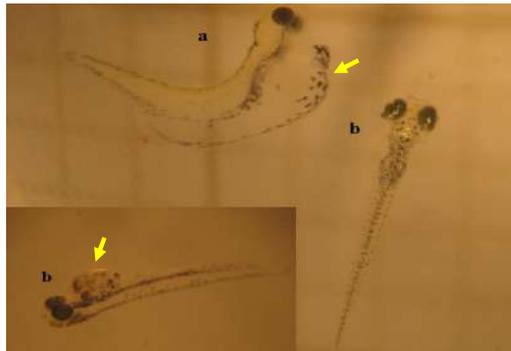
Estudo de Falone (2007) detectou concentrações entre $15,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $99,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ do hormônio em viveiros de cultivo com diferentes condições. A autora indica que, possivelmente, as concentrações mais altas observadas devem ter ocorrido devido à presença do hormônio na ração, que não foi totalmente consumido e acumulou-se com o passar das aplicações diárias, uma vez que o hormônio possui elevada insolubilidade na água.

Avaliação do grau de toxicidade do antibiótico oxitetraciclina

O antibiótico oxitetraciclina não apresentou toxicidade para a *D. similis* e o *D. rerio* nas concentrações testadas, entre 1 mg.L^{-1} e 50 mg.L^{-1} , e $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e 200 mg.L^{-1} , respectivamente. Testes de reprodução de crustáceos devem ser incluídos em estratégia para o uso de antibióticos, como o efeito de antibióticos. Pois apesar dos relatos da concentração de antibióticos, geralmente apresentarem valores abaixo dos considerados tóxicos para níveis tróficos superiores, organismos primários como as microalgas, podem ser responsáveis pelo processo de biomagnificação desses compostos na cadeia trófica através da alimentação.

Apesar da ausência de efeito tóxico no teste com o *D. rerio*, efeitos letais foram observados. Estes foram coagulação dos ovos fertilizados, absorção tardia do saco vitelínico (Figura 5), desenvolvimento tardio, pigmentação ocular, curvatura atípica da cauda, natação atípica e edema cardíaco.

Figura 5 – Larvas de *D. rerio* a 96 horas de exposição ao oxitetraciclina, na concentração 150 mg.L^{-1} : a. larva com absorção tardia do saco vitelínico (indicado por seta) e curvatura atípica da cauda; b. larvas em condições normais (absorção do saco vitelínico indicado por seta)



Fonte: Cardoso, 2017.

Há necessidade de estudos para desenvolver métodos que aumentem a biodisponibilidade e recuperação de alimentos não consumidos, evitando a lixiviação do fármaco para os corpos hídricos, pois grande parte do oxitetraciclina não é biodegradável (ZHANG; LI, 2007; GASTALHO et al., 2014).

Alguns países já vêm utilizando os efeitos observados a partir de análises toxicológicas em programas regulatórios para classificação de químicos e fármacos específicos, novos pesticidas, parâmetros de qualidade da água e testes com desreguladores endócrinos (MIRACLE; ANKLEY, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, estudos mostram constante necessidade de cautela no lançamento de efluentes, sejam eles *in natura* ou tratados nos corpos receptores (SOBRAL et al., 2011; GUNKEL et al., 2013), e os ensaios ecotoxicológicos fornecem importantes respostas que podem ser utilizadas como ferramenta na gestão dos efluentes de piscicultura.

A ocorrência de doenças, especialmente, parasitárias e bacterianas são consideradas fatores limitantes para produtividade na piscicultura. Os fármacos utilizados em pisciculturas representam um risco de intoxicação ambiental que merece ser avaliado.

Os impactos causados pelos fármacos sobre o ecossistema aquático podem ser variados, desde alterações reprodutivas e/ou morfológicas a transformações comportamentais. Considerando ainda que muitos integrantes da comunidade aquática são capazes de acumular substâncias químicas, tanto pela exposição direta aos poluentes encontrados na água, ou através da cadeia trófica.

O desenvolvimento do setor aquícola sugere tendência de aumento do lançamento de efluentes nos corpos hídricos. A formulação de políticas públicas que garantam os múltiplos usos da água a todos e defina padrões de lançamento de efluente de atividades aquícolas no Brasil é vital para o desenvolvimento econômico do setor. O estudo dos possíveis impactos dos compostos químicos utilizados na piscicultura é essencial na avaliação de riscos e medidas de controle de uso e lançamento nos corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Ecotoxicologia aquática: toxicidade aguda – método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea: Cladocera)*. ABNT NBR 12713: 2016, 27 p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com peixes*. ABNT NBR 15499: 2015, 23 p.
- AMARAL, B. R. do. Degradação eletroquímica de desreguladores endócrinos: o hormônio metilttestosterona. *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, pela Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 107 p., 2012.*
- AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. de. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. *Revista Científica ANAP*, v. 6, n. 7, p.137-150, 2013.
- AMORIM, F. S. Determinação de 17 α metilttestosterona em amostras de sedimentos de tanques de piscicultura de peixes tilápia do Nilo. *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, pelo Instituto de Química da Universidade de Brasília - UNB, Brasília, 71 p., 2013.*
- ARENZON, A.; DE LORENZO, C.; COIMBRA, N. J.; SCHULZ, U. H. A determinação da toxicidade crônica para peixes baseada apenas na sobrevivência é suficiente? *Ecotoxicol. Environ. Contam.*, v. 8, n. 2, p. 65-68, 2013.
- BAPTISTA, D. F; DORVILLÉ, L. F; BUSS, D. F; NESSIMIAN, J. L. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Brazilian Journal of Biology*, n.61, p. 295-304, 2001.
- BAZANTE-YAMAGUISHI, R; LOMBARDI, J. V; MERCANTE, C. T. J; CARUSO, N. P. P; MOREIRA, L. E. B; PEREIRA, J. S. Análise Ecotoxicológica em Viveiro de Produção de Tilápia (*Oreochromis niloticus*), Utilizando o Cladóceros *Ceriodaphnia dubia* como Organismo-Teste. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.* v. 4, n. 1-3, p. 55-64, 2009.
- BERTOLETTI, Eduardo. *Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de São Paulo*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (Série manuais), 2ª ed, 42 p., São Paulo, 2013.
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e

consequências. *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BRASIL. Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 16 maio 2011. Seção 1, p. 89.

CAMPOS, B. G. de; ABESSA, D. M. de S.; LOPES, M. C.; SILVA, N. J. R. da. Avaliação ecotoxicológica em piscicultura no parque estadual da Serra do Mar-SP, Núcleo Itarirú. *O Mundo da Saúde*, 38(1):98-104, São Paulo, 2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Água: teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea)**. Método de ensaio. São Paulo: CETESB, p1-17, 1991.

COSTA, CARLA REGINA; OLIVI, Paulo; BOTTA, Clarice M. R; ESPINDOLA, Evaldo L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Quim. Nova*, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. L. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.68-87, 2010.

DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R.; NETO, A. G.; STÉFANI, M. V. de; MALHEIROS, E. B.; ZANARDI, M. F.; SANTOS, M. A. dos. Reversão sexual de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de banhos de imersão em diferentes dosagens hormonais. *Rev. Acadêmica*, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 391-395, 2007.

DOMINGUES, I.; OLIVEIRA, R.; LOURENÇO, J.; GRISOLIA, C. K.; MENDO, S.; SOARES, A. M. Biomarkers as a tool to assess effects of chromium (VI): comparison of responses in zebrafish early life stages and adults. Comparative biochemistry and physiology. *Toxicology & pharmacology: CBP*, v. 152, n. 3, p. 338-45, 2010.

FALONE, S. Z. Desenvolvimento de métodos para a determinação do hormônio 17 α -Metiltestosterona em amostras de água e de sedimentos de piscicultura: ensaios ecotoxicológicos com cladóceros. *Tese apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – USP*. 155 p., 2007.

GASTALHO, S.; SILVA, G. J. da; RAMOS, F. Uso de antibióticos em aquacultura e resistência bacteriana: Impacto em saúde pública. *Acta Farmacêutica Portuguesa*, vol. 3, n. 1, p. 29-45, 2014.

GUIMARÃES, E.S.; LACAVAL, P.M.; MAGALHÃES, N.P. Avaliação da toxicidade aguda com *Daphnia similis* na água captada no Rio Paraíba do Sul e processada na Estação de Tratamento de Água do município de Jacareí - SP – Brasil. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 2, 2004.

GUNKEL, G.; SELGE, F.; SOBRAL, M. do C. Re-oligotrophication of tropical Water reservoirs to minimize environmental impact. *River Basin Management*, VII, v. 172, p. 313-326, 2013.

HOMKLIN, S.; ONG, S. K.; LIMPIYAKORN, T. Biotransformation of 17 α -methyltestosterone in sediment under different electron acceptor conditions. *Chemosphere*, 82 (10): 1401-1707, 2011.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Avaliação da toxicidade aguda para peixes: parte D. 3: manual de testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos*. Brasília, DF, 1987.

ISO - International Organization for Standardization. *ISO 6341: water quality determination of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea)*. Geneve, 12 p., 1996.

KNIE, J. L.; LOPES, E. W. B. *Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações*. Florianópolis: Editora FATMA, 2004.

KOLAR, B.; ARNUS, L.; JERETIN, B.; GUTMAHER, A.; DROBNE, D.; DURJAVA, M. K. The toxic effect of oxytetracycline and trimethoprim in the aquatic environment. *Chemosphere*, 115, p. 75–80, 2014.

LAALE, H. W. The biology and use of zebrafish, *Danio rerio* in fisheries research. A literature review. *J. Fish Biol.*, v. 10, p. 121-173, 1977.

MAGALHÃES, G. V. V.; PAULA, E. S. de; STEFANUTTI, R. Avaliação da toxicidade em efluentes de fossa séptica para *Daphnia magna* e *Daphnia similis*. *Revista AIDIS*, v. 7, n. 3, p. 272 – 282, 2014.

MIRACLE, A. L.; ANKLEY, G. T. Ecotoxicogenomics: linkages between exposure and effects in assessing risks of aquatic contaminants to fish. *Reproductive Toxicology*, n. 19, p. 321-326, 2005.

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. *Daphnia, reproduction teste*. Draft OECD Guideline, 202, partIII, 1993.

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. *Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test*. OECD Guideline, 236, 22 p., 2013.

RAND, G. M.; WELLS, P. G.; MCCARTHY, L. S. Introduction to aquatic toxicology. In: RAND, G. M. (Ed). *Fundamentals of aquatic toxicology effects, environmental fate ad risk assessment*. 2ª ed., Washington: Taylor & Francis, p. 3 – 67, 1995.

REGITANO, J. B.; LEAL, R. M. P. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:601-616, 2010.

SOBRAL, M. C. M. Estratégia de Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. *Revista Eletrônica do PRODEMA – REDE*, v. 7, p. 76-82, 2011.

SOUZA, J. P. de; MEDEIROS, L. de S.; WINKALER, E. U.; MACHADO-NETO, J. G. Acute toxicity and environmental risk of diflubenzuron to *Daphnia magna*, *Poecilia reticulata* and *Lemna minor* in the absence and presence of sediment. *Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente*, Curitiba, v. 21, p. 1-12, 2011.

TESOLIN, G. A. S.; MARSON, M. M.; JONSSON, C. M.; NOGUEIRA, A. J. A.; FRANCO, D. A. de S.; ALMEIDA, S. D. B. de; MATALLO, M. B.; MOURA, M. A. M. de. Avaliação da toxicidade de herbicidas usados em cana-de-açúcar para o Paulistinha (*Danio rerio*). *O Mundo da Saúde*, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 86-97, 2014.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. Ed. Oficina de Textos, 1ª ed., São Paulo, 632 p., 2008.

UNEP - United Nations Environment Programme. *Chemical pollution: a global overview*. Geneva: UNEP, 105p., 1992.

USEPA - United State Environmental Protection Agency. *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. Washington, DC: USEPA, 266 p., 2002. (EPA/821-R-02-012).

VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. (Ed.). *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/ Ministério da Ciência e tecnologia, 399 p. 2000.

ZAGGATO, P. A.; BERTOLETI, E. *Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações*. Rima, São Carlos – SP, 2ª ed., 486 p., 2008.

ZHANG, Q.; LI, X. Pharmacokinetics and residue elimination of oxytetracycline in grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Aquaculture*, 272, p.140–145, 2007.

WALKER, C. H.; SIBLY, R. M.; HOPKIN, S. P.; PEAKALL, D. B. *Principles of ecotoxicology*. 4^a ed, New York: CRC Press, 360 p., 2012.

YASUI, G. S; SANTOS, L. C; SHIMODA, E; RIBEIRO-FILHO, O. P; CALADO, L. L; FREITAS, A. S; VIDAL-JUNIOR, M. V; FERREIRA, E. B. Masculinização de três linhagens de tilápias do Nilo utilizando o andrógeno sintético 17-a-metiltestosterona. *Zootecnia tropical*, 25 (4): 307-310, 2007.

7

Uso do lodo de tanques da piscicultura, especialmente em áreas agrícolas do Semiárido brasileiro

Jorge Luiz Araújo da Silva

Médico Veterinário, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Maria do Socorro B. Araújo

Eng. Química, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Everardo V. S. B. Sampaio

Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Ronaldo Faustino da Silva

Eng. Agrônomo, Instituto Federal de Pernambuco, IFPE

INTRODUÇÃO

A criação comercial de peixes (piscicultura) é uma das atividades do setor primário em maior expansão no mundo, contribuindo de forma significativa para o aumento da oferta de alimento de alta qualidade. O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura, com seus 8.350 km de costa, uma zona econômica exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km² e uma dimensão territorial que dispõe de 13% da água doce mundial, distribuídos na maior parte das regiões, incluindo rios, lagos e lagoas e águas represadas em reservatórios de hidrelétricas, além de áreas para produção em viveiros de terra escavados (ROCHA et al., 2013).

Esse potencial vem sendo crescentemente explorado, com a criação de espécies exóticas, como a carpa, a tilápia e a truta, e de espécies nativas, como o pacu e o tambaqui. O aumento da produção e da qualidade, além da inovação e do aperfeiçoamento de técnicas, têm tornado a piscicultura uma promissora atividade econômica. Atualmente, essa atividade é vista como uma nova opção de agronegócio, dividindo espaço com a agricultura e a pecuária. Ela permite que os agricultores aumentem seus espaços produtivos e aproveitem os recursos hídricos locais, incrementando sua renda. Além de ser uma alternativa de dinamização econômica e social da produção local, a criação de peixes pode contribuir para a preservação ambiental.

O crescimento da piscicultura no Brasil deve-se, principalmente, à expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede em reservatórios nas regiões Sudeste e Nordeste (SENAR, 2018). A região Nordeste apresenta condições climáticas, hidrobiológicas e de infraestrutura adequadas para a exploração dessa atividade e poderá se tornar uma referência mundial nesse setor se tiver sua produção desenvolvida de maneira organizada, respeitando o meio ambiente e a realidade social e cultural dos envolvidos. Como qualquer outra atividade econômica, necessita de planejamento básico e estratégias adequadas para produzir bons resultados.

No semiárido nordestino, a piscicultura vem se desenvolvendo principalmente em áreas de águas represadas em reservatórios, como os construídos para a geração hidrelétrica. Um dos principais é a barragem de Itaparica, situada no médio rio São Francisco, que ocupa uma área de 834 km² e acumula quase 11 bilhões de m³ de água. A barragem atende a três atividades de importância econômica: geração de energia, irrigação e piscicultura intensiva, especialmente para a tilapicultura, produção de tilápia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Na tilapicultura moderna, uma das etapas essenciais é a produção intensiva de alevinos em tanques escavados, que são vendidos para empresas que exploram comercialmente a produção de tilápias. Nos tanques escavados (Figura 1), os alevinos alimentam-se de fitoplâncton e de uma suplementação balanceada. Durante o processo de criação, parte da suplementação alimentar juntamente com uma proporção de alevinos mortos é depositada no fundo dos tanques, gerando um resíduo rico em proteínas e nutrientes minerais, como N, P e K (Figura 2). Este resíduo, denominado comumente de lodo, é retirado periodicamente, entre a despesca e o início de nova produção de alevinos.

Figura 1 - Tanques escavados para produção de alevinos, próximos ao lago de Itaparica, no semiárido de Pernambuco



Figura 2 - Aspecto do lodo depositado no fundo de tanques escavados, lodo úmido alguns dias após a despesca.



Todo este lodo gera um passivo ambiental, da forma como vem sendo empilhado nos terrenos vizinhos aos tanques. A gestão dos resíduos sólidos em atividades da agropecuária no Brasil é uma demanda (MAZZA et al., 2014) que se consolidou com a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), complementada com os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (ITEP, 2012).

Nesta gestão, a possibilidade de uso produtivo dos resíduos merece um especial destaque. No caso do lodo dos tanques, o passivo ambiental pode ser transformado em um ativo econômico valioso. É um material rico em matéria orgânica e nutrientes minerais, podendo ser utilizado como condicionante para melhoria da qualidade de solos utilizados para produção agrícola, na própria região de descarte ou em regiões vizinhas. É um potencial que vale a pena ser analisado e, eventualmente, aproveitado. Este capítulo revisa a produção de lodo de piscicultura e sua questão ambiental e a possibilidade de uso como fertilizante na agricultura mundial, como preâmbulo da descrição da produção de lodo de tanques na Região de Itaparica, no Vale do São Francisco, e seu aproveitamento como condicionador de solo. Este trabalho na Região de Itaparica foi parte do Projeto INNOVATE (Projeto binacional Brasil/Alemanha envolvendo as Instituições UFPE, CNPQ e Universitätsverlag der TU Berlin) e seus resultados já foram publicados em periódico do exterior (SILVA et al., 2018).

A tilapicultura no semiárido do NE

Todas as regiões brasileiras desenvolvem a piscicultura e têm um elevado potencial para a aquicultura (FAO, 2016). Entretanto, o país ainda é um franco importador de pescados. O Nordeste ocupa a segunda posição na produção de peixes,

logo atrás de região Sul, com uma participação de cerca de 20% da produção nacional, embora o valor da produção nordestina equivalha a apenas 8,4% da produção piscícola do Brasil.

A tilápia é o peixe mais utilizado na piscicultura nacional por apresentar crescimento rápido e bom rendimento de filé, além de ampla aceitação no mercado nacional e internacional (OSTRENSKY et al., 2008). A produção de tilápia no Brasil ultrapassou 331 mil toneladas em 2019, mais que dobrando nos últimos dez anos, e correspondendo à maior proporção do total de pescado proveniente da piscicultura continental (IBGE, 2020).

No rio São Francisco, a CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba) tem estimulado o investimento na piscicultura intensiva para geração de emprego e renda no semiárido nordestino principalmente através da consolidação dos Arranjos Produtivos Locais (APL). Estes APLs são formados na sua maioria por pequenos empreendimentos. No município de Itacuruba, em 2018, a produção de tilápia teve um valor de 9,86 milhões de reais (IBGE, 2020) e gerou cerca de mil empregos diretos e indiretos, o equivalente a cerca de 40% da mão de obra disponível no município.

A questão ambiental

Ao longo dos anos, a crescente degradação ambiental, resultado de constante e profunda ação antropogênica, tornou-se foco central nas discussões de conferências e encontros internacionais para o meio ambiente. Estima-se que dois bilhões de hectares de solo estão degradados devido à atividade humana, área maior que a dos Estados Unidos e do México juntos e, que muitas espécies estão ameaçadas de extinção devido à degradação ou destruição de habitats e a outras causas (TEEB, 2013). A questão ambiental passou a ser vista, cada vez mais, como um elemento essencial a ser considerado no processo de gestão. A mudança de mentalidade na direção da sustentabilidade ecológica vem inserida nas recomendações da coalisão *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise* (TEEB, 2013) e no Fórum Mundial para o Capital Natural, realizado em 2013.

A tendência atual traz a gestão ambiental como uma alternativa que vem ao encontro dos interesses socioeconômicos da humanidade, e, envolve cada vez mais o segmento empresarial, pois passou a ser vista pelas organizações, mais como geradora de lucros do que de custos, e ainda está ligada diretamente à sustentabilidade.

O agronegócio é um setor voltado à exploração de recursos naturais e, no passado, teve menor preocupações em relação à preservação ambiental. No entanto, mudanças sociais, econômicas, políticas e tecnológicas, ocorridas nas últimas décadas, levaram ao aumento de sua importância para o sucesso deste setor (GARCIA, 2005). O cuidado com o ambiente pode estar ligado à geração de poluição e possíveis restrições legais se causar prejuízo a terceiros. A falta de cuidado pode levar a restrições do mercado sobre os produtos agrícolas, incluindo a suspensão de compra pela sociedade, se ela se conscientizar dos efeitos negativos aos sistemas ecológicos.

Se a preocupação com a falta de cuidado com o ambiente vem aumentando, também vem a demanda por fertilizantes e deve aumentar mais com a crescente demanda por alimentos e produtos naturais em um mundo com população crescente e elevação da renda. Este aumento da demanda por fertilizantes pode levar à depleção de recursos naturais, como as fontes de fósforo e de potássio, e deve levar a aumentos de seus preços (ARNOLD, 2010).

PRODUÇÃO E IMPACTO AMBIENTAL DE LODO DO FUNDO DE TANQUES ESCAVADOS

Para analisar a possível utilização do lodo produzido em tanques escavados como aditivo em áreas agrícolas é necessário estimar a sua produção e determinar suas características. Para estimar a produção foram adotados os seguintes pressupostos: (i) o consumo de material orgânico da ração pelo peixe é pequeno e a maior parte da entrada deposita-se no lodo (HARGREAVES, 1998); (ii) cerca de 15% da alimentação oferecida não é consumida (BOYD; TUCKER, 1995) e 30% do alimento ingerido é excretado na forma de fezes (PORTER et al., 1987); e (iii) 50% da produção diária do fitoplâncton vão para os sedimentos (SCHROEDER et al., 1991).

A média da retenção de nutrientes por peixes é de 13% do carbono, 29% do nitrogênio e 16% do fósforo (AVNIMELECH; RITVO, 2003). O material orgânico disponível e não consumido, depositado no fundo dos tanques e através de seus efluentes, promove a eutrofização da água dos viveiros. A acumulação de matéria orgânica (MO) provoca oscilações de temperatura na água, acelera a proliferação de macrófitas e aumenta a atividade microbiana (MIZANUR et al., 2004). Em função disso, a produção de alevinos em tanque-escavados, com elevada produtividade, tem alta demanda de oxigênio dissolvido e não deve haver déficit no balanço de oxigenação

(OSTRENSKY et al., 2008). Para manter um ambiente propício para o crescimento dos alevinos, o lodo acumulado no fundo dos tanques precisa ser removido entre cada ciclo de produção.

