



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

ARIANE SILVA CARDOSO

**ESTRATÉGIAS PARA SUSTENTABILIDADE DO ARRANJO PRODUTIVO
LOCAL DE PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

RECIFE

2017

ARIANE SILVA CARDOSO

**ESTRATÉGIAS PARA SUSTENTABILIDADE DO ARRANJO PRODUTIVO
LOCAL DE PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Soraya Giovanetti El-Deir

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Cristiane M. Varela de Araújo de Castro

RECIFE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C268e Cardoso, Ariane Silva
Estratégias para sustentabilidade do arranjo produtivo local de piscicultura no semiárido de Pernambuco, Brasil / Ariane Silva Cardoso. – 2017.
85 f. : il.

Orientadora: Soraya Giovanetti El-Deir.
Coorientadora: Cristiane Maria Varela de Araújo de Castro.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Cultivo de peixes 2. Desenvolvimento sustentável 3. Gestão ambiental I. El-Deir, Soraya Giovanetti, orient. II. Castro, Cristiane Maria Varela de Araújo de, coorient. III. Título

CDD 628

ARIANE SILVA CARDOSO

**ESTRATÉGIAS PARA SUSTENTABILIDADE DO ARRANJO PRODUTIVO
LOCAL DE PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Soraya Giovanetti El-Deir (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Cristiane M. Varela de Araújo de Castro (Coorientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alex Souza Moraes (Avaliador interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Maristela Casé Costa Cunha (Avaliadora externa)
Universidade do Estado da Bahia

*À prof.^a Dr.^a Soraya Giovanetti El-Deir.
Minha orientadora e a quem tenho grande
admiração e inspiração. Maior incentivadora
para realização desse trabalho. Muito obrigada
por toda sua atenção e oportunidade de aprendizado.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois me concedeu a benção maior que é a vida. Não me abandona em nenhum momento, guia meus passos, me protege de energias negativas e a cada dia me dá à felicidade de compartilhar com as pessoas que amo e de vivenciar novas conquistas.

Aos meus pais, Renildo José Cardoso e Jozete Cardoso, e minha irmã Mariane Cardoso, pelo amor, dedicação, apoio e compreensão, por ser a base da minha vida. Agradeço ao meu companheiro Anthony Epifanio Alves, pelo incentivo, confiança, segurança, paciência e carinho, por estar comigo em todas as conquistas e em todas as dificuldades.

Agradeço à professora e orientadora Dr^a Soraya Giovanetti El-Deir, a quem tenho muita admiração profissional, pela sua inteligência e capacidade, e pessoal, pela simplicidade e companheirismo. Obrigada pela importante oportunidade que me foi dada, pela paciência e por me acompanhar nesse processo de aprendizado. E ao seu grupo de pesquisa GAMPE.

À Professora e coorientadora Dr^a Cristiane M. Varela de Araújo de Castro, por todo apoio e dedicação nessa caminhada. Por permitir me integrar e me receber de forma tão especial no seu convívio acadêmico. Obrigada por tudo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Departamento de Tecnologia Rural (DTR), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e aos queridos professores, por contribuir na formação como pesquisador, pelos ensinamentos cruciais na evolução acadêmica e profissional e pelo apoio acadêmico.

À Professora Dr.^a Maristela Casé Costa Cunha, a quem sempre esteve ao meu lado nessa caminhada. Obrigada pela amizade, por todo aprendizado e pela confiança em mim depositada. E a seu laboratório de pesquisa NUPEA - UNEB *Campus VIII*.

Aos meus queridos colegas, Alcione, Ana Carla, Ana Paula, Amanda, Carla, Erik, Estefani, Heitor, Luciana, Rivaldo, Sara, Taís, Tássia e Vitor, por todas as vivências que pudemos compartilhar.

Agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente cooperaram para o desenvolvimento desta dissertação, minha imensa gratidão.

RESUMO

A piscicultura é uma atividade de grande importância socioeconômica no semiárido, mas sem uma gestão eficiente e o devido manejo no sistema de produção pode ser prejudicial, contribuindo com a perda da qualidade da água, gerando impactos ambientais e comprometendo a sustentabilidade dos recursos hídricos. O objetivo do estudo foi analisar a atividade de piscicultura, indicando estratégias para promover melhoria da gestão ambiental da atividade, a partir de estudo de caso em piscicultura de tanque escavado, às margens do reservatório de Itaparica, na região semiárida de Pernambuco. Utilizou-se da abordagem quantitativa, utilizando o fitoplâncton como bioindicador da qualidade da água. Para tal foram coletadas amostras de água da piscicultura para análise da clorofila-*a*, fósforo total e fitoplâncton. E análise qualitativa, visando correlacionar a piscicultura com os princípios da sustentabilidade e a aplicação da Matriz *Swot* como modelo de gestão ambiental para piscicultura. O exame da comunidade fitoplanctônica indica vigilância quanto a densidade de Cyanophyta acima do limite recomendado na legislação Conama 357/05 e a presença de espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas no reservatório de Itaparica. Os Índices de Estado Trófico e da Comunidade Fitoplanctônica chamam atenção para o efluente da piscicultura e o reservatório de Itaparica, onde no qual a água foi considerada ruim, classificada como mesotrófico e hipereutrófico, respectivamente. A partir da análise da piscicultura com base nos princípios da sustentabilidade concluiu-se que a manutenção do setor depende da eficiência no planejamento do uso dos recursos hídricos, baseado na capacidade de suporte do reservatório de Itaparica e a atuação dos piscicultores como principais componentes na manutenção e fiscalização da qualidade da água. A partir da Matriz *Swot* foram observadas tendências, e os principais temas observados como limitantes para piscicultura foram a geração de efluente e os entraves para obtenção das licenças ambientais. Entre os pontos capazes de potencializar o desenvolvimento do setor estão o reúso e tratamento da água, a proximidade da cadeia produtiva na região consolidando o APL, as parceiras e o apoio de instituições educacionais e a comercialização de alevinos. Estudos que contribuam com uma gestão eficiente e sustentável é imprescindível para garantir o crescimento do setor, além de subsidiar a formulação de políticas públicas ambientais, que busquem a melhoria contínua no sistema de produção sustentável de alimentos na região semiárida.

Palavras-chave: Cultivo de peixes. Desenvolvimento sustentável. Gestão ambiental.

ABSTRACT

Fish farming is an activity of great socioeconomic importance in the semi-arid region, but without efficient management and due management in the production system it can be harmful, contributing to the loss of water quality, generating environmental impacts and compromising the sustainability of water resources. The objective of the study was to analyze the activity of fish farming, indicating strategies to promote improvement of the environmental management of the activity, based on a case study in aquaculture of the excavated tank, on the banks of the Itaparica reservoir, in the semiarid region of Pernambuco. The quantitative approach was used, using phytoplankton as a bioindicator of water quality. For this, water samples were collected from the fish culture for analysis of chlorophyll a, total phosphorus and phytoplankton. And qualitative analysis, aiming to correlate the fish farming with the principles of sustainability and the application of the Swot Matrix as an environmental management model for fish farming. The examination of the phytoplankton community indicates a vigilance regarding the density of Cyanophyta above the limit recommended in the legislation Conama 357/05 and the presence of species potentially producing cyanotoxins in the reservoir of Itaparica. The Indices of the Trophic State and the Phytoplankton Community call attention to the effluent of the fish culture and the reservoir of Itaparica, where water was considered poor, classified as mesotrophic and hypereutrophic, respectively. Based on the analysis of fish farming based on sustainability principles, it was concluded that the maintenance of the sector depends on the efficiency in the planning of the use of water resources, based on the support capacity of the Itaparica reservoir and the performance of the fish farmers as main components in the maintenance and inspection of water quality. From the Swot Matrix, trends were observed, and the main themes observed as limitations for fish farming were the generation of effluent and the obstacles to obtain the environmental licenses. Among the points capable of boosting the development of the sector are the reuse and treatment of water, the proximity of the productive chain in the region consolidating the APL, the partners and the support of educational institutions and the commercialization of fingerlings. Studies that contribute to an efficient and sustainable management are essential to guarantee the growth of the sector, besides subsidizing the formulation of environmental public policies, which seek the continuous improvement in the system of sustainable food production in the semi-arid region.

Keywords: Fish culture. Sustainable development. Environmental management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo esquemático do Distrito Industrial Aquícola – DIA.	36
Figura 2	Piscicultura de tanque escavado, no município de Itacuruba/PE, às margens da bacia do rio São Francisco.	39
Figura 3	Pontos de amostragem das variáveis físico-química e biológicas na piscicultura de tanque escavado, em Itacuruba/PE: T 1, T2 e T 3 – tanques de cultivo de alevinos; T4 – efluente dos tanques de cultivos de juvenis; e T5 – Reservatório Itaparica.	42
Figura 4	Riqueza da comunidade fitoplanctônica nos tanques escavados de piscicultura; A – T1, T2 e T3; B – T4; C – T5.	52
Figura 5	Distribuição da riqueza da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em de 5 de maio de 2016.	53
Figura 6	Densidade total (células.mL ⁻¹) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em piscicultura de tanque escavado, no em 5 de maio de 2016.	55
Figura 7	Contribuição (%) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.	57
Figura 8	Princípios qualitativos dos temas identificados a partir da Matriz <i>Swot</i> para piscicultura de tanque escavado no semiárido pernambucano.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Matriz de ações territoriais nos APL de Piscicultura.	26
Quadro 2	Parâmetros e limites de qualidade da água recomendados pela Resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.	28
Quadro 3	Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras.....	42
Quadro 4	Descrição das categorias do Índice de Estado Trófico.	44
Quadro 5	Descrição das categorias do Índice de Comunidade Fitoplanctônica.	45
Quadro 6	Frequência de ocorrência (%) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em piscicultura de tanque escavado, em de 5 de maio de 2016.	54
Quadro 7	Pontos preponderantes para o empreendimento de piscicultura observando os ambientes interno e externo.	61
Quadro 8	Cruzamento entre preceitos do ambiente externo (ameaças) e interno (forças) em empreendimento de piscicultura.	62
Quadro 9	Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (fraquezas) e externo (oportunidades) em empreendimento de piscicultura.	64
Quadro 10	Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (forças) e externo (oportunidades) em empreendimento de piscicultura.	66
Quadro 11	Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (fraquezas) e externo (ameaças) em empreendimento de piscicultura.	68
Quadro 12	Conjunto de atores componentes do APL de piscicultura do Sertão de Itaparica.	72

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Táxons identificados e densidade (células.mL ⁻¹) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em piscicultura de tanque escavado, em de 5 de maio de 2016.	56
Tabela 2	Resultados do Índice de Estado Trófico nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado.	58
Tabela 3	Resultados do Índice da Comunidade Fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Adagro	Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco
AD Diper	Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association
APL	Arranjo Produtivo Local
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Chesf	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
Codevasf	Companhia de desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DIA	Programa de Desenvolvimento dos Distritos Industriais Aquícolas
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nation</i>
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IET	Índice de Estado Trófico
IPA	Instituto Agrônomo de Pernambuco
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Nepa	National Environmental Policy Act
Nupea	Núcleo de Pesquisas em Ecossistemas Aquáticos
ONU	Organização das Nações Unidas
Prorural	Programa Estadual de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável
SARA	Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária
SEAP/PR	Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República
SEAS	Secretaria de Assistência Social
SEPLAG	Secretária de Planejamento e Gestão
Sectma	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco
SPU	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNEB	Universidade do Estado da Bahia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Visão geral de sustentabilidade	17
2.2 Legislação para aquicultura	19
2.3 Arranjo produtivo local de piscicultura	22
2.4 Impactos ambientais da piscicultura	27
2.5 Planejamento estratégico e setorial	32
3. METODOLOGIA	38
3.1 Descrição da área de estudo	38
3.2 Procedimentos metodológicos	40
3.2.1 Análise da piscicultura face aos princípios da sustentabilidade	40
3.2.2 Avaliação do impacto da piscicultura de tanque escavado.....	41
3.2.2.1 Caracterização dos pontos de amostragem	41
3.2.2.2 Amostragem	42
3.2.2.3 Análises laboratoriais	42
3.2.3 Estratégias e modelo de gestão ambiental para piscicultura.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Sustentabilidade da piscicultura no semiárido	47
4.2. Fitoplâncton como bioindicador da qualidade da água	52
4.2.1 Comunidade fitoplanctônica	52
4.2.2 Índice de Estado Trófico	58
4.2.3 Índice da Comunidade Fitoplanctônica	59
4.3 Matriz swot como estratégia para gestão ambiental	60
4.3.1 Tendências	62
4.3.1.1 Tendências neutralizantes.....	62
4.3.1.2 Tendências positivas	66

4.3.1.3 Tendências negativas	68
4.4 Subsídios para o desenvolvimento sustentável na piscicultura ...	70
5. CONCLUSÕES.....	74
6. RECOMENDAÇÕES.....	77
REFERÊNCIAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida no nordeste brasileiro se distingue por apresentar *déficit* do balanço hídrico, no entanto, impactos antrópicos provenientes das atividades econômicas podem levar à poluição dos recursos hídricos existentes na região, sendo tal situação agravada pelo panorama das mudanças climáticas. Esse panorama tem reflexos em diversas esferas da vida das populações ali residentes, especialmente nos aspectos da composição da renda, segurança hídrica e nutricional.

Neste cenário, a piscicultura destaca-se como atividade com potencial de minimizar tais inseguranças, face o potencial produtivo, além da capacidade de gerar emprego, renda e desenvolvimento. No entanto, práticas inadequadas de manejo do pescado e do suprimento hídrico podem ser prejudiciais, e uma gestão ineficiente da atividade poderá comprometer a sustentabilidade dos recursos hídricos e o desenvolvimento da piscicultura.

A atividade de piscicultura tem potencial impactante negativo, podendo comprometer a qualidade da água e afetar a biodiversidade local, devido a liberação de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes da ração e dejetos dos peixes, associado ao uso de antibióticos e hormônios. A eutrofização é ainda mais agravante na região semiárida, face a baixa disponibilidade hídrica, afetando assim a qualidade de vida das pessoas que dependem deste recurso para seu consumo e sustento. 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).

A produção mundial de pescado via aquicultura chegou a 66,6 milhões de toneladas em 2012, representando 48,9% do pescado comercializado no país, ao passo que destes 41,9 milhões de ton. (62,9%) foram produzidos em água doce (*Food and Agriculture Organization of the United Nation - FAO, 2014*). Já no Brasil, em 2013, a produção aquícola foi responsável por 392.492 ton. em águas continentais, quando observou-se que o Nordeste foi a região mais representativa no país, com produção de 140.748 ton. de pescado, especialmente pela produção de tilápia (*Oreochromus niloticus*), constituindo a espécie mais cultivada (BRASIL, 2015; MPA, 2015). A meta para 2020 é de produção de 1.750.000 ton. de peixe no país (BRASIL, op. cit.).

Diante disto, faz-se importante conjecturar sobre as perspectivas da atividade de piscicultura futuramente e de que forma poderá atender às novas demandas

socioeconômicas. Com este olhar, a gestão adequada da atividade visa assegurar o crescimento econômico em sintonia com os preceitos da sustentabilidade.

Promover o desenvolvimento sustentável da atividade através de informações que possam contribuir com o estabelecimento de tecnologias de baixo custo que sirvam como modelo de melhoria processual a outros arranjos produtivos locais (APL) é fundamental. Essas informações podem auxiliar na compreensão da atividade pesqueira aquícola e no estabelecimento de políticas públicas que busquem o fortalecimento do APL da piscicultura no semiárido do Estado de Pernambuco.

Estratégias para o planejamento e gestão adequados são capazes de avaliar, com maior eficiência, as ações necessárias para potencializar os pontos que levam ao desenvolvimento da piscicultura e à minimização dos impactos negativos relacionados crescimento da atividade. A análise *Swot* vem como uma importante ferramenta para o planejamento pois é capaz de indicar as potencialidades de um empreendimento e suas oportunidades no ambiente em que opera, as fraquezas e seus obstáculos, propondo análises de cenários (EL-DEIR, 2013).

Com este olhar, o presente estudo pretende analisar a atividade de piscicultura, indicando estratégias para promover melhoria da gestão ambiental da atividade e adoção de práticas ambientalmente sustentáveis, visando contribuir com a minimização dos impactos ambientais gerados, a partir de estudo de caso de uma piscicultura de tanque escavado na região semiárida de Pernambuco.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Sugerir estratégias com foco no uso sustentável dos recursos hídricos, para melhoria da gestão ambiental do arranjo produtivo local de piscicultura no semiárido de Pernambuco, utilizando piscicultura em tanque escavado como estudo de caso.

1.1.2 Objetivos específicos

- Discutir os princípios da sustentabilidade face a atividade de piscicultura no semiárido pernambucano;

- Avaliar os possíveis impactos ambientais causados pela piscicultura de tanque escavado em reservatório no semiárido pernambucano utilizando o fitoplâncton como bioindicador da qualidade da água;
- Estabelecer estratégias como modelo de gestão ambiental, através da aplicação da Matriz *Swot*;
- Propor mecanismos para subsidiar sistema de apoio de decisão a fim de contribuir com a prática de gestão ambiental sustentável na piscicultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação relativa aos principais conceitos e estudos referente a área de pesquisa, ligados aos objetivos deste trabalho, são norteadores da estruturação do pensar desta pesquisa. Os temas acerca da legislação voltada para a atividade aquícola, as definições e atuação dos arranjos produtivos locais de piscicultura no semiárido, a sustentabilidade da atividade de piscicultura, os impactos ambientais referentes a atividade em questão e o uso e desempenho do planejamento estratégico e setorial serão abordados buscando a visão dos autores e de políticas públicas correlacionadas.

2.1 Visão geral de sustentabilidade

O termo sustentabilidade está relacionado à conservação, ao ato de sustentar, conservar, manter, e no contexto exposto, visa especialmente à preservação dos recursos naturais, controle e manutenção do uso, a fim de suprir as necessidades humanas nas esferas sociais, econômicas, ecológicas, geográficas e culturais (SICHE et al., 2007).

Com o advento da revolução industrial gerou uma elevação nas demandas de consumo, visando responder às necessidades cotidianas da população mundial. Com ampliação dessa demanda, em diversos setores, desde alimentício à bens duráveis e de consumo em geral, aumentou também a exploração dos recursos naturais. Tal exploração, em muitos casos, vem extrapolando o limite de resiliência dos ecossistemas, comprometendo assim a manutenção da qualidade ambiental destes e gerando diminuição do estoque de recursos naturais renováveis ou não renováveis, afetando as atividades humanas.