A drenagem, armazenamento, utilização e descarte de lodo de fundo de tanques escavados é um tema de alta prioridade para a pesquisa, em particular devido ao fato de a produção em tanques ser frequentemente antagonizada por autoridades ambientais e pelo público (AVNIMELECH; RITVO, 2003). Portanto, existe a necessidade de definirem-se manejos adequados e utilização de critérios técnicos apropriados, na implantação desta atividade. No entanto, há carência de documentação científica sobre os aspectos quantitativos e qualitativos de lodos dos viveiros nas diferentes fases de produção da tilápia e isto dificulta a adoção mais ampla do uso desses lodos para aproveitamento em atividades agrícolas (LIN; YI, 2003).

Existe uma farta literatura sobre o uso de lodo de esgoto para melhoria da fertilidade do solo e os possíveis riscos de contaminação ambiental (SILVA, 2001). Entretanto, pouco se sabe sobre o aproveitamento de resíduo do fundo dos tanques de produção peixes para este mesmo fim. É provável que os riscos ambientais sejam menores, já que, diferindo dos esgotos, os tanques devem receber nada ou quase nada de metais pesados e substâncias tóxicas e os problemas sanitários causados pelas fezes e outros resíduos dos peixes devem ser menores que os dos resíduos dos esgotos.

O acúmulo de carbono, nitrogênio e fósforo, como uma fração da composição de nutrientes nos lodos dos viveiros de peixe têm sido relatados por vários pesquisadores. Em geral, entre 24 e 38% do nitrogênio e 47 e 84% do fósforo contidos nos alimentos são acumulados nos lodos de viveiros (FUNGE-SMITH; BRIGGS 1998). Já o acúmulo de carbono orgânico nos sedimentos foi estimado em torno de 25% do adicionado na ração (AVNIMELECH; RITVO, 2003).

As concentrações de vários elementos (C, N, Mg, K, Na e B) aumentam no sedimento dos tanques mais velhos (MUNSIRI et al., 1996). Na produção semi-intensiva de tilápia podem ser acumulados até 173 ton ha⁻¹ ciclo⁻¹ de lodo (MUENDO, 2006) e na produção intensiva até três vezes mais (OSTRENSKY, 2002). A produção semi-intensiva corresponde a 455 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 238 kg ha⁻¹ de fósforo.

Solo e resíduos orgânicos como condicionantes

O solo é um capital natural finito, não renovável, e a produtividade biológica que ele gera é utilizada em primeiro lugar para produção de alimentos. O solo também funciona como um reservatório de água para as plantas, e todas as práticas de manejo de água em agricultura visam à manutenção de seu nível em condições ideais para o desenvolvimento das culturas (REICHARDT, 1988). A capacidade dos solos de sustentar o crescimento de plantas e as atividades biológicas é função das suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A disponibilidade de água é o fator dominante relacionado ao crescimento de plantas, pois além do seu efeito direto também afeta a resistência mecânica, a aeração e a temperatura do solo (PEDROTTI et al., 2001).

A matéria orgânica do solo (MOS) tem sido reconhecida como um dos mais importantes atributos de qualidade dos solos (DORAN; PARKIN, 1994). A matéria orgânica tem um papel vital na manutenção da fertilidade, e no aumento da produtividade e na estabilidade e sustentabilidade do ecossistema natural e agrícola. Ela está relacionada com diversas características do solo que definem seu potencial produtivo e sua erodibilidade, tais como tamanho e estabilidade dos agregados, capacidade de armazenamento e infiltração de água, compactação e resistência à penetração de raízes, biomassa e atividade microbiana, mobilização de substâncias tóxicas, solubilização de nutrientes das partículas, além de ser fonte de macro e micronutrientes para os vegetais (PAVAN; CHAVES, 1998).

Para aumentar a fertilidade do solo, é comum a adição de matéria orgânica na forma de esterco animal e adução verde. Mas também podem ser adicionados lodos e efluentes (SILVA, 2001). O resíduo gerado na produção animal é de grande utilidade para fins agrícolas, quer como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em virtude de seu conteúdo de material orgânico, quer como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas, em virtude de sua composição química (LIMA; GONÇALVES, 1999). Os biofertilizantes fornecem nutrientes naturais às culturas com custos de produção baixos, que permitem reduzir os gastos com produtos químicos (ROSA, 1998).

O lodo do fundo dos tanques de produção de alevinos é uma alternativa de aproveitamento como condicionante de solo na região semiárida, já que os solos desta

região, em geral, possuem baixos teores de matéria orgânica, e alguns, com potencial agrícola, são de baixa fertilidade natural (ARAÚJO FILHO et al., 2012). O impacto alcançado com o uso dessa prática é dependente das condições de clima, fertilidade e estrutura do solo, e manejo, quantidade e qualidade dos lodos adicionados (MORAES et al., 2002).

O lodo de fundo de tanques da piscicultura é rico em matéria orgânica, nitrogênio e potássio (BOYD et al., 2002). A matéria orgânica acumulada no lodo pode melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a capacidade de retenção de água, a aeração e a estabilidade dos agregados e, adicionando nutrientes (MILLER et al., 1990). Entretanto, a literatura sobre lodo de tanques como condicionador de solos é escassa no mundo e sobre seu aproveitamento no semiárido é praticamente inexistente.

A exploração agrícola no semiárido geralmente leva à queda na fertilidade do solo, já que os nutrientes exportados com a retirada dos produtos não são repostos com a adubação. Praticamente não se fazem adubações químicas e as adubações orgânicas são limitadas pela baixa disponibilidade. Além disso, é frequente que haja perda da camada superficial dos solos por erosão e essa camada é a mais rica em nutrientes. Resíduos orgânicos de baixo custo podem ser uma tecnologia alternativa para a agricultura nessas áreas. Naturalmente, sua aplicação deve estar alicerçada à preocupação ambiental e social e a modelos tecnológicos que promovam o desenvolvimento econômico e social (AZEVEDO, 2002).

Produção e aproveitamento do lodo de tanques em Itaparica

A tilapicultura no entorno do reservatório de Itaparica está concentrada principalmente em três municípios de Pernambuco: Itacuruba, Jatobá e Petrolândia. Na Região de Desenvolvimento de Itaparica, especificamente no município de Itacuruba, foram localizados 26 ha de viveiros para produção de alevinos de tilápia, em tanques escavados em áreas próximas ao corpo de água do reservatório. As autoridades municipais afirmaram que há planos de expansão para 100 ha nos próximos anos. Os cálculos feitos a partir de medidas em vários tanques indicaram a geração, na Região, de 2,5 mil toneladas de lodo por ano.

Lodo de tanques escavados de produção de alevinos de tilápias sob manejo intensivo, do município de Itacuruba, próximo à barragem de Itaparica, foi testado como condicionador de solo da região por Silva et al. (2018). Análise do lodo indicou ausência de contaminação com metais pesados e substâncias tóxicas e níveis de C, N, P e K bem acima dos do solo, indicando que o lodo poderia ser usado como fertilizante orgânico (SILVA et al., 2018).

Em caso de vegetação, o lodo melhorou as características químicas e físicas do solo, incluindo sua capacidade de retenção de água, e proporcionou um melhor desenvolvimento de plantas de alface que o solo sem sua adição (SILVA et al., 2018). Os autores concluíram que lodo gerado nos tanques da região tem um enorme potencial para melhorar a qualidade dos solos das áreas agrícolas do entorno, além de se colocar como uma alternativa de mitigação deste passivo ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as quantidades de lodo de tanque produzidas na região Nordeste, milhares de hectares poderiam ter seu solo melhorado com a adição do lodo. Como as condições de produção de peixes em outras regiões são relativamente semelhantes, a possibilidade de uso do lodo como condicionante de solos tem um enorme potencial de aumentar a produção agrícola e resolver o problema ambiental de sua deposição.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B. MARQUES, F. A.; TORRES, H. L. L. *Solos*. In: Geodiversidade do estado de Pernambuco. Fernanda Soares de Miranda Torres e Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Orgs.). Recife: CPRM, Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. 282 p. 2014.

AVNIMELECH, Y., RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*, v. 220, 549-567, 2003.

AZEVEDO, R. A. B. A sustentabilidade da agricultura e os conceitos de sustentabilidade estrutural e conjuntural. *Revista Agricultura Tropical*, v. 6, 9-42, 2002.

BOYD, C. E; WOOD, C. W.; THUNJAI, T. *Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management*, Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University, Cowallis, 2002.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 1995. Sustainability of channel catfish farming. *World Aquaculture*, v. 26, 45 - 53, 1995.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. *Defining and Assessing Soil Quality*. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A., Eds., *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Science Society of America Journal, Madison, p3-21. 1994 <http://dx.doi.org/10.2136/sssaspepub35.c1>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all*. Rome, Italy: FAO, 200 p. 2016.

FUNGE-SMITH, S. J.; BRIGGS, M. R. P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture* 164, 117-133, 1998.

GARCIA, J. R.; COSTA, A. J. D. *Sistema Produtivos Locais: uma revisão da literatura*. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO DE NEGÓCIOS, 2, 2005, Curitiba, PR. Anais Eletrônicos. Curitiba: UniFae Centro Universitário, 2005. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/se2_iniciacao.asp>. Acesso em: 01/08/2017.

HARGREAVES, J. A. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166, 181-212, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Tilápia, quantidade produzida*. Pesquisa Agropecuária, Piscicultura. Disponível em: <IBGE.Cidades@Brasil>. Acesso em: 07/07/2020.

IITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco. *Plano Estadual de Resíduos Sólidos Pernambuco*. SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, Recife, 306p. 2012.

LIMA, M. R. P.; GONÇALVES, R.F. *Desidratação do lodo de lagoas*. In: Gerenciamento do lodo de Lagoas de estabilização não mecanizadas. Ricardo Franci (coordenador). PROSAB - Programa de pesquisa em Saneamento Básico, Rio de Janeiro: ABES, Cap. 6, p. 49-61. 1999.

LIN, C. K.; YI, Y. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. *Aquaculture*, 226, 57-68, 2003.

MAZZA, V. M. S.; MADRUGA, L. R. R. G.; AVILA, L. V.; PERLIN, A. P.; MACHADO, E. C. ; DUARTE, T. L. Gestão de resíduos sólidos em propriedades rurais de municípios do interior do estado do Rio Grande do Sul. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* , 7, 683-706, 2014.

MILLER, R. W.; MILLER, J. U.; DONAHUE, R.L. *Soils: an introduction to soils and plant growth*. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey, USA, 768p. 1990.

- MIZANUR, R.; YAKUPITIYAGE, A.; RANAMUKHAARACHCHI, S. L. Agricultural use of fishpond sediment for environmental amelioration. *Thammasat International Journal Science and Technology*, 9, 1-12, 2004.
- MORAES, M. H.; MULLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. *Qualidade Física do Solo - Métodos de Estudo - Sistemas de Manejo e Preparo do Solo*. Jaboticabal-SP. Funep. 225p. 2002.
- MUENDO P. N.; STLOORVOGEL, J. J.; VERDEGEM, M. C. J.; GAMAL E. N.; VERRETH, J. A. J. *The role of fish ponds in farms' nutrient balances*. In: Proceedings of the Fish Ponds in Farming Systems' Symposim, Can Tho, Viet Nam. 2006.
- MUNSIRIL, P.; BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTOTI, D.; HAJEK, B. Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. *Aquaculture International*, 4, 157-168, 1996.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, E.D. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: SEAP/FAO. 276p. 2008.
- OSTRENSKY, A. *Aqüicultura brasileira e sua sustentabilidade*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12. Goiânia. Anais... Goiânia, p. 4-10. 2002.
- PAVAN, M. A., CHAVES, J. C. D. *A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas*, Londrina: IAPAR, 1998, 36 p.
- PEDROTTI, A.; PAULLETO, E. A.; CRUVINEL, P. E.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. de M.; MACEDO, A. da S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido à diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 521-529, 2001.
- PORTER, C. B.; KROM, M. D.; ROBBINS, M. G.; BRICKELL, N.; DAVIDSON, A. Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*, 66, 287 - 289, 1987.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2, 211-216, 1988.
- ROCHA, C. M. C.; RESENDEI, E. K.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aqüicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48, iv-vi, 2013. Doi: 10.1590/S0100-204X2013000800iii.
- ROSA, A.V. *Agricultura e meio ambiente*. Editora Atual, São Paulo, 95p. 1998.
- SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. *Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede*. Brasília, SENAR, 2018. 108p.

SCHROEDER G. L.; ALKON, A.; LAHER, M. *Nutrient flow in pond aquaculture systems*. In: Brune, D. E., Tomasso, J. R. (Eds.) *Aquaculture and Water Quality*. World Aquaculture Society. Baton Rouge, USA. pp. 489-505. 1991.

SILVA, A. C. N. *Indicadores de Contaminação Ambiental e Diretrizes Técnicas para Disposição Final de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: Uma Abordagem Multidisciplinar*. Dissertação de Mestrado, Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2001.

SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LUDKE, J. V.; PRIMO, D. C. Management of sludge from fish ponds at the edge of the Itaparica Reservoir (Brazil): an alternative to improve agricultural production. *Regional Environmental Change*. 18,pp 1999-2004, 2018.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity. *in Business and Enterprise*. Ed.: Joshua Bishop, Earthscan, London, 270p. 2012.

8

Modelagem institucional para resolução de conflitos da piscicultura no Semiárido pernambucano a partir da Análise de Constelação

Maiara Gabrielle de Souza Melo

Gestora ambiental, Instituto Federal da Paraíba, IFPB

Maria do Carmo Sobral

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

INTRODUÇÃO

Dentre os múltiplos usos da água que ocorrem em reservatórios no Semiárido nordestino tem-se destacado a piscicultura como atividade de grande potencial para gerar renda e dinamizar a economia local. O Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura 2015-2020 evidenciou que a região Nordeste foi a maior produtora de pescados advindos da atividade aquícola em 2013, com 140.748 toneladas. O mesmo documento afirma que no Brasil, a aquicultura continental, que é essencialmente representada pela piscicultura, foi responsável 82,36% deste valor.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui condições ideais para o desenvolvimento da aquicultura, dentre as quais se podem ser citadas a elevada disponibilidade hídrica, a boa qualidade da água, clima quente com pequena variação de temperatura e solos propícios para construção de viveiros escavados. Por este motivo, um dos maiores polos de piscicultura do Nordeste está localizado no entorno dos grandes açudes do Submédio e Baixo São Francisco (Xingó, Itaparica e Moxotó) (VIDAL, 2016).

No contexto de Pernambuco, essa atividade se desenvolveu na região do semiárido logo após a construção das grandes barragens para a implantação das hidroelétricas na bacia do rio São Francisco, com o Programa de Aquicultura e Recursos Pesqueiros da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2008). Nessa região, a piscicultura tem-se realizado principalmente em tanques-rede, sobretudo nos reservatórios construídos para a geração de energia elétrica, e em tanques escavados. Os tanques-rede funcionam como

"gaiolas" inseridas nos reservatórios, enquanto os tanques escavados são abertos no solo com esta finalidade.

Dentre as vantagens dos tanques-rede, Oliveira e Santos (2015) descrevem que em todo o Brasil, e de forma especial nas regiões com restrição hídrica, a adoção dos tanques-rede para produção de peixes é uma tecnologia que permite a água ser usada com o máximo de economia, pois ela permanece disponível para fins precípuos, como geração de energia, irrigação, uso doméstico e industrial. Os autores explicam ainda que essa tecnologia permite explorar de forma racional o volume de água de pequenos, médios e grandes reservatórios, sem aumentos de uso de terras novas e nas demandas de água para o fim único de produção de peixes. Ela contribuiu também para o aumento da produção de pescado, a geração de empregos no campo, a geração de renda e a melhoria da segurança alimentar.

Já com relação aos tanques escavados, o Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura 2015-2020 afirma que sua grande vantagem desse sistema é o uso da produtividade primária como fonte de alimentos, o que proporciona a diminuição do consumo de ração e, conseqüentemente, melhor conversão alimentar. A fonte de abastecimento pode ser o mar, rios, lagos e até mesmo águas subterrâneas, como nascentes de água e poços (BRASIL, 2015).

Por outro lado, a piscicultura apresenta potencial impactante negativo, podendo comprometer a qualidade da água e afetar a biodiversidade local, devido à liberação de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes da ração e dejetos dos peixes, associado ao uso de antibióticos e hormônios. Por isso a gestão de recursos pesqueiros se faz importante, uma vez que atualmente não vem assegurando o crescimento econômico da atividade simultaneamente à sustentabilidade do uso dos recursos (SOBRAL et al., 2009).

Cardoso et al., (2016) destacam que a piscicultura envolve inter-relações com outras atividades, e por isso é necessário integrar os diversos fatores de influência, como a sociedade civil, corpo técnico ambiental, legislativo, administrativo, os órgãos públicos e privados envolvidos, os usuários diretos e indiretos do recurso hídrico e os gestores do corpo hídrico onde a atividade está instalada, a fim de garantir uma gestão participativa, socialmente responsável e com viabilidade econômica.

Desta forma, torna-se visivelmente necessária a estruturação de arranjo institucional que facilite a articulação entre os envolvidos na atividade de piscicultura.

Buscando suprir esta lacuna, o objetivo deste texto é propor modelagem institucional que aponte caminhos para auxiliar a resolução dos principais problemas identificados na prática da piscicultura realizada no Semiárido de Pernambuco. Ressalta-se que para propor modelos capazes de oferecer perspectivas para aprimoramento de uma atividade é necessário ouvir os diversos *stakeholders* envolvidos. Por este motivo, a técnica utilizada neste estudo foi a análise de constelação, que consiste em uma ferramenta interdisciplinar de planejamento e gestão que permite que um mesmo problema seja avaliado a partir de diversas perspectivas sob quatro aspectos básicos: atores/*stakeholders*, elementos técnicos, elementos naturais e símbolos/legislações.

Acredita-se que os modelos propostos poderão ser ajustados para outros locais em que haja a prática da piscicultura com características semelhantes, além de contribuir para ampliação dos espaços de discussão e decisão colegiada, inserindo representações de todos os grupos identificados na governança da piscicultura e ampliando a democratização deste processo.

MODELAGEM INSTITUCIONAL

Entende-se por modelagem institucional a estruturação da melhor forma organizacional que pode ser aplicada a atividades ou instituições a fim de que estas desempenhem sua função de maneira mais eficiente. Este tipo de estudo pode ser realizado para organizações específicas, ou para determinados tipos de situações problema. Neste texto, a proposta de modelagem institucional será destinada ao aprimoramento da atividade piscicultora. Foi priorizada a modelagem visando a resolução dos principais conflitos identificados nestas áreas e o aprimoramento de arranjos de governança local.

Defende-se ainda, uma modelagem institucional que englobe além as instituições do Estado, a níveis federal, estadual e municipal, as organizações da sociedade civil além de grupos de agricultores que residem nestes locais e nele constroem as suas vidas.

Ostrom (2005) definiu a categoria instituições como regras formais e informais que são entendidas e utilizadas por uma comunidade. As regras formais de uso são normas que “incluem a legislação, as decisões do executivo e do judiciário e contrato entre particulares” e as informais são “regras de costume que possam ter surgido ou sido formuladas em condições em que não são reconhecidas por lei” (OSTROM, 2009). Segundo a autora, o futuro dos recursos naturais dependeria da

habilidade das pessoas de criarem novas instituições ou melhorar as já existentes para a sustentabilidade dos recursos, das escalas locais às regionais e globais.

A modelagem institucional aqui proposta parte do princípio que a função da estrutura é facilitar a realização do objetivo da atividade/instituição (CHANDLER JUNIOR, 1962; HAMEL; PRAHALAD, 1994; MELLO; MARTINS, 2009). Apresentar um modelo com estrutura de instituições e suas respectivas possibilidades de atuação frente às demandas identificadas contribui para facilitar a resolução de problemas ambientais. Contudo, Mello e Martins (2009) ressaltam que é necessário compreender que a estrutura constitui um dos elementos essenciais do modelo de gestão de qualquer organização tornando-se, portanto, requisito necessário, mas não suficiente para assegurar a efetividade organizacional.

ANÁLISE DE CONSTELAÇÃO

A análise de constelação é uma ferramenta interdisciplinar de planejamento que permite que um mesmo problema seja avaliado a partir de diversas perspectivas. De acordo com Schön; Nölting e Meister (2005) ela é uma ferramenta para estruturação, análise e desenho de constelações complexas.

Esta metodologia teve seus primeiros estudos realizados por pesquisadores do Centro de Tecnologia e Sociedade da Universidade Técnica de Berlin divulgados por meio da publicação “*Konstellationsanalyse - Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Technik, Nachhaltigkeits und Innovationsforschung*” em 2004 (SCHÖN; NÖLTING; MEISTER, 2004).

Uma constelação é composta de quatro elementos que estão inter-relacionados: atores (personalidades individuais, organizações, instituições públicas e privadas, ONGs, etc.), elementos técnicos (objetos técnicos, equipamentos, estruturas), símbolos (normas, leis, conceitos, ideologias, ações políticas e sociais) e elementos naturais (ar, água, paisagens) (SCHÖN; NÖLTING; MEISTER, 2004). Estes componentes devem ser analisados isoladamente, dentro da temática observada, e como se relacionam com os outros elementos da constelação. O tipo de relação entre estes elementos pode ser descrito como: simples, direcionada, indeterminada, incompatível, conflituosa, sem resistência, reacional ou tênue. Pode-se considerar esta técnica de análise inovadora, uma vez que agrega elementos naturais, técnicos, atores e símbolos em seu escopo, além de permitir análise integrada entre estes elementos.

Estes autores acreditam que análise de constelação é um conceito interdisciplinar adequado para realização de pesquisas que abordem desenvolvimento sustentável, inovações e tecnologia por apresentar-se como uma abordagem teórico metodológica comum para diferentes disciplinas, que possui como elementos chave: (i) o foco em relações entre todos os atores importantes, (ii) a igualdade de tratamento entre elementos heterogêneos, (iii) concepção de alcance médio que permite comparação com outros resultados sem objetivo de generalização final e (iv) o desenvolvimento de adequado método de análise e representação com componentes visuais significativos.