A partir de 1968, as inquietações a respeito da problemática ambiental começaram a ter vulto. Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou evento internacional conhecido como Conferência de Estocolmo, para discutir os problemas enfrentados pela degradação e propor iniciativas para preservação do meio ambiente. Esta conferência deu origem a ideia que serviu de modelo para um novo conceito, o que viria ser desenvolvimento sustentável (GOMES et al., 2005). Este termo surgiu pela primeira vez durante a *World Commission of Environment and Development (WCED)*, em 1987, sendo então compreendida como a exploração dos recursos naturais de modo equilibrado, para suprir as necessidades do presente, garantindo que as futuras gerações também possam utilizá-los. Tal conceito começou a ser popularizado com a publicação do

Relatório Brundtland (ONU, 1987), sendo publicada a tradução pela Fundação Getúlio Vargas (FGV, 1992).

O desenvolvimento sustentável articula três principais dimensões inter-relacionadas, a esfera econômica, a ambiental e a social. De acordo com Gomes et al. (2005), estas dimensões são conhecidas como *Tripple Botton Line*. Deste modo, a sustentabilidade visa o equilíbrio entre a proteção ambiental, com o crescimento econômico, atrelado a transformações sociais, numa abordagem interdisciplinar, onde as questões ambientais sejam incorporadas em todos os setores da sociedade, como tema transversal (SALLES; MATOS, 2016).

A sustentabilidade está ancorada em duas visões; a da Ecologia, quanto à interação pautada no equilíbrio dinâmico das feições biológica e abiótica, e da Economia, quanto à alocação dos recursos naturais. Partindo dos princípios da sustentabilidade (RHODE, 1995), vários autores os utilizam como bases norteadoras dos seus estudos, entres eles, a resiliência, que se refere à habilidade de um sistema de enfrentar alterações e manter suas funções e estrutura (VEIGA, 2010), a autopoiese, que vem da ideia de autoprodução, mas enquanto autônomos são também dependentes porque todos os organismos funcionam devido à sua interação com o meio e pela conservação dessa recíproca relação de transformação entre o organismo e o meio (ANDRADE, 2012).

Serva et al. (2010), explanam sobre outro princípio da sustentabilidade, a teoria da complexidade, compreendida como uma ciência que busca um novo pensamento sistêmico, o qual entende o ambiente como organização individual, mas também parte do sistema através das interações, conectadas através das unidades. Nesses contrassensos, a teoria da complexidade aborda a autonomia e a dependência entre as unidades, considerando-as individualmente, assim como as interações existentes entre estas.

Uma vez que os recursos naturais são amplamente utilizados economicamente e socialmente, além dos próprios serviços ambientais, a capacidade de suporte vem com objetivo de avaliar o potencial desses recursos, a partir da análise das suas finalidades, buscando o uso sustentável (FEARNSIDE, 1993; FRANCELINO et al., 2005).

Visando discutir a sustentabilidade dos recursos naturais, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro – Rio 92, formulou documento com finalidade de nortear os países participantes quanto à reflexão sobre o papel de todas as esferas da sociedade na resolução dos problemas socioambientais globais e locais (DRUNN et al., 2011). A partir daí, é cada vez mais

recorrente a busca pelo desenvolvimento sustentável nas atividades econômicas e na exploração de recursos. Mas para tanto, o estabelecimento de uma base normativa legal é mister, buscando o estabelecimento de padrões de comando e controle (C&C), norteadores das atividades antrópicas (BARROS et al., 2012).

2.2 Legislação para aquicultura

A piscicultura é uma seção da aquicultura destinado ao cultivo de peixes (VICENTE e FONSECA-ALVES, 2013). O conceito de aquicultura definido pela FAO (1998) constitui o cultivo de organismos aquáticos com intervenção antrópica, como estocagem, alimentação, interferência no processo de reprodução, manejo, proteção contra predadores, com intuito de aumentar a produtividade.

Na Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009 podem-se encontrar as seguintes definições de *recursos pesqueiros*, como os animais e os vegetais hidróbios passíveis de exploração, estudo ou pesquisa pela pesca amadora, de subsistência e científica, comercial e pela aquicultura; e *aquicultura*, sendo a atividade de cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais de dá total ou parcialmente em meio aquático, implicando a propriedade do estoque sob cultivo, e equiparada à atividade agropecuária (BRASIL, 2009).

A atividade de aquicultura apresenta uma perspectiva eminentemente interdisciplinar (TIAGO; CIPOLLI, 2010). Em face desta característica, considera-se que o regime legal intervém em diversos âmbitos, permeando em várias áreas, desde o gerenciamento de recursos, meio ambiente, saúde pública, até o suporte institucional e de recursos humanos (SERPA, 2011).

Quando se observa a atividade da piscicultura, nota-se que há influência significativa de particularidades do clima (FERRAZ; CERQUEIRA, 2010), dos recursos hídricos (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010), do solo, da conservação de recursos naturais, da caça e pesca, da sanidade animal, da segurança alimentar, entre outros. Desta forma, entender os processos e normas legais é necessário, sobretudo como ferramenta para auxiliar no incentivo ao desenvolvimento sustentável na aquicultura.

Para que a atividade de aquicultura assuma rumos sustentáveis, em conjunto com os recursos naturais aos quais está atividade envolve, devem ser priorizadas pelas políticas

públicas, especialmente, a proteção da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e das matas ciliares, o uso racional dos recursos, além de manter-se financeiramente viável.

Por muitos anos a prática da aquicultura ocorria com a ausência de normatização específica voltada para a promoção da regularização ambiental desta atividade. O desenvolvimento da atividade aquícola brasileira se expandiu a partir de 2003, com a concepção da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP/PR), e especialmente, mais adiante, em 2009, com o surgimento do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) (MPA, 2010), em seguida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Que atualmente, através do Decreto nº 9.004, de 13 de março de 2017, divide as atribuições com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (BRASIL, 2017).

A Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, faz parte do conjunto da legislação brasileira voltada para implantação de empreendimento de piscicultura no país e dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regulamentando as atividades pesqueiras. Esta tem como objetivos:

Promover o desenvolvimento sustentável da pesca e da aquicultura como fonte de alimentação, emprego, renda e lazer, garantindo-se o uso sustentável dos recursos pesqueiros, bem como a otimização dos benefícios econômicos decorrentes, em harmonia com a preservação e a conservação do meio ambiente e da biodiversidade; o ordenamento, fomento e a fiscalização de atividade pesqueira; a preservação e a recuperação dos recursos pesqueiros e dos ecossistemas aquáticos; o desenvolvimento socioeconômico, cultural e profissional dos que exercem a atividade pesqueira, bem como de suas comunidades (BRASIL, 2009 a, Art. 1º, incisos I, II, III e IV).

Segundo estudos desenvolvidos por FAO (2010), MPA (2012) e de Brito et al. (2014), a espécie exótica tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies de peixes mais utilizadas para fins de aquicultura, exibindo destaque econômico em muitos empreendimentos no Brasil, principalmente por ser uma espécie de alta adaptação e bom retorno financeiro. Na região do submédio São Francisco, o cultivo de tilápia é favorecido, sobretudo pelas condições climáticas e regionais. Entretanto, segundo a legislação, no que tange a criação de espécies utilizadas na aquicultura, o uso das espécies exóticas é de responsabilidade do aquicultor, tendo este como dever assegurar a contenção em cativeiro, impedindo o acesso às águas de drenagem da bacia hidrográfica. Também

está proibida a soltura no ambiente natural de organismos geneticamente modificados (BRASIL, 2009 a).

Após a formulação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 413/2009, que trata do licenciamento ambiental dos empreendimentos aquícolas no país, surgiram novas bases à promoção do desenvolvimento sustentável na aquicultura (BRASIL, 2009 b). Entretanto, após revisão de algumas diretrizes em 2013, foram desconsiderados alguns entraves normativos para criação de espécies não nativas em território brasileiro, criando-se um paradoxo, considerando o impacto de espécies exóticas no ecossistema aquático em contrapartida ao fato de que estas representam a maior parte do pescado produzido no Brasil (LIMA-JÚNIOR et al., 2014).

De acordo com Mazotto et al. (2015), o licenciamento ambiental é uma ferramenta que rege as práticas sustentáveis a fim de mitigar ou remediar os impactos ambientais causados por empreendimentos que exercitem atividades potencialmente poluidoras, garantindo os usos múltiplos da água. Estas empresas seguem as normas para licenciamento ambiental segundo a Lei nº 6.938/81, Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) e a Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1997).

Anteriormente a Resolução Conama 413/2009 (BRASIL, 2009 b), não havia para os aquicultores, uma legislação específica para auxiliá-los no processo de regularização ambiental dos empreendimentos aquícolas. Com o novo documento legal, pôde-se definir critérios, padrões e procedimentos de formato global no país, permitindo aos pequenos aquicultores a dispensa de licenciamento ambiental ou consentindo o licenciamento dividido em blocos do empreendimento, tornando mais ágil tanto a execução do licenciamento, como o controle

As políticas públicas no âmbito na nova resolução surgem como alternativa para garantir, tanto aos produtores como aos órgãos competentes, maior possibilidade de combater a insegurança na garantia de sustentabilidade. O licenciamento permite ampliar o conhecimento da cadeia produtiva e com isso padronizar os processos considerando as particularidades locais.

Resoluções criadas pelo Conama subsidiam empreendedores do setor aquícola e órgãos competentes, a fim de auxiliar e tornar mais ágil os procedimentos para obtenção da licença ambiental, sobretudo, no que diz respeito ao lançamento de efluentes e qualidade da água. Dentre estas, os aquicultores podem basear-se através da Resolução

Conama nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005), e a Resolução Conama nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357/ 2005 (BRASIL, 2011).

No Brasil, para cumprimento da legislação vigente acerca da promoção do licenciamento ambiental para a atividade de piscicultura, os órgãos competentes são o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em nível Federal e Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, em nível Estadual. Estes órgãos, assim como os aquicultores, seguiram as recomendações quanto às variáveis e os parâmetros que determinaram a qualidade da água, instituídos pela resolução Conama 357/05 (BRASIL, 2005), visando avaliar os cultivos e seu efluente.

As normas legais, quando consolidadas e aplicadas de maneira ética, oferecem condições favoráveis às instituições e aos piscicultores para estes procedam de forma responsável ambientalmente, socialmente e economicamente, promovendo melhor planejamento e gestão da atividade.

2.3 Arranjo produtivo local de piscicultura

O conceito de arranjo produtivo local (APL) é aceito como instrumento na promoção de políticas públicas que oportunizam aglomerados produtivos no Brasil. Esta definição foi difundida a partir do final do século XIX, com o termo *factory farms*, reportando as vantagens dos sistemas aglomerados coletivos (MARSHALL, 1982). Com o passar do tempo também ficou denominado com o conceito de *cluster* (KUKALIS, 2010; ARAÚJO et al., 2015).

Os *clusters*, segundo Araújo et al. (2015), determinam-se como um complexo produtivo ancorado geograficamente, com diversas instituições envolvidas e distribuídas em todos os estágios da produção, em razão do mercado comercial e da comunidade envolvida, visando formar uma estrutura capaz de garantir o desenvolvimento sustentável de uma determinada atividade.

Diversos conceitos como distrito industrial, cadeia produtiva, *cluster* e APL são encontrados na literatura, contudo há diferenças em suas definições. Dentre eles *cluster* e APL são considerados sinônimos como uma forma de organização produtiva (AQUINO;

BRESCIANI, 2005). Os autores Aquino e Bresciani (2005) apresentaram a definição de APL do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) como agrupamento geográfico de empresas e instituições em cooperação em determinada atividade, generalizando as inter-relações entre fornecedores especializados, associações de classe, instituições governamentais, universidades e demais instituições que promovem educação, informação e apoio técnico e entretenimento, porém julgam como um conceito genérico e pouco preciso, sem delimitações territoriais ou dos setores de atuação das empresas. Observa-se que na maioria das definições encontradas na literatura, essa delimitação territorial e dos setores envolvidos nas empresas também não é acentuada. De acordo, com Cassiolatro e Lastres (2003), os APL podem ser entendidos como aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais, que mantêm o foco em um conjunto específico de atividades econômicas e apresentam vínculos mesmo que incipientes.

Para Moutinho et al. (2010), o termo APL é uma nova rotulagem para a denominação *cluster*, tem como base a concepção da cooperação de diversos atores econômicos, políticos e sociais, que compartilham um mesmo território e buscam melhores resultados econômicos em volta de uma determinada atividade produtiva em comum. Para os autores, há ainda uma confusão conceitual do APL, com consequências nos critérios de seleção e nas políticas aplicadas, consideradas apenas setoriais ou de cadeias produtivas.

As vantagens do desenvolvimento dos APL estão relacionadas as possibilidades de redução de custos a partir da ação coletiva com cooperação da infraestrutura, dos canais de distribuição, do escoamento da produção, da facilidade de acesso aos insumos, da presença de fornecedores de bens e serviços, do apoio técnico compartilhado e do aprendizado coletivo (AQUINO e BRESCIANI, 2005; MOUTINHO et al., 2010). No Estado de Pernambuco, o arcabouço das políticas públicas setoriais voltadas aos APL busca identificar as principais cadeias produtivas, suas oportunidades de inovação e gargalos tecnológicos, além de estabelecer as ações para à superação das fraquezas e oportunidades, entretanto em muitos casos as instituições públicas e privadas consideraram apenas a aglomeração espacial dessas atividades como referência (MOUTINHO et al., 2010).

Atualmente existem 19 APL mapeados em Pernambuco, estas apresentam sistemas de funcionamento diferenciados, caracterizados em 14 APL que recebem algum

tipo de ajuda institucional, destes 8 APL fazem parte de listagens/mapeamentos estaduais e recebem políticas específicas de APL e 6 apesar de fazerem parte de tais listagens, não recebem apoio adequado, e mais 5 APL que ainda não foram incluídos em listagens/mapeamentos estaduais, mas que já funcionam tipicamente como um arranjo produtivo, recebendo inclusive apoio de uma base institucional (MOUTINHO et al., 2010). A APL de Piscicultura da Região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica faz parte de listagens/mapeamentos estaduais e recebem políticas específicas (MOUTINHO et al., 2010).

Os sistemas de cultivo de peixes possuem diferentes configurações, distinguindo-se entre sistema extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo (NUNES et al., 2015). No sistema extensivo os reservatórios são construídos para outra finalidade e a piscicultura surge como um aproveitamento a mais, com alimentação baseada no alimento naturalmente existente e sem controle de reprodução dos peixes. Já nos demais sistemas os viveiros são construídos especificamente para a criação de peixes e com alimentação balanceada. No semi-intensivo a alimentação é baseada na maximização da produção de alimento natural (plâncton) e com aporte de adubos orgânicos ou químicos (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2010).

No sistema intensivo os viveiros são mais complexos, planejados com declividade para controlar o fluxo e o escoamento da água e facilitar a despesca. O superintensivo utiliza tanques de pequeno porte, geralmente de alvenaria, com fluxo de água contínuo e renovação total da água em um curto período de tempo (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2010).

Em pisciculturas no Brasil, os tanques-rede e os viveiros escavados, são os modelos mais utilizados. Os tanques-rede ancorados em grandes corpos d'água são estruturas flutuantes de tela em armação rígida e fechada de todos os lados para retenção dos peixes, mas permitindo a passagem contínua da água (SKAJKO; FIRETTI, 2000; BARROSO; ANDRÉS, 2014). Enquanto que, os viveiros escavados são reservatórios construídos para criação de peixes em terreno apropriado, com domínio de nível, entrada e saída de água. Classificados como sistema intensivo (GUIMARÃES, 2012), e geralmente indicado para o monocultivo de tilápia, com densidades que variam em torno de 8t/ha (HERMES, 2009).

A piscicultura surgiu na região semiárida no nordeste brasileiro após a construção de barragens para a implantação das hidroelétricas na bacia do rio São Francisco. O que

levou a modificação de um ambiente lótico, característico dos rios, para um ambiente lêntico, de águas represadas. Essa condição trouxe como consequência ao rio São Francisco o declínio das espécies nativas afetando diretamente a pesca artesanal (CODEVASF, 2008; ARAÚJO; SÁ, 2008; ROCHA; VITAL, 2012).

Com apoio inicial da Companhia de desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) através do programa de aquicultura e recursos pesqueiros (CODEVASF, 2008), este cenário propiciou o desenvolvimento da piscicultura intensiva na região (SOARES et al., 2007). As condições climáticas favoráveis, com menor amplitude térmica e temperaturas médias que variam entre 25°C a 27°C, e adequada qualidade da água faz da região do vale do São Francisco local favorável para a prática da piscicultura (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2011).

Atividades aquícolas, como a piscicultura, apresentam infraestrutura e inter-relações entre fábricas de ração, unidades de beneficiamento de pescado, estações de produção de alevinos, técnicos especializados em aquicultura, produtores, cooperativas, associações de produtores e Câmara Setorial de Aquicultura, que permitem caracterizar esse setor como um APL (PASSADOR, et al., 2006; ROCHA; VITAL, 2012). Esse conjunto de relações, quando mantêm vínculos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem, favorecem a ocorrência de postos de trabalho, melhoria de faturamento e mercado, aumento do potencial de crescimento, diversificação, entre outros. Contudo, é considerada vulnerável quando a gestão produtiva se realiza de maneira ineficiente (SEBRAE, 2014).

O Nordeste brasileiro possui propensão para a piscicultura, por apresentar condições climáticas e hidrobiológicas favoráveis, boa infraestrutura, e potencialidade para explorar 1,0 a 1,5 milhões de hectares de lâmina d'água, proporcionando geração de empregos diretos e alto faturamento anual. O Estado de Pernambuco, principalmente na Região de Desenvolvimento (RD) do Sertão de Itaparica, a piscicultura se encontra em crescimento, colaborando expressivamente para o desenvolvimento dos municípios às margens do submédio do Rio São Francisco e na inclusão social de inúmeras famílias de trabalhadores rurais (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2011).

Entre as instituições parceiras que fomentam as ações de incentivo junto ao Governo de Pernambuco na APL de piscicultura no semiárido, destaca-se a Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco (AD Diper) da Secretária de

Desenvolvimento Econômico, que em conjunto com outras instituições desenvolvem ações específicas visando contribuir com a sustentabilidade da atividade (Quadro 1).

Quadro 1: Matriz de ações territoriais nos APL de Piscicultura.

Território	Ações do governo	Propostas de ações
Jatobá, Petrolândia, Floresta e Itacuruba	Prorural/SEPLAG - Financiamento de projetos não reembolsável	Complementação do diagnóstico da piscicultura e com pesquisa para levantamento de dados estatísticos e dificuldade do setor
	Sara/IPA/Adagro - Assistência técnica, capacitação, certificação e vigilância sanitária	Realização de encontros Estadual Reativar comitê de pesca no Estado
	SEDES/AD Diper - Viabilizar espaços de comercialização	Identificar e formalizar parcerias para escoamento da produção;
	Sectma/CPRH - Licenciamento ambiental, outorga d'água e fiscalização	Elaboração de cronograma de povoamento de alevinos nas barragens públicas Agilizar e simplificar sistema de licenciamento e outorga
	SEAS - Monitoramento das ações de governo com vistas à integração	Realização de programas voltados para produção de pescado nos reservatórios públicos

Fonte: Programa Integrado de Apoio aos Arranjos Produtivos Locais: Diagnósticos e Propostas Preliminares (Governo de Pernambuco, 2008).