Schön, Nölting e Meister (2004) afirmam que esta metodologia se divide em quatro etapas: mapeamento, descrição, caracterização e análise, que não são necessariamente consecutivas, mas interativas e interligadas. Estas etapas podem ser executadas várias vezes, em sucessão ou em paralelo. Os autores afirmam ainda que após a análise de constelação podem ser desenvolvidas estratégias ou intervenções a fim de influenciar as constelações no sentido da sustentabilidade.

Por outro lado, Rodorff (2013) salienta que as visualizações das constelações são apenas uma simplificação do complexo campo de atores e interações necessárias para apoiar e estruturar o resultado a pesquisa de maneira abrangente, analítica e conceitual, permitindo assim abordar a condução central ou fatores restritivos no trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A região do Semiárido brasileiro tem como traço principal as frequentes secas que podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas (BARCELLOS; GREEN; PINTO, 2007). Seu espaço geográfico estende-se por oito Estados da região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) além do Norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km (MEDEIROS, 2012).

O Estado de Pernambuco situa-se na porção oriental do Nordeste, na Zona Tropical, possui uma área de 98.311,66 km² do território Nacional. Limita-se ao norte, com os Estados da Paraíba e do Ceará; ao sul, com os Estados de Alagoas e da Bahia;

a leste, com o Oceano Atlântico; e a oeste, com o Estado do Piauí (FIGUEIREDO, 2010). Apesar de conter 87,60%, do seu território na região Semiárida, apenas 65,95% dos municípios de Pernambuco estão nessa área (INSA, 2012).

A Região de Desenvolvimento de Itaparica, lócus deste estudo, localizada no Semiárido pernambucano, compreende sete municípios e área total de 9.508.612 km² e com população de 134,2 mil habitantes. Dados da Invest PE (2013) afirmam que a região tem participação de 1,39% no PIB de Pernambuco. Fazem parte desta Região os municípios de: Belém de São Francisco, Carnaubeira da Penha, Floresta, Itacuruba, Jatobá, Petrolândia e Tacaratu (MEDEIROS, 2011). As principais atividades econômicas da RD do Sertão de Itaparica são: a agricultura irrigada, a piscicultura, a agricultura de sequeiro, explorada principalmente pela agricultura familiar; e a caprinovinocultura (MEDEIROS, 2011).

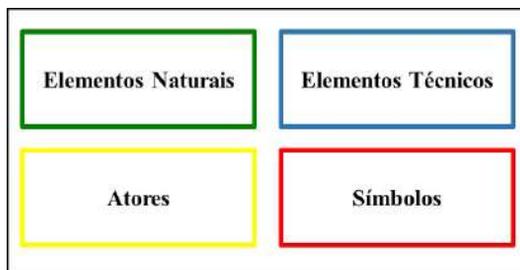
Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa tem característica multidisciplinar e está inserida no âmbito do Projeto INNOVATE - *Interplay among uses of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems*, que possuiu como área de estudo, o reservatório de Itaparica, localizado entre os estados de Pernambuco e Bahia, no trecho Submédio do rio São Francisco, semiárido brasileiro.

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica e documental para identificar todos os *stakeholders* envolvidos na piscicultura e os principais problemas socioambientais desta atividade. Posteriormente, foi utilizada a metodologia de “Análise de Constelação” baseada na proposta de Schön, Nölting e Meister (2004) e no trabalho de Rodorff (2013), para observar como os *stakeholders* se relacionam. Para estes autores a análise de constelação funciona como uma plataforma comum para análise de diferentes perspectivas.

A técnica da Análise Constelação baseia-se na interpretação visual das constelações para serem examinadas. As representações gráficas fornecem o dado inicial para a análise relacional entre seus elementos. A metodologia utiliza quatro categorias: Elementos naturais, elementos técnicos, atores e símbolos, representados pelas cores verde, azul, amarelo e vermelho respectivamente (Figura 1).

Figura 1 - Elementos gráficos para análise de constelação



Fonte: Adaptado de Rodorff et al. (2013).

Os elementos podem ser categorizados em de centralidade ou periféricos (SCHÖN, NÖLTING, MEISTER; 2004). Além disso são analisados os tipos de relação entre estes elementos (Quadro 1).

Quadro 1 - Tipo de relação e representação gráfica da análise de constelação

Tipo de relação	Representação gráfica
Relação simples Os elementos estão interrelacionados	_____
Relação Direcionada Um elemento atua sobre o outro	_____→
Relação Indeterminada A relação entre os elementos está indeterminada (Sabe-se que ela existe, mas não se sabe como ela se dá)	_____?
Relação Incompatível Dois ou mais elementos estão incompatíveis	_____ _____
Relação Conflituosa Um elemento se opõe de maneira explícita contra outro elemento	_____↯
Relação sem resistência (Passiva) Um elemento se mantém passivo com relação a outro	_____▭_____
Relação Reacional Dois elementos estão em correlação, que se intensifica	←_____→
Relação Tênu Elementos que teoricamente deveriam se relacionar, na prática não apresentam relação	_____

Fonte: Rodorff, 2013.

As oficinas para análise de constelação utilizadas nesta pesquisa foram realizadas em conjunto com outros pesquisadores do projeto INNOVATE. Para os objetivos deste estudo, a análise de constelação realizada envolveu os resultados de três oficinas em campo com aproximadamente 90 pessoas ao todo, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Informações sobre as oficinas de Análise de Constelação realizadas

Público alvo das oficinas	Quantidade de participantes
Agricultores e Pescadores	19 pessoas
Lideranças locais, Órgãos gestores locais, pescadores, agricultores, representantes de ONGs	23 pessoas
Representantes de órgãos federais e estaduais relacionados com o sistema Itaparica e representantes de Universidades	50 pessoas

Nestes três encontros a metodologia foi igualmente aplicada. Em cada oficina foram formados subgrupos que deveriam montar um esquema de constelação, colado na parede, com o tema específico dado. Para auxiliar neste processo, os grupos possuíam um facilitador e um relator, integrantes do projeto INNOVATE, para discutir com os participantes e orientar a montagem. Os facilitadores e relatores eram estudantes e professores de cursos de graduação e pós-graduação relacionados a área ambiental e conheciam previamente a metodologia utilizada. O resultado destas oficinas foi a montagem de 13 redes que refletem aspectos locais. Devido ao foco do estudo aqui apresentado estar na piscicultura, a interpretação das constelações resultantes das oficinas foram analisadas nesta perspectiva.

Para análise das constelações tomou-se como base a metodologia de análise de conteúdo descrita por Bardin (2009). Estudo de análise de constelação realizado por Kröger, Rückert-John e Schäfer (2012) também utilizaram análise de conteúdo com foco sobre os elementos-chave e seus relacionamentos para interpretação de desenho da constelação. Os autores destacaram que circunstâncias pouco claras foram clarificadas por pesquisas bibliográficas complementares ou pedidos específicos para especialistas

Para a pesquisa aqui descrita, primeiramente foram observados se os elementos citados nos grupos correspondiam às categorias (elementos naturais, elementos técnicos, Atores e Símbolos) em que foram enquadradas. Os elementos que não se enquadraram foram descartados. Após esta etapa, foram comparados dados de frequência dos elementos naturais, técnicos, atores e símbolos. A partir disso, foram montadas constelações sínteses para agricultura, piscicultura e pesca artesanal. Nestas constelações síntese identificou-se os elementos centrais e periféricos e os tipos de relação existentes entre eles.

Após esta fase foi analisada a interação entre *stakeholders* identificados e os elementos da constelação, observando as ações dos agentes responsáveis pela gestão da atividade e suas principais ações, além da formulação de constelação síntese para a piscicultura. Paralelamente foi realizado levantamento de dados secundários envolvendo levantamento bibliográfico, documental e aspectos legais para elaboração das propostas de modelagem institucional.

Partiu-se do princípio que a relação entre a observação da realidade, a análise das opiniões dos atores envolvidos com o objeto de estudo, e os materiais bibliográficos utilizados como referência permitiria a criação de modelos com maior possibilidade de sucesso. Por este motivo, destaca-se que os modelos aqui propostos não são a única solução para os problemas identificados, mas sim as soluções emergentes a partir das análises realizadas nos contextos descritos e a partir das referências aqui escolhidas.

ANÁLISE DE CONSTELAÇÃO APLICADA À ATIVIDADE DE PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

A análise de constelação é uma prática naturalmente interdisciplinar, que busca entender as relações entre sujeitos, instituições, elementos técnicos e naturais, bem como dos requisitos legais aplicados a cada caso. A realização deste exercício, passa antes de tudo, pela compreensão que diferentes atores podem perceber as mesmas situações de maneiras diversas, de acordo com suas experiências e vivências.

Após a realização das atividades, as constelações montadas foram analisadas, os seus elementos categorizados e foi realizada uma observação dos itens mais frequentes, conforme dados apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Elementos mais citados na Análise de Constelação

Categoria	Quantidade de elementos citados	Elementos mais frequentes
Elementos Naturais	111	<ul style="list-style-type: none"> -Água - Poluição/ Desequilíbrio ecológico - Biodiversidade/Caatinga - Peixes (introduzidos e nativos) - Semiárido
Elementos Técnicos	159	<ul style="list-style-type: none"> - Agrotóxicos/ Fertilizantes/ Pesticidas - Infraestrutura (Comunicação, estradas, transporte, segurança e tubulação) - Abastecimento, consumo e tratamento de água - Aquacultura/ Pesca/Piscicultura - Tratamento de águas residuais, efluentes e resíduos de agrotóxicos - Reservatórios (Itaparica e outros) - Irrigação (Tecnologia, modernização e investimento) - Agricultura - Tanques-rede e tanques escavados.
Atores	317	<ul style="list-style-type: none"> - Ministérios - Poder público municipal - Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) - Agricultores - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - Secretarias estaduais - Banco do Nordeste - Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH)
Símbolos	151	<ul style="list-style-type: none"> - Legislações ambientais e de recursos hídricos - Título da terra/ Regularização fundiária - Questões diversas relativas à localidade (Aposentadoria do agricultor, documento com reivindicações por agrovila, perdão de dívidas, plano de assistência familiar pós-morte, entre outros) - Programas de investimento/ Financiamento das atividades agrícola e pesqueira - Instrumentos para gestão ambiental, tais como Avaliação de impacto ambiental e licenciamento ambiental.

Fonte: Melo, 2016.

Observou-se a predominância de citação de atores, seguidos de elementos técnicos, símbolos e elementos naturais. As principais questões identificadas na análise de constelação relativas à piscicultura e os grupos em que elas foram discutidas são representadas no quadro 4.

Quadro 4 - Resumo das principais temáticas abordadas nas oficinas de Análise de Constelação

Temática identificada	Grupo 1 ¹	Grupo 2 ²	Grupo 3 ³
Conflitos entre pescadores e piscicultores	x	x	x
Degradação do reservatório	x	x	x
Dificuldade de comercialização dos produtos	x		
Problemática das áreas de expansão	x		x
ATER insuficiente	x		x
Qualificação de agricultores, piscicultores, mulheres e jovens	x	x	x
Ausência da participação nas decisões	x	x	
Atuação insuficiente da prefeitura	x	x	x
Financiamentos das atividades produtivas	x	x	x
Necessidade de educação ambiental		x	x
Desarticulação dos órgãos responsáveis por ações		x	x
Ausência de fiscalização do cumprimento da legislação	x	x	x
Necessidade de recomposição florestal de APP e reserva legal	x	x	x

¹Formado por agricultores e pescadores; ²Formada por lideranças locais, ONGs e representantes do poder público municipal; ³Formado por de órgãos federais e estaduais relacionados com o sistema Itaparica e representantes de Universidades.

Fonte: Melo, 2016.

As 13 temáticas mais citadas nas constelações representam os maiores problemas vivenciados que podem afetar a piscicultura. A piscicultura no semiárido vem se expandindo significativamente como uma alternativa econômica de produção alimentar para a população local. As principais atividades aquícolas desempenhadas na área analisada neste estudo são a piscicultura em tanques-rede e tanques escavados.

Embora existam questões citadas pelos três grupos, destaca-se que apenas o grupo formado por agricultores e pescadores citou a dificuldade de comercialização de seus produtos, e que este grupo foi o único que não apontou a necessidade de educação ambiental e a desarticulação das instituições como temáticas importantes. Outro aspecto que merece destaque é o fato dos grupos um e dois, apesar de serem mais locais, indicarem que estão ausentes da participação nas decisões demonstrando carência dos espaços de discussão e tomada de decisão coletiva.

Conforme os procedimentos metodológicos descritos no capítulo anterior, a constelação acima foi elaborada considerando as cores verde, azul, amarelo e vermelho para as categorias elementos naturais, elementos técnicos, atores e símbolos, respectivamente. Na centralidade da constelação encontram-se a piscicultura e vários elementos técnicos relacionados a ela. Os elementos naturais aparecem em menor quantidade enquanto os *stakeholders* são os mais numerosos. Os principais problemas socioambientais identificados por meio da aplicação da técnica de análise de constelação são descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Principais problemas socioambientais descritos para a piscicultura no Semiárido pernambucano

Problemas socioambientais identificados
1- Degradação da qualidade da água pelo lançamento de ração para os peixes que juntamente com seus dejetos contribuem para o aumento da presença de nutrientes e conseqüente risco de eutrofização do reservatório, no caso de tanques-rede, ou do corpo hídrico receptor do efluente, no caso dos tanques escavados.
2- Assistência técnica ineficiente para pequenos piscicultores.
3- Burocracia na regularização dos tanques-rede devido à demora de resposta da solicitação realizada junto à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, que compreende o licenciamento ambiental, a outorga para uso de água e parecer conclusivo para a segurança do tráfico aquaviário.
4- Dificuldade de acesso a financiamento devido à falta de documentação solicitada.
5- Dificuldade de acesso a mercados, ampliada pela ineficiência de ação do Centro de Apoio aos Pequenos Empreendimentos de Pernambuco (CEAP)
6- Conflitos pela inexistência da regularização fundiária.

Fonte: Elaboração da autora, 2020

Os principais problemas identificados neste estudo convergem com os descritos por Vidal (2016) para a limitação do desenvolvimento da piscicultura na região Nordeste: a insuficiência ou falta de assistência técnica, canais inadequados de comercialização, a falta de unidades de beneficiamento para pequenos e médios produtores, condições climáticas adversas (seca) e dificuldades de obtenção de licenciamento ambiental que por sua vez impede o acesso ao crédito.

Ribeiro et al. (2015) apontam que os pontos frágeis da piscicultura no Submédio e Baixo SF são a comercialização informal, a falta de unidades de beneficiamento, para o pescado de pequenos e médios produtores.

A prática da piscicultura tem apresentado relação conflituosa com a pesca

artesanal devido a provável degradação da qualidade da água pelo lançamento de ração para os peixes e dos seus dejetos que contribuem para o aumento da presença de nutrientes e consequente risco de eutrofização do reservatório, afetando diretamente a pesca.

As questões de deficiência de assistência técnica foram observadas também por Oliveira et al. (2017) com pequenos piscicultores na barragem de Boa Esperança, "Apesar dos pequenos produtores e as associações produzirem bem, a falta de assistência técnica especializada é um dos maiores gargalos para sua organização, aperfeiçoamento das técnicas de manejo e negociação de melhores preços junto aos fornecedores de insumos".

Há relação sem resistência entre os piscicultores e atravessadores, demonstrando gargalo na área de comercialização para todas as atividades que ocorrem no perímetro. Esta situação é agravada pela relação indeterminada entre o CEAP e os piscicultores, não promovendo novos canais de comercialização.

Nesse sentido, Vidal (2016) afirma que o peixe produzido em cativeiro no Nordeste, geralmente, é comercializado para atravessadores que revendem o produto no comércio local e centros urbanos. São escassos na região, os entrepostos de pesca, os frigoríficos, e postos de recepção e revenda o que dificulta o escoamento da produção. Na piscicultura familiar, o excedente é comercializado para atravessadores ou diretamente para consumidores finais em feiras livres.

A demora nos processos de regularização como licenciamento dos tanques é uma das principais demandas dos piscicultores. A prática da piscicultura requer o cumprimento de uma série de requisitos. A Secretaria de Aquicultura e Pesca, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determina a necessidade de realização do registro e da licença de aquicultor. Após a realização do Registro de aquicultor, o interessado receberá a licença, que é condicionada à existência de licença ambiental para a atividade. O valor da taxa de pagamento é calculado de acordo com a área ou volume das unidades de aquicultura requeridas. Além deste registro é necessário o licenciamento ambiental que é diferente para os tanques-rede e escavados. A piscicultura quando realizada em tanques escavados deve ser licenciada pelo órgão estadual de meio ambiente, que em Pernambuco é a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). Para o licenciamento da piscicultura em tanques escavados no solo, devem ser solicitadas as licenças prévia, de instalação e de operação, consecutivamente.

Já o licenciamento ambiental de tanques-rede é mais complexo, pois a outorga, licença e autorização da Capitania dos Portos são emitidas em conjunto, a partir da solicitação a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca de uma autorização para utilização de águas de domínio da União, com estrutura estabelecida pela instrução normativa interministerial nº 06/2004. Caso seja observada a adequação técnica do projeto, a SEAP o submeterá à ANA para concessão da outorga, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para concessão da licença ambiental e à Capitania dos Portos, que emite um parecer conclusivo para a segurança do tráfego aquaviário, para análise e manifestação conclusiva.

Para o licenciamento da piscicultura a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) disponibiliza uma tabela com a relação dos reservatórios de domínio federal e a informação de reservatórios que possuem ou não capacidade de suporte para essa atividade, para atender a Resolução CONAMA nº 413/2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura.

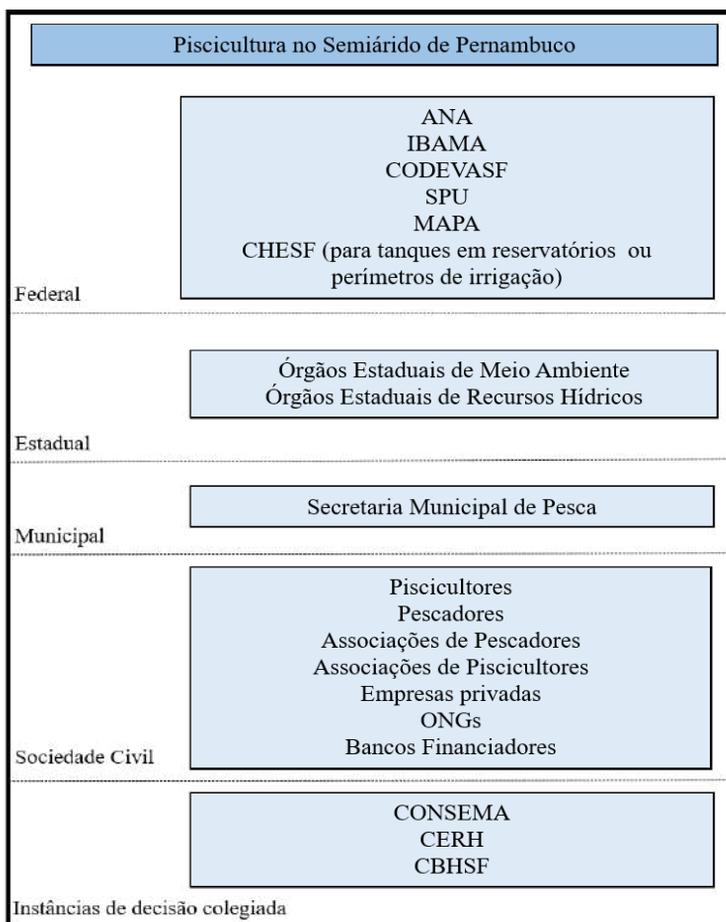
Fernandes e Sant'Anna (2007), afirmam que foi montado um considerável aparato legal e institucional ambiental no Brasil, mas não foram dadas as condições para que ele operasse com resultados efetivos, permanecendo assim uma espécie de inércia institucional. Corroborar-se esta afirmação, ao analisar-se casos sobre o licenciamento ambiental das pisciculturas em tanques-rede em Petrolândia, Semiárido de Pernambuco. Muitas áreas de piscicultura operam sem o devido licenciamento, devido ao tempo de espera para liberação da documentação.

Oliveira et al. (2017) em análise da piscicultura na hidrelétrica de Boa Esperança no Piauí afirmaram que a dificuldade e demora do licenciamento é o maior entrave enfrentado por todos os piscicultores, principalmente os pequenos e as associações, pois dependem dele para conseguir recursos (financiamento) para aumentar sua produção.

Marques et al. (2018) em estudo na bacia hidrográfica do rio São Francisco afirmam que paralelamente ao aumento da demanda para consumo de peixes, a cadeia produtiva da piscicultura tem enfrentado inúmeros problemas para regularização das outorgas e licenciamento dos empreendimentos, fato que dificulta a obtenção de financiamentos. Além disso questões como a falta de infraestrutura, problemas com articulações institucionais e negociações com indústrias de insumos, apoio técnico deficiente, tem dificultado o crescimento da atividade, dentre outros.

Entre os principais atores envolvidos na governança da piscicultura em tanques-rede, destacam-se: ANA, IBAMA, CODEVASF, Ministério da Pesca e Aquicultura, SPU, Capitania dos Portos, CHESF, associação de piscicultores, empresas privadas, Comissão Pastoral da Pesca e bancos financiadores. Já para os tanques escavados, destacam-se: ANA, CPRH, APAC, CODEVASF, associação de piscicultores, empresas privadas, Comissão Pastoral da Pesca e bancos financiadores. Eles estão descritos, conforme nível na Figura 3.