Fazem parte do APL de piscicultura do Sertão de Itaparica, em Pernambuco, os municípios de Jatobá, Petrolândia, Floresta e Itacuruba, que juntos são responsáveis pela produção média de 250 toneladas de pescados ao mês e possuem potencial de produção de 100 mil toneladas de pescado por ano (MOUTINHO et al., 2016). Entre as espécies utilizadas na piscicultura destaca-se a tilápia do Nilo (IBGE, 2015). O município de Itacuruba, com cerca de 4.754 habitantes (IBGE, 2015), possui economia voltada a atividade de piscicultura em tanques redes e viveiros escavados, agricultura de subsistência e pecuária (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2011).

O estabelecimento de políticas públicas para promoção do APL, sobretudo naquelas voltadas as atividades econômicas consideradas prioritárias no interior do estado, é de grande importância para o desenvolvimento regional e social, além de contribuir com o controle do uso dos recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais provocados por atividades como a piscicultura.

2.4 Impactos ambientais da piscicultura

O conceito de impacto ambiental surgiu no final da década de 60, sobretudo por virtude de derramamentos de petróleo e após a guerra do Vietnã, levando a criação da “Carta Magna do Movimento Ambientalista”, o *National Environmental Policy Act* (Nepa), legislação americana que se propunha a prevenir os possíveis impactos gerados pelo desenvolvimento e que influenciou as legislações de prevenção no Brasil e no mundo (FRANCO, 2008).

De acordo com a Resolução Conama 001/1986, o conceito de impacto ambiental considera

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, Art. 1º, incisos I, II, III, IV e V).

Observa-se então, que a norma citada acima, explana de forma muito ampla, o conceito de impacto ambiental, onde quaisquer interferências no ambiente resultante das atividades antrópicas terão efeitos, e estes podem ser negativos ou positivos. Corroborando com Tommasi (1994) e Sánchez (2006), que descrevem impacto ambiental como desequilíbrio provocado pelo embate da relação do homem com o meio ambiente, como efeito das ações antropogênicas sobre o ecossistema, a sociedade e a economia. Com isso, o mesmo desconsidera as modificações no ambiente causadas por desastres naturais onde o homem não tenha interferido.

A Resolução Conama 357/2005, no Art. 2º, traz algumas definições relacionadas a impactos ambientais nos corpos hídricos, dentre elas destacam-se nos incisos: VII - *carga poluidora*: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo; IX - *classe de qualidade*: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros; XII - *condição de qualidade*: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade; XXVI - *padrão*: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de

qualidade de água ou efluente; e XXVII - *parâmetro de qualidade da água*: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água (BRASIL, 2005).

As definições se encaixam nas particularidades de cada classe de qualidade, e estas de acordo com seus usos. Considerando ainda, a saúde humana, bem-estar humano, e o equilíbrio ecológico aquático (BRASIL, 2005). A normativa legal define limites aos indicadores da qualidade da água (como indicador de impactos ambientais) a serem adotados, ponderando especialmente, as variáveis físico-químicas da água, além das biológicas como o fitoplâncton (Quadro 2).

A atividade de piscicultura tem potencial para geração de impactos negativos destacando à qualidade da água e a biodiversidade. Efluentes dos viveiros de cultivo, provenientes das atividades aquícolas, exercem impactos acumulativos e decorrentes dos processos de produção sobre os recursos hídricos. Em geral, nas pisciculturas, a maior parte dos nutrientes é proveniente da ração para alimentação do cultivo e excretas fisiológicas dos peixes. A ração consumida pelos peixes é absorvida pelo intestino, uma parte mineraliza através de processos metabólicos e outra fica disponível na coluna d'água (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Quadro 2 – Parâmetros e limites de qualidade da água recomendados pela Resolução Conama 357/2005 para águas de Classe 2.

Parâmetros	Limites máximo recomendados
Turbidez	100 NTU
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	5 mg/L O ₂
Oxigênio dissolvido (OD)	Acima de 5 mg/L O ₂
Fósforo total	0,030 mg/L P, para ambientes lênticos 0,050 mg/L P, para ambientes intermediários
Nitrogênio	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrato	10,0 mg/L N
Clorofila-a	30 µg/L
Cianobactérias	50.000 cél.mL ⁻¹

Fonte: Elaborado pelo autor (adaptado da Resolução Conama 357/2005).

A utilização de ração leva a um enriquecimento de nutrientes, como o nitrogênio nos tanques de cultivo, e este pode estar presente sobre diversas formas, entre elas o

nitrato, o nitrito, a amônia e o íon amônio. A amônia também pode ser liberada no ambiente através dos dejetos fisiológicos dos peixes, que contribui para a decomposição microbiana dos resíduos orgânicos, mas dependendo do pH pode ser convertida em moléculas de amônia (não ionizada) ou íons amônios (ionizada) (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Conforme exposto no trabalho de Arana (2004), a amônia não ionizada é altamente tóxica para os organismos aquáticos.

O excesso de nutrientes na água pode ocasionar interferências ecológicas nesse ecossistema, com processo denominado eutrofização, estimulando a produtividade biológica. Além dos compostos nitrogenados, o fósforo é um nutriente metabólico que também influencia na produtividade no ambiente aquático (ESTEVES, 2011). Segundo Silva (2007), apesar do efluente de piscicultura apresentar baixos teores de fósforo e nitrogênio comparados aos efluentes domésticos, com o lançamento sucessivo poderá acarretar em uma saturação do corpo hídrico receptor favorecendo do mesmo.

Somado ao acréscimo de nutrientes, os cultivos são responsáveis pela liberação de xenobióticos como antibióticos, antifúngicos e hormônios, com finalidade de evitar doenças ao cultivo, controle de pestes e predadores e para a reversão sexual (ELER; MILLANI, 2007; MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). De acordo com Oliveira (2009) quanto maior for à produtividade, aumentam-se as chances de aparecimento de doenças, logo, aumenta o uso de químicos para controlar os patógenos.

No Brasil, ainda não há legislação específica para o uso de xenobióticos na aquicultura. Contudo, os produtos utilizados para este fim são controlados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sem participação dos órgãos relacionados ao meio ambiente e a saúde. Ainda se tem pouco conhecimento dos potenciais riscos que essas substâncias poderiam causar ao ecossistema aquático e a saúde humana.

O processo de reversão sexual no cultivo de tilápia do Nilo é importante para a produtividade da piscicultura. Pois inicia sua vida produtiva muito cedo, desviando os nutrientes consumidos para a reprodução, e por isso a reversão sexual em alevinos é imprescindível, garantindo a produtividade de machos com potencial de crescimento mais acelerado (HONORATO et al., 2013).

O procedimento de reversão levantado em estudo realizado por Honorato et al. (2013), indica que entre os hormônios esteroides masculinizantes o mais utilizado é o 17- α metiltestosterona, e umas das técnicas baseia-se em adicioná-lo a ração dos alevinos. Os autores relataram a dosagem de hormônio entre 30 a 60 mgMT.kg⁻¹ de ração

necessária para máxima reversão nos alevinos, com tempo médio de 21 a 28 dias e população de fêmeas com percentual de máximo de 5% (HONORATO et al., 2013).

Os peixes, como outros animais, possuem a capacidade de produzir hormônios e estes são empregados de maneira específica pelo sistema endócrino do indivíduo, contudo a introdução exógena poderá afetar o funcionamento normal do organismo, especialmente hormônios de fonte sintética utilizados na piscicultura (BILA; DEZOTTI, 2007). Quando biodisponível no ambiente, pode ser considerado um poluente, pela sua capacidade de alterar o funcionamento natural do sistema endócrino, sendo classificado como desreguladores endócrinos. Os desreguladores endócrinos têm sido alvo de estudos devido aos seus efeitos as comunidades biológicas e ao homem (BILA; DEZOTTI, 2007).

O empreendimento de atividade de piscicultura sem devido manejo e planejamento da destinação de seus resíduos, especialmente quando há áreas adjacentes com produção agrícola, pecuária, lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais, pode contribuir com o aumento da carga de nutrientes e patógenos no corpo hídrico receptor, que tendem a interagir diretamente com a água, ou com o sedimento, tornando esses elementos biodisponíveis ao longo do tempo.

Modificações na água e no sedimento alcançam primeiramente a comunidade planctônica, na água, e de macroinvertebrados bentônicos, no sedimento. Estes organismos fazem parte do ciclo energético da cadeia trófica e através deles os poluentes passam pelo processo de bioacumulação, desde produtores primários até chegar ao homem, através de espécies economicamente importantes, como os peixes. O fitoplâncton como principal produtor primário no ambiente aquático (ESTEVEZ, 2011), também contribui positivamente como maior fornecedor da demanda de oxigênio na piscicultura (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008), sendo de interesse estratégico para a aquicultura.

O acréscimo de nutrientes na água (nitrogênio e fósforo) provenientes da ração não consumida e dos metabólitos dos peixes na piscicultura beneficiam o desenvolvimento do fitoplâncton (MATSUZAKI et al., 2004). Sobretudo, das cianobactérias, que possuem mecanismos de adaptação para melhor assimilação desses nutrientes e conseguem se sobressair em relação aos outros grupos do fitoplâncton. Estas podem ocorrer em florações tóxicas, especialmente em ambientes lênticos (CARDOSO et al., 2016). Grande preocupação com o aparecimento de cianobactérias em altas densidades nas pisciculturas se dá por que cianotoxinas liberadas por algumas espécies,

podem se acumular nos tecidos dos peixes e causar sérios problemas de ordem sanitária e econômica.

Informações sobre a dinâmica da comunidade planctônica oferece subsídio para avaliar o nível de poluição de um corpo hídrico, baseado na ocorrência de espécies bioindicadoras (ESTEVES, 2011). Pesquisas vem empregando organismos das comunidades aquáticas, como fitoplâncton e zooplâncton, como bioindicadores na avaliação do estado trófico da água (TUCCI et al., 2006; CASÉ et al., 2008; SANTOS et al., 2009; BORGES et al., 2010; ZANATTA et al., 2010; SONDERGAARD et al., 2011; CARDOSO et al., 2013; ARAGÃO-TAVARES et al., 2015). Estudos vem relatando ocorrência de espécies bioindicadores de eutrofização em viveiros de piscicultura (PESSOA, 2010; CAPITANIO, 2015).

Estudos baseados na análise do Índice de Estado Trófico (IET) e do Índice da Comunidade Fitoplanctônica (ICF), também são ferramentas que podem ser aplicadas para diagnosticar as condições da água. O IET utiliza os parâmetros fósforo total e clorofila-*a* para indicar se um corpo hídrico encontra-se nas categorias ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (LAMPARELLI, 2004). Essas categorias referem-se a produtividade e as concentrações de nutrientes na água, variando de águas com menor concentração de nutrientes e acarretando menores ou nenhum prejuízo aos usos da água e a comunidade aquática, a categorias de maior quantidade de nutrientes, sendo prejudiciais aos organismos aquáticos, com implicações sobre a qualidade da água, comprometendo o uso.

O ICF fornece informações que indicam os níveis de qualidade da água, e para tal utilizam-se os valores de densidade e a dominância da comunidade fitoplanctônica e o IET (CETESB, 2007). O ICF classifica os níveis da qualidade da água como ótima, boa, regular e ruim. Por utilizar o fitoplâncton é considerado um bom instrumento de avaliação (MARANHÃO, 2007).

No que se refere a comunidade aquática, a introdução de espécies exóticas, como a tilápia, também pode causar impactos sobre a biota local, interferindo nos estoques pesqueiros nativos (LATINI; PETRERE JÚNIOR, 2004), uma vez que está espécie possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se de uma variedade de alimentos e entre eles a proteína animal, podendo causar depleção de outras espécies, e é bastante adaptado a diversos ambientes e baixos teores de oxigênio dissolvido na água (SOUSA JÚNIOR, 2013). Essas características os tornam capazes de se sobressair em relação a espécies mais

sensíveis a impactos ambientais nos corpos hídricos. Mas, de acordo com o autor, a reversão sexual durante a fase larval é uma forma de controle quanto a reprodução e a disseminação descontrolada de espécies exóticas em reservatórios.

Os impactos da introdução de espécies exóticas sobre o ecossistema aquático, chamando atenção principalmente para os cultivos em tanque-rede, ainda não estão completamente compreendidos, sendo necessária a realização de novos estudos para entendimento dos seus efeitos sobre a biota aquática.

2.5 Planejamento estratégico e setorial

O sucesso de qualquer iniciativa requer um planejamento, especialmente quando se almeja ser competitivo e inovador, independente do viés da ação, seja financeiro, social, ambiental ou sem fins lucrativos. Assim é necessário o desenvolvimento de estratégias que norteie as ações gerenciais para que os objetivos sejam alcançados.

A estratégia possui suas origens envolvidas na teoria militar com intuito de expressar as ações de combate para atingir a finalidade de uma guerra, o que não difere dos fins do contexto organizacional, onde a estratégia relaciona-se com a habilidade de ajustar um empreendimento às condições instáveis do ambiente no qual está inserido, considerando o presente e o futuro (BARBOSA; BRONDANI, 2005). De acordo com os autores, a definição de estratégia tem como base fundamental a capacidade de agir com eficiência e sensatez diante das diversas circunstâncias e em qualquer setor empresarial, seja no financeiro, no administrativo ou nos recursos humanos.

A definição dos objetivos e das estratégias faz parte do planejamento. A literatura destaca o planejamento como uma das ocupações mais importantes para o administrador. Em geral, o planejamento tem em vista os efeitos posteriores das decisões atuais, para que se possam alcançar os objetivos pré-estabelecidos através da tomada de decisão antecipadamente.

Segundo Taylor (1990), o planejamento é uma das principais funções administrativas, pois dele depende a maior eficiência e produtividade de uma organização. O planejamento empresarial encontra-se distribuído em diferentes níveis hierárquicos, e estes estão subdivididos em planejamento operacional, aborda as operações de encargo dos administradores de nível mais baixo e de curto prazo; planejamento tático, de médio prazo e que se dispõe a executivos e gerentes, e remete a

cuidar das diversas áreas da organização; e planejamento estratégico, responsabilidade da alta administração e cuida da empresa por completo, voltado a medidas de longo prazo (TERENCE, 2002).

Nesse panorama, o planejamento estratégico, vem como uma ferramenta de gestão fundamental para auxiliar administrativamente uma organização, pois orienta a tomada de decisão antecipada, por meio de um plano com objetivos, metas e estratégias. O planejamento estratégico ameniza as possibilidades de realização de ações prejudiciais. Atua como um instrumento administrativo, empregado a fim de atingir o sucesso da empresa, levando em conta o ambiente atual e futuro (PAGNONCELLI; VASCONCELHOS FILHO, 1992). Para Ferreira et al. (1997), é um processo gerencial capaz de nortear as atividades de planejamento nos diversos níveis hierárquicos de uma empresa.

O planejamento estratégico pode ser definido como:

“...mais que um documento estático, deve ser visto como um instrumento dinâmico de gestão, que contém decisões antecipadas sobre a linha de atuação a ser seguida pela organização no cumprimento de sua missão” (ALDAY, 2000; p.15).

As estratégias inovadoras que norteiam o planejamento estratégico de uma organização, não estão atreladas somente a competitividade, mas também a resolução de problemas enfrentando pelas empresas, em alguns casos, ambientais e sem controle dos administradores. Estudo realizado por Silveira et al. (2013), propôs estratégia de produção integrada de piscicultura com fruticultura fertirrigada por gotejamento, na região do Vale do Jaguari – RS, através da prática do uso múltiplo da água, com utilização da água biofertilizada da piscicultura substituindo boa parte da adubação química usada na fruticultura. Com isso, os autores visam minimizar os prejuízos causados pelas estiagens recorrentes na região, solucionando um problema de origem ambiental local.

Segundo Feil e Heinrichs (2012), o planejamento estratégico pode ser a curto ou longo prazo, e dentro dele existem técnicas para alcançar os objetivos propostos, como a Matriz Swot, uma metodologia que utiliza a análise dos pontos fortes (*strengths*), dos pontos fracos (*weaknesses*), das oportunidades (*opportunities*) e das ameaças (*threats*) de um empreendimento. Para os autores, a análise Swot é uma técnica capaz de visualizar a relevância das forças e fraquezas, a capacidade de lidar com as ameaças e competência

para aproveitar as oportunidades numa empresa, demonstrando assim o nível de competitividade no mercado (FEIL; HEINRICHS, 2012).

A finalidade da análise de Swot é interpolar as oportunidades e as ameaças encontradas no ambiente externo à organização com os pontos fortes e fracos identificados internamente, fazendo com que os quatro campos sirvam como indicadores da situação e a posição estratégica da empresa no ambiente em que atua (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003; MCCREADIE, 2008). A análise Swot é um importante instrumento de planejamento utilizado para fazer análises de cenários (EL-DEIR, 2013).

De acordo com Chiavenato e Sapiro (2003), devem ser avaliados principalmente os seguintes critérios no ambiente interno, os recursos financeiros, a liderança, o marketing mercadológico, os produtos, competitividade e entrada de novos competidores, tecnologia, custo e inovação. Os pontos fortes de uma organização são as forças internas totalmente controladas que agregam valor a empresa e os pontos fracos estão relacionados a todas as deficiências que ponham em risco os seus valores. Quanto mais explora e trabalha as forças menores ficam as variáveis de risco de desempenho. Já, para análise do ambiente externo, os autores indicam como essencial observar o consumidor e o mercado.

O ambiente externo influencia inteiramente nos fatores internos, a análise Swot permite a composição de cenários futuros, de curto, médio ou longo prazo, a fim de identificar as oportunidades e ameaças em determinados espaços de tempo, e com isso desenvolver estratégias para aproveitar da melhor maneira as oportunidades e minimizar as possibilidades de ameaças que possam surgir (EL-DEIR, 2013).

Conforme trabalho de Terence (2002), atualmente muitos autores fazem críticas ao uso do planejamento estratégico, questionando principalmente a dificuldade de prever o futuro, a burocracia, a dificuldade de implementação ou a não implementação dos planos e até ao caso de não representarem o pensamento estratégico da organização. Mas, entre as várias razões para aplicação do planejamento estratégico, ponderam-se principalmente as mudanças rápidas que podem ocorrer nos variados cenários que envolvem o mercado.