Figura 3 - Principais *stakeholders* envolvidos na piscicultura no Semiárido de Pernambuco



Fonte: Elaboração própria, 2020

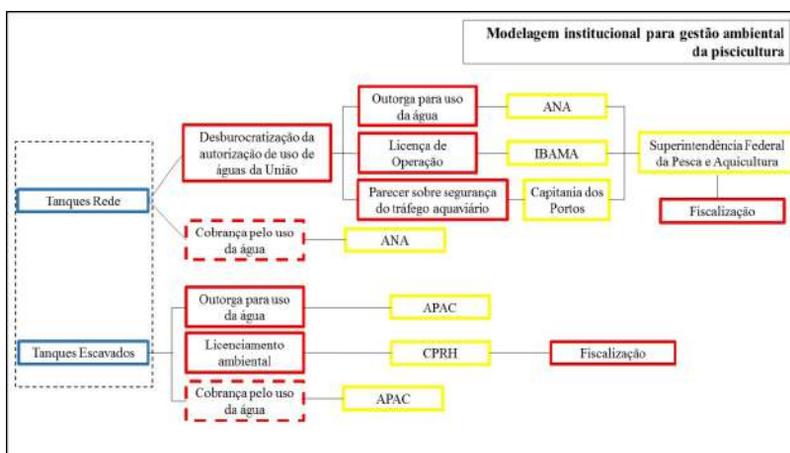
Em alguns casos há conflitos com a CHESF e CODEVASF pela inexistência de regularização fundiária, tendo em vista que boa parte das localidades se encontram em perímetros públicos de irrigação, criados após a construção da barragem de Itaparica para construção da hidrelétrica Luiz Gonzaga. Dentre as associações, merece destaque a Associação dos Pequenos Criadores de Peixes do Largo do Papagaio (APCP) e a Associação Agropesca São Francisco (AASF) embora elas possuam maior atuação econômica do que sociopolítica.

Embora não se observe atuação periódica das instâncias de decisão colegiadas na área em análise, deveria haver representações no Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e no Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF).

PROPOSTA DE MODELAGEM INSTITUCIONAL PARA PISCICULTURA

A atividade da piscicultura apresenta grande índice de irregularidade ambiental devido à burocracia e dificuldade de adequação. Neste sentido, a maior parte das propostas aqui elencadas visam a agilidade e desburocratização destes procedimentos (Figura 4).

Figura 4 - Modelagem institucional para gestão ambiental e de recursos hídricos da piscicultura



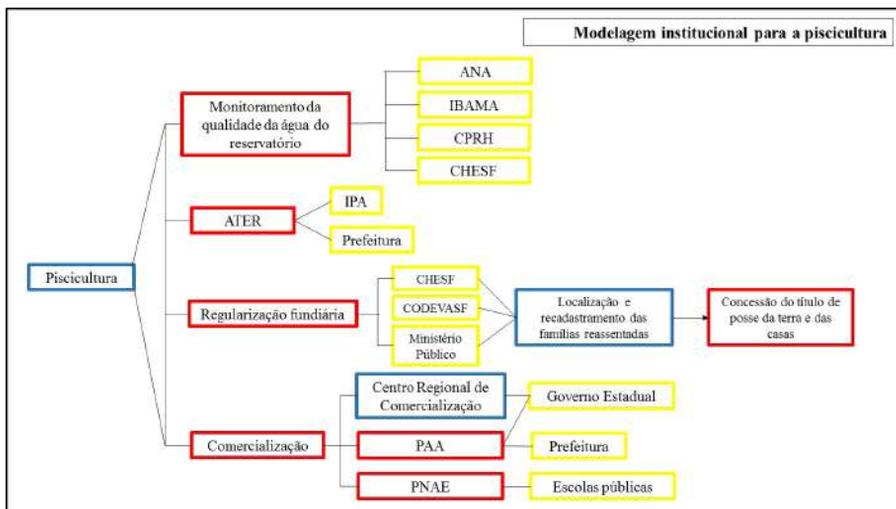
Fonte: Melo, 2016.

A piscicultura em tanques-rede apresenta um processo de regularização que demora em média cinco anos. Devido à vinculação da outorga, licença ambiental e parecer da Capitania dos Portos, à autorização de uso de águas da União, e à demora no retorno dos processos, muitas empresas estão irregulares. Sugere-se a informatização deste procedimento e realização de vistorias por órgãos locais a fim de agilizar o processo de regularização.

O processo de licenciamento ambiental de tanques escavados é realizado na CPRH, compreendendo o pagamento de uma taxa e expedição da licença. A outorga deve ser solicitada à APAC. Destaca-se que todo processo de licenciamento deve ser acompanhado de fiscalização.

Com relação à piscicultura em geral, mas sobretudo os tanques-rede, recomenda-se a implantação do sistema de cobrança pelo uso da água pelos órgãos executores de recursos hídricos, visto que a atividade lança efluentes no corpo hídrico alterando a sua qualidade. Este elemento aparece em figura pontilhada porque ainda não é implantado efetivamente na área analisada. Além dos procedimentos de regularização ambiental descritos acima, são necessários procedimentos de estruturação local para melhoria da atividade (Figura 5).

Figura 5 - Modelagem institucional para os principais problemas relacionados ao desenvolvimento da piscicultura



Fonte: Melo, 2016.

Quando as atividades produtivas desempenhadas necessitam do uso inevitável dos recursos hídricos locais, o monitoramento da qualidade da água torna-se essencial. Devido aos múltiplos usos do reservatório de Itaparica, várias instituições realizam avaliações independentes de qualidade da água em diversos pontos do reservatório. É necessário manter a periodicidade destas avaliações, bem como divulgar estes dados para os outros órgãos, a fim de que se possa estabelecer uma rede de monitoramento e um banco de dados público atualizado.

De acordo com Marques et al. (2018) para alcançar a sustentabilidade da piscicultura será necessário fortalecer as associações e cooperativas de pequenos produtores através de financiamento, capacitação técnica, melhoria de infraestrutura, investimentos públicos e privados, abastecimento de alevinos, custos de transporte mais baratos, melhores estradas, uma maior fiscalização por parte dos órgãos ambientais, entre outras ações. Só através destas ações é que os piscicultores da BHSF terão condições de atuar neste mercado de forma competitiva.

Não há assistência técnica efetiva da CODEVASF para prática da piscicultura, sendo recomendada ação do IPA e da secretaria municipal. O entrave da regularização fundiária incorre sobre a piscicultura, sendo necessária ação do Ministério Público e articulação da CHESF e CODEVASF para que sejam concedidos título de posse da terra, ou documentação equivalente. Destaca-se a necessidade desta documentação para o acesso a financiamento da atividade econômica.

A fim de garantir acesso a mercado para os produtos pesqueiros estendem-se os mesmos programas propostos para a agricultura, como a criação de um centro de comercialização regional pelo governo do Estado, bem como o acesso ao Programa de Aquisição de Alimentos e ao Programa Nacional de Alimentação Escolar. Além da formação continuada para piscicultores, por meio de cursos de beneficiamento de pescados e técnicas de higiene para manipulação de alimentos pode impulsionar a comercialização, ampliando o acesso a mercados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A piscicultura é uma atividade com potencial de expansão no Semiárido Pernambucano tanto nos tanques-rede, sobretudo nos reservatórios destinados à

produção de energia elétrica e mais recentemente nos canais de irrigação, como nos tanques escavados no caso de pequenos e médios proprietários de terra. Por este motivo, há necessidade de monitoramento permanente da qualidade da água a fim de que a atividade cause o mínimo impacto ambiental e não comprometa os múltiplos usos do recurso hídrico.

A aplicação da técnica de análise de constelação permitiu que fossem observados os diversos olhares de grupos envolvidos na governança da piscicultura no Semiárido. Na avaliação, dos elementos das constelações a citação de *stakeholders* foi seguida pelos elementos técnicos, símbolos e elementos naturais, evidenciando ausência de articulação política institucional entre os *atores* que fazem parte da governança da atividade. O conceito de governança é relacionado à gestão e compartilhamento de poder decisório que pressupõe escuta das partes interessadas e equilíbrio entre os *stakeholders*. Uma estratégia de governança para repensar a piscicultura no Semiárido deve ser mais que lançar propostas referentes ao controle ou manutenção dos recursos hídricos e questões ambientais, mas, sobretudo deve dialogar com questões sociais, econômicas, culturais e institucionais.

Apartir destas informações foi realizada a proposta de modelagem institucional para piscicultura dividida em dois segmentos: um relativo à gestão ambiental e de recursos hídricos, devido à relevância dos bens naturais e à burocratização dos procedimentos atualmente exigidos pela legislação; e outro referente aos demais gargalos identificados, como o monitoramento da qualidade da água do reservatório, a ATER, regularização fundiária e comercialização.

Um grande desafio é trabalhar problemas interescolares e com vários segmentos, a partir de uma combinação de métodos e técnicas próprios das ciências sociais e ambientais, e propor alternativas de caminhos institucionais que podem servir de modelos para a mitigação das dificuldades e potencialização dos aspectos positivos. Os constructos propostos com sugestões de modelagem institucional para resolução dos problemas identificados têm como principal objetivo indicar alternativas possíveis para melhoria da qualidade de vida da população que pratica a piscicultura, ampliando sobretudo os espaços de participação social.

As questões identificadas neste estudo, apontam para a necessidade de diálogo e resolução de questões em conjunto entre os partícipes da piscicultura. Nesse contexto, pensar esta atividade a partir de diversas perspectivas contribui para aprimorá-la e garantir a sua expansão minorando problemas ambientais de maneira mais sustentável.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, F. C.; GREEN, A. P. L.; PINTO, D. M. Aspectos da Governança Ambiental nos Municípios do Semi-Árido Brasileiro. *Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Ed. nº 16 – set, out, nov, dez, 2007.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Edições 70, Lisboa - Portugal, 2009.

BOURNE, L.; WALKER, D. H. T. Visualizing and mapping stakeholder influence. *Management Decision*, v. 43, n. 5, p. 649-660, 2005.

BRASIL. Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira 2015-2020. Brasília, 2015.

CARDOSO, A. S.; El-Deir, S. G.; CUNHA, M. C. C. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. *INTERAÇÕES*, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p. 645-653, out./dez. 2016.

CHANDLER JUNIOR, A. D. *Strategic an structure: chapters in the history of american industrial enterprises*. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA. 1962.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Cadeia Produtiva de Aquicultura & Recursos Pesqueiros - Oportunidade de investimento em piscicultura no Vale do San Francisco e do Parnaíba. Brasília, DF. 41p.; 2008.

FERNANDES, V.; SANT'ANNA, F. S. P. A inserção da dimensão ambiental nas indústrias catarinenses e sua correlação com as políticas públicas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, v. 6, p. 04-08, 2007. Disponível em: http://www.rbciamb.com.br/images/online/06_artigo_1_artigos113.pdf>. Acesso em: 01/06/2019.

FIGUEIREDO, R. C. B. *Pressupostos para um modelo de avaliação de desempenho ambiental: aplicação nos reservatórios de abastecimento de água Bitá e Utinga*.

Recife: Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. *Competing for the future*. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

INVEST-PE. *Região de desenvolvimento de Itaparica*. Disponível em: <http://www.investinpernambuco.pe.gov.br/web/invest/sertao-de-itaparica;jsessionid=76052D024C9EED51974D24AD26BCC811.jvm2>. Acesso em: 09/07/2019.

KRÖGER, M.; RÜCKERT-JOHN, J.; SCHÄFER, M. *Wissensintegration im nachhaltigen Landmanagement Inter- und transdisziplinäre - Problembeschreibung im Projektverbund ELaN. ELaN Discussion Paper - Konstellationsanalyse und Partizipation*. (ISBN 978-3-943679-05-2), 2012. Disponível em: <https://www.fona.de/mediathek/pdf/ELAN_2_Discussion_Paper.pdf>. Acesso em: 17/08/2015.

MARQUES, E. A. T.; OLIVEIRA, C. R.; SILVA, G. M. N.; CARDOSO, A. S.; SOBRAL, M. C. M. Desafios para a sustentabilidade da piscicultura na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. *Sustentare* - Edição especial. II SBHSF 2018. p. 14.

MEDEIROS, S. de S. et al. *Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro*. Campina Grande:INSA, 2012.103p. ISBN: 978-85-64265-04-2.

MEDEIROS, W. G. *Diagnóstico dos Arranjos produtivos do Estado e análises de Estudos de Caso*. Relatório de Consultoria: Programa Pernambuco Rural Sustentável. Recife, 2011.

MELO, M. G. de S. *Modelagem multi-segmentar para governança de perímetros públicos de irrigação de base familiar no semiárido nordestino*. Tese de doutorado. Programa de Pós graduação em Engenharia Civil - UFPE. Recife, 2016. 290 folhas.

MELLO, R.; MARTINS,H.F. Cisão: A concepção e implementação do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade. IN: *Anais do II Congresso Consad de gestão pública*. Brasília, 2009.

OLIVEIRA, V. Q. de; PEREIRA, O. A. M. L.; PARENTE, R. R. A piscicultura na Hidrelétrica Boa Esperança. IN: BRITO, L.T.L. *Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades* / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 12, n. 12 (jul. / ago. 2017). – Recife: CREA-PE, 2017.

OLIVEIRA, E. G. de; SANTOS, F. J. de S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. *Ciência Animal*, 25(1); 133-154, 2015 – Edição Especial.

RIBEIRO, M. R.; SANTOS, J. P.; SILVA, E. M.; PEREIRA-JÚNIOR, E. A.; TENÓRIO, M. A. L. S.; LINOSILVA, I. L.; WEHBI, M. D.; LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta Fish. Aquat. Res.* (2015) 3 (1): 91-108. DOI 10.2312/ActaFish.2015.3.1.91-108.

OSTROM, E. *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press, 2005.

OSTROM, E.; TUCKER, C. *Pesquisa multidisciplinar relacionando instituições e transformações florestais*. In: MORAN, E.; OSTROM, E. (Org.). *Ecosistemas florestais: interações homem-ambiente*. São Paulo: Editora Senac; Edusp, 2009. p. 109-138.

RODORFF, V.; SOUZA, W.; STEINMETZ, L.; SANTOS, R.; CAVALCANTE, E. *Resultados Parciais das Oficinas Análise de Constelação do Projeto INNOVATE*. Julho de 2013. 5p. Folder.

SCHÖN, S.; NÖLTING, B.; MEISTER, M. Konstellationanalyse Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Technik Nachhaltigkeit und Innovations for schung. *Zentrum Technikund Gesellschaft*. Technische Universität Berlin. Berlin; Juni 2004. 38p.

SCHÖN, S.; NÖLTING, B.; MEISTER, M. Die Konstellationsanalyse als Grundlage strategischer Netzwerkentwicklung. IN: Becker, F.; Lorenz-Meyer, V.; Endler, V. (Hg.) *ReUse-Computer – ein Beitrag zur Entschleunigung der Ökonomie*. TU Berlin, Kooperations- und Beratungsstelle für Umweltfragen – kubus. Oekom Verlag, München 6/2005.

SOBRAL, M. do C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; SILVA, M. M. da; MELO, G. L. de. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semiárido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS. *Anais...* Punta del Este, Uruguay, 2009.

VIDAL, M. F. Panorama da piscicultura no Nordeste. Caderno setorial ETENE. *Banco do Nordeste*. ano 1, n.3, nov. 2016.

9

Mudanças climáticas e redução da vazão no Submédio São Francisco

Janaina Maria Oliveira de Assis

Geógrafa, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

Bióloga e Gestora ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Hidaiane Fayga Matias Caldas

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água doce do mundo. Esse fato revela uma ilusória sensação de comodidade diante do cenário de escassez, pois os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no território, espacial e temporalmente. Esses aspectos, somados aos usos da água pelas diferentes atividades econômicas nas bacias hidrográficas brasileiras e os crescentes problemas de qualidade de água, geram áreas de conflito, que somando-se aos efeitos das mudanças climáticas acentuam ainda mais a disponibilidade e otimização dos recursos hídricos. De acordo com Veiga e Magrini (2013), que analisaram as regulamentações estratégicas sobre a utilização dos recursos hídricos, concluíram que existe evidência científica de que as mudanças climáticas afetam potencialmente os recursos hídricos e as atividades que dele dependem, tais como abastecimento público, setores produtivos, produção de energia, revitalização de bacias para proteção de ecossistemas.

Todos os estados nordestinos, com exceção do Maranhão, têm grande parte de seus territórios contidos no Polígono da Seca. Nessa área, o balanço hídrico é favorável à evaporação, pois a lâmina evaporada anualmente em muito supera a lâmina precipitada. Particularmente os Estados do Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco) têm 87,8% do território localizado no

semiárido e sofrem uma crise de água desde 2012, devido à mais severa e longa seca observada desde o início do século XX (ANA, 2017).

Os volumes totais de chuva na região nos períodos úmidos de 2012 a 2016 foram muito abaixo da média, resultando em reduzidas recargas dos reservatórios existentes (ANA, 2017). Consequentemente, esses reservatórios tiveram seus volumes armazenados reduzidos drasticamente para atendimento às demandas dos diversos usos, o que ocasiona prejuízo à população local.

O rio São Francisco é o mais importante da região Nordeste, tendo seu curso principal cerca de 2.863 km de extensão, entre a nascente, localizada na Serra da Canastra, no município mineiro de São Roque de Minas e a foz, situada entre os Estados de Alagoas e Sergipe, nas proximidades da cidade alagoana de Piaçabuçu. Ao longo do seu curso, o rio banha municípios dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, sendo sua bacia composta por cerca de 80 rios perenes e 27 intermitentes (CHESF, 2015).

O trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco é formado pelos corpos d'água compreendidos a jusante da barragem da usina hidrelétrica de Sobradinho e a montante das barragens do complexo Paulo Afonso. O reservatório Itaparica, seu principal lago, compreende uma área de 828 km², extensão de aproximadamente 150 km e capacidade de armazenamento de 10,7 bilhões de m³, cujo nível pode variar até 5 metros, entre o nível operativo máximo de 304 m e mínimo de 299 m. O início da operação da Usina Hidrelétrica Itaparica, chamada Usina Luiz Gonzaga ocorreu em 1988, com o objetivo de geração de energia elétrica e regularização das vazões afluentes aos reservatórios a jusante, proporcionando usos múltiplos das águas (CHESF, 2015).

Por ser localizado na porção semiárida do Nordeste brasileiro, o Submédio do rio São Francisco sofre com os efeitos das mudanças climáticas. De acordo com o segundo o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), é provável que o semiárido nordestino tenha sua precipitação reduzida em até 20% até 2040. Este relatório também indica que todo o Brasil deverá ficar ao menos 3°C mais quente até o fim do século e as precipitações podem aumentar, em média, em 30% nas regiões Sul e Sudeste e diminuir em até 40% nas regiões Norte e Nordeste. Esses percentuais do PBMC são prognósticos climáticos estimados em valores médios

tomando por base os cenários do IPCC, onde estes indicam aumento de 1 a 3°C e 2 a 4°C nos cenários otimistas e pessimistas, respectivamente. É ainda um prognóstico mais preocupante, visto que no cenário pessimista, relata-se uma tendência de extensão da deficiência hídrica para a região Nordeste do Brasil, particularmente para a região semiárida, que sofre uma forte tendência de “aridização” até o final do século XXI (INSA, 2011).

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E REDUÇÃO DA VAZÃO

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), as mudanças climáticas aumentam os riscos de escassez relacionados com os recursos de água doce, onde se espera para os próximos anos uma redução significativa dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tanto em quantidade como em qualidade, devido às diversas fontes de poluição (IPCC, 2014).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) apresenta projeções preocupantes para o final do século, ressaltando efeito nos biomas Amazônia e Caatinga, em virtude do alto grau de vulnerabilidade das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Ambas apresentam tendências de aquecimento na temperatura do ar e de diminuição da chuva maiores do que a variação média global (PBMC, 2014).

No semiárido do Nordeste brasileiro, os modelos climáticos têm previsto um aumento de temperatura de até 4°C, refletindo em períodos de seca mais prolongados e intensos devido às mudanças climáticas (BRASIL et al., 2016). A redução das chuvas e aumento das temperaturas podem alterar a hidrologia dos sistemas aquáticos, um fator chave no funcionamento de reservatórios do semiárido (BAKKER; HILT, 2015).

O Governo do Estado de Pernambuco, através da Lei nº 14.922, de 18 de março de 2013, institui a Política Estadual de Convivência com o Semiárido, que apresenta como objetivo estabelecer diretrizes básicas para a implementação de políticas públicas permanentes no meio rural de Pernambuco, na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável, assegurando às populações locais, os meios necessários à convivência com as condições adversas ao clima semiárido (PERNAMBUCO, 2013).

Considerando os cenários climáticos e os longos períodos de estiagem que resultam em redução de volume e vazão dos reservatórios, atividades que contribuem com o aporte de nutrientes, como o lançamento de esgoto sem tratamento, a agricultura

irrigada e a piscicultura em tanque-rede, devem ser monitoradas e geridas de forma a mitigar os impactos sob a qualidade da água e a biodiversidade aquática, garantindo a segurança hídrica e o desenvolvimento socioeconômico na região semiárida.

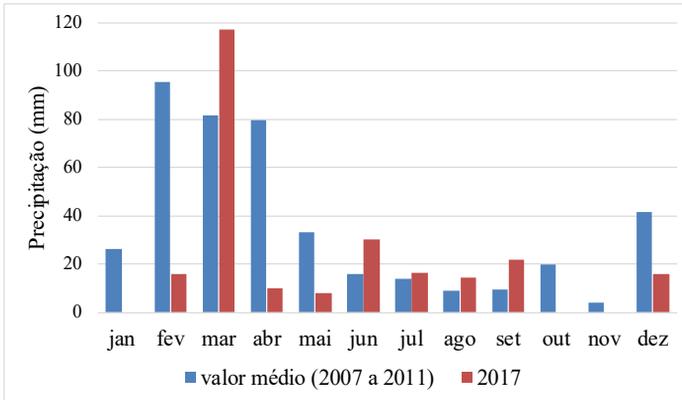
O conceito de segurança hídrica considera a garantia da oferta de água para o abastecimento humano e para as atividades produtivas em situações de seca, estiagem ou desequilíbrio entre a oferta e a demanda do recurso, abrangendo medidas relacionadas ao enfrentamento e gestão para a redução de riscos associados a eventos críticos de secas e cheias (ANA, 2014). Uma vazão mínima permite o fluxo de mistura dos nutrientes, dificultando o processo de eutrofização em áreas que recebam dejetos orgânicos, além da manutenção da biodiversidade aquática.

A redução da vazão tem impactos diretos nas comunidades aquáticas, principalmente na comunidade de peixes, com a mudança do regime lótico da água para lântico, com a construção das barragens (SILVA, 2015). Muitas espécies de peixes realizam o processo de migração reprodutiva denominado “piracema”, em direção às cabeceiras dos rios, porém a ausência de vazões mínimas e a presença das barragens, dificultam o sucesso reprodutivo.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF) admite a necessidade imediata de novos estudos para delimitação de novas vazões e avaliação de cenários frente às mudanças ambientais que vem fortalecendo o período de estiagem. Para isso, se faz importante a participação não apenas de câmaras técnicas, mas também de representantes de todos os segmentos que compõem o CBHSF, promovendo uma gestão participativa e descentralizada, estabelecida na Política Nacional de Recursos Hídricos (CBHSF, 2016).

Um exemplo de como os efeitos da mudança climática vem afetando a precipitação é o caso do município de Itacuruba, que é banhado pelo reservatório Itaparica. Foi observado que apesar do período chuvoso estar tipicamente compreendido entre dezembro e abril, conforme dados da ANA e a precipitação média no período de 2007 a 2011, os meses considerados no período chuvoso em 2017, foram março de junho. Este fato pode relacionar-se às alterações do clima na região semiárida, que vem apresentando oscilação da época de precipitação, bem como intensificação e redução do período chuvoso (Figura 1).

Figura 1 – Valor médio da precipitação no município de Itacuruba, reservatório Itaparica, no período de 2007 a 2017



Fonte: Autores, 2019.

Para chegar a esses resultados, foram consultados relatórios técnicos e documentos publicados acerca de dados sobre cota, vazão, armazenamento, capacidade de geração de energia, bem como autorizações de redução da vazão mínima aplicada aos reservatórios do trecho Submédio São Francisco, junto à Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Sinais de detecção de mudanças climáticas no Submédio São Francisco

De acordo com estudos já realizados, a região do semiárido nordestino é uma das regiões na América Latina que mais sofrem os impactos das mudanças e variabilidade do clima, acompanhadas da pressão pelo uso dos recursos naturais, sobretudo recursos hídricos, que se tornam cada vez mais escassos em áreas áridas e semiáridas.

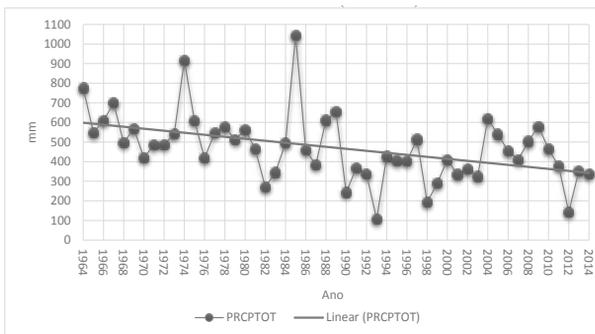
A região do Submédio São Francisco é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas, concentrando as chuvas entre os meses de janeiro a abril e os totais pluviométricos entre 300 e 600 mm no baixo São Francisco. Nessa região a estação seca pode se prolongar por 7 a 10 meses, sendo a semiaridez bem acentuada na parte mais baixa do Submédio, no Sertão de São Francisco, que apresenta o maior número de anos consecutivos secos, com precipitações abaixo do esperado.

Estudo de Assis et al. (2018) confirmam que a área está sofrendo uma

mudança no padrão de precipitação, onde os totais pluviométricos têm apresentado tendência consecutiva de diminuição, que se mostrou mais intensa na parte Norte do Submédio São Francisco, concentrada no Sertão do estado de Pernambuco. Nesse estudo, foi analisado o comportamento da precipitação durante 52 anos (1964 – 2014) e constatou-se uma redução entre 2 a 13 mm ao ano, que, se multiplicados pelos 50 anos analisados, fica em torno de 683 mm de redução pluviométrica em aproximadamente cinco décadas. Essa variação na precipitação na região pode ser atribuída à circulação de grande escala, enquanto a intensidade das chuvas pode ter influência na variabilidade climática.

A Figura 2 apresenta a tendência linear da precipitação total anual da sub-bacia do Submédio São Francisco no período de 1964 a 2014. Conforme se observa no gráfico, os anos de 1993, 1998 e 2012 são classificados por serem extremamente secos, onde o total anual de chuva ficou abaixo de 200 mm. Os anos de 1993 e 1998 estão associados ao fenômeno El Niño de forte intensidade, já o ano de 2012 não foi ano de El Niño, entretanto se configurou como ano extremamente seco devido a uma Anomalia da Superfície do Mar (TSM). Outro fator importante na análise da tendência temporal da precipitação total anual é que os anos chuvosos, com precipitação acima da média ocorreram principalmente até o final da década de 1980, predominando, a partir daí a ocorrência de mais anos secos do que chuvosos. Verifica-se ainda que antes do ano de 1985 os totais anuais de precipitação se encontravam mais elevados, principalmente os anos de 1964, 1967, 1974, sendo, dessa forma, o ano de 1985 um “ponto de inflexão”, que demonstra uma possível variação climática no padrão da precipitação na região.

Figura 2 - Gráfico da tendência linear da Precipitação Total Anual (PRCPTOT) do Submédio São Francisco em mm/ano (1964-2014)



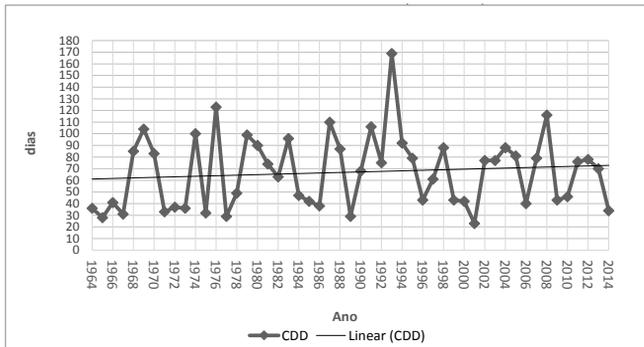
Fonte: Assis, 2016.

A diminuição da precipitação pluviométrica na área de estudo durante estes 50 anos corrobora com o histórico de escassez hídrica que vem ocorrendo na região semiárida do Nordeste brasileiro, que atualmente tem enfrentado a seca mais severa das últimas décadas.

Verificou-se também uma tendência de aumento de dias consecutivos secos, indicando que não apenas está chovendo menos na região, mas também mostra que as chuvas estão cada vez mais esporádicas e por vezes concentradas em um menor período de tempo. Na análise dos dias sem precipitação, constatou-se a ocorrência de tendências positivas, indicando um aumento do número de dias consecutivos secos (dias com chuvas abaixo de 1mm) no Submédio São Francisco, com significância estatística. O índice de dias consecutivos secos oscilou entre 0,345 dias.ano⁻¹ e 1,787 dias/ano⁻¹. A variação nessa tendência de aumento de dias consecutivos secos não é alta, no entanto chega a ser significativa, uma vez que região do Submédio São Francisco, assim como toda a região semiárida do Nordeste brasileiro, já apresenta um menor contingente chuvoso, com diminuição gradual da precipitação e consequente variabilidade no padrão climático da região.

A Figura 3 apresenta a tendência linear dos dias consecutivos secos para o Submédio São Francisco no mesmo período (1964-2014). Nota-se facilmente uma grande variabilidade das chuvas, que chegam, com frequência, a apresentar picos de 4 meses consecutivos ou 120 dias sem precipitação. O ano de 1993 foi o maior pico e chegou a 170 dias consecutivos sem chuva. O que significa dizer que no referido ano, em quase 6 meses consecutivos não houve chuva. Como já relatado, o ano de 1993 foi marcado pelo fenômeno El Niño de forte intensidade, o mais severo evento dessa magnitude registrado na década de 1990.

Figura 3 - Gráfico da tendência linear do Número de Dias Secos Consecutivos (CDD) do Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Fonte: Assis, 2016.

Resultados do Plano de Recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco, em seu diagnóstico consolidado (CBHSF, 2016), mostrou que os trechos Submédio e Médio da bacia apresentam uma menor intensidade da precipitação e maior número de dias consecutivos sem precipitação, além de possuírem maior probabilidade de ocorrência de desertificação.

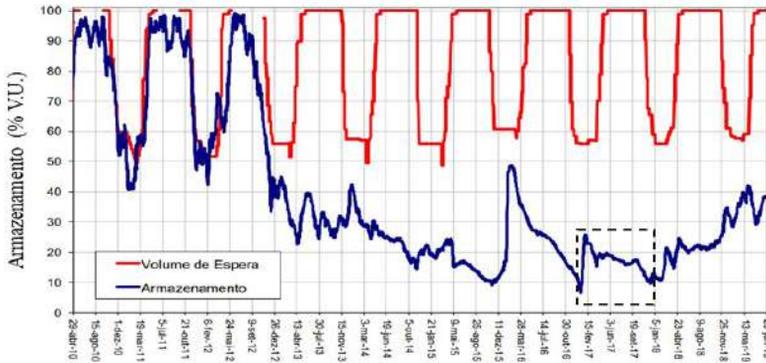
Os diagnósticos climáticos indicam que está ocorrendo uma significativa alteração do clima nas últimas décadas. Os prejuízos para a sociedade, caso se concretizem as mudanças já sinalizadas, são alarmantes. Para o semiárido do Nordeste brasileiro a tendência é de redução das chuvas acompanhada de maiores probabilidades de ocorrência de secas mais duradouras e severas, em função do aumento no número de dias sem chuva.

Evolução da redução da vazão afluyente em Itaparica

Analisando o percentual de armazenamento entre o período de 2010 a 2019 na Figura 4, verifica-se que a redução iniciou em dezembro/2012, a partir de então, o armazenamento variou entre 10% e 40% do volume útil. No período em que foram realizadas coletas de campo para avaliação da qualidade da água nas pisciculturas situadas no reservatório Itaparica, foram observados reduzidos percentuais de armazenamento, entre 8% e 10%, nos meses de janeiro/2017 a dezembro/2017, respectivamente.

Ressalta-se que flutuações operacionais no nível da água no reservatório podem contribuir para a elevação dos níveis tróficos do reservatório Itaparica, em particular, uma vez que a variação do nível da água promove a proliferação de macrófitas aquáticas que criam grandes áreas marginais dessecadas em situação de cota reduzida, liberando grandes quantidades de nutrientes quando a cota do reservatório atinge patamares elevados (GUNKEL et al., 2018).

Figura 4 - Armazenamento observado no reservatório Itaparica, no período de 2010 a 2019

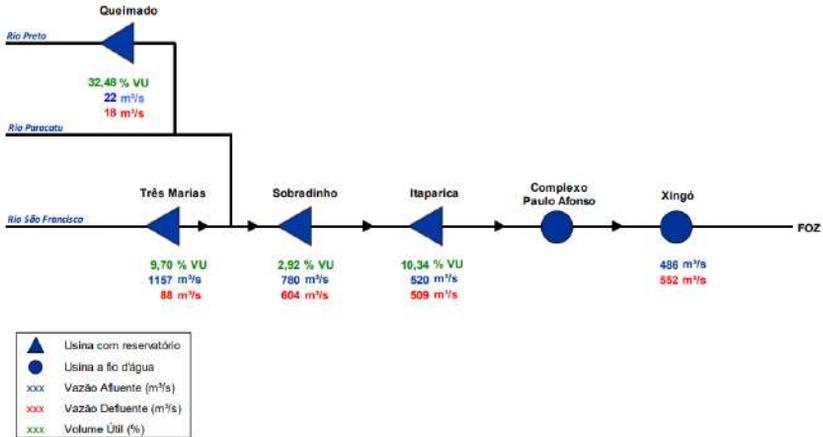


Fonte: Adaptado da ONS, 2019.

O percentual de armazenamento não tem como único fator a disponibilidade de água em forma de precipitação, mas pontualmente, também reflete o modo de operação dos reservatórios em cascata, principalmente quanto ao controle de vazões e disposição dos recursos hídricos para usos consultivos. Os baixos níveis de volume de água nos reservatórios, não só em Itaparica, como também nos demais reservatórios localizados nos trechos Submédio e Baixo da bacia do rio São Francisco, receberam autorização para operação das barragens com vazão reduzida flexível, ou seja, abaixo da vazão mínima de 1.300 m³/s.

O diagrama esquemático das hidrelétricas na bacia do rio São Francisco, demonstra a situação crítica de volume útil (%) disponível e valores de vazão aplicados em dezembro/2017 (Figura 5). Itaparica operou a 10,34% do volume útil sob vazão afluente de 520 m³/s, embora Sobradinho forneça descarga efluente de 604 m³/s. Desta forma, a redução na vazão efluente de Sobradinho é ainda mais impactante em Itaparica, uma vez que a vazão afluente não é necessariamente a mesma, devido às retiradas ao longo do trecho de rio e as perdas por evaporação, entre outros fatores.

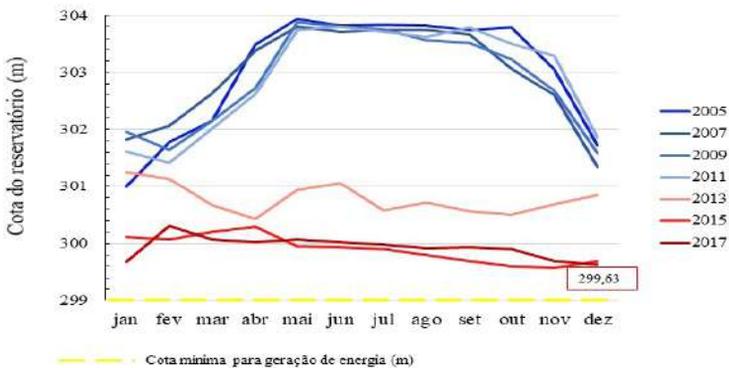
Figura 5 - Diagrama esquemático das hidrelétricas situadas no rio São Francisco, com os valores de vazão e volume, em 04 de dezembro de 2017



Fonte: ONS, 2017.

O reservatório Itaparica desde o ano de 2013 não apresenta picos de cheia após o período chuvoso, diferentemente do período de 2005 a 2011, que após os meses de abril, obtiveram um armazenamento importante para garantia dos múltiplos usos da água (Figura 6). Os meses críticos, novembro/2015 e dezembro/2017, com 299,57 e 299,65 metros de cota, respectivamente, correspondem a um pouco mais de 10% do seu volume útil, próximo ao limite mínimo para geração de energia, no nível de 299 metros.

Figura 6 - Cota do reservatório Itaparica de 2005 a 2017



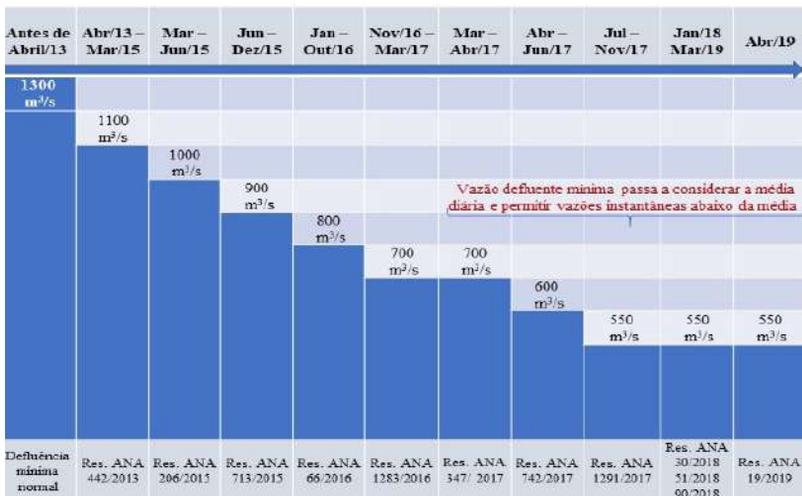
Fonte: Silva, 2019.

Estes fatores influenciam diretamente nos resultados da qualidade da água do reservatório, e ainda mais nos trechos das pisciculturas, pois tanto a redução do volume quanto da vazão, contribuem para aumento da concentração de nutrientes na água e no sedimento, e conseqüentemente, para o processo de eutrofização, intensificado por conta do aumento do tempo de residência da água e diminuição do fluxo de mistura dos nutrientes.

Desde abril/2013 a vazão defluente mínima do reservatório de Sobradinho, sofreu consecutivas reduções, por meio de Autorização Especial do IBAMA e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), publicadas em diversas resoluções da ANA. Desde julho/2017, a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) está autorizada a operar os reservatórios de Sobradinho, Itaparica e Xingó com vazão média diária de 550 m³/s (Figura 7).

A redução da vazão defluente mínima de Sobradinho de 1.300 m³/s para 550 m³/s, foi oficializada por meio de 7 (sete) autorizações consecutivas, entre o período de abril/2013 a abril/2019. A Figura 7 apresenta a evolução destas reduções, ao longo deste período, incluindo os valores aplicados nas resoluções da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

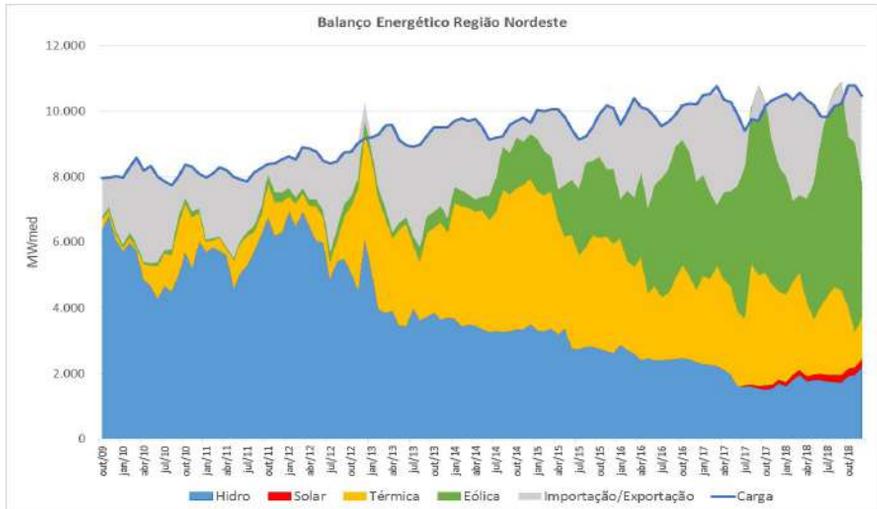
Figura 7 - Evolução das reduções da vazão defluente mínima aplicadas a Sobradinho, no período de abril 2013 a abril 2019



Fonte: Silva, 2019.

Outro impacto negativo da redução da cota dos reservatórios foi a redução da produção de energia hidroelétrica produzida nos reservatórios da bacia hidrográfica do rio São Francisco. A produção média de energia hidroelétrica para a região Nordeste (NE), reduziu 54% (aprox. 6.500 MW – 3.000 MW) de 2009 para 2015, e 68% até 2018 (2.000 MW). Para assegurar a demanda de energia, o setor elétrico tem investido em energias renováveis, com o crescimento acelerado da energia eólica a partir de 2015, chegando a gerar 5.000 MW em outubro/2017 e 6.000 MW em julho/2018 (cerca de 60% da energia Nordeste), além da inserção da energia solar a partir de julho/2017 (Figura 8).

Figura 8 - Balanço energético da região Nordeste de outubro/2009 a dezembro/2018



Fonte: ONS, 2019.

A partir destas condições hidrológicas adversas, desde 2013, a ANA instalou a Sala de Crise do São Francisco, para debater medidas com vistas a aumentar a segurança hídrica da bacia, realizando então as sucessivas reduções nas vazões defluentes dos reservatórios de Sobradinho, de modo a garantir condições mínimas do ecossistema aquático e que o mesmo não atingisse o volume morto.

As condições hidrológicas do reservatório têm sido impactadas em decorrência do longo período de estiagem, que desencadeou a redução do volume

de água armazenado e da vazão afluyente mínima do reservatório de Sobradinho, operando desde julho 2017 com vazão média diária de 550 m³/s. O período de 2013 a 2018 foi crítico para o rio São Francisco, com sérias implicações na redução da geração de energia, tendo induzido o setor elétrico a investir em energias renováveis, como eólica e solar.

Em 2020 alguns meses apresentaram precipitação relevante no período chuvoso, principalmente na região do Alto São Francisco, proporcionando aumento do volume dos reservatórios a montante e consequente aumento da vazão afluyente para o Submédio São Francisco. De acordo com relatórios de acompanhamento da Sala de Situação da ANA, em 28 de junho 2020 o reservatório Itaparica apresentou vazão afluyente de 1540 m³/s e cota do reservatório acima de 303,3 metros (86% do volume útil do reservatório) (ANA, 2020). Apesar do bom momento, é precoce fazer prognóstico de continuidade de aumento da vazão frente à realidade de escassez hídrica que a região apresenta há décadas, tornando ainda importante o acompanhamento dos cenários e a efetivação de políticas públicas para enfrentamento das mudanças climáticas.

A ATUAÇÃO DO COMITÊ DA BACIA DO SÃO FRANCISCO NA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

De acordo com Caderno de Investimentos do Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco 2016-2025, o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, através do Eixo de Atuação IV – Sustentabilidade hídrica no semiárido, possui como uma de suas metas: Até 2025 implementar mecanismos de convivência com as mudanças climáticas no semiárido. Algumas de suas ações se referem genericamente à implementação de projetos-piloto de recarga artificial no semiárido e apoio à realização de projetos “conceito base zero”, através de: formação aos cidadãos do semiárido para implementarem suas próprias barragens e suporte às intervenções de manutenção após construção.

No tocante aos efeitos da redução da vazão, o Comitê age como crítico, mas mantendo um perfil propositivo, solicitando de órgãos responsáveis como ANA e IBAMA reuniões e relatórios mensais para avaliar os impactos das reduções da vazão e reavaliar a sua continuidade conforme o comportamento climático na bacia hidrográfica do São Francisco e suas repercussões nos reservatórios das hidrelétricas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

À luz das incertezas e das vulnerabilidades identificadas na gestão dos recursos hídricos diante dos possíveis impactos da mudança do clima, revela-se que é factível a adaptação e que algum nível conseguido pode garantir maior resiliência ao sistema, proporcionando flexibilidade para operar de forma eficaz frente às possibilidades climáticas.

Os estudos sobre mudanças climáticas na região do Submédio São Francisco indicam uma modificação do padrão pluviométrico, devido à homogeneidade das tendências apresentadas. A diminuição da precipitação total anual, juntamente com o aumento dos dias secos consecutivos apresentam indícios de um aumento da escassez hídrica na região. Estas respostas apresentadas contribuem com os estudos das secas recorrentes que atingem de forma cada vez mais intensa a região semiárida do Nordeste brasileiro.

Nesse contexto de escassez hídrica associada à alta demanda pelo uso da água, há maior tendência de conflitos entre os múltiplos usuários na bacia hidrográfica, sendo necessário implementar políticas públicas que promovam estratégias para redução destes conflitos e assegurar sustentabilidade da região. Essa análise realizada e a metodologia aplicada podem ser estendidas e utilizadas em outras bacias hidrográficas de características semelhantes.