Por isso, é preciso avaliar antes de tudo a probabilidade de execução das estratégias lançadas, os prazos legitimamente necessários e, sobretudo, a garantia de empenho dos envolvidos considerando as condições antagônicas não previstas, para que a empresa se mantenha e consiga ajustar-se a tempo aos novos cenários. O planejamento

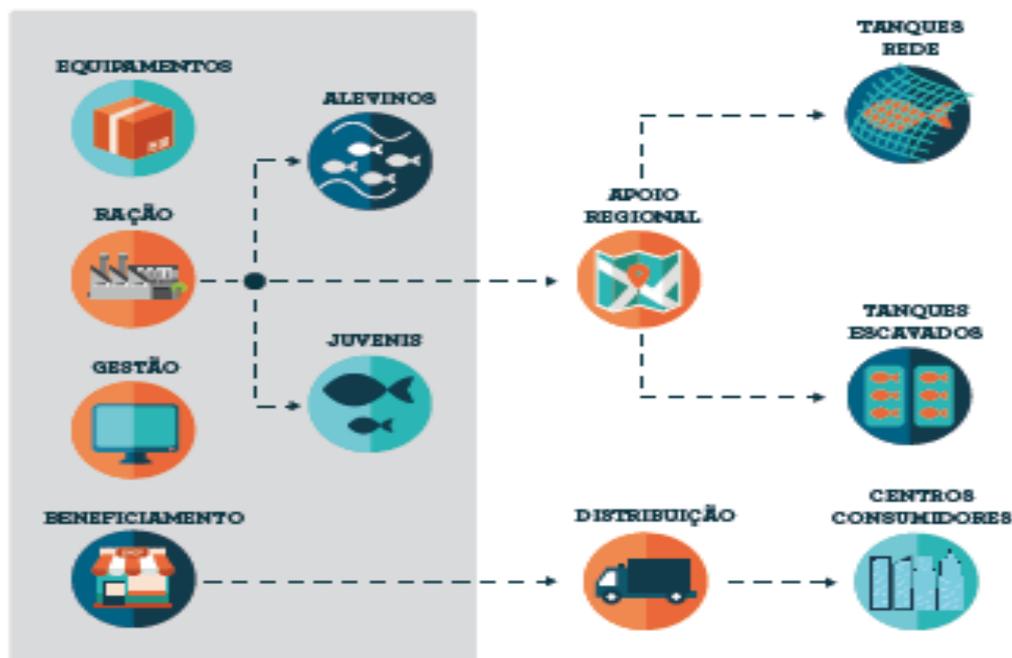
estratégico é um modelo de tomada de decisão interno que auxilia na implementação dos ajustes apropriados diante das variações exteriores (EL-DEIR, 2013).

Atualmente, no Brasil, existem modelos de planejamento estratégico voltados ao setor aquícola. Dentre eles destaca-se o Plano de Desenvolvimento da Aquicultura do Brasil elaborado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, que objetiva aumentar a produção aquícola brasileira para 2020 (MPA, 2015).

No referido documento, quinze ações são descritas a fim de alcançar as metas pretendidas pelo governo. Destacam-se: a agilização e simplificação dos processos de licenciamento ambiental das pisciculturas e de cessão de uso de água de domínio da união; criar uma rede de instituições para o monitoramento ambiental; facilitar o acesso ao crédito; apoio na capacitação de produtores; técnicos e trabalhadores quanto a boas práticas de manejo e biossegurança; fomentar o encadeamento produtivo e integração entre micro, pequenos, médios e grandes produtores, a fim de viabilizar o acesso às tecnologias, créditos e comercialização; apoio às pesquisas nas áreas de genética, nutrição, reprodução, controle de enfermidades, novas tecnologias, gestão, comercialização, bem como fontes energéticas alternativas e controle no uso da água; implantar Programa de Desenvolvimento da Aquicultura no Semiárido Brasileiro, considerando as especificidades locais, e o Programa de Desenvolvimento dos Distritos Industriais Aquícolas (DIA) (MPA, 2015).

O DIA visa contribuir para a compreensão e implementação dos componentes essenciais ao funcionamento e à dinamização das cadeias produtivas da aquicultura em determinada região, objetivando concentrar a produção de insumos e o processamento da produção, com todo o suporte nos diversos elos da cadeia produtiva (Figura 1). Esse modelo propõe a proximidade e interação entre todos os setores produtivos que envolvem a atividade de piscicultura, articulando-se entre si, com o poder público e com a sociedade, objetivando otimizar uma produção dinâmica, eficiente, competitiva no mercado consumidor e sustentável (MPA, 2015). Contudo, observa-se que o ponto preponderante nesse sistema é a localização geográfica, pois desta dependem a operacionalização dos diversos empreendimentos de suporte e das próprias pisciculturas.

Figura 1 - Modelo esquemático do Distrito Industrial Aquícola – DIA.



Fonte: MPA (2015).

Tal formato poderá reduzir custos, uma vez que a disponibilização de insumos e equipamentos com mais rápido alcance trará esse benefício, além dos empreendimentos ligados ao setor de beneficiamento, que poderá contribuir com a redução dos resíduos gerados nas pisciculturas, a criação de redes de logística, e principalmente, a possibilidade legal de licenciamento em processo administrativo único.

Um dos principais gargalos atuais na atividade de piscicultura são os entraves para a realização do licenciamento ambiental. O licenciamento ambiental traz benefícios ao produtor no sentido de que evidencia a sustentabilidade ambiental do empreendimento, trazendo informações norteadoras na formulação de políticas públicas considerando as especificidades locais, subsidiando a atuação dos órgãos de controle ambiental e garantindo o uso equilibrado dos recursos naturais, além de poder atender a um mercado cada vez mais exigente e ter acesso as políticas públicas voltadas ao setor, como incentivos, isenções e crédito (MPA/SEBRAE, 2015).

Diante dos objetivos e metas decorrentes de um empreendimento de piscicultura, vê-se que a escolha das estratégias necessita de base teórica e prática para alcançar os resultados almejados. Deste modo, a necessidade da elaboração do planejamento estratégico é cada vez mais evidente e indispensável.

O desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão como ferramenta de gestão a partir da avaliação dos aspectos econômicos, ambientais e sociais, considerando os efeitos dessa atividade sobre a qualidade de vida das pessoas e do ambiente, é imprescindível no sentido de maximizar ações adequadas de manejo dos recursos hídricos e revelar as necessidades para a formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento local.

A eficácia de um modelo de gestão poderá ser medida através da utilização dos dados para propor metodologias para melhoria dos processos da atividade de piscicultura, com escopo na gestão ambiental sustentável, economicamente viável, desenvolvimento de competência técnico-científica, tendo em vista apoio juntamente com piscicultores, e Secretarias Executivas de prefeituras e Estado.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a caracterização do ambiente de estudo, bem como o método e as técnicas utilizadas para realização do trabalho. O modelo de abordagem escolhido referente as análises dos aspectos legais e institucionais da gestão ambiental em atividade de piscicultura, as técnicas de coleta de dados, amostragem e análise para avaliação do impacto da piscicultura de tanque escavado e para a elaboração de estratégias como modelo de gestão ambiental para piscicultura.

3.1 Descrição da área de estudo

A bacia do Rio São Francisco, um dos principais rios do Brasil, percorre vários estados e está dividido em quatro regiões fisiográficas, o alto, médio, submédio e baixo São Francisco. A região fisiográfica que abrange o submédio do Rio São Francisco e estende-se por 686 km, apresenta trecho praticamente todo represado (CHESF, 2012). O submédio inclui os reservatórios de Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e Paulo Afonso IV (SOARES et al., 2007; CHESF, 2012).

O reservatório de Itaparica possui uma capacidade de armazenamento da ordem de 11 bilhões de m³ de água, com profundidade máxima de 101m e média de 21m. Está inserido nas cidades pernambucanas de Belém de São Francisco, Itacuruba, Jatobá, Floresta e Petrolândia, localizado a montante do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso, tendo como função a geração de energia elétrica e a regularização das vazões afluentes diárias e semanais das usinas do complexo Paulo Afonso (CHESF, 2011). O presente estudo foi desenvolvido na região do submédio São Francisco (UP-27), inserido na Região de Desenvolvimento (RD) do Sertão Itaparica.

A piscicultura de tanque escavado utilizada neste trabalho está situada no município de Itacuruba – PE (08° 50' 22,50" Sul e 38° 41' 47,38" Oeste), no semiárido de Pernambuco, as margens do reservatório de Itaparica. A escolha da área ocorreu devido a sua localização, situada às margens de um importante reservatório, na bacia do rio São Francisco, área de grande interesse econômico, social e ambiental pelos múltiplos usos da água.

O empreendimento aquícola possui em média 3 viveiros de tanque escavado, para cultivo de tambaquis, e 17 viveiros de cultivo de tanque escavado, para cultivo de

juvenis de tilápia, com capacidade de suporte para cultivo de tilápias, de aproximadamente de 28.200 unidades (Figura 2). Nestes tanques, diariamente são inseridos cerca de 10 a 12 refeições a base de ração, contabilizando 13.500 kg por mês. Os tanques de cultivo possuem área de 1.800m^3 , suporta até 75 mil litros de água por tanque, com profundidades que variam de 1,5m a 1,8m e renovação da água entre 10 a 15 dias.

Além dos tanques escavados para cultivo de juvenis, a piscicultura também possui tanques para criação de alevinos de tilápia. Nestes, ocorrerem adição de ração, hormônio, o 17- α metilttestosterona e antibiótico, a oxitetraciclina, além de antifúngicos. Em média, os alevinos passam de 60 a 65 dias nesses viveiros, antes de irem para os tanques-escavados para juvenis. A adição de hormônios ocorre nos primeiros 24 dias. Estes permanecem em dois viveiros de profundidade igual a 1,5 m, nos 45 dias restantes, então vão para viveiros de profundidade menor, aproximadamente 1,0 m.

Figura 2 - Piscicultura de tanque escavado, no município de Itacuruba/PE, às margens da bacia do rio São Francisco.



Fonte: Cardoso, 2016 (adaptado da sede da piscicultura).

O presente estudo tomou a totalidade do empreendimento, buscando formas de vislumbrar a sustentabilidade da atividade, por meio deste estudo de caso. Tanto os tanques destinados ao cultivo de alevinos como os de juvenis, não possuem conexão entre si, apenas no momento do lançamento do efluente no corpo receptor.

3.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa possui caráter exploratório de natureza aplicada, gerando conhecimentos para aplicação prática, com abordagem qualitativa e quantitativa (MINAYO, 2010), por envolver o mundo natural como fonte direta de dados, mas também necessitar quantificar informações e o uso de métodos e técnicas estatísticas (BUSSAD; MORETTIN, 2010), com objetivos exploratórios, construindo hipóteses a partir do levantamento bibliográfico realizado e de acordo com seus procedimentos técnicos caracterizada como um estudo de caso, uma vez que se toma como base um empreendimento de piscicultura específico.

3.2.1 Análise da piscicultura face aos princípios da sustentabilidade

O método de abordagem utilizado na pesquisa teve como base a abordagem qualitativa, dentro do método dialético, caracterizada como exploratória e conduzida sob a forma de estudo de caso. Segundo Prodanov; Freitas (2013), a dialética entende que na natureza, tudo interage simultaneamente, o tempo todo, sendo que essas interações levam continuamente a novas mudanças. De acordo com os autores, para a compreensão de determinado fenômeno se faz necessário buscar e entender todas as conexões possíveis e as consequentes transformações, privilegiando as mudanças qualitativas e considerando os contextos social, ambiental, econômico, político, etc.

A pesquisa qualitativa tem a possibilidade de abordar elementos que interagem com a realidade social, econômica e ambiental, as quais não podem ser quantificadas (MINAYO, 2011). Esta etapa da pesquisa é de caráter exploratório por utilizar o método de pesquisa bibliográfica e visita a campo para observação e coleta de informações pertinentes, através de entrevista com piscicultores no empreendimento, correlacionando a atividade de piscicultura com os princípios da sustentabilidade. Tal estudo se mostra relevante tendo em vista um aprofundamento e discussão crítica acerca da problemática do uso sustentável dos recursos hídricos e a relação com a atividade de piscicultura no semiárido pernambucano.

O procedimento metodológico adotado faz referência a uma pesquisa realizada a partir da base em documentos já elaborados, tais como livros e leis, além de publicações científicas, sendo um levantamento documental complementar ao levantamento

bibliográfico (SANTOS, 2013). A presente pesquisa foi dividida em três fases: (i) exploratória, (ii) trabalho de campo e (iii) análise e tratamento do material empírico e documental, buscando articular estes saberes no sentido de compreensão da realidade e desenho de proposições.

3.2.2 Avaliação dos possíveis impactos da piscicultura de tanque escavado

3.2.2.1 Caracterização dos pontos de amostragem

Nos tanques destinados ao cultivo de alevinos são introduzidos diariamente ração, hormônio e antibiótico durante o ciclo de cultivo. No tanque T1, com alevinos nos primeiros dias de vida (2 a 5 dias de vida), foram colocados 10 kg de ração/dia, no tanque T2 (até 28 dias de vida) os alevinos recebem 10 kg de ração/dia e hormônio 17 α -metiltestosterona e no tanque T3 (até 50 dias de vida), foram destinados ao cultivo 20 kg de ração/dia, hormônio 17 α -metiltestosterona e antibiótico oxitetraciclina.

Nos viveiros de peixe na fase juvenil, foi introduzido mensalmente em média 13.500 kg de ração por viveiro, num total de nove viveiros, durante o ciclo de cultivo que contempla permanência de 60 a 65 dias dos peixes. O ponto T4 refere-se ao efluente desses viveiros, ao passo que o T5 se refere ao Reservatório de Itaparica, próximos à instalação dos tanques-rede, além de local de lançamento de efluente e também de captação de água da piscicultura.

Figura 3 – Pontos de amostragem das variáveis físico-química e biológicas na piscicultura de tanque escavado, em Itacuruba/PE: T 1, T2 e T 3 – tanques de cultivo de alevinos; T4 – efluente dos tanques de cultivos de juvenis; e T5 – Reservatório Itaparica.



Fonte: Google Earth (2017)

Quadro 3 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras.

Pontos de amostragem	Latitude	Longitude
T1	S 08°47'37.1"	W 038°44'13.3"
T2	S 08°47'37.1"	W 038°44'13.6"
T3	S 08°47'39.2"	W 038°44'14.5"
T4	S 08°48'18.3"	W 038°44'17.5"
T5	S 08°48'49.0"	W 038°44.21.1"

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2.2 Amostragem

A coleta de água para análise dos parâmetros biológicos, fitoplâncton, clorofila-*a*, e físico-químico, fósforo total, foram realizadas em três viveiros de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo (T1, T2 e T3), no efluente dos viveiros de cultivo de juvenis (T4) e no reservatório de Itaparica (T5), próximo aos cultivos em tanques-rede (Figura 3 e Quadro 3). Foi realizada uma coleta no mês de maio de 2016.

O fitoplâncton foi coletado com rede de plâncton de malha de 20 μ m, e acondicionado em recipiente de polipropileno com capacidade de 250 ml, preservado com lugol acético ao abrigo da luz. A clorofila-*a* e o fósforo total foram coletados seguindo o

“Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos” (CETESB, 2011).

3.2.2.3 Análises laboratoriais

A análise dos parâmetros clorofila-*a* e fósforo total, que teve como objetivo determinar o Índice de Estado Trófico (IET), seguiram as técnicas descritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* da *American Public Health Association* (APHA, 2012). Foram realizadas no Laboratório de Limnologia, no Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A análise do fitoplâncton foi realizada no Núcleo de Pesquisa em Ecossistemas Aquáticos (NUPEA), na Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

A comunidade fitoplanctônicas foi identificada, sempre que possível, até o nível de espécie, a partir de amostras examinadas em microscópio, morfológicas e morfométricas das fases vegetativas e reprodutivas, com base em bibliografia especializada. Foram utilizados os Sistemas de Classificação de Medlin e Kaczmarek (2004) para enquadramento taxonômico das Bacillariophyta; de Anagnostidis, Komárek (1988), Komárek e Anagnostidis (2005) para Cyanophyta; de Buchheim et al. (2001) para as Chlorophyta e o Sistema de Van den Hoek et al. (1995) para os demais grupos taxonômicos.

A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido Zeiss (Axiovert 25), por meio de câmaras de Palmer Malony. O método de concentração e de contagem das amostras do fitoplâncton seguiram as recomendações descritas nos itens 10200 C e F do APHA (2005) – *Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater* (22^a ed.). A contagem e a identificação dos organismos foram realizadas em câmaras de sedimentação sob microscopia. A partir dos resultados de densidade, foi calculada a abundância relativa (LOBO; LEIGHTON, 1986) e frequência de ocorrência (MATEUCCI; COLMA, 1982). Em seguida, foram calculados os índices: Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF) e o Índice do Estado Trófico (IET).

Para o cálculo do IET foi utilizada a equação proposta por Carlson (1977), modificada Lamparelli (2004), que alterou as expressões originais, através de análises estatísticas por regressão, para adequá-las aos ambientes tropicais, descrita na equação

(1). Em seguida, foi realizada média aritmética dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a, como mostra a equação (2).

$$\begin{aligned} \text{IET (PT)} &= 10 \times (6 - ((1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) \\ \text{IET (CL)} &= 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

CL = concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

In: Logaritmo natural.

$$\text{IET (Médio)} = [\text{IET(PT)} + \text{IET(CL)}] / 2 \quad (2)$$

O IET é um dos métodos para avaliação do estado de eutrofização dos corpos d'água, permitindo uma avaliação limnológica do nível de enriquecimento nutricional de um ecossistema aquático, abrangendo três parâmetros, a transparência, a clorofila-a e o fósforo total. Destas três variáveis, foram utilizadas apenas a clorofila-a e o fósforo total.

De acordo com Zagatto et al. (1999), os resultados de transparência nem sempre conseguem refletir com fidelidade o estado de trofia, porque a turbidez da água pode ser afetada, tanto pelo material em suspensão, como pela densidade de organismos planctônicos. Deste modo, como não foi realizada análise dos sólidos suspensos, a transparência da água foi retirada do cálculo do IET. Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos (Quadro 4).

Para o cálculo do ICF, foi considerado a proporção dos grandes grupos da comunidade fitoplanctônica através da dominância e da densidade dos organismos, além do valor de IET (CETESB, 2008). Neste índice, foram utilizados indicadores de qualidade da água avaliando-a em “ótima, boa, regular e ruim” (Quadro 5).

Quadro 4 – Descrição das categorias do Índice de Estado Trófico.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Adaptado de CETESB (2007) e LAMPARELLI (2004).

Quadro 5 – Descrição das categorias do Índice de Comunidade Fitoplanctônica.

Categoria	Ponderação	Níveis
Ótima	1	Não há dominância entre os grupos de Fitoplâncton Densidade total < 1.000 org.mL-1 IET < 52
Boa	2	Dominância de clorofíceas (desmidiacea) ou diatomácias Densidade total entre 1.000 a 5.000 org.mL-1 IET entre 52 e 59
Regular	3	Dominância de clorofíceas (chlorococcales) Densidade total entre 1.000 a 10.000 org.mL-1 IET entre 59 e 63
Ruim	4	Dominância de cianofíceas ou euglenofíceas Densidade total maior que 10.000 org.mL-1 IET > 63

Fonte: Adaptado de CETESB (2007).

3.2.3 Estratégias e modelo de gestão ambiental para piscicultura

A primeira fase dessa etapa foi composta pela observação livre, com anotações em campo, realizando registro e reflexões acerca das informações pertinentes ao tema de estudo, considerando os impactos ambientais e a aplicação de um modelo de gestão ambiental na piscicultura. A segunda fase se deu a partir da análise e da estruturação das

forças, fraquezas, oportunidades e ameaças referente a piscicultura, com observações baseadas nos ambientes interno e externos. Para essa análise, foi utilizado a Matriz Swot. A análise de Swot é formada por duas etapas, a primeira responsável por identificar as forças que podem agir positivamente ou negativamente na organização, a segunda fase delimitando ações capazes de usar as forças para aproveitar as oportunidades, contornar as ameaças e impedir que as fraquezas sejam limitantes para o desenvolvimento da organização (EL-DEIR, 2013).

A técnica adotada para implantação da Matriz Swot baseou-se nos trabalhos de Feil, Heinrichs (2012) e El-Deir (2013), segundo o qual, para cada fator da Matriz Swot, são descritos variados fatores de análise, onde os dados coletados foram distribuídos da seguinte maneira:

- **Pontos fortes internos ou forças (FO):** vantagens internas da organização em relação aos objetivos;
- **Pontos fracos internos ou fraquezas (FA):** desvantagens internas da organização em relação aos objetivos;
- **Oportunidades (OP):** aspectos positivos do ambiente que envolve a organização com potencial de trazer-lhe vantagens;
- **Ameaças (AM):** aspectos negativos do ambiente que envolve a organização com potencial para comprometer as vantagens que ela possui.

A partir da elaboração desses pontos, foi realizado cruzamento dos dados entre ambiente interno e externo, a fim de analisar os pontos fortes ou forças que podem ser potencializados e a identificação dos pontos fracos ou fraquezas. O alinhamento das forças com as ameaças ou fraqueza com oportunidade foi considerado como tendência de neutralização; o cruzamento entre as forças e oportunidades como tendência positiva e o cruzamento das fraquezas com ameaças, como tendência negativa (EL-DEIR, 2013). Para as tendências determinadas após o cruzamento dos dados, foi utilizada a sigla TD. Em seguida, para melhor concepção do cenário em análise, realizou-se o cruzamento dos dados com o ambiente interno e externo, buscando qualificá-los entre urgente e relevante. A partir da aplicação dessas técnicas, foi realizada a análise das possibilidades e meios de expansão da atividade, com foco na gestão ambiental, visando auxiliar na tomada de decisão para o uso sustentável dos recursos naturais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão abordados os resultados e as discussões, visando identificar mecanismos para melhoria da gestão ambiental do arranjo produtivo local de piscicultura em tanque escavado, no semiárido de Pernambuco.

4.1 Sustentabilidade da piscicultura no semiárido¹

A aquicultura, atividade de importância econômica e social, destaca-se como setor com potencial de minimizar a insegurança nutricional e alimentar, sendo uma aposta para atender à demanda nutricional (CASTAGNOLLI, 1992; MATIAS, 2015). A fim de garantir maior eficiência na produção, a máxima utilização dos recursos pode ser imperativa. No entanto, esse modelo de desenvolvimento associado a práticas inadequadas pode ser prejudicial e uma gestão ineficiente da atividade compromete a sustentabilidade.

Ao analisar a atividade da piscicultura numa abordagem qualitativa, com base nos princípios da sustentabilidade, buscou-se pontos que pudessem ser melhorados com base na implantação de procedimentos da gestão ambiental. O semiárido nordestino se caracteriza como área estratégica para gestão sustentável, pois é uma região que apresenta problemas de escassez hídrica e atividades potencialmente produtoras de degradação da qualidade da água. Considerando que há conflitos entre os usos múltiplos e ecológicos da água em meio aos diversos interessados, estes vêm sendo intensificados pelo atual cenário de mudanças climáticas, sendo a piscicultura uma das atividades dentre os diversos usos.

Quando analisada a piscicultura a luz da resiliência e autopoiese, considera-se as correlações dos organismos. A autopoiese parte da ideia de auto-organização dos sistemas autônomos. Como a atividade de piscicultura conseguirá progredir sem alterar o sistema de forma negativa, para o próprio sistema e para atividade em si? Pois o manejo ineficiente das suas transformações no sistema, como exemplo os resíduos gerados, poderá acarretar numa indisponibilidade ambiental saudável dos recursos hídricos para

¹ Este capítulo serviu de base para a formulação do artigo “Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco”, que foi publicado pela Revista Internacional de Desenvolvimento Local – Interações, com ISSN 1518-7012 versão impressa e ISSN 1984-042X versão online (CARDOSO et al., 2016).

as populações aquáticas, para o homem e para o desenvolvimento da aquicultura. As consequências se estendem nas esferas social, econômica, política e ambiental. Pois, a partir da degradação do recurso hídrico, a economia local e global dependente é prejudicada, a falta de recurso limita o homem no meio social e econômico.

A partir da visão de Veiga (2010), pondera-se até que ponto a atividade de piscicultura pode transformar o meio ambiente através da demanda por recursos naturais, do risco e dos impactos ambientais causados, interferindo na estrutura do sistema, mudando assim o ponto de resiliência.

De acordo com Andrade (2012), a forma como ocorrem essas interações depende do meio e do contexto em que se vive. O cenário atual no qual se enquadra a atividade de piscicultura no Nordeste pernambucano, sobretudo, no reservatório de Itaparica, vê-se num panorama de mudanças climáticas, escassez de recursos hídricos, numa área propensa a conflitos por usos múltiplos da água, baixos índices pluviométricos, os quais levam a redução frequente da vazão dos reservatórios a montante, e num risco de diminuição da qualidade da água pelo grande aporte de nutrientes disponibilizados no ecossistema aquático, oriundos de atividades agrícolas, aquícolas e efluentes domésticos.

Diante da grande demanda pelo recurso hídrico na região, a capacidade de suporte precisa ser considerada, a fim de prever se o ambiente conseguirá manter a capacidade de resiliência e autopoiese (FRANCELINO et al., 2005). Para tal, índices e indicadores, como pegada ecológica, poderão servir como ferramenta para revelar a condição atual e monitorar a qualidade ambiental (SICHE et al., 2007). Também é relevante analisar se a disponibilidade hídrica será satisfatória para atender as necessidades humanas e manter o ecossistema natural no pleno exercício de suas funções e composições. A ampliação dos empreendimentos de piscicultura na região semiárida precisa ser avaliada e fiscalizada rigorosamente. Pequenos produtores por não terem realizado solicitação de licenças não são contabilizados e isto pode levar a um conhecimento não real da capacidade de suporte do sistema hídrico.

Segundo Brasil (2015), dados da Agência Nacional de Águas (ANA) relatam que o país possui uma capacidade de suporte sustentável de dois milhões de toneladas por ano de peixes em água doce. Contudo, elementos como a capacidade limite de produção, não podem ser considerados isoladamente como parâmetros para o desenvolvimento da atividade.

Dados da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) nos anos de 2010 e 2013 mostram o declínio do nível da água no reservatório de Itaparica nesse intervalo de tempo. Em 2010 a média da profundidade no reservatório era de aproximadamente 21 m, e em 2013, a média caiu para aproximadamente 15 m (CHESF, 2010; 2014). Já em 2017, a vazão média diária de defluência foi a menor já praticada, com apenas 600m³/s e os estoques de água armazenados diminuindo ainda mais (BRASIL, 2017). Essas informações evidenciam o cenário hídrico atual na região semiárida e traz a luz as reflexões acerca da capacidade de suporte desse recurso frente as mudanças climáticas e os usos múltiplos.

Considerando que a capacidade de suporte de um corpo hídrico dependerá da vulnerabilidade do sistema, dos fatores impactantes ao qual se encontram submetidos e à capacidade de resiliência, a atividade de piscicultura está diretamente atrelada pela qualidade do afluente, o qual, num entendimento sistêmico, está correlacionado as demais atividades da região. Desta maneira a visão de sustentabilidade não pode se limitar apenas a uma atividade, isolando-a do ambiente, mas compreendê-la como componente de um todo, como parte dos processos cíclicos da natureza, assim como explanado por Capra (1996), parte de uma teia de interações.

Os compostos químicos estão presentes na natureza e fazem parte do metabolismo dos seres vivos, entretanto, o que vai os tornar nocivos é a concentração e o tempo de exposição. Os compostos nitrogenados decorrentes da alimentação à base de ração são adicionados à água, sobretudo na piscicultura intensiva, esses compostos após o processo de catabolismo de proteínas geram a amônia, que pode variar sua concentração na água de acordo o modelo e intensidade da utilização de ração nas criações de peixes, além do controle apropriado do fluxo de água (PEREIRA; MERCANTE, 2005). De acordo com os autores, os compostos nitrogenados podem ser fatores limitantes a produção primária, bem como tóxicos para os organismos aquáticos, influenciar na dinâmica do oxigênio dissolvido, interferir no desenvolvimento dos peixes e diminuir a tolerância a doenças.

Os rejeitos oriundos dos tanques escavados podem ser somados aos despejos de esgotos domésticos e de atividades agrícolas. Fazendo necessárias ações que se comprometam com a qualidade dos efluentes gerados pela piscicultura e pelas atividades circundantes a um corpo hídrico precisam ser implementadas e fiscalizadas, assim como ações de manejo adequado dentro dos seus processos. Estudo realizado por Serva et al. (2010), explanam sobre outro princípio da sustentabilidade, a teoria da complexidade.

Está é compreendida como uma ciência que busca um novo pensamento sistêmico, o qual entende o ambiente como organização individual, mas também parte do sistema através das interações, conectadas através das unidades. Nesse contrassenso, a teoria da complexidade aborda a autonomia e a dependência entre as unidades, considerando-as individualmente, assim como as interações existentes entre estas.

Utilizando o princípio da teoria da complexidade como apoio no planejamento adequado da piscicultura, algumas práticas podem ser ponderadas e adotadas de acordo com seu entorno, pois não só a unidade de estudo precisa ser avaliada mas o meio e as possíveis interações entre a unidade com o meio, e as interações já existentes entre as demais unidades, num pensamento sistêmico (SERVA et al., 2010), e estas variam desde a escolha do local para o cultivo, considerando a localização, os níveis de profundidade, qualidade da água, riscos ambientais locais, o acesso e a capacidade de diluição dos nutrientes, assim como planejar adequadamente o manejo, o armazenamento, o transporte e a qualidade do alimento usado no cultivo, gerenciar corretamente os resíduos gerados e seus possíveis impactos na região, controlar os produtos químicos aplicados, garantir treinamento técnico sobre boas práticas de manejo aos colaboradores, adotar plano de preservação das comunidades aquáticas e adjacentes ao empreendimento, monitorar os parâmetros da qualidade da água exigidos pela legislação vigente e priorizar a geração de trabalho e renda local.

A atividade de piscicultura pode ser considerada potencialmente causadora de variadas interferências no meio aquático tais como modificações na qualidade da água e na biodiversidade. No entanto, o cultivo de peixes em tanques escavados, tem a vantagem da utilização da produtividade primária como fonte nutricional, proporcionando a possibilidade de diminuir o consumo de ração nesses viveiros, trazendo benefícios como melhor conversão alimentar (BRASIL, 2015) e diminuição de adição de compostos fosfatados e nitrogenados no ambiente.

Vale destacar pontos positivos da atividade de piscicultura, como o fato de que, para o bom funcionamento do cultivo dos peixes, é necessário o uso de água de boa qualidade. Assim os piscicultores podem ser um dos principais atores na busca pela conservação do meio hídrico, além de representar continuidade para espécies, que se encontram ameaçadas pela sobrepesca, sobretudo quando há prática de uso de espécies endêmicas na aquicultura.

As normas legais que norteiam a qualidade das águas no país consideram, na maior parte, parâmetros com ênfase no consumo humano. Entretanto, pode-se considerar estes parâmetros como direcionados, visto que estas mesmas condições devem ser adequadas também para a preservação de todos os organismos aquáticos. Uma vez que os nichos ecológicos são distintos, parâmetros voltados aos usos múltiplos destinados ao homem, o qual não pertence diretamente ao nicho ecológico aquático, podem não ser indicadores apropriados para a complexidade da qualidade ambiental dos recursos hídricos, como um todo (BERTOLETTI, 2012). Diante disso, fica evidente que, durante a elaboração de normas e padrões relacionados aos recursos naturais, é de extrema importância o estudo e a aplicação das bases da sustentabilidade, dialogando com a dinâmica desses ecossistemas, para que se possa alcançar ao máximo o equilíbrio.

Visando o uso sustentável dos recursos hídricos, compreender e associar os princípios da sustentabilidade ao planejamento estratégico dessa atividade é imprescindível, no sentido de garantir o desenvolvimento da atividade no âmbito social, econômico e ambiental. Desta forma, o planejamento da atividade deve priorizar à melhoria da fiscalização dos empreendimentos, visando racionalizar o uso da água, tratar os resíduos gerados, fiscalizar a aplicação de xenobióticos, normatizar o uso e ocupação do solo no entorno, realizar o monitoramento ambiental e promover práticas de reúso de efluente.

A sustentabilidade, sobretudo, quando relacionada a atividades que utilizam os recursos hídricos, demanda um empenho interdisciplinar, sendo um desafio que significa ultrapassar uma tradição cartesiana, onde as ciências naturais e sociais passam a analisar toda a complexidade das inter-relações que compõem o “meio ambiente”.

A técnica se faz necessária, mas só é eficaz quando observa particularidades do ambiente, exigências humanas e as inter-relações socioambientais. Para promover um diálogo sobre sustentabilidade voltado a uma atividade de produção capitalista, se faz necessário apreciar os saberes tradicionais dos atores diretos e a identidade geográfica regional, pois as relações ambiente/trabalho e as posturas frente à natureza serão fundamentais para manter uma gestão socioambiental sustentável na piscicultura.

4.2. Fitoplâncton como bioindicador da qualidade da água

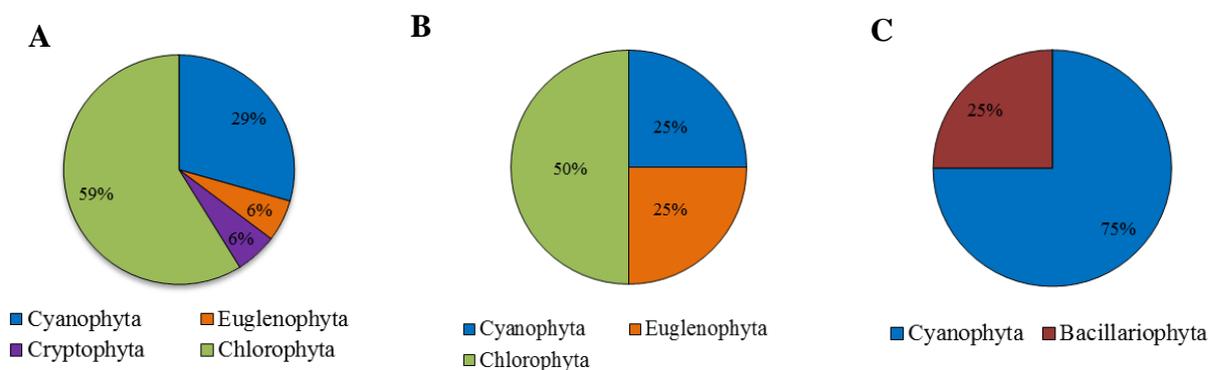
4.2.1 Comunidade fitoplanctônica

O desenvolvimento do fitoplâncton está relacionado a zona eufótica na coluna d'água e a disponibilidade de nutrientes no meio aquático (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Altas densidades do fitoplâncton podem contribuir com diminuição da penetração de luz na água e com o aumento de turbidez (MERCANTE et al., 2008).

A comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem, situados em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em maio de 2016, esteve representada por cinco grupos (Figura 4).

Em T1, T2 e T3, destinado ao cultivo de alevinos, Chlorophyta ocorreu com 10 táxons, correspondendo a 59%; seguida por Cyanophyta, com cinco táxons (29%); Euglenophyta e Cryptophyta, com apenas 1 táxon cada (6%). Em T4 ocorreu Chlorophyta, com quatro táxons, representando 50%, além de Cyanophyta e Euglenophyta, com dois táxons cada (25%). Já em T5 ocorreram apenas Cyanophyta, com 3 táxons (75%), e Bacillariophyta, com apenas um táxon (25%). Corroborando com o presente trabalho, o estudo de Lachi (2006) encontrou maior riqueza de espécies clorofíceas em viveiro de piscicultura.

Figura 4 – Riqueza da comunidade fitoplanctônica nos tanques escavados de piscicultura; A – T1, T2 e T3; B – T4; C – T5.

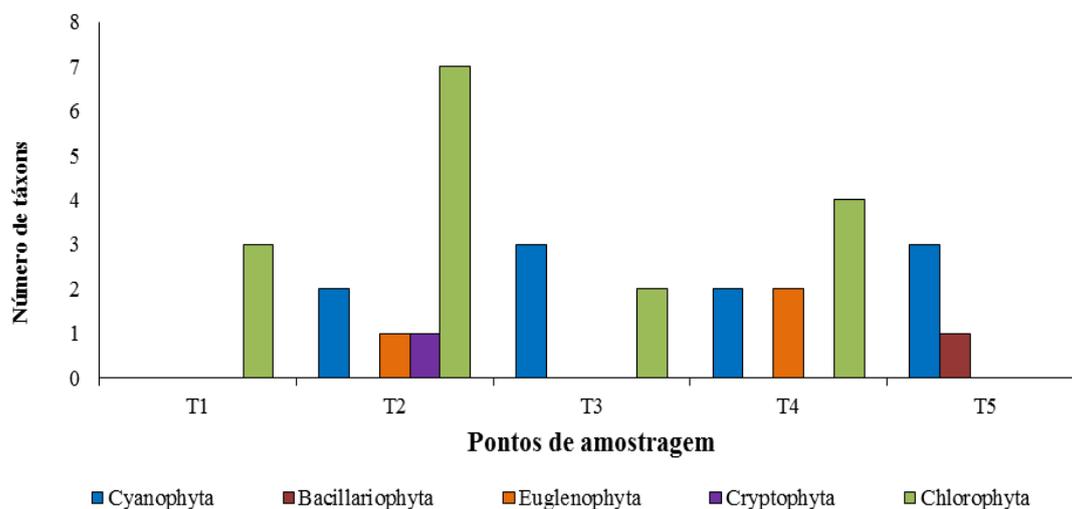


De acordo com Casé et al. (2008), Santos et al. (2009) e Esteves (2011), o estudo da dinâmica da comunidade planctônica produz informações acerca do estado trófico de

um corpo hídrico. Este é fundamentado pela ocorrência de espécies bioindicadoras. É conhecido que o grupo das Chlorophyta contribui em riqueza de espécies nos ambientes tropicais e oligotróficos, havendo estudos reportados no Nordeste (CHELLAPPA et al. 2009; COSTA et al., 2009; RODRIGUES, et al., 2010; SILVA et al., 2011). Este grupo é considerado bioindicador de águas com baixos níveis de nutrientes, classificando-as como de boa qualidade. Ao contrário do grupo das Chlorophyta, as Cyanophyta são consideradas bioindicadores de águas eutrofizadas (SILVA et al., 2011).