Essa flexibilidade habilita para evitar/mitigar as consequências negativas das perturbações causadas pelas mudanças, apresentando-se então o conceito de gestão adaptativa, que se coloca como alternativa para orientar a ação em um ambiente de complexidade e incerteza, onde a previsão e o controle são substituídos pela construção de cenários prospectiva e pela adaptação.

Com o advento de todo o debate acerca das mudanças climáticas em nível global e regional, faz-se necessária uma reflexão à luz de alternativas que possibilitem a convivência com os efeitos do problema. O investimento em fontes de energia renováveis em ascensão como as energias solar e eólica, proporcionando uma diversificação da matriz energética, diminui assim a dependência das águas pelo setor elétrico brasileiro, caracterizando uma alternativa viável a ser seguida.

REFERÊNCIAS

ASSIS, J. M. O.; SILVA, G. M. N.; SOUZA, W. M. ; SOBRAL, M. C. M. . Reflexo das mudanças climáticas no volume de água e operação de reservatórios no semiárido brasileiro. In: *XX Congresso Brasileiro de Meteorologia - CBMET*, 2018, Maceió. XX Congresso Brasileiro de Meteorologia: Desafios do monitoramento meteorológico, 2018.

ASSIS, J. M. O. *Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco*. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco. *03/07/2020. Sala de Situação. Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível em: < https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/boletins/diario/sf-3_7_2020.pdf>. Acesso em: 06/07/2020.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno/Agência Nacional de Águas*. Brasília, DF: ANA, 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos*. Brasília: ANA, 2014.

BAKKER, E. S.; HILT, S. Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management. *Aquat. Ecol.* n. 50, p. 1-14. 2015. doi:10.1007/s10452-015-9556-x.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia.* v. 770, p. 145–164, 2016. doi:10.1007/s10750-015-2578-5.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco 2016-2025*. Salvador: CBHSF, 2016. 327p.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *RF1 – Caderno de Investimentos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. Salvador: CBHSF, 2016. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/plano-de-recursos-hidricos-da-bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em: 08/11/2019.

CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco. *Sistema de geração*. Recife: CHESF, 2015. Disponível em: <http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/sistema_chesf/sistema_chesf_geracao/container_geracao?p_name=8A2EEABD3BE1D002E0430A803301D002>. Acesso em: 25/08/2015.

GUNKEL, G.; SELGE, F.; KEITEL, J.; LIMA, D.; CALADO, S.; SOBRAL, M.;

RODRIGUEZ, M.; MATTA, E.; HINKELMANN, R.; CASPER, P.; HUPFER, M. Water management and aquatic ecosystem services of a tropical reservoir (Itaparica, São Francisco, Brazil). *Regional Environmental Change*, v. 18, n. 7, p. 1913-1925, 2018.

INSA – Instituto Nacional Do Semiárido. *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro* / Editores, Ricardo da Cunha Correia Lima, Arnóbio de Mendonça Barreto Cavalcante, Aldrin Martin Perez-Marin.- Campina Grande: INSA-PB, 2011.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: impacts, adaptation and vulnerability, summary for policymakers*. Genebra-SWI, IPCC: 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf>. Acesso em: 01/09/2014.

PBMC - Painel Brasileiro De Mudanças Climáticas. *Base científica das mudanças climáticas*. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. Rio de Janeiro: COPPE; PBMC; UFRJ, 2014. 464 p. 2014.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. *Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível, 2013.

PERNAMBUCO. Governo do Estado de Pernambuco. *Lei nº 14.922, de 18 de março de 2013*. Institui a Política Estadual de Convivência com o Semiárido. Disponível em: <<http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=7274&tipo>>. Acesso em: 16/05/ 2018.

SILVA, Gérsica Moraes Nogueira da. *Avaliação do período reprodutivo de peixes nativos de importância econômica em reservatório do semiárido brasileiro*. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2015.

SILVA, Gérsica Moraes Nogueira da. *Avaliação do aporte de nutrientes proveniente da piscicultura na alteração da qualidade da água diante de cenários de redução de vazão em reservatório no semiárido*. 2019. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 159f. 2019.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. *Recursos hídricos, mudanças climáticas e adaptação: proposições para o Brasil à luz da União Européia*. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Água, desenvolvimento econômico e socioambiental, 2013.

10

Bases para um sistema de informação da atividade de piscicultura no reservatório Itaparica, semiárido nordestino, Brasil

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

Bióloga e Gestora ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Juarez Antônio da Silva Júnior

Graduando em Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Ariane Silva Cardoso

Bióloga, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Ana Lúcia Candeias

Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo diagnosticar aspectos da regularização ambiental da atividade de piscicultura e da capacidade de suporte do reservatório Itaparica, utilizando ferramentas de geotecnologia no desenvolvimento de um sistema georreferenciado. Geotecnologias podem auxiliar no processo de tomada de decisão, fomentando informações mais rápidas e acessíveis. A capacidade de um gestor em tomar decisões e a incerteza relacionada à gestão e ao planejamento, dependem de vários fatores, entre eles: a disponibilidade de conhecimentos e habilidades, recursos financeiros, entendimento, comunicação e desejo de cooperação entre os tomadores de decisão (KROETZ, 2003).

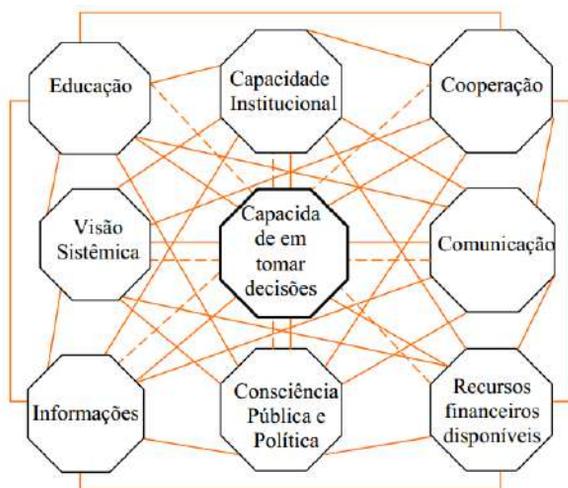
A aplicação de geotecnologias vem para contribuir no processo decisório da gestão da piscicultura, face à importância crescente deste setor produtivo e a escassez de estudos relacionados com a espacialização, regularização ambiental dos empreendimentos e acessibilidade de dados da cadeia produtiva.

A aplicação de geotecnologias no monitoramento ambiental auxilia o gestor

na representação do mundo real e em suas relações espaciais, basicamente, com uso de mapas e recursos gráficos, a exemplo de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que são aptos para modelar, armazenar, manipular e apresentar dados de posição, conformação, atributos e relacionamentos espaciais, sobre parcela física do sistema geográfico (RIZZOLI et al., 1998).

A Figura 1 ilustra a rede de alguns elementos que formam o ambiente de decisão, sendo parte deles contemplados na execução do presente projeto, dispondo de Informações, Visão sistêmica, Comunicação, Consciência pública e política.

Figura 1 - Representação esquemática do ambiente de decisão



Fonte: Massukado, 2004.

A acessibilidade a dados e informações pelos atores sociais envolvidos na atividade podem contribuir para a gestão participativa, e ainda otimizar a descentralização das ações localmente. A capacidade da Internet de atingir muitos usuários, independentemente da plataforma, através de custos mínimos e com alta capacidade de atualização, fez com que ela se tornasse uma grande ferramenta para disponibilização de dados cartográficos (KRAAK; BROWN, 2001).

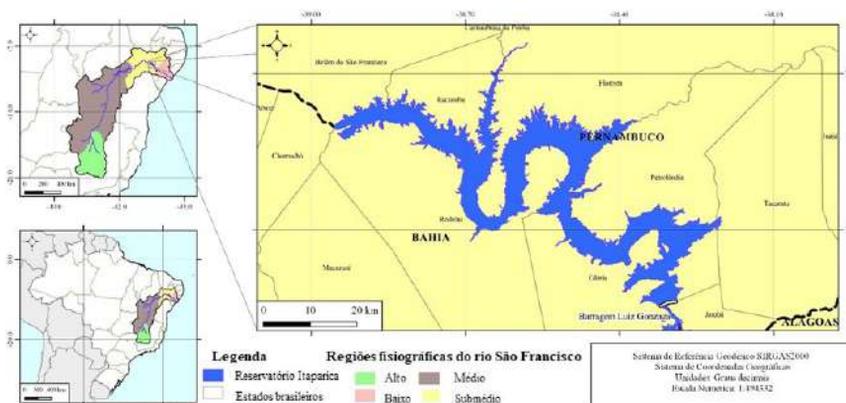
Através da *Web* é possível integrar cartografia e multimídia, permitindo a elaboração e a disponibilização de mapas, onde, além da visualização, o usuário tem a possibilidade de adequar o mapa disponibilizado às suas necessidades específicas

(MARISCO, 2014). A utilização dos *hiperlinks*, característica das aplicações para a *Internet*, forma uma grande teia de informações interligadas entre si. Expõe-se uma nova conotação de SIG, provendo serviços através da Internet (MELO; CANDEIAS, 2005).

Área de aplicação - reservatório Itaparica

O reservatório Itaparica, situado no trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, localiza-se entre o estado de Pernambuco e Bahia, nas coordenadas geográficas 08° 45' 38,79" – 09° 08' 7,50" S e 039° 0' 21,82" – 038° 17' 51,22" W (Figura 2).

Figura 2 - Localização do reservatório Itaparica no trecho Submédio do rio São Francisco



Fonte: Os Autores, 2019.

O reservatório encontra-se na região semiárida (Figura 3), caracterizada por baixa precipitação e período de estiagem entre maio e novembro (duração de sete meses), e vegetação de caatinga. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é semiárido de estepes BShw' (clima semiárido quente e seco com chuvas de verão-outono) e se caracteriza pela alta evaporação, chuvas médias anuais entre 410 e 610 mm, com duas estações sazonais definidas.

No Brasil, a implantação de reservatórios de regularização é utilizada como instrumento na busca da sustentabilidade hídrica em regiões onde os recursos hídricos são limitados ou apresentam uma distribuição temporal desfavorável (ARRUDA, 2015). A redução do nível dos reservatórios, intensificam as preocupações com

o compartilhamento dos múltiplos usos e a qualidade da água dos reservatórios. A utilização de reservatório artificiais para o desenvolvimento da piscicultura, associada às condições climáticas da região semiárida, podem contribuir para o processo de eutrofização. Isto posto, a monitoramento e gestão dos empreendimentos de piscicultura, considerando a capacidade de suporte dos reservatórios é essencial, fortalecendo a utilização de ferramentas como os sistemas de informações e bases de dados, para o acompanhamento da regularização dos empreendimentos.

Figura 3 - Delimitação do semiárido na região Nordeste do Brasil



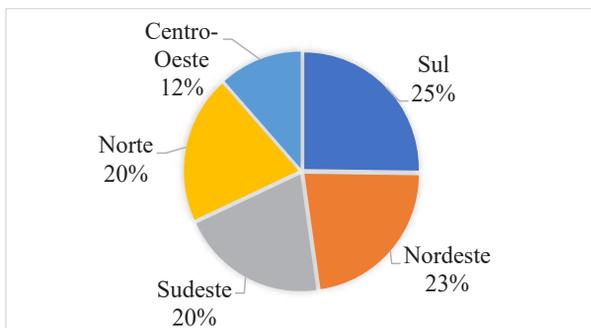
Fonte: Silva, 2019.

REGULARIZAÇÃO DE PROJETOS DE PISCICULTURA EM ÁGUAS DE DOMÍNIO DA UNIÃO

Diagnóstico da produção e regularização da piscicultura no reservatório Itaparica

A região Nordeste representa a segunda maior produção nacional de peixe (23%), com 89.918 toneladas de peixes vendidos em 2017, ficando atrás apenas da região Sul (25%) com 100.600 toneladas, conforme dados do censo agropecuário do IBGE (2017) apresentados na Figura 4.

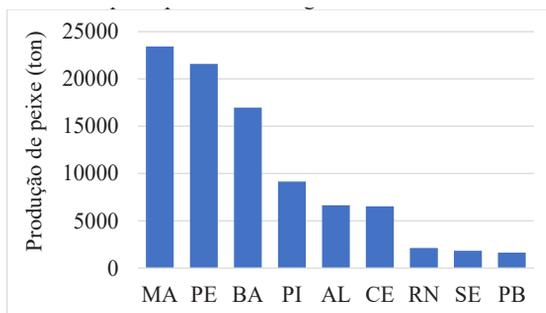
Figura 4 - Percentual de peixe produzido no Brasil em 2017 por região do Brasil



Fonte: Autores, 2019.

Inseridos na região Nordeste, os Estados que apresentaram maior produção de peixes em 2017 foram Maranhão (24 mil toneladas), Pernambuco (22 mil toneladas) e Bahia (17 mil toneladas), respectivamente (Figura 5). O reservatório Itaparica, que abrange municípios dos Estados da Bahia e Pernambuco, foi o maior produtor nacional, com 11.644 toneladas de peixe em 2017 (IBGE, 2017).

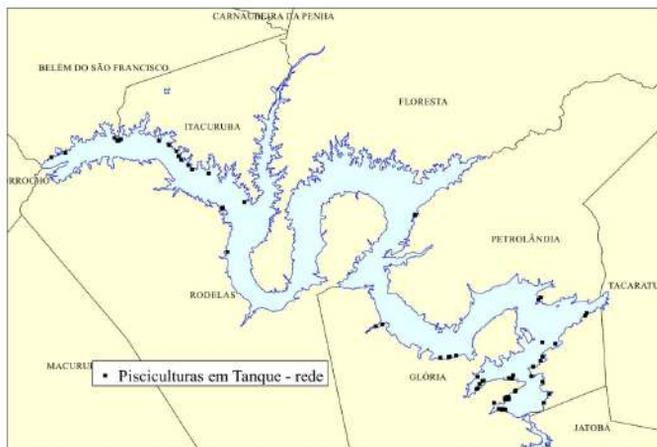
Figura 5 - Quantidade de peixe produzida na região Nordeste no ano de 2017, por Estado



Fonte: Autores, 2019.

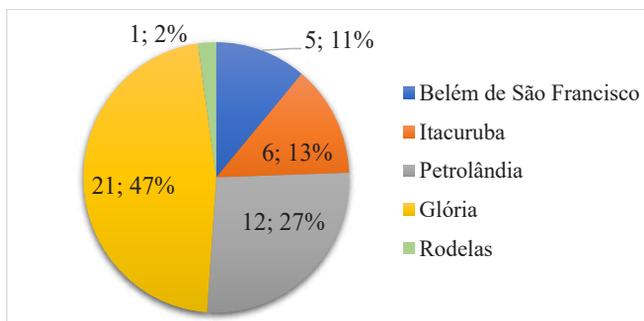
A atividade de piscicultura, desenvolvida no reservatório Itaparica, apresenta 45 empreendimentos em tanque-rede (Figura 6). A maioria destes, 47% (n=21) dos empreendimentos estão situados no município de Glória/BA, 27% (n=12) em Petrolândia/PE e 13% (n=6) no município de Itacuruba/PE (Figura 7).

Figura 6 - Pisciculturas em tanques-rede ativas no reservatório Itaparica



Fonte: Silva, 2019.

Figura 7 - Número de pisciculturas por município, no reservatório Itaparica em 2018



Fonte: Autores, 2019.

O quantitativo de pisciculturas em operação reflete na produção informada pelos municípios no ano de 2018, totalizando 29.374 ton/ano. A produção informada é inferior à produção outorgada até o ano de 2018 para o reservatório Itaparica, de 35.771 toneladas por ano, das quais 15.144 ton/ano seriam estipuladas para o município de Itacuruba. No entanto, o município produz 6.384 ton/ano (42% da capacidade de produção) (Tabela 1).

Tabela 1 - Produção informada e produção outorgada por município, com a quantidade de ração, carga de fósforo e taxa de conversão

Estado	Município	Produção Informada (ton/ano)	Produção outorgada (ton/ano)	Ração (ton/ano)	Carga de fósforo (kg/dia)	Taxa de conversão
PE	Belém de S. Francisco	446	72	698	3,4	1,6
	Itacuruba	6.384	15.144	24.158	177	1,4
	Petrolândia	8.088	8.035	14.344	96	1,6
BA	Glória	14.236	12.300	24.459	161	1,7
	Rodelas	220	220	336	0,35	1,5
Total		29.374	35.771	63.996	437	-

Ribeiro et al. (2015) obtiveram no setor submédio São Francisco, que inclui o reservatório Itaparica, uma produção de 14.676 toneladas no ano de 2014, quase 50% a menos da produção informada pelos municípios em 2018 (29.374 ton/ano). Segundo os autores, o município de Glória (BA) apresentou produção de 10.968 toneladas em 2014, sendo superada em 2017, conforme censo agropecuário em 11.644 e em 2018 produziu 14.236 toneladas, considerado o município de maior produção em todo o Brasil (IBGE, 2017).

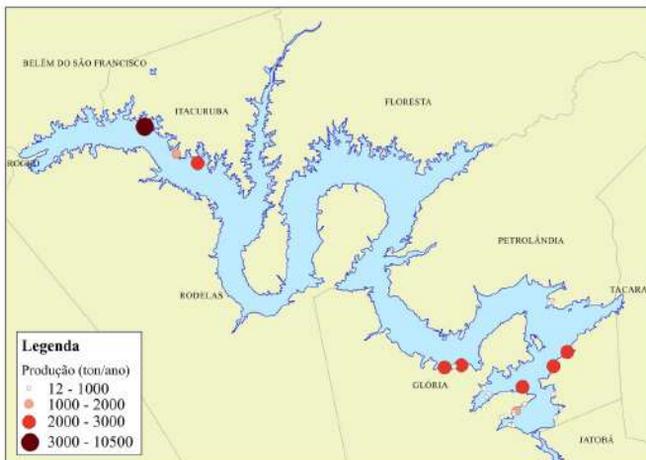
Apesar do município de Glória/BA, apresentar uma efetiva produção da piscicultura, se destacando a nível nacional, o município de Itacuruba apresenta maior capacidade outorgada pela ANA, possibilitando um maior aproveitamento da área. No entanto, com o período de estiagem prolongado entre 2012 e 2017, algumas pisciculturas foram prejudicadas com perdas na produção, e alguns empreendimentos encontram-se inativos, temporariamente, aguardando a melhoria da situação do reservatório.

Os dados para produção outorgada e carga de fósforo inserida no reservatório Itaparica, são apresentados em mapas nas Figuras 8 e 9, respectivamente, de forma a visualizar no reservatório os referidos atributos por piscicultura.

A carga de fósforo estimada nas outorgas oriunda da piscicultura é 437 kg/dia. Entretanto outras fontes difusas contribuem para o aporte do fósforo no reservatório, principalmente o esgoto sanitário e os perímetros irrigados das cidades à montante e no entorno do reservatório. É importante refletir acerca da carga de fósforo oriundo

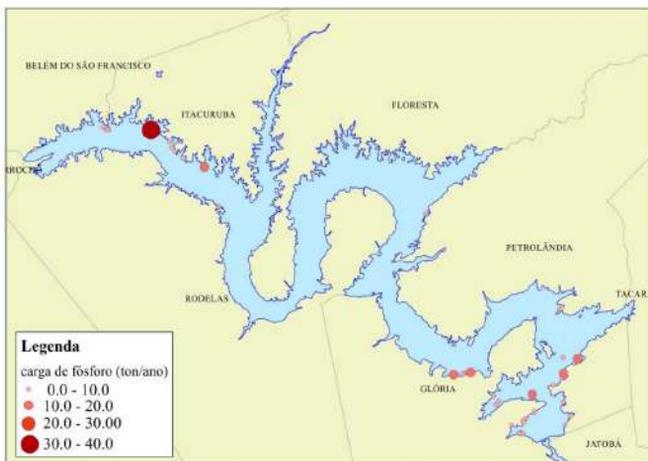
do esgoto sanitário proveniente dos núcleos urbanos das cidades presentes no entorno do reservatório, tendo como base de cálculo 118.761 habitantes, considerando como vazão per capita de esgoto 100 L/hab/dia e concentração de fósforo total de 8 mg/L (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005), resultaria numa carga de 95 kg/dia.

Figura 8 - Produção outorgada para as pisciculturas no reservatório Itaparica em 2018



Fonte: Silva, 2019.

Figura 9 - Carga de fósforo proveniente das pisciculturas no reservatório Itaparica em 2018



Fonte: Silva, 2019.

Arruda (2015), calculando o aporte de fósforo oriundo de um perímetro irrigado, no município de Petrolândia, com base na média de consumo de água de 34.600m³/ha/ano, no número de hectares cultivados anualmente de 1.045 ha e na concentração de fósforo total encontrado na corrente de água de drenagem de 0,4mg/L, resultou uma contribuição teórica de 41 kg/dia. Fazendo uma estimativa superficial, considerando tamanho similar dos seis perímetros irrigados no entorno do reservatório, podemos relacionar uma carga de fósforo mínima de 250 kg/dia.

No contexto do aumento das áreas cultivadas e com aumento na oferta e melhores condições de créditos para compra de agroquímicos, pode-se esperar um aumento na concentração de fósforo na água de drenagem agrícola se não forem implementadas melhorias de gestão quanto ao uso, manuseio e estocagem desses produtos (ARRUDA, 2015).

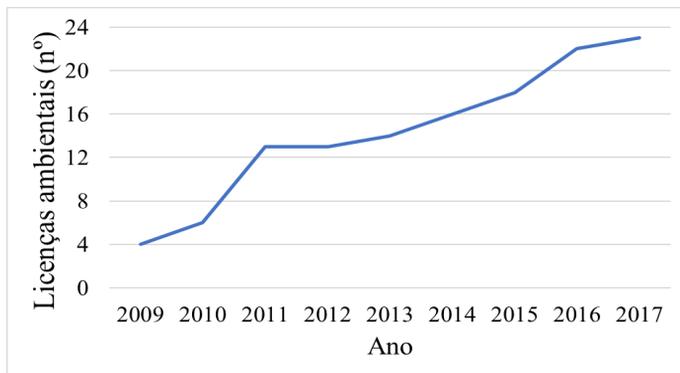
O processo de regularização dos projetos de piscicultura, que propiciam aos empreendimentos a licença ambiental; outorga e por fim o contrato de cessão de uso de território em água da União, refletem diretamente na produção, sendo estes aspectos regulatórios abordados a seguir.