Quando analisada a distribuição da riqueza de espécies nos pontos de amostragem, entre os tanques destinados ao cultivo de alevinos, no ponto T2 encontram-se o maior número de táxons, enquanto que em T1, ocorreu a menor riqueza de espécies (Figura 5). Durante a coleta, observou-se que a água em T1 estava turva, provavelmente devido à recente troca de água nesse tanque, levando a ressuspensão de material do sedimento. A turbidez da água, dificultando a presença de luminosidade, pode ter sido fator limitante para o crescimento do fitoplâncton, considerando que são bastante sensíveis às mudanças na qualidade da água (CASÉ et al., 2008).

Figura 5 – Distribuição da riqueza da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.



As divisões Chlorophyta e Cyanophyta ocorreram na maior parte das estações, com exceção das clorofíceas T5 e das cianofíceas em T1, enquanto que Cryptophyta registrou presença apenas em T2. Fatores como mudanças das concentrações de nutrientes na água influenciam diretamente a comunidade fitoplanctônica, com consequências na dinâmica da comunidade, interferindo na diversidade e na densidade de espécies (MELO et al., 2012).

A análise da frequência de ocorrência identificou apenas táxons fitoplanctônicos nas categorias “Frequente”, responsável por 4% dos organismos, e “Pouco frequente”, com 96% (Quadro 6). Apenas um táxon foi considerado “Frequente”, a Chlorophyta *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat 1902, corroborando com os resultados encontrados para riqueza, com maior contribuição das clorofíceas.

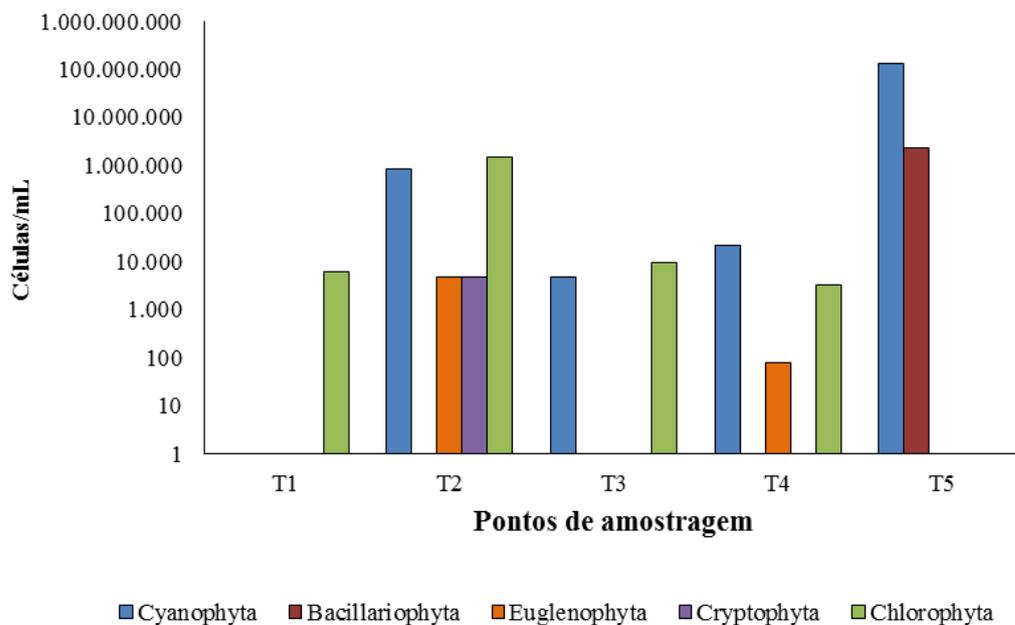
Quadro 6 – Frequência de ocorrência (%) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.

Táxons	F.O. (%)	Classificação
Cyanophyta		
<i>Anabaena</i> sp.	20	Pouco Frequente
<i>Anabaena planctonica</i>	20	Pouco Frequente
<i>Anabaenopsis</i> sp.	20	Pouco Frequente
<i>Chroococcus limneticus</i>	20	Pouco Frequente
<i>Merismopedia tenuissima</i>	20	Pouco Frequente
<i>Microcystis aeruginosa</i>	20	Pouco Frequente
<i>Microcystis wesenbergii</i>	20	Pouco Frequente
<i>Oscillatoria</i> sp.	20	Pouco Frequente
<i>Pseudanabaena catenata</i>	20	Pouco Frequente
<i>Sphaerospermopsis torques-reginae</i>	20	Pouco Frequente
Bacillariophyta		
<i>Aulacoseira granulata</i>	20	Pouco Frequente
Euglenophyta		
<i>Euglena</i> sp.	20	Pouco Frequente
<i>Strombomonas</i> sp.	40	Pouco Frequente
Cryptophyta		
<i>Cryptomonas</i> sp.	20	Pouco Frequente
Chlorophyta		
<i>Coelastrum reticulatum</i>	20	Pouco Frequente
<i>Crucigenia fenestrata</i>	20	Pouco Frequente
<i>Desmodesmus communis</i>	20	Pouco Frequente
<i>Kirchneriella lunaris</i>	20	Pouco Frequente
<i>Monactinus simplex</i>	20	Pouco Frequente
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	60	Frequente
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	40	Pouco Frequente
<i>Stauridium tetras</i>	40	Pouco Frequente
<i>Tetraedron icus</i>	20	Pouco Frequente
<i>Tetraedron gracile</i>	20	Pouco Frequente
<i>Tetraedron trigonum</i>	20	Pouco Frequente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto a densidade do fitoplâncton, foram observadas nos pontos de amostragem altas concentrações (Figura 6). A densidade total do fitoplâncton foi de 133.836.985 células.mL⁻¹ (Tabela 1).

Figura 6 – Densidade total (células.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.



Cyanophyta foi o táxon mais representativo, com total de 129.989.497 células.mL⁻¹, e as espécies que contribuíram com os valores mais elevados foram *Sphaerospermopsis torques-reginae* (Komárek) Werner, Laughinghouse IV, Fior & Sant'Anna in Werner *et al.* 2012 apresentou 90.328.014 células.mL⁻¹; *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek ex Komárek in Joosen 2006, 32.671.835 células.mL⁻¹; e *Chroococcus limneticus* Lemmermann 1898, 6.149.992 células.mL⁻¹.

Bacillariophyta foi o segundo táxon com maior densidade, com 2.306.247 células.mL⁻¹, seguido por Chlorophyta, com 1.531.708 células.mL⁻¹, Euglenophyta, com 4.804 células.mL⁻¹ e Cryptophyta, com 4.729 células.mL⁻¹. Diferindo dos dados encontrados, a comunidade fitoplanctônica em piscicultura no estado de São Paulo, foi composta em maiores densidades por clorófitas, seguido por Cyanophyta e Bacillariophyta (OSTI *et al.*, 2011). Assim como, trabalho desenvolvido no reservatório de Itaparica, apresentando maior contribuição do grupo Bacillariophyta, seguida pelas clorófitas (ARAGÃO-TAVARES *et al.*, 2015).

Tabela 1 – Táxons identificados e densidade (células.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.

Amostra	T1	T2	T3	T4	T5
Cyanophyta					
<i>Anabaena</i> sp.			943		
<i>Anabaena planctonica</i>			3.094		
<i>Anabaenopsis</i> sp.		226.983			
<i>Chroococcus limneticus</i>					6.149.992
<i>Merismopedia tenuissima</i>		586.372			
<i>Microcystis aeruginosa</i>				16.302	
<i>Microcystis wesenbergii</i>					32.671.835
<i>Oscillatoria</i> sp.				5.396	
<i>Pseudanabaena catenata</i>			566		
<i>Sphaerospermopsis torques-reginae</i>					90.328.014
Subtotal	0	813.354	4.604	21.698	129.149.841
Bacillariophyta					
<i>Aulacoseira granulata</i>					2.306.247
Subtotal	0	0	0	0	2.306.247
Euglenophyta					
<i>Euglena</i> sp.				38	
<i>Strombomonas</i> sp.		4.729		38	
Subtotal	0	4.729	0	75	0
Cryptophyta					
<i>Cryptomonas</i> sp.		4.729			
Subtotal	0	4.729	0	0	0
Chlorophyta					
<i>Coelastrum reticulatum</i>		510.711			
<i>Crucigenia fenestrata</i>		94.576			
<i>Desmodesmus communis</i>				2.415	
<i>Kirchneriella lunaris</i>		331.016			
<i>Monactinus simplex</i>	377			528	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		151.322	151	151	
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>		416.135		151	
<i>Stauridium tetras</i>	5.547		9.132		
<i>Tetraedron icus</i>	38				
<i>Tetraedron gracile</i>		4.729			
<i>Tetraedron trigonum</i>		4.729			
Subtotal	5.962	1.513.217	9.283	3.245	0
TOTAL	5.962	2.336.029	13.887	25.019	131.456.088

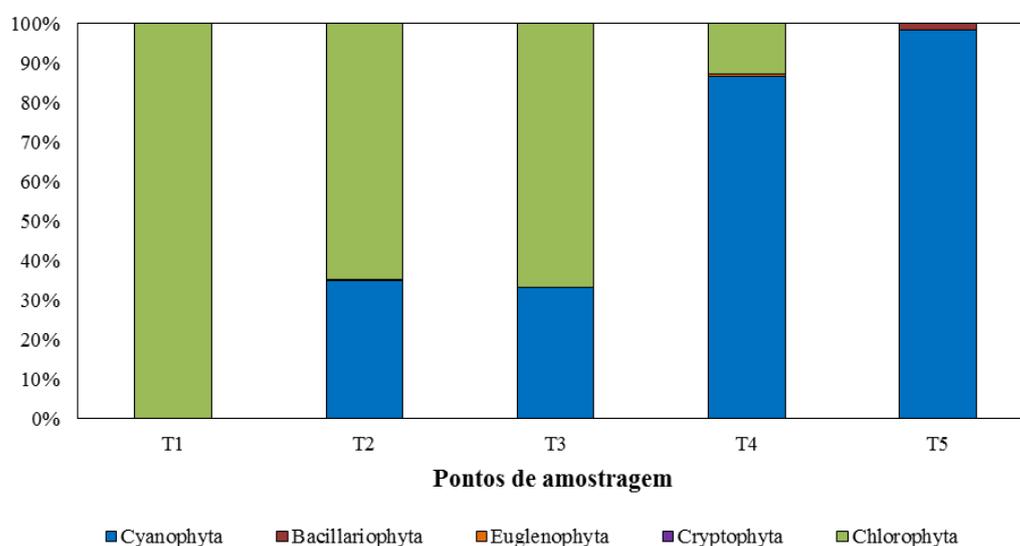
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se verificar, com a distribuição dos valores de densidades nos pontos de amostragem, que T5 foi o ponto mais representativo, com total de 131.456.088 células.mL⁻¹. Cyanophyta foi o grupo responsável pela alta densidade. As Cyanophyta possuem mecanismos de adaptação para melhor assimilação dos nutrientes na água, fator responsável por sobressaírem-se em relação aos outros grupos fitoplanctônicos

(ESTEVEES, 2011). Corroborando com os dados de riqueza em relação aos tanques de alevinos, foi observada maior densidade em T2, com 2.336.029 células.mL⁻¹.

Houve dominância de Chlorophyta em T1, T2 e T3, relativo à Cyanophyta, registrou-se em T4 e T5 (Figura 7), revelando que esta ocorreu interno nos viveiros de juvenis e externamente a piscicultura. O enriquecimento de nutrientes na água é um dos principais fatores que favorece a dominância de Cyanophyta. Com isso, indica-se que florações de Cyanophyta podem estar relacionadas ao processo de eutrofização da água (CARDOSO et al., 2013), levando a redução da biodiversidade, um dos impactos gerados no ambiente aquático (BICUDO et al., 1999; ESTEVES, 2011). Estudo desenvolvido por Capitanio (2015) em viveiro de piscicultura também identificou espécies do fitoplâncton características de ambientes eutróficos, com dominância de *Anabaena* sp. e *Microcystis* sp..

Figura 7 – Contribuição (%) da comunidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado, em 5 de maio de 2016.



Entre as Cyanophyta identificadas, três gêneros são considerados potencialmente produtores de cianotoxinas, a *Anabaena* sp., a *Microcystis* sp. e a *Oscillatoria* sp. Os efeitos tóxicos destas foram registrados em variados estudos no Brasil (SANT'ANNA et al., 2006; NOGUEIRA et al., 2011; CARDOSO, 2012, KLING et al., 2012), em reservatórios no estado de Pernambuco (MOLICA et al., 2005; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2009) e com ocorrência de cianotoxinas em águas destinadas a piscicultura (BARROS, et al., 2010; AGNOLLO, 2014).

A densidade das Cyanophyta em T5 esteve acima do limite recomendado pela Resolução Conama 357, de 17 de maio de 2005, para águas de Classe 2, com limite máximo de 50.000 células.mL⁻¹ (BRASIL, 2005). Esta ocorrência representa risco às populações e as atividades desenvolvidas no entorno e no reservatório de Itaparica, principalmente pela ocorrência de espécies potencialmente produtoras de toxinas.

Deve-se considerar também o risco de bioacumulação² em peixes, moluscos e bivalves, chamando atenção por ocorrerem em grande densidade nos viveiros de cultivo. E no homem, o risco de biomagnificação³ através do consumo de pescado e por se tratar de um reservatório de múltiplos usos, com águas destinadas ao abastecimento humano.

O fitoplâncton é importante como biomassa para os sistemas de cultivos, como produtor primário, pelo elevado valor nutricional, além de serem excelentes bioindicadores da qualidade da água, apesar dos riscos apresentados pelas cianotoxinas. Por isso, exerce importante papel na cadeia trófica, sendo amplamente utilizado como ferramenta no monitoramento da poluição hídrica.

4.2.2 Índice de Estado Trófico

Os resultados médios obtidos através do Índice de Estado Trófico foi de 46,9 nas estações T1 e T3, classificando-as como ultraoligotróficas. Já em T2 foi encontrado o valor médio de 53,3, sendo considerada como mesotrófica. A estação T4 foi considerada também como mesotrófica, enquanto que T5, hipereutrófico (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do Índice de Estado Trófico nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado.

Resultados	Estações de amostragem				
	T1	T2	T3	T4	T5
IET (CL)	55,6	72,5	57,1	67,9	80,2
IET (PT)	38,2	34,1	36,7	36,6	64,1
IET médio	46,9	53,3	46,9	52,2	72,2
Classificação	Ultraoligotrófico	Mesotrófico	Ultraoligotrófico	Mesotrófico	Hipereutrófico

Fonte: Elaborado pelo autor.

² Bioacumulação é compreendido como o processo que ocorre quando substâncias ou compostos químicos são absorvidos pelos organismos de forma direta a partir do meio ambiente (água, solo, sedimento) ou de forma indireta pela ingestão de alimento, acumulando nos tecidos ou órgãos dos indivíduos dentro do mesmo nível trófico.

³ Biomagnificação é um processo que ocorre quando há acúmulo progressivo de substâncias de um nível trófico para o outro ao longo da teia alimentar.

Dentre os resultados encontrados, observou-se que os valores do IET para clorofila-*a* estiveram superiores ao do fósforo total. De acordo com Lamparelli (2004), a correlação entre os valores do IET dos parâmetros fósforo total e clorofila-*a* pode indicar, também, o grau de limitação. Quando a concentração da clorofila-*a* resulta num IET mais elevado em relação ao fósforo total, sugere-se que existem condições favoráveis para a produtividade primária, com baixo grau de limitação, levando em conta os nutrientes disponíveis. O contrário indicaria que existe algum fator limitante à produtividade primária (LAMPARELLI, 2004).

Através da determinação da clorofila-*a* pode-se estimar a quantidade de biomassa fitoplanctônica num corpo hídrico, indicando o nível de produtividade primária, pois representa aproximadamente 1 a 2% do peso seco total das algas (SETO, 2007).

A categoria ultraoligotrófico representa corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes, que não acarreta em prejuízos aos usos da água. Já a classificação mesotrófico indica corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. Quando hipereutrófico, os corpos d'água são afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado dos usos, sendo associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para os múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas (CETESB, 2007).

A estação T5 destacou-se por apresentar classificação hipereutrófica, com altos valores do IET, tanto para clorofila-*a* como para o fósforo total. Esses dados corroboram com a análise do fitoplâncton, apontando maior contribuição de cianofíceas nesse ponto.

Visto ser um reservatório de múltiplos usos, a gestão e o planejamento deste precisa ser reavaliado quanto a capacidade de suporte do corpo hídrico. A categoria de mesotrófico para estação T4 sugere que a piscicultura do estudo, no momento da amostragem, não representou risco ao reservatório de Itaparica quanto a eutrofização; mas o lançamento, de forma continuada, deve ser considerado.

4.2.3 Índice da Comunidade Fitoplanctônica

O Índice da Comunidade Fitoplanctônica (ICF) é um indicador de categorias da qualidade da água, que emprega a dominância dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, a densidade dos organismos e o IET (CETESB, 2007). Os resultados

mostram a dominância de clorofíceas nos tanques T1, T2 e T3, levando essas estações as categorias de boa e regular; enquanto que em T4 e T5, a dominância foi das cianofíceas, sendo a categoria ruim (Tabela 3). Neste sentido, pode-se dividir a classificação das águas no sistema de piscicultura como boa a regular nos tanques destinados ao cultivo de alevinos; já no efluente da piscicultura e no corpo receptor, com categoria ruim.

Tabela 3 - Resultados do Índice da Comunidade Fitoplanctônica nos pontos de amostragem em um sistema de piscicultura de tanque escavado.

Resultados	Estações de amostragem				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ponderação média	2	3	2	4	4
ICF	Boa	Regular	Boa	Ruim	Ruim

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tanques destinados ao cultivo de alevinos encontram-se em processo oligotrofia, com baixa concentração de nutriente (fósforo) e dominância de grupo bioindicador de águas de boa qualidade. Já o efluente da piscicultura e o reservatório (corpo receptor e abastecedor da piscicultura) encontram-se em processo de eutrofização, com dominância de grupo bioindicador de águas com alto grau de trofia.

O ICF é considerado um bom instrumento para avaliação da qualidade de um corpo hídrico, sobretudo em ambientes lênticos, devido ao uso da comunidade fitoplanctônica, que é capaz de responder rapidamente as alterações ambientais (MARANHÃO, 2007). Este índice vem sendo utilizado pela Cetesb desde 2004, em pontos de Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas de Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2006). Os dados aqui apresentados para o ICF complementam os resultados encontrados para o IET, auxiliando na análise dos impactos ambientais da piscicultura.

4.3 Matriz Swot como estratégia para gestão ambiental

O planejamento estratégico é um instrumento para auxiliar no diagnóstico organizacional e mercadológico, podendo antecipar os riscos e adotar medidas para a minimização ou a redução, além de aproveitar as oportunidades, da melhor forma (FEIL; HEINRICH, 2012); sendo a análise de Swot uma importante ferramenta de planejamento (EL-DEIR, 2013).

A partir da matriz Swot, os modos de ação podem ser delineados de variadas maneiras (El-DEIR, 2010). Observou-se 6 forças e 8 fraquezas, relacionadas ao ambiente interno da piscicultura e gerenciáveis pelo piscicultor, além de 7 oportunidades e 6 ameaças relativas aos fatores externos, que podem ser controláveis ou não. Nessa perspectiva, foi possível elencar os seguintes pontos preponderantes para o empreendimento, observando o case, a localidade e o entorno (Quadro 7).

Quadro 7 – Pontos preponderantes para o empreendimento de piscicultura observando os ambientes interno e externo.

Tipo	Pontos preponderantes
Forças	FO 1 - Possibilidade de estratégias de gestão integrada do uso da água a partir do reúso com agricultura irrigada; FO 2- Associações que permitem a caracterização do pequeno piscicultor como produtor familiar, possibilitando apoio financeiro imediato e baixos juros; FO 3 - Alta produtividade; FO 4 - Grande quantidade de piscicultores na região; FO 5 - Produção de alevinos; FO 6 - Atividade que contribui para o desenvolvimento através da inclusão social.
Fraquezas	FA 1 - Gera impactos negativos no corpo hídrico receptor; FA 2 - Falta de informações sobre os impactos podem dificultar a obtenção das licenças ambientais; FA 3 - Produto perecível, necessitando de refrigeração adequada no transporte até a venda; FA 4 - Falta de conhecimento no processo de obtenção das licenças; FA 5 - Ameaças a saúde do cultivo (stress por superpovoamento); FA 6 - Falta de iniciativa de expansão por pequenos produtores e mão de obra especializada; FA 7 - Destinação dos resíduos sólidos; FA 8 - Perdas com a despesca nos viveiros de peixes juvenis, antes do envio aos tanques-rede.
Oportunidades	OP 1 - Tecnologias de baixo custo; OP 2 - Alta demanda no fornecimento de alevinos para outras pisciculturas; OP 3 - Apoio de instituições financeiras, governamentais e ensino e pesquisa; OP 4 - Proximidade da cadeia produtiva; OP 5 - Aumento na demanda do pescado no país e no mundo; OP 6 - Instituição de ensino superior (Rede IF) com possibilidades de apoio na realização das análises para monitoramento de impacto ambiental; OP 7 - Condições climáticas favoráveis com baixas amplitudes térmicas e boa qualidade da água do corpo abastecedor.
Ameaças	AM 1 - Perda da qualidade da água pelos efluentes lançados na bacia; AM 2 – Fatores climáticos como ocorrência de seca (El niño/La nina); AM 3 – Redução de vazões dos reservatórios a montante; AM 4 – Área propensa a conflitos entre os usos múltiplos da água (pesca artesanal); AM 5 - Demora na obtenção das licenças e outorgas de uso da água; AM 6 - Alto custo das análises laboratoriais para monitoramento da qualidade da água.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1 Tendências

A partir das observações e checagem na literatura, tendências foram estruturadas. Estas, distribuídas em neutralizações, potencialidades positivas e negativas. E são explicativas quanto ao posicionamento da piscicultura em relação a conjuntura.

4.3.1.1 Tendências neutralizantes

Tendências neutralizantes das forças internas

Entre as ameaças externas, não controláveis pelo piscicultor, que são capazes de neutralizar as forças, temos as tendências (Quadro 8).

Quadro 8 – Cruzamento entre preceitos do ambiente externo (ameaças) e interno (forças) em empreendimento de piscicultura.

FORÇAS/ AMEAÇAS	FO 1	FO 2	FO 3	FO 4	FO 5	FO6	-	-
AM 1			TD 1	TD 2				
AM 2			TD 3	TD 4				
AM 3			TD 5	TD 6				
AM 4						TD 7		
AM 5		TD 8						
AM 6	TD 9							

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se um potencial de comprometimento da atividade que pode levar a neutralização do setor nas TD 1 a 6, pois estas se referem aos eventos de seca (AM 2), a diminuição da vazão dos reservatórios a montante por declínio do nível da água (AM 3) e a perda da qualidade da água pelos efluentes lançados (AM 1), onde ambas as ameaças podem ter efeitos diretos na produtividade (FO 3) e em um número grande de pisciculturas (FO 4).

Esses efeitos são agravados pelos cenários de mudanças climáticas, sobretudo na região semiárido, que já possui umas das menores disponibilidades hídricas do Brasil, favorecendo a redução da qualidade das águas em muitos reservatórios com múltiplos usos (SOBRAL et al., 2007; ARAÚJO-FILHO et al., 2013). Com efeitos no aceleração do processo de eutrofização da água.

Considerando, ainda, o fato de que a vazão média diária de defluência desde junho/2017 no reservatório de Sobradinho, a montante da área de estudo, é de apenas 600m³/s, o menor patamar já autorizado pela ANA para região, e que desde 2011 a

precipitação na bacia tem sido abaixo da média, fazendo com que os estoques de água armazenados nos reservatórios venham diminuindo ano após ano (BRASIL, 2017).

A TD 7 nos leva aos conflitos pelos usos múltiplos da água (AM 4), e estes podem contribuir negativamente para a inclusão social de inúmeras famílias de trabalhadores rurais (FO 6 – TD 7). Uma vez que, os conflitos pelos usos da água na região podem provocar o deslocamento da população ribeirinha para outras localidades a procura de melhores condições de vida, levando ao êxodo rural e prejudicando o desenvolvimento socioeconômico local (SOBRAL et al., 2007).

É recorrente encontrar na maioria das pisciculturas, funcionários ou pequenos produtores, que já foram pescadores artesanais ou já tiveram pais e avós nesse ramo pesqueiro, mas optaram pelo cultivo de peixes devido ao declínio pesqueiro existente atualmente nos corpos hídricos da região, provocado pelo barramento dos rios para construção de hidroelétricas. A piscicultura veio como uma alternativa para manutenção das famílias que vivem próximas ao rio, mas ainda resistem muitos pescadores artesanais na região.

Esses conflitos externos podem ser sanados a partir do fortalecimento de uma estrutura gerencial como os Comitês de bacia pode neutralizar ou gerenciar essa demanda, de definição de áreas de pesca e acesso ao rio para os pescadores artesanais, da legalização das pisciculturas, por meio da obtenção da outorga de uso da água e da constante fiscalização das demais atividades desenvolvidas no entorno do reservatório.

A demora na obtenção das licenças (AM 5) pode atrapalhar o apoio financeiro a associações (FO 2 – TD 8). O alto custo das análises laboratoriais para monitoramento da qualidade da água (AM 6) pode ser um empecilho as possibilidades de estratégias de gestão integrada do uso da água a partir do reúso com agricultura irrigada (FO 1 – TD 9), pois é imprescindível a realização de análises da água antes da implementação de técnicas de reúso.

Tendências neutralizantes com potencial de correção

Entre as possibilidades de neutralização da atividade de piscicultura, mas com oportunidade de correção foi identificada nove tendências (Quadro 9).

Quadro 9 – Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (fraquezas) e externo (oportunidades) em empreendimento de piscicultura.

FRAQUEZAS/ OPORTUNIDADES	FA 1	FA 2	FA 3	FA 4	FA 5	FA 6	FA 7	FA 8
OP 1	TD 10							TD 11
OP 2								
OP 3				TD 12		TD 13	TD 14	
OP 4			TD 15					
OP 5								
OP 6		TD 16		TD 17		TD 18		
OP 7								

Fonte: Elaborado pelo autor.

As TD 12, 13, 16, 17 e 18 destacam: a falta de iniciativa de expansão por pequenos produtores e mão de obra especializada (FA 6), de informações sobre os impactos que podem dificultar a obtenção das licenças ambientais (FA 2) e a falta de conhecimento do processo de obtenção das licenças (FA 4), que podem ser gerenciadas a partir de parcerias com instituições privadas, educacionais e os órgãos de fomento à pesquisa do Estado (OP 3 e OP 6), para criação de cursos e palestras, permitindo uma troca entre alunos, docentes e piscicultores. Estas tendências estão no sentido de que a formação de um corpo técnico poderá auxiliar a sanar tais questões, fazendo com que a atividade se fortaleça a médio e longo prazos.

Outro ponto fraco encontrado, mas que pode ser corrigido com as oportunidades identificadas (TD 15) é o tipo do produto comercializado, classificado como perecível, necessitando de refrigeração adequada no transporte até a venda (FA 3). Mais uma vez, a proximidade com a cadeia produtiva (OP 4) trará benefícios com divisão de despesas num transporte e/ou compra de câmeras de resfriamento para garantia da qualidade do pescado até o cliente (MOUTINHO et al., 2010).

O potencial de geração de impactos negativos (FA 1) pode induzir a uma tendência de neutralização na piscicultura, destacando o lançamento de efluentes (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010), mas estes, podem ser neutralizados buscando o emprego de tecnologias de baixo custo para tratamento dos efluentes da piscicultura (OP 1) existentes e já testadas no mercado (TD 10). A implantação de novas tecnologias a fim de reduzir o volume de água utilizado nos sistemas de cultivo, reutilizar e tratar os efluentes gerados é imprescindível na promoção do desenvolvimento sustentável no setor aquícola. Para Boyd e Gross (2000), a conservação da água de viveiros de cultivo tem que ser estimulada por meio do acúmulo e uso de água da chuva ou reúso da água do efluente.

Entre as formas potenciais de reúso de efluente temos os usos agrícolas e aquícolas. O uso de efluentes, como os liberados na piscicultura, com determinados níveis de nutrientes reduz, ou até elimina, a necessidade de aplicação de fertilizantes comerciais no cultivo agrícola, e ainda, em pisciculturas, pode ser usado como fonte de alimento para os peixes, prática utilizada em diversos países como Bangladesh, Índia, Indonésia e Peru (HESPANHOL, 2002).

Entre os impactos negativos causados pela piscicultura, nos viveiros destinados ao cultivo de peixes nas fases iniciais (alevinos), temos a introdução de hormônios esteróides para reversão sexual visando a máxima quantidade de indivíduos machos no cultivo (HONORATO et al., 2013). No entanto, os hormônios não são eliminados nos processos convencionais de tratamento da água.

Técnicas de baixo custo (OP 1) como a utilização da elevação da temperatura da água nos cultivos são consideradas ótimas alternativas para substituir a utilização de hormônios na reversão sexual. Já foi comprovado que temperaturas entre 32 e 34 °C foram capazes de inverter sexualmente larvas geneticamente fêmeas, sem causar efeitos agudos ou crônicos, como mortalidade e deformidades (ZANONI et al., 2013).

Outro ponto interno relatado são as recorrentes perdas com a despesca nos tanques escavados de peixes juvenis, antes do envio aos tanques-rede (FA 8). Mais uma vez, o uso de tecnologia de baixo custo (OP 1 – TD 11) pode minimizar o estresse causado por esse tipo de procedimento, com a utilização de sal marinho, composto essencialmente por NaCl, que atua aliviando o estresse relacionado às despescas e transferências dos peixes. Nessa técnica são utilizadas concentrações de sal entre 0,5 a 0,8%, proporções próximas à concentração de sais no sangue dos peixes, em banhos que podem durar de 1 a 4 horas (KUBITZA, 2007).

Durante as despescas os peixes sofrem injúrias mecânicas sobre o muco, as escamas e a pele, além da exposição à suspensão dos sedimentos orgânicos ou minerais que se depositam sobre as brânquias dificultando a respiração e causando lesões. O uso do sal estimula a produção de muco pelos peixes, ajudando na remoção dos resíduos depositados sobre as brânquias e na proteção das lesões (KUBITZA, 2007).

Os mecanismos de reúso e/ou reciclagem, também podem ser atribuídos a outro ponto de neutralização, a destinação dos resíduos sólidos (FA 7), buscando-se apoio e parcerias para essa finalidade (OP 3 – TD 14). Em geral, embalagens plásticas de ração são jogadas no lixo gerando um aporte de resíduos sólidos e estas ocorrerem em grandes

quantidades na piscicultura. Considerando que, diariamente são utilizadas uma média de 40 kg de ração por dia, contabilizando apenas a média de produção de 24.000 alevinos de tilápia do Nilo por ciclo. Além da alimentação destinada aos juvenis, em torno de 450 kg/dia, e para os peixes na fase adulta nos tanques-rede ancorados no reservatório. Desta forma, estruturas gerenciais, de formação de pessoal e parcerias são imprescindíveis para a melhoria da qualidade da atividade, elevando o sucesso comercial e de produção do setor.

4.3.1.2 Tendências positivas

Os preceitos apresentados a seguir denotam potencialidade para alavancar a atividade de piscicultura (Quadro 10).

Quadro 10 – Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (forças) e externo (oportunidades) em empreendimento de piscicultura.

FORCAS/ OPORTUNIDADES	FO 1	FO 2	FO 3	FO 4	FO 5	FO6	-	-
OP 1	TD 19							
OP 2					TD 20			
OP 3		TD 21				TD 22		
OP 4		TD 23		TD 24				
OP 5			TD 25					
OP 6		TD 26		TD 27				
OP 7			TD 28					

Fonte: Elaborado pelo autor.

A produção de alevinos (FO 5) para cultivo e comercialização entre outras pisciculturas é uma oportunidade de crescimento e aumento dos subprodutos dentro da organização. Já que poucos empreendimentos produzem sua própria matéria prima (alevino) e todos necessitam para continuidade da atividade (OP 2 – TD 20). De acordo com Correia et al. (2006), para a implantação de pisciculturas é imprescindível que os alevinos estejam prontamente disponíveis, sem os quais seria inviável a comercialização e geração de emprego e renda.

As oportunidades a partir da crescente demanda nacional e internacional pelo pescado (OP 5), como vem sendo destacada pela FAO e pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, com metas de aumento de mais de 1 milhão e meio de toneladas para os próximos anos, com evidência para tilápia (FAO, 2014; BRASIL, 2015; MPA 2015), associado as condições climáticas favoráveis da região e a água de boa qualidade (OP 7) são fatores que contribuem para expansão da atividade (FO 3).

A utilização de espécies exóticas como tilápia do Nilo no Brasil exhibe destaque econômico, sendo uma das mais utilizadas para fins de aquicultura, e seu cultivo na região do submédio São Francisco é favorecido pelas condições climáticas e regionais (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2011; MPA, 2012; BRITO et al., 2014). Esses trabalhos refletem aqui as possibilidades caracterizadas nas TD 25 e 28.

Em meio as forças e oportunidades relacionados ao lançamento de efluente há possibilidades de uma gestão integrada para reúso da água na agricultura irrigada (FO 1) visando a redução do impacto ambiental no corpo receptor, a partir do uso de tecnologias de baixo custo para tratamento de efluente (OP 1 – TD 19). Uma vez que a atividade de piscicultura tem potencial para geração de impactos negativos no ecossistema aquático através do lançamento de efluente e que a qualidade da água é de interesse estratégico para a atividade (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010), o reúso de efluentes pode contribuir de maneira eficiente com a redução de impactos, além da demanda de água captada para piscicultura e agricultura (BOYD; GROSS, 2000).

Quanto ao monitoramento da qualidade da água, as chances identificadas nas TD 23 e 24, referem-se a grande quantidade de piscicultores numa mesma região (FO 4) e a formação de associações (FO 2), que pode beneficiar-se com parceiras para monitoramento ambiental em conjunto, especialmente pela formação de uma cadeia produtiva local (OP 4), com resultados e custos divididos, além do apoio de instituições de ensino, pesquisa e extensão para realização das análises laboratoriais de qualidade da água, com valores mais acessíveis aos piscicultores e desenvolvimento de pesquisas ambientais na área (OP 6 - TD 26 e 27).

A formação de associações (FO 2) e a contribuição para o desenvolvimento através da inclusão social de inúmeras famílias de trabalhadores rurais (FO 6), como mencionado por Silva; Silva; Barbosa (2011), permitem que os piscicultores possam ter melhor acesso as linhas de crédito com apoio a instituições financeiras e governamentais, com juros reduzidos (OP 3 – TD 21 e TD 22). Sendo importante para as instituições privadas e para o Estado. A caracterização como produtor familiar também poderá trazer benefícios na obtenção de crédito. No entanto, essas linhas de crédito podem estar sendo amortizadas por outros fatores negativos internos e externos, os quais serão discutidos mais à frente.

Na região semiárido, no sertão de Itaparica, o APL de piscicultura contempla principalmente os municípios de Jatobá, Petrolândia, Floresta e Itacuruba, em Pernambuco, e estes são responsáveis pela produção média de 250 toneladas de pescados ao mês, com potencial de produção de 100 mil toneladas de pescado por ano (MOUTINHO et al., 2016).

Além disso, as vantagens da formação de associações e APL também estão relacionadas a partir da ação coletiva com cooperação da infraestrutura, dos canais de distribuição, do escoamento da produção, da facilidade de acesso aos insumos, da presença de fornecedores de bens e serviços, do apoio técnico compartilhado e do aprendizado coletivo (AQUINO; BRESCIANI, 2005; MOUTINHO et al., 2010). Essas despesas quando divididas, podem gerar redução de custos a médio e longo prazo. Mas, não nem todos os piscicultores vem se beneficiando com estas possibilidades, ora por falta de “conhecimento empreendedor”, ora por problemas de convívio social.

4.3.1.3 Tendências negativas

Correlacionando as fraquezas com as ameaças, visando expor as deficiências existentes na piscicultura e suas vulnerabilidades externas, os quais juntos podem levar a uma potencialização negativa na atividade, identificaram-se as tendências (Quadro 11): TD 29, 31 e 32, que representam um dos principais gargalos, a geração de efluente (FA 1) seguido do impacto na qualidade da água no corpo receptor (AM 1).

Quadro 11 – Cruzamento entre preceitos do ambiente interno (fraquezas) e externo (ameaças) em empreendimento de piscicultura.

FRAQUEZAS/ AMEAÇAS	FA 1	FA 2	FA 3	FA 4	FA 5	FA 6	FA 7	FA 8
AM 1	TD 29				TD 30			
AM 2								
AM 3								
AM 4								
AM 5				TD 31				
AM 6		TD 32						

Fonte: Elaborado pelo autor.