Licenciamento ambiental

A regularização da piscicultura no Brasil envolve questões relacionadas às autorizações e liberações governamentais para a atividade, além de questões técnicas e administrativas, voltadas para a demanda no mercado. No processo de regulação, a morosidade e a burocracia são apontadas pelos piscicultores como fatores que desaceleram o crescimento da atividade, destacando os processos de licenciamento ambiental e outorga para então obter a cessão de uso para piscicultura (EMBRAPA, 2016).

A Figura 11 apresenta o número de licenças ambientais emitidas no estado de Pernambuco, pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). No levantamento das licenças para os empreendimentos de piscicultura no período de 2009 a 2017, verificou-se 37 licenças (licença prévia, de instalação e de operação) correspondentes a 23 empreendimentos de piscicultura no reservatório Itaparica (Figura 10).

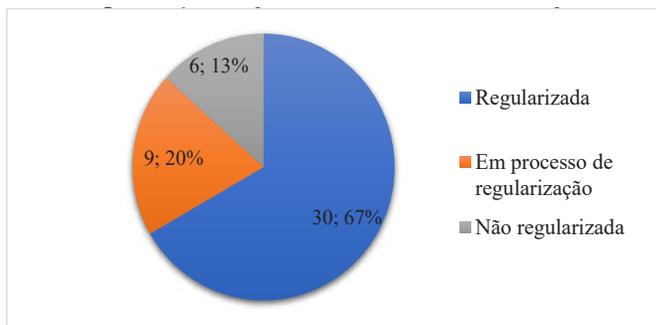
Figura 10 - Licenças ambientais concedidas no período de 2009 a 2017 para piscicultura no reservatório Itaparica, Estado de Pernambuco



Fonte: Autores, 2019.

Dentre as 45 pisciculturas presentes no reservatório até o ano de 2018, trinta estão regularizadas (67%), nove estão em processo de regularização (20%) e seis não estão regularizadas (Figura 11).

Figura 11 - Regularização das pisciculturas no reservatório Itaparica, em 2018

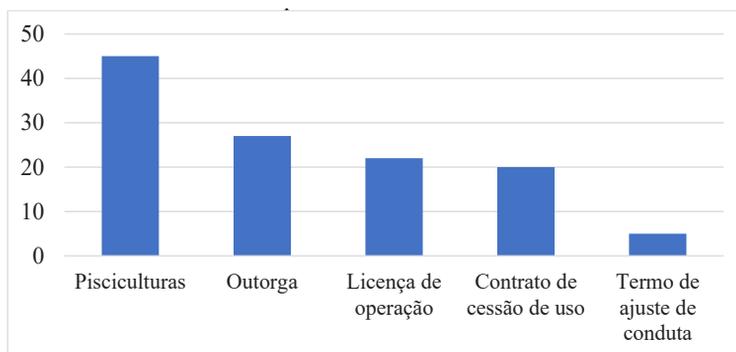


Fonte: Autores, 2019.

De acordo com Sidônio et al. (2012), o licenciamento ambiental é um dos gargalos existentes na aquicultura. Por se tratar de uma atividade nova, há estados com regras distintas, sendo em alguns casos, mais restritivas que a legislação federal. No estado da Bahia, as licenças são descentralizadas em nível de município, de acordo com informação de técnicos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA).

De forma a mitigar os impactos previstos, o processo de licenciamento e renovação da Licença de operação, exige o monitoramento da qualidade da água nas pisciculturas, a partir das condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005). No entanto, a demora dos processos de regularização e incipiente fiscalização dos órgãos ambientais favorecem o não cumprimento do processo de monitoramento da qualidade da água, resultando em alterações no ambiente aquático sem seu devido acompanhamento. Do total de 45 pisciculturas, 28 apresentaram outorga, 22 licenças de operação, das quais 20 apresentam contrato para deferimento de cessão de uso e 5 delas se encontram em processo de negociação do Termo de Ajuste de Conduta (TAC) junto ao Ministério Público (Figura 12).

Figura 12 - Número de pisciculturas regularizadas por instrumento no reservatório Itaparica no ano de 2018



Fonte: Autores, 2019.

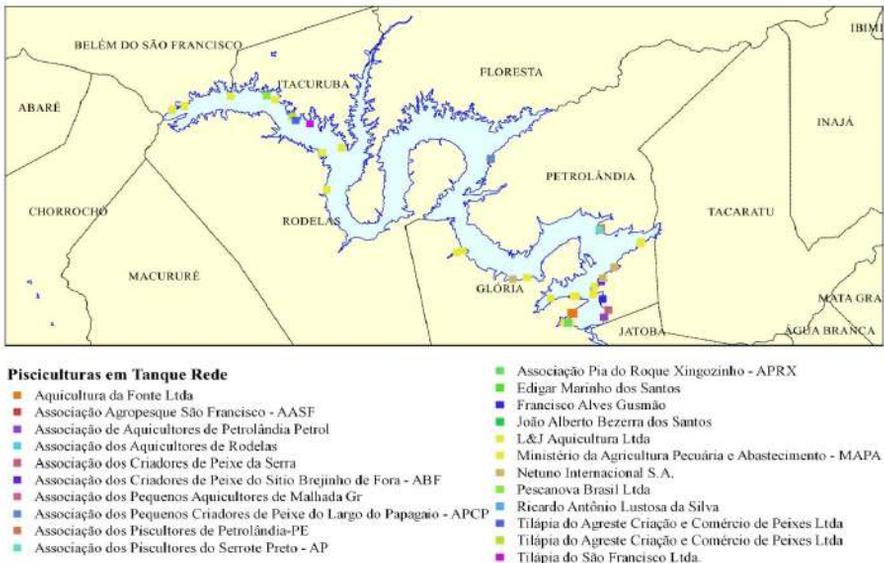
Marques et al. (2015) em levantamento das concessões de outorgas para piscicultura na bacia hidrográfica do rio São Francisco, identificaram 2 outorgas referentes ao alto São Francisco, 17 referentes ao Submédio e 12 referentes ao baixo São Francisco (BA). Das outorgas expedidas, 64% foram favoráveis à piscicultura no reservatório Itaparica, 19% em Três Marias, 14% em Xingó e 3% em Sobradinho. Os autores indicaram a emissão de 74 licenças ambientais para empreendimentos de aquicultura no período compreendido entre 2009 e 2014 no Estado de Pernambuco, sendo 12 relacionadas à Licença de Instalação (LI), 13 com Licença de Operação (LO), 23 com Licença Prévia (LP), 6 com Renovação de Licença de Instalação (RLI) e 20 com Renovação da Licença de Operação (RLO).

Outorga de uso do recurso hídrico

A outorga de uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo obrigatória na regularização da piscicultura. Em corpos d'água de domínio da União, como o reservatório Itaparica, a competência para emissão da outorga é da Agência Nacional de Águas (ANA). Objetivando assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos, a ANA analisa o pedido em função da capacidade do corpo hídrico de diluir a carga de fósforo.

Dentre os 45 empreendimentos ativos no reservatório Itaparica, foram verificadas apenas 28 outorgas de uso de recursos hídricos para a piscicultura, e outras 20 outorgas referentes às outorgas preventivas (Figura 13). A Resolução nº 1.938, de 30 de outubro de 2017, em seu artigo 1º determina que a outorga preventiva não confere direito de uso de recursos hídricos e se destina a reservar a vazão passível de outorga, possibilitando, aos investidores, o planejamento de empreendimentos que necessitem desses recursos. Logo, o número inferior de outorgas vigentes reforça a presença de diversos empreendimentos não regularizados.

Figura 13 - Usuários com outorga de uso para piscicultura no reservatório Itaparica



Fonte: Silva, 2019.

Cessão de uso para aquicultura em águas de domínio da União

As etapas para regularização do processo de cessão de uso de espaço físico de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, são apresentadas abaixo em 4 (quatro) etapas e sumarizadas em representação esquemática na Figura 14.

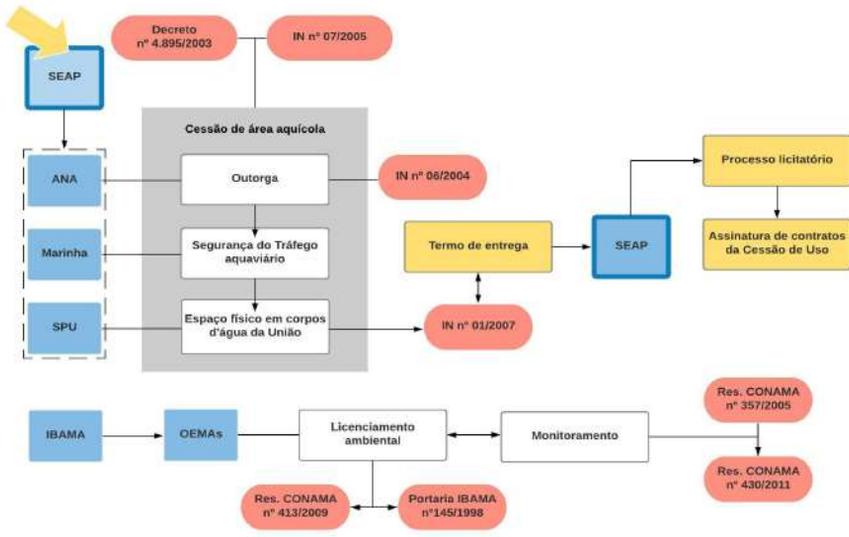
1ª etapa: Submissão de projeto com as informações básicas a respeito dos caracteres técnicos e ambientais sobre a atividade e de localização do empreendimento, como as coordenadas geográficas e mapas de localização, junto à SEAP. A própria SEAP encaminha e centraliza o processo junto às outras instituições envolvidas.

2ª etapa: Após verificação de conformidades e análises das áreas técnicas de aquicultura e geoprocessamento para pareceres favoráveis da SEAP, o processo é encaminhado para três instituições: ANA (outorga); Marinha do Brasil (navegabilidade e segurança do tráfego aquaviário) e SPU (uso dos espaços físicos em áreas de domínio da União).

3ª etapa: Após o deferimento pelas instituições mencionadas, a Secretaria do Patrimônio da União realiza a emissão da cessão por meio do Termo de Entrega à SEAP, autorizando-a a realizar o processo seletivo público da área requerida.

4ª etapa: realização e finalização do processo licitatório na modalidade concorrência pública pela SEAP, que comunicará por meio do Diário Oficial da União (DOU) quem foram os vencedores, tomando as providências para elaboração dos contratos de cessão de uso a serem assinados pelos vencedores e representante legal da SEAP. O contrato de cessão de uso com o licitante vencedor tem duração de 20 anos (prorrogável por igual período).

Figura 14 - Representação esquemática do processo para obtenção da Cessão de Uso para atividade de piscicultura em águas da União



Fonte: Silva, 2019.

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DA PISCICULTURA

Desenvolvimento de *webmap*

O desenvolvimento de *webmap* tem se mostrado um eficiente mecanismo para interação de informações cartográficas, pois possibilita o acesso simultâneo a inúmeros usuários e permite a criação de interfaces acessíveis e interativas. Outra aplicação importante é de geoespacialização da atividade, com confecção de mapas, permitindo identificar áreas de concentração ou não da piscicultura, bem como motivos que fortaleceram a atividade em cada região. Isso torna o uso de ferramentas, como o *webmap*, acessível e imprescindível para nortear as tomadas de decisão (ROCHA, 2015).

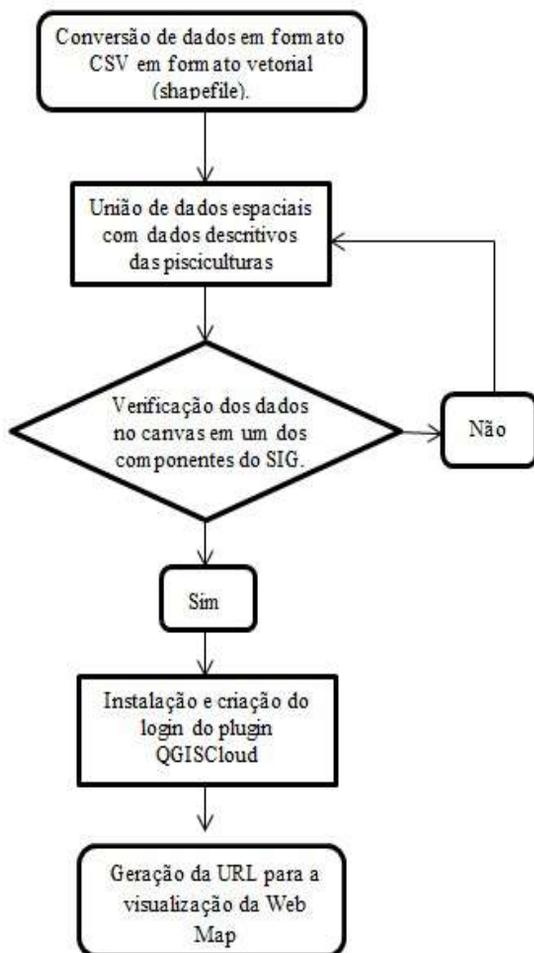
Segundo Câmara et al. (2001), o Brasil apresenta carência de conhecimentos adequados para a tomada de decisões referentes aos problemas sociais, ambientais, urbanos e rurais de forma interdisciplinar. O geoprocessamento proporciona um

potencial para auxiliar neste cenário, especialmente se fundamentado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente. Na aquicultura, o uso da geotecnologia vem sendo utilizado como ferramenta para a identificação de áreas favoráveis para a atividade. Völcker e Scott (2008), que utilizaram o SIG e o sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no baixo rio São João, no Rio de Janeiro.

O *webmap* foi implementado no software livre QGIS, utilizando o plugin QGIS Cloud Hosting que é uma plataforma SIG-WEB para publicação de mapas, dados e serviços geoespaciais na Internet. Com o QGIS Cloud é possível criar e editar mapas profissionais com todos os recursos do qgiscloud.com e permitem um tipo de interação básica com o usuário, como zoom, movimentação, manipulação das camadas visíveis, cálculo de áreas e distâncias, entre outras. O plugin converte todos os planos de informação do projeto do QGIS em formato HTML e, em seguida, gera uma pasta contendo os arquivos complementares para geração do *webmap*. O QGIS Cloud oferece um banco de dados PostgreSQL completo, estendido com o componente espacial PostGIS. É possível gerenciar bancos de dados com qualquer ferramenta de administração compatível, como o pgAdmin ou a ferramenta Administrador do Banco de Dados do QGIS tendo acesso total a todas as funções de um banco de dados PostgreSQL/PostGIS.

A criação do *webmap* para visualização espacial e disponibilização de informações na Internet é importante no manejo de pisciculturas no reservatório Itaparica de forma gratuita e acessível. Ainda é possível o compartilhamento de mapas e dados através de serviços de WMS ou baixar dados através do WFS compatíveis com o OGC (*Open Geospatial Consortium*). Após a inserção de dados na plataforma QGISCloud, é gerado um link na Internet para o acesso combinado com os dados das pisciculturas. A Figura 15 apresenta um fluxograma dos passos que foram seguidos para a geração no *webmap*, utilizando banco de dados conforme representados os atributos no Quadro 1.

Figura 15 - Fluxograma das etapas de elaboração do webmap



Quadro 1 - Atributos determinados para o desenvolvimento do *webmap*

Atributo	Descrição	Atributo	Descrição
Nome	Nome da piscicultura	Longitude	Coordenadas geográficas longitude em graus decimais
CNPJ/CPF	Número do CPF ou CNPJ	município	Município da piscicultura
licença	Tipo de licença ambiental obtida	estado	Estado Federativo
nº processo	Número do protocolo no MPA da outorga	vol_útil	Volume útil dos tanques
situação	Regularização Não regularizada	Fósforo	Fósforo em kg/dia
UHE	Reservatório	produção	Produção em toneladas por ano
outorga	Deferimento por resolução e ano de validade	ração	Ração em kg/dia
latitude	Coordenadas geográficas latitude em graus decimais	cessão_uso	Licitado Não Licitado

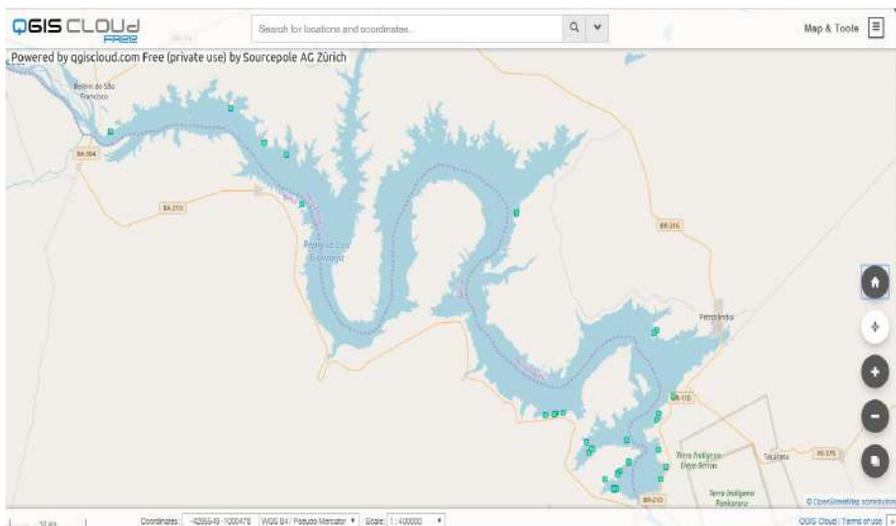
Webmap do reservatório Itaparica

Na Figura 16 é apresentado o *webmap* desenvolvido, com layout e a simbologia adotada para cada feição, tendo como basemap (plano de fundo) o OpenStreetMaps. Os dados podem ser visualizados com apenas um click no ponto dos empreendimentos. Essas informações são importantes, pois caracterizam a localização, descrevendo parâmetros não visuais essenciais à gestão territorial e o manejo das pisciculturas. Por exemplo, através dos dados descritivos, pode-se consultar quais pisciculturas ainda não foram regularizadas ou qual o nome do determinado empreendimento.

Além de consultas aos atributos das feições, foi inserida uma ferramenta para medição de distâncias e áreas, e caixa de legendas para gerenciamento das camadas ativas e inativas e uma escala gráfica, conforme pode ser visualizado na Figura 17.

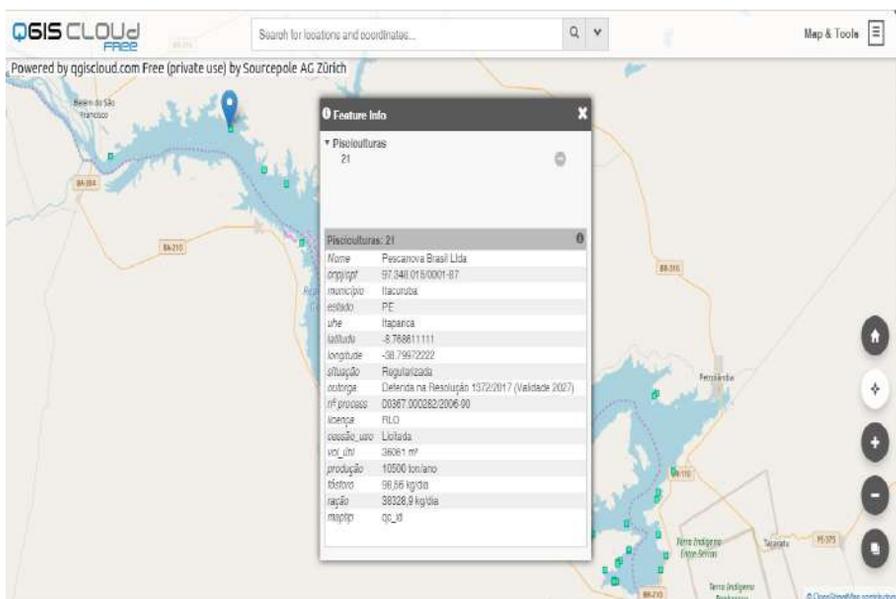
A gestão das áreas de uso pode auxiliar na determinação de quem tem acesso aos recursos e sob quais condições, o acesso é permitido, como também na identificação de formas de resolução de conflitos envolvendo direitos de acesso e propriedade (KALIKOSKI et al., 2018).

Figura 16 - Interface do *webmap* no QGIS Cloud



Fonte: Autores, 2019.

Figura 17 - *Webmap* implementado com as informações disponibilizadas



Fonte: Autores, 2019.

O *webmap* pode ser acessado por meio do link: <https://qgiscloud.com/tesewebmap/PisciculturaWebMap/?bl=mapnik&st=&l=Pisciculturas&t=PisciculturaWebMap&e=-4349020%2C-1026352%2C-4230062%2C-969137>. O endereço eletrônico gerado possui interface amigável e possibilitar a visualização dos dados espaciais, pois é disponibilizado na Internet, o que proporciona uma maior facilidade e agilidade na disponibilização aos produtos cartográficos.

As informações podem auxiliar a gestão da piscicultura no reservatório Itaparica, fomentando dados aos órgãos presentes em todas as esferas administrativas, incluindo as instituições de interesse local como o Comitê da Bacia do Rio São Francisco (CBHSF) e mais recentemente a Associação Aquicultura do Rio São Francisco – PEIXE SF, criada em 2018, para representação da cadeia produtiva da aquicultura na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos a partir do diagnóstico sobre a regularização ambiental da atividade de piscicultura contribuem com os órgãos que atuam na gestão ambiental da atividade de piscicultura, por meio da atualização dos dados de regularização e da discussão dos aspectos ambientais levantados para a manutenção da atividade, destacando a necessidade do monitoramento da qualidade ambiental e avaliação da capacidade de suporte do reservatório Itaparica. No contexto de mudanças climáticas, uma alternativa é aplicação de licença ambiental e outorga flexível, considerando a espacialização dos empreendimentos no reservatório e observada a necessidade em estimular melhores práticas de manejo.

Acerca da regularização dos empreendimentos, os resultados apontam para a necessidade de maior atuação dos órgãos públicos e de fiscalização para controle e compilação dos empreendimentos em atividade. Apesar da grande contribuição da produção de pescado para o desenvolvimento socioeconômico da região, em torno de 29.374 ton de peixes em 2018, esta produção correspondeu à carga de fósforo no reservatório de cerca de 359 kg/dia e 131 ton/ano. Esse entendimento é importante, uma vez que as ações no Submédio São Francisco refletem para os demais reservatórios em cascata.

Chamando atenção também para o lançamento de esgoto sanitário e os perímetros irrigados das cidades, através dos agroquímicos, à montante e no entorno do reservatório, que contribuem para o aporte do fósforo no reservatório.

A produção outorgada pela Agência Nacional de Águas até outubro/2018 permitiria uma produção ainda maior, ou seja, um aporte maior de fósforo para o reservatório Itaparica, estimada uma carga de 437 kg/dia. Entretanto, as condições ambientais e hidrodinâmicas do reservatório não têm sido satisfatórias para algumas pisciculturas em operação, obtendo perdas na produção. Neste contexto, a previsão e expansão da produção não vêm ocorrendo como foi anteriormente previsto nas outorgas concedidas.

O desenvolvimento do *webmap* contribui com informações importantes para caracterização da área das pisciculturas, com fácil visualização dos dados espaciais e de regularização, essenciais à gestão territorial e o manejo das pisciculturas, fomentando ações direcionadas pelos órgãos competentes. Esses dados podem auxiliar na tomada de decisão acerca das autorizações de acesso à água e quais as condições desse acesso, além de permitir a identificação de conflitos e melhores formas de resolução.

Com base nas informações geradas, recomenda-se o fortalecimento das instituições de planejamento, monitoramento e controle ambiental nos diversos níveis (ANA, CRPH, Secretarias Municipais de Meio Ambiente), juntamente com associações e cooperativas de piscicultores, bem como o Comitê de bacia do rio São Francisco, na busca de alternativas locais e acompanhamento da regularização e gestão desta importante atividade econômica para a região, e controle da capacidade de suporte do reservatório.

Recomenda-se negociação com as prefeituras da região para atualização dos dados do *webmap* e divulgação dos mesmos pelos órgãos e usuários no processo de monitoramento e regularização das pisciculturas, evitando esforços e gastos duplicados e cumprindo com a finalidade de planejamento e gestão sustentável da piscicultura em reservatórios do semiárido.

AGRADECIMENTOS

Aos empreendimentos de piscicultura da região, bem como os órgãos de regularização (Secretarias municipais de meio ambiente, CPRH, SEAP e ANA), que foram fundamentais na disponibilização das informações para geração do banco de dados. À Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), no âmbito do Projeto APQ-1248-3.07/15, e da bolsa de pós-graduação da pesquisadora Silva, G. M. N.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, N. O. *Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica localizado no semiárido nordestino*. 2015. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. 187f.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 03/08/2018.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução a Ciência da geoinformação*. São José dos Campos, SP: INPE, 2001. p. 57. (INPE-10506-RPQ/249).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Discussão sobre a regularização da piscicultura brasileira: da produção à comercialização*. Renata Melon Barroso et al. (ed.). Palmas, TO: EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: pesquisa da pecuária municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>. Acesso em: 03/06/ 2019.

KALIKOSKI, D. C.; SEIXAS, C. S.; ALMUDI, T. Shared and community management of fisheries in Brazil: progress and challenges. *Ambiente Soc*, v.12, n.1, 2018. p.151-172. doi: 10.1590/S1414-753X2011000100003. 2009. Acesso em: 15/06/2018.

KRAAK, M. J.; BROWN, A. *Web cartography: developments and prospects*. London

etc.: Taylor & Francis. 2001.

KROETZ, C. E. *Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Dimensionamento e Estimativa de Custos de Aterros Sanitários em Trincheiras para Municípios de Pequeno Porte*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. 174 f.

MARISCO, N. *Gráficos vetoriais escaláveis (SVG) para disseminar mapas para web interativos e dinâmicos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 26., 2014, Gramado, RS. *Anais [...]*. Rio Grande do Sul: CBC, 2014. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/anais.html>. Acesso em: 01/07/2017.

MARQUES, E. A. T.; SOBRAL, M. C.; CUNHA, M. C. C.; MELO, M. G. S. Análise dos procedimentos de regularização ambiental da atividade aquícola em Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 36, 2015. ISSN eletrônico 2176-9478.

MASSUKADO, L. M. *Sistema de apoio à decisão: validação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2004. 230 f.

MELO JR, J. B. de.; CANDEIAS, A. L. B. SIG e sua interoperabilidade utilizando servidores de WEB. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12., Goiânia-GO, 2005. São Paulo: INPE, 2004. p. 2273-2280. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.19.57/doc/2273.pdf>. Acesso em: 20/12/2018.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. *Eng. Sanit. Ambient.* v. 10, n.4, p. 347-357, 2005.

RIBEIRO, M. R. F.; SANTOS, J. P.; SILVA, E. M.; PEREIRA-JÚNIOR, E. A.; TENÓRIO, M. A. L. S.; LINI e SILVA, I. L.; WEHBI, M. D.; LOPES, J. P.; TENÓRIO, R. A. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta Fish. Aquat. Res.*, v. 3, n. 1, p. 91-108 2015. Doi 10.2312/ActaFish.2015.3.1.91-108.

RIZZOLI, A. E.; DAVIS, J. R.; ABEL, D. J. Model and data integration and reuse in environmental decision support systems. *Decision support systems*, v. 24, n. 2, p. 127-144, 1998.

ROCHA, D. O. *Geotecnologias aplicadas à estruturação de um sistema de informação geográfica da piscicultura no Estado de Rondônia*. 2015. Monografia (Graduação) -

Engenharia de Pesca, Fundação Universidade Federal de Rondônia. 2015. 57f.

SIDÔNIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVESJÚNIOR, A. J.; MUNGLIOLI, R. *Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES*. BNDES Setorial, n. 36, p. 179218, 2012.

SILVA, G. M. N. da. *Avaliação do aporte de nutrientes proveniente da piscicultura na alteração da qualidade da água diante de cenários de redução de vazão em reservatório no semiárido*. 2019. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 159f. 2019.

VÖLCKER, C. M.; SCOTT, P. SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no baixo São João – RJ. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v.3, n. 3, p.196-215, 2008.

AUTORES

Ana Lúcia Candeias - Graduada em Engenharia Eletrônica pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (1987). Mestre em Sensoriamento Remoto (1992) e Ph.D. em Computação Aplicada (1997) com ênfase em Sensoriamento Remoto, ambos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Professora Associada III da UFPE, experiência em Sensoriamento Remoto, SIG e Ciência da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: processamento digital de imagens, morfologia matemática, sensoriamento remoto, geoprocessamento e realidade virtual. Bolsista de Produtividade PQ 2. Participa em projetos envolvendo processamento de imagem, detecção de erros de classificação em múltiplas imagens de sensores, geoprocessamento e geovisualização.

Ana Lucila dos Santos Costa - Doutora em Química e Biotecnologia IQB/ Universidade Federal de Alagoas - UFAL (2011). Mestre em Química e Biotecnologia IQB/UFAL (2006). Bacharelado em Farmácia na UFAL (2003). Professora do Centro Universitário do Rio São Francisco e Professora da Faculdade de São Vicente.

Anthony Epifanio Alves - Biólogo (2010), mestre em Engenharia Ambiental (2017), ambos pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Com experiência em monitoramento e ecologia de reservatórios, zoologia de invertebrados e estudos ecotoxicológicos, atuando principalmente nos seguintes temas: recursos hídricos, limnologia, zoobentos e zooplâncton de águas continentais e ensaios ecotoxicológicos em sedimentos.

Ariane Silva Cardoso - Bióloga (2012), Esp. em Gestão Ambiental e Recursos Hídricos (2013), Mestre em Engenharia Ambiental (UFRPE) e em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPE), ambos em 2017. Doutoranda em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UFPE). Desempenhando atividades nas áreas de monitoramento ambiental, qualidade da água e bioindicadores, ecotoxicologia aquática e impactos ambientais em corpos hídricos.

Cláudia Ricardo de Oliveira - Doutora em Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela UFPE (2019). Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRPE). Mestre em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (2014) e Geógrafa (2013), ambos pela UFPE. Tem formação como Tecnóloga em Gestão Ambiental (2011) pelo IFPE (2008). Pesquisadora do Grupo de Gestão Ambiental, atuando nas seguintes áreas: Estudo de Impactos Ambientais, Gestão de Recursos Hídricos e Naturais, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Cristiane Maria Araújo Castro - Bióloga, mestre e doutora em Oceanografia (UFPE), pós-doutora em Ecotoxicologia pela UFPE, professora Adjunta do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atua na área de Ecotoxicologia aquática e Fisiologia Animal, além de revisora nos periódicos *Aquatic Toxicology* e *Marine Biology*.

Danilo Oliveira Nogueira - Bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade do Estado da Bahia (2018). Bolsista da Água e Terra Consultoria e Planejamento Ambiental (2014 a 2016) e da Iniciação Científica pelo CNPq (2017 e 2018). Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em bioindicadores de níveis tróficos.

Elivelton Ribeiro Souza - Bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB (2018). Foi bolsista do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologia em Aquicultura (CDTA/UNEB), da Associação de Engenheiros de Pesca da Bahia, e de Iniciação Científica da UNEB (FAPESB - 2016-2017). Foi estagiário da Prefeitura Municipal de Glória, BA, e da Associação de Piscicultores do Território de Itaparica. Experiência profissional nas indústrias NETUNO S/A e na Integral MIX (atual).

Érika Alves Tavares Marques - Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPE (2017). Mestra em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP (2010). Especialista em Gestão e Controle Ambiental pela Universidade de Pernambuco - UPE (2008). Bióloga pela UFRPE (2006). Integrante do Grupo de Gestão e Saneamento Ambiental - Centro de Tecnologia e Geociências – UFPE, atua no Projeto Gestão integrada de bacias hidrográficas para redução das pressões dos múltiplos usos da água diante das mudanças climáticas no semiárido do Brasil.

Everardo V. S. B. Sampaio - Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1967) e doutorado em Agronomy - University of Georgia, USA (1973). Pesquisador da Embrapa, de 1973 a 1975. Professor da UFRPE, de 1976 a 1980, e do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, desde 1980 até a aposentadoria (2015). Atua principalmente nos temas: semiárido, solo, vegetação e ciclagem de nutrientes.

Gérsica Moraes Nogueira da Silva - Bacharel em Ciências biológicas pela UFRPE (2011), e graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo IFPE (2016). Mestrado em Ecologia pela UFRPE (2015). Doutora em Engenharia Civil, na área de Tecnologia

Ambiental e Recursos Hídricos pela UFPE (2019), realizou doutorado sanduíche na Technische Universität Berlin (TUB), Alemanha. Atua como pesquisadora no Grupo de Gestão Ambiental da UFPE e Pós-doutoranda no Programa USP Cidades Globais, no Instituto de Estudos Avançados/USP. Tem experiência na área de gestão ambiental, qualidade de água e usos múltiplos dos recursos hídricos, com ênfase em conservação da biodiversidade aquática e atividades pesqueiras.

Glenda da Silva Tavares - Bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB) (2019); Bolsista de monitoria de extensão do Observatório COMRIOS/UNEB (2017) e de Iniciação Científica no Laboratório de Análises Químicas, Físicas e Biológicas em Aquicultura e do Rio São Francisco – AQUILAB/UNEB (2018); Estagiária da Água e Terra Consultoria e Planejamento Ambiental (2015), da Agência de Defesa Agropecuária - ADAB (2017) e da Piscicultura Asa Branca (2019); Experiência profissional na Kayros Ambiental e Agrícola (2019)

Hidaiane Fayga Matias Caldas - Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e mestranda em Engenharia Civil com ênfase em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Atualmente, desenvolve pesquisas na temática da Qualidade da Água e Gestão de Recursos Hídricos, aplicadas ao Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF.

Igor Barros Oliveira - Bacharel em Engenharia de Pesca pela UNEB, Campus VIII (2018); Pesquisador voluntário do Observatório COMRIOS/UNEB (atual). Bolsista de Iniciação Científica (FAPESB, 2014-2015) e PCIN-UNEB de IC (2016-2017); estagiário do Laboratório de Enzimologia, LABENZ/UFPE (2015), da AAT International, (2017) e do Frigorífico Atum do Brasil (2019). Tem Experiência profissional no Frigorífico Costa Azul (2019) e no frigorífico Atacado do Peixe (Atual).

Janaina Maria Oliveira de Assis - Graduação em Geografia (2009), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2012) e Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental, ambos pela Universidade Federal de Pernambuco (2016). Atua no Grupo de Gestão Ambiental da UFPE, onde realizou pós-doutorado na área de geografia física, com ênfase em climatologia e estudos ambientais, atuando nos seguintes temas: Análise de tendências de mudanças climáticas e análise ambiental.

Jorge Luiz Araújo da Silva - Graduado em Medicina Veterinária (UFRPE/1982), Especialização em Agronegócios (UFPE/2001), Especialização em Economia

e Negócios Empresariais (UFPE/2002), Especialização em Contabilidade e Controladoria Empresarial (UFPE/2003), Mestre em Gestão e Políticas Ambientais (UFPE/2007), Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPE/2017), consultor em Agronegócios, atua na elaboração e análise de projetos financeiros para empreendimentos.

Juarez Antônio da Silva Júnior - Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura pela UFPE. Já atuou como bolsista de iniciação científica no projeto Cobertura Vegetal e Hídrica de Bacias Hidrográficas com o Uso de Imagens Orbitais. Atualmente, atua como Bolsista de iniciação científica no Projeto Mapeamento Costeiro por Drone e participante do Projeto Sensoriamento Remoto Aplicado no Estudo de Focos de Calor em Florestas do Brasil e Portugal.

Luane dos Santos Simplicio - Graduada em Engenharia de Pesca (2017) pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Possui experiência na identificação do Plâncton Límncico na graduação, atuando diretamente no projeto do Monitoramento Ambiental do Rio São Francisco. Atualmente (2019), é mestranda no Programa de pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH), pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB (bolsista CAPES), desenvolvendo pesquisa sobre Serviços Ecossistêmicos no Monumento Natural do São Francisco.

Maiara Gabrielle de Souza Melo - Graduada em Gestão Ambiental, pelo IFPE. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA e Doutora em Engenharia Civil, com ênfase em tecnologia ambiental e recursos hídricos, ambos pela UFPE. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Atua nas áreas de Gestão Ambiental, Avaliação Ambiental Estratégica, Modelagem institucional, Governança Ambiental e Gestão Integrada de Recursos Hídricos.

Maria do Carmo Sobral - Engenheira Civil pela UFPE. Pós-doutorado em Tecnologia Ambiental (TU-Berlin, Alemanha) e em Gestão de Recursos Hídricos (UNESCO, Delft, Holanda). Doutora em Planejamento Ambiental pela TU-Berlin. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Waterloo - Canadá. Exerceu diversos cargos de administração pública na Agência Pernambucana de Meio Ambiente-CPRH, Secretaria Estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana-FIDEM e Companhia Pernambucana de Saneamento-COMPESA. Atualmente é Professora Titular do departamento de engenharia civil e ambiental (UFPE), atuando na área de gestão e controle ambiental, qualidade da água, indicadores de sustentabilidade e gestão de bacia hidrográfica.

Maria do Socorro B. Araújo - Graduação em Engenharia Química (1983) e Química Industrial (1980), Universidade Católica de Pernambuco, mestrado em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (1989), doutorado em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa (2000) e pós-doutorado na University of Guelph, Canadá (2010). Professora Associada IV da Universidade Federal de Pernambuco. Atua na área de Ciência do Solo, principalmente Manejo e Conservação do Solo.

Maristela Casé Costa Cunha - Bióloga, mestre em Botânica (UFRPE), doutora em Oceanografia (UFPE), professora Adjunta na Universidade do Estado da Bahia - Campus VIII, atuando nas áreas de Taxonomia de Criptógamos; Ecologia de Ecossistemas; Limnologia; Bioindicadores de ambientes aquáticos. Membro do Conselho Editorial da Editora da Universidade do Estado da Bahia (EDUNEB) e representante no Conselho Consultivo do Monumento Natural do São Francisco. Lidera o grupo de pesquisas institucionais/CNPq Núcleo de Pesquisas em Ecossistemas Aquáticos (NUPEA).

Nara Tôrres Silveira - Graduada em Engenharia de Pesca (2019) pela Universidade Estadual da Bahia (UNEB) e Especialista em Gestão e Educação Ambiental (2020) pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi). Técnica em Biocombustíveis pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFBA), onde desenvolveu pesquisa sobre a Avaliação da Produção de Biodiesel a partir das Visceras de Tilápia do Nilo.

Omar Jorge Sabbag - Engenheiro Agrônomo, pós-doutor, professor livre-docente da UNESP/FEIS e docente orientador de pós-graduação em Desenvolvimento Regional e de Sistemas Produtivos (UEMS) e Mestrado Profissional em Administração (FCAV/UNESP). Pesquisador em Economia e Gestão do Agronegócio, com atuação em análise de investimentos, riscos e eficiência, empreendedorismo rural, políticas públicas para o agronegócio, desenvolvimento regional e sustentabilidade.

Rafaell Batista Pereira - Mestre em nutrição humana, com linha de pesquisa em Desenvolvimento Fisiológico, na área de Fisiologia cardíaca e Pulmonar, pela Universidade Federal de Alagoas UFAL (2014). Graduado em Fisioterapia pela Faculdade Alagoana de Administração/Instituto de Ensino Superior Alagoas (2007). Professor do Centro Universitário do Rio São Francisco (Unirios).

Renata Melon Barroso Bertolini - Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense (1993), mestrado em Medicina Veterinária (Patologia Veterinária) pela Universidade Federal Fluminense (1999) e doutorado

em Biologia Celular e Molecular pela Fundação Oswaldo Cruz (2003). Tem pós-doutoramento pela Washington State University, USA (2003 a 2006) e no The Volcani Center em Israel (2007). Com experiência na área de Aquicultura, sendo do quadro da Embrapa desde 2011, cedida ao Ministério da Agricultura desde 2019.

Ricardo Marques Nogueira Filho - Doutorando em Saúde e Ambiente UNIT (2017). Mestre em Ciência Animal UNIVASF (2012). Especialista em Aquicultura UNEB (2005). Graduando em Química UNEB (2015). Graduado em Engenharia de Pesca UNEB (2003). Licenciado em Biologia AESA/CESA (2002). Professor Assistente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e do Centro Universitário do Rio São Francisco (Unirios).

Ronaldo Faustino da Silva - Engenheiro Agrônomo pela UFRPE (1985), Especialização em Engenharia de Irrigação pela Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica (1990). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (2017). Mestre em Gestão e Políticas Ambientais (2000) e Doutor em Engenharia Civil (2007), ambos pela UFPE. Pós-graduação em Ecological Sanitation pelo Stockholm Environment Institute da Suécia (2009). Professor Titular do Instituto Federal de Pernambuco. Pesquisa e atua na área de engenharia sanitária, construções sustentáveis e saneamento ecológico.

Ruy Albuquerque Tenório - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Alagoas, UFAL (1997). Especialista em Aquicultura (1998) e Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (2003), ambos pela UFRPE. Doutor em Ciências, na área de Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora em Áreas Estratégicas de Química e Biotecnologia e subárea Ecologia Ambiental pela UFAL (2011). Docente da Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Pesquisador do Observatório COMRIOS/UNEB.

Tâmara de Almeida e Silva - Bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1988), com Mestrado (1994) e Doutorado (2003) em Oceanografia pela UFPE. Atualmente é professora Titular da Universidade do Estado da Bahia e atua nos cursos de Engenharia de Pesca e Pós-Graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental. Na pesquisa tem experiência na área de Ecologia de Invertebrados Aquáticos Límnico e Marinhos.



Este livro foi composto pelas fontes, Times New Roman e Humanst 777 Blk Bt
O papel utilizado para o miolo foi Couche Fosco 115g/m² e capa Supremo 250 g/m²
Impresso no parque gráfico da CCS Gráfica e Editora Ltda.
www.ccsgrafica.com.br



UFPE



GGA
GRUPO DE
GESTÃO
AMBIENTAL



FACEPE

Fundação de Amparo à Ciência e
Tecnologia do Estado de Pernambuco

ISBN: 978-65-992464-3-2



9 786599 246432

Contexto histórico da foto da capa do livro *Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade*

A imagem da capa do livro apresenta um significado histórico para a piscicultura no rio São Francisco, por se tratar do lugar onde nasceu a tilapicultura intensiva, com uso de gaiolas flutuantes. Hoje, a produção acontece com tanques-rede. Neste local, há 24 anos, José Alves Feitosa formou a Associação dos Pequenos Criadores de Peixe de Lagoa do Junco (APCPLJ), no povoado Xingozinho, Município de Paulo Afonso – BA, mas, foi no ano de 1998 que ele iniciou sua atividade como piscicultor, realizando o primeiro povoamento de tilápias no reservatório hidrelétrico Xingó. Atualmente, Feitosa é o piscicultor mais antigo do Rio, e a APCPLJ é a associação de piscicultura mais antiga em operação no rio São Francisco, nessa modalidade de cultivo.

Enquanto o rio nasce em direção à foz, a piscicultura cresceu contracorrente. E do Baixo São Francisco, a APCPLJ originou o Polo de Piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco (Polo SBSF), considerado hoje o segundo maior Polo de tilapicultura do Brasil. A *Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade* da atividade integram na imagem da associação em sua adjacência, o desenvolvimento sustentável na Unidade de Conservação do Monumento Natural do Rio São Francisco (MONA do rio São Francisco), criada em 2009.

Ruy Albuquerque Tenório, UNEB
Gérsica Nogueira da Silva, UFPE
Observatório COMRIOS



ISBN: 978-65-992464-3-2



Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade

Gestão da Piscicultura & Sustentabilidade

EDITORES

Gérsica Moraes Nogueira da Silva
Maria do Carmo Sobral

GÉRSICA MORAES NOGUEIRA DA SILVA

Bióloga pela UFRPE, e Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFPE, mestre em Ecologia pela UFRPE. Doutora em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, UFPE, com sanduíche na Technische Universität Berlin (TUB), Alemanha. Pós-doutoranda no Programa USP Cidades Globais, no Instituto de Estudos Avançados/USP.

MARIA DO CARMO SOBRAL

Engenheira Civil pela UFPE, especialista em Planejamento Urbano e Regional pela Universität Dortmund, Alemanha, mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos, pela University of Waterloo, Canadá. Doutora em Planejamento Ambiental pela TUB, Alemanha. Pós-doutorado em Tecnologia Ambiental pela TUB, Alemanha; em Gestão de Recursos Hídricos pelo Instituto de Educação para Água – IHE-Unesco, Holanda; e em Planejamento Urbano e Ambiental pela Universidade Metropolitana de Oslo, Noruega. É professora titular da UFPE.