O monitoramento desses impactos como integrante do processo para obtenção das licenças de operação e outorga de uso da água (FA 2), associado ao alto custo das análises laboratoriais para análise de qualidade da água (AM 6) representa uma despesa adicional para o empreendimento. E ainda, a falta de conhecimento no processo de obtenção das

licenças (FA 4), influencia ainda mais na demora em obter as licenças e outorgas de uso da água (AM 5).

O desenvolvimento da piscicultura tem sido limitado pela dificuldade do licenciamento ambiental que depende da anuência de várias agências da União, a Agência Nacional das Águas (ANA), o Ibama, a Marinha do Brasil e o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão – Secretaria do Patrimônio da União, além do órgão ambiental do Estado onde o projeto será implantado. A quantidade de órgãos para liberação das licenças torna o processo dispendioso e demorado, sendo comum pleitos que se arrastam por anos (KUBITZA, 2014). Sem as licenças ambientais, diminui o acesso ao crédito, dificultando a expansão dos empreendimentos. E tem sido cada vez mais relatado como um notório problema pelos piscicultores (PASSADOR, 2006).

Entre as tendências negativas, as ameaças a saúde do cultivo provocado por stress devido ao superpovoamento nos tanques (FA 5) é um problema porque torna o peixe mais suscetível a doenças, comprometendo a qualidade do pescado. Como consequência leva a utilização de maior quantidade de antibióticos e antifúngicos, que contribui para o aumento das despesas no empreendimento e com os riscos de contaminação no corpo receptor (AM 1 – TD 30). Esses compostos farmacêuticos veterinários não são eliminados pelos métodos conhecidos de tratamento de efluentes e impactam os corpos hídricos (BILA; DEZOTTI, 2007; HONORATO et al., 2013).

A utilização de antibiótico na aquicultura representa uma das vias de entrada desse fármaco nos recursos hídricos (REGITANO; LEAL, 2010; RICO et al., 2014). No Brasil não existe legislação que realize controle e proponha parâmetros de uso desses xenobióticos pela aquicultura. Estudos que chamam atenção para essa realidade são importantes para incentivar a formulação de políticas públicas com enfoque nos territórios de potencial risco e suas particularidades.

De acordo com Silva; Silva; Barbosa (2011), a piscicultura possui potencialidade para proporcionar geração de empregos diretos e alto faturamento anual no Estado de Pernambuco. Principalmente na Região de Desenvolvimento (RD) do Sertão de Itaparica, onde contribui significativamente para o crescimento dos municípios locais e para o reestabelecimento da oferta de pescado nas áreas represadas (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2011). É indispensável avaliar os pontos neutralizadores desta atividade para promoção de um planejamento e gestão adequados e eficientes que garanta a sustentabilidade do setor e dos recursos hídricos.

4.4 Subsídios para o desenvolvimento sustentável da piscicultura

Com a identificação dos pontos internos e externos que impactaram de maneira positiva e negativa na piscicultura é necessário qualificar esses temas quanto a urgência e relevância, a fim de ajustar as possíveis ações estratégicas e qual a prioridade de realização destas (EL-DEIR, 2013). A partir da análise de Swot, princípios qualitativos foram ponderados de acordo com a relevância e a urgência da ação a ser tomada (Figura 8).

Para tal considera-se que os temas de maior relevância e menor urgência necessita de planejamento para executá-los de forma eficiência, e estes são avaliados como preponderantes para o desenvolvimento sustentável da piscicultura. Os temas considerados de maior urgência e menor relevância são avaliados como desprezíveis, uma vez que são ações que devem ser imediatas e não requerem planejamento, pois não há tempo para tal.

Figura 8 – Princípios qualitativos dos temas identificados a partir da Matriz Swot para piscicultura de tanque escavado no semiárido pernambucano.

Relevância	Tratamento de efluente Reúso de efluente Monitoramento ambiental	Obtenção de licenças Apoio de instituições educacionais
	Resolução de conflitos com pescadores artesanais Iniciativa de expansão dos pequenos empreendedores	Acesso ao crédito Produção de alevinos
		Urgência

Verifica-se que os pontos críticos mais relevantes atualmente para manutenção da piscicultura no semiárido é a qualidade da água. Medidas para garantir a expansão desse tipo de empreendimento como a promoção de parcerias com instituições educacionais, a fim de mensurar e mitigar os impactos ambientais e auxiliar na promoção de ações visando a gestão sustentável, além da capacitação dos profissionais diretamente envolvidos na atividade, é de suma importância. Bem como, apoio para desenvolver projetos de tratamento ou reúso de efluente e destinação adequada dos resíduos sólidos.

Algumas propostas para redução dos impactos provocados pelos efluentes de piscicultura devem ser consideradas num empreendimento, a adoção de boas práticas de manejo de forma planejada, como a utilização de fertilizantes em quantidades necessárias para manutenção equilibrada do fitoplâncton, a seleção de densidades de estocagem e taxas de alimentação que não excedam a capacidade de assimilação de nutrientes dos viveiros e o fornecimento de dietas com alta digestibilidade, estáveis na água e sem excesso de nitrogênio (BOYD, 2003).

Os meios de produção, inclusive os empregados pela aquicultura, depende essencialmente dos recursos hídricos e são incapazes de produzir sem causar impacto ambiental. Nem sempre, somente boas práticas de manejo podem não determinar uma sustentabilidade constante, por isso deve estar alinhada ao uso racional dos recursos naturais (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Disso dependem a manutenção da biodiversidade, a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas adjacentes.

A consolidação de um APL na região de estudo, fortalece o setor à medida que em parceria são capazes de buscar soluções de forma mais eficiente e duradoura. O APL do sertão de Itaparica é um ponto preponderante na expansão da atividade. Nessa região, o APL pode contar com um conjunto de empresas e entidades (Quadro 12).

Juntas essas entidades podem fortalecer a atividade, sobretudo nos quesitos de maior urgência e relevância, como a questão voltada a legalização da atividade. Aproveitando a proximidade com instituições como o IF Sertão, em Floresta, para formação de parcerias e auxílio aos piscicultores para obtenção das licenças ambientais.

Segundo Moutinho et al. (2016), o mapeamento dos APL em Pernambuco, determina uma divisão do espaço geográfico estadual em Regiões de Desenvolvimento, o que não corrobora com a delimitação de fronteira do APL, que considera o alcance do APL por meio do conjunto de interações e ligações entre os atores envolvidos que podem estar fora ou não do espaço geográfico pré-definido. As fronteiras do APL devem considerar as relações existentes acima do espaço geográfico, como no caso do APL do Sertão de Itaparica, que poderá contar com empresas situadas no estado da Bahia para atuar em conjunto, com relações também auxiliadas pela proximidade das divisas territoriais.

Quadro 12 - Conjunto de atores componentes do APL de piscicultura do Sertão de Itaparica.

Agentes produtivos	
Ração	Purina - Petrolândia/PE
Centro de apoio ao produtor	Netuno - Petrolândia/PE
Fabricação de tanques-rede	Braspeixe - Paulo Afonso/BA
Produção de alevinos	AAT - Paulo Afonso/BA Piscicultura Tilápia do São Francisco - Itacuruba/PE
Produção de peixes	Netuno, produção de 150 t - Itacuruba/PE 5 associações, produção de 80 t - Jatobá/PE 1 associação, produção de 10 t - Petrolândia/PE 2 associações, produção de 8 t - Itacuruba/PE
Beneficiamento	Netuno
Comercialização (4 empresas)	Netuno Braspeixe Pequenos compradores e intermediários informais
Apoio institucional	
Assistência técnica	Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República - SEAP/PR
Licenciamento e outorgas	Agência Estadual de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos - CPRH Capitania dos Portos Agência Nacional de Águas - ANA Secretaria de Patrimônio da União - SPU Programa Estadual de Apoio ao Pequeno Produtor Rural - ProRural/ Secretaria de Planejamento e Gestão - SEPLAG Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA
Financiamento	Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF Petrobrás Banco do Nordeste Banco do Brasil
Desenvolvimento de ensino e pesquisa	Instituto Xingó Instituto Federal do Sertão de Pernambuco/IF-Sertão Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Capacitação e estímulo ao associativismo	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE
Associativismo	
Entidades não-governamentais	Associações Colônias de pescadores Sindicatos rurais Igrejas Conselhos municipais de desenvolvimento

Fonte: Sumarizado de Coutinho et al. (2016).

Os resultados desta pesquisa apontam disposições a impactos negativos no desenvolvimento do setor e na qualidade da água, com indicadores revelando mesmo que de forma pontual, que a água utilizada nos cultivos volta ao reservatório de Itaparica em condições mesotrófica a hipereutrófica, com presença de espécies do fitoplâncton potencialmente produtoras de cianotoxinas.

Mas, medidas foram identificadas para auxiliar na realização das análises e estudos necessários para o monitoramento ambiental, capacitação dos piscicultores e

funcionários quanto a boas práticas e manejo adequado e, para implantação de tecnologias de baixo custo para tratamento e/ou reúso de águas residuais.

O incentivo dos envolvidos diretamente na piscicultura com relação a conservação e fiscalização dos recursos hídricos da região é de extrema importância para garantir a sustentabilidade.

É comum encontrar dificuldades nos órgãos de fiscalização em atender as regiões mais distantes da capital, pois não dispõem de um contingente de funcionários necessários para demanda e ainda, pelas dificuldades de acesso em algumas localidades. A conscientização dos piscicultores como fiscalizador direto do uso dos recursos hídricos nas suas regiões de atuação pode ser um instrumento de auxílio orientado a preservação.

Atualmente, a Agência Nacional das Águas, por meio da Resolução ANA nº 1.043/2017, instituiu como medida de preservação para amenizar os impactos da seca na bacia do rio São Francisco e evitar que os reservatórios da referida bacia alcancem a reserva técnica (volume morto), que toda quarta-feira (Dia do Rio) está proibida a retirada de água no rio até dia 30 de novembro de 2017, podendo ser prorrogado caso ocorra atraso no início das chuvas (BRASIL, 2017). O descumprimento está sujeito a advertência, multa e lacre de bombas de captação de água, e a retirada está liberada apenas para consumo humano e animal, considerados usos prioritários pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

Para que tal medida, e qualquer outra de preservação ambiental, obtenha resultados satisfatórios, os usuários precisam ser os principais atores de conscientização, prática e fiscalização. Tomando como base, os princípios da sustentabilidade, os recursos hídricos, da qual a atividade piscicultura depende fundamentalmente, poderá ganhar com o piscicultor um importante aliado, pois a identidade geográfica regional e as relações ambiente/trabalho também pode ser importantes instrumentos para gestão ambiental sustentável da piscicultura.

5. CONCLUSÕES

A disseminação de práticas sustentáveis direcionadas para os recursos naturais no semiárido tem finalidade de promover a melhoria da gestão ambiental, e em particular nos reservatórios. Estas podem auxiliar na mitigação dos impactos ambientais das atividades produtivas, especialmente da piscicultura no reservatório de Itaparica.

A partir da análise da piscicultura com base nos princípios da sustentabilidade, autopoiese, resiliência e teoria da complexidade, concluiu-se que a manutenção do setor depende da eficiência no planejamento do uso dos recursos hídricos e para isso a capacidade de suporte do reservatório de Itaparica deve ser ponderada. Especialmente, antes da ampliação do setor na região, a fim de assegurar se o ambiente conseguirá manter a capacidade de resiliência e autopoiese, se a disponibilidade hídrica será satisfatória para atender as necessidades humanas e manter o ecossistema natural no pleno exercício de suas funções e composições.

Com base no princípio da teoria da complexidade, vimos que a visão de sustentabilidade não pode se limitar apenas à atividade, mas compreendê-la como componente de um todo. Partindo desse pressuposto, a quantidade e qualidade da água a montante e a jusante do empreendimento deve ser preocupação de todos os piscicultores da região. Eles precisam ser os principais atores na busca pela manutenção da qualidade da água e do manejo dos efluentes gerados. No entanto outras atividades antrópicas, como atividades agrícolas e lançamento de esgotos doméstico, e naturais, como a influência dos fatores climáticos locais, também interferem negativamente nesses aspectos.

Abranger e associar os princípios da sustentabilidade ao planejamento estratégico da atividade de piscicultura auxilia na compreensão e promoção de práticas sustentáveis, focando na fiscalização dos empreendimentos, racionalização do uso da água, tratamento dos resíduos gerados, uso e ocupação do solo no entorno, monitoramento ambiental e a reúso de efluente.

Os impactos ambientais na qualidade da água causados pela piscicultura também podem ser refletidos pela análise do fitoplâncton. O exame da comunidade fitoplanctônica chama atenção para a densidade e dominância de Cyanophyta no reservatório de Itaparica, local de captação de água para piscicultura e de lançamento de efluente. Os valores de densidade encontrados estiveram acima do limite recomendado pela legislação vigente, e ainda, foram encontrados gêneros com espécies potencialmente produtoras de

cianotoxinas, com efeitos tóxicos registrados no Brasil e em reservatórios em Pernambuco.

Os índices IET e ICF demonstraram que nos tanques destinados ao cultivo de alevinos a água é classificada como ultraoligotrófico e mesotrófico, considerada de qualidade boa e regular. Mas no efluente dos tanques destinados ao cultivo de juvenis e no reservatório Itaparica, a água foi considerada ruim, classificado como mesotrófico e hipereutrófico, respectivamente. Apesar do efluente está numa categoria mesotrófico, a sua classificação como ruim e o lançamento de forma continuada deve ser considerado pelo seu potencial de impacto.

A presença de Cyanophyta em reservatórios é comum no Nordeste, mas quando ocorrem em altas densidades podem representar riscos às populações e as atividades que dependem das águas do reservatório de Itaparica. Diante disto, estratégias para o planejamento e gestão ambiental da atividade se tornam indispensáveis.

As estratégias foram identificadas pela compreensão das tendências de neutralidade, potencialidade e negatividade para o desenvolvimento da piscicultura. Entre as principais tendências, os temas observados como limitantes foram a geração de efluente e os entraves para obtenção das licenças ambientais, e entre os pontos fortes para potencializar o desenvolvimento do setor estão o uso da gestão integrada para reúso e/ou tratamento da água, contribuindo com a redução do impacto ambiental, a proximidade da cadeia produtiva na região, as parceiras para monitoramento ambiental em conjunto com resultados e custos divididos, o apoio de instituições de ensino, pesquisa e extensão para realização das análises laboratoriais de qualidade da água e o potencial na produção e comercialização de alevinos.

A piscicultura possui potencialidade para proporcionar geração de empregos diretos e alto faturamento anual no Estado de Pernambuco, contribuindo significativamente para o crescimento dos municípios locais e para o reestabelecimento da oferta de pescado nas áreas represadas. É imprescindível avaliar os pontos neutralizadores desta atividade para promoção de um planejamento adequado e eficiente, e os pontos com potencial positivo, para garantir o crescimento do setor.

Com a identificação dos pontos potencializadores e neutralizadores da piscicultura foi possível qualificar os temas quanto a urgência e relevância. Verifica-se que entre os pontos críticos atualmente para manutenção da piscicultura no semiárido destaca-se os

impactos ambientais, qualidade da água e a legalização da atividade. Nesse contexto, a consolidação de um APL fortalecerá ainda mais o setor.

A discussão da problemática ambiental, associada aos modelos técnico-científicos aplicados a gestão ambiental, exerce função importante na ampliação do Arranjo Produtivo Local da piscicultura, uma vez que podem subsidiar a formulação de políticas públicas ambientais, sobretudo pautadas nas especificidades local. Estas devem buscar a melhoria contínua no sistema de produção sustentável de alimentos na região semiárida. Ressalta-se que esta atividade está expandindo-se no país, auxiliando na geração de trabalho e renda, assim como contribuindo com a segurança alimentar e nutricional.

6. RECOMENDAÇÕES

Considerando que a piscicultura envolve inter-relações com outras atividades, recomenda-se:

- Maior integração entre os diversos fatores de influência, como a sociedade civil, o corpo técnico ambiental, o legislativo, o administrativo, os órgãos públicos e privados envolvidos, os usuários direto e indireto do recurso hídrico e os gestores do corpo hídrico onde a atividade está instalada, para garantir uma gestão participativa, socialmente responsável e sustentável, garantindo viabilidade econômica;
- Estudos adicionais que venham complementar os pensamentos iniciais desse trabalho buscando uma melhor compreensão entre as forças correlativas da atividade de piscicultura e seu entorno;
- A produção de uma SIG – Sistema de Informação Geográfica, a fim de facilitar o gerenciamento da atividade de piscicultura no reservatório de Itaparica.
- Produção de modelo ou cartilha para os piscicultores da região que auxilie no processo de obtenção das licenças ambientais, com um passo-a-passo dinâmico e de fácil entendimento;
- Estabelecimento de políticas públicas pautadas em análises gerenciais como as que foram aqui apresentadas, visando a correção ou neutralização dos problemas potenciais da atividade, assim como o fortalecimento do Arranjo produtivo Local da piscicultura.

REFERÊNCIAS

- ALDAY, Hernan E. Contreras. O Planejamento Estratégico dentro do Conceito de Administração Estratégica. **Rev. FAE**, Curitiba, v.3, n.2, p.9-16, 2000.
- ANAGNOSTIDIS K.; KOMÁREK J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. **Archives Hydrobiology Supplement**. V. 80, n. 1-4. (Algological Studies 50-53), p. 327-472. 1988.
- ANDRADE, Claudia Castro de. A fenomenologia da percepção a partir da autopoiesis de Humberto Maturana e Francisco Varela. **Griot – Revista de Filosofia**, v.6, n.2, Amargosa, Bahia – Brasil, 2012.
- AQUINO, André Luiz de; BRESCIANI, Luiz Paulo. Arranjos produtivos locais: uma abordagem conceitual. **Organizações em contexto**, Ano 1, n. 2, dezembro de 2005.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. APHA. Washington DC: Edição 22, 1490 p., 2012.
- ARANA, L.V. **Fundamentos de aquíicultura**. Florianópolis, Ed. UFSC, 349 p., 2004.
- ARAÚJO-FILHO, José C. de; GUNKEL, Günter; SOBRAL, Maria C. M.; KAUPENJOHANN, Martin; LOPES, Helio L. Soil attributes functionality and water eutrophication in the surrounding area of Itaparica Reservoir, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.1005–1013, 2013.
- ARAÚJO, Juliana Gonçalves de; LAGIOIA, Umbelina Cravo Teixeira; ARAÚJO, João Gabriel Nascimento de; PRAZERES, Rodrigo Vicente dos. Arranjo produtivo local de confecções – PE: análise do perfil das empresas e de tomada de decisão dos gestores. *Anais. IX Congresso Anpcont*. Curitiba-PR: 31 de maio a 03 de junho de 2015.
- BARBOSA, Emerson Rodrigues; BRONDANI, Gilberto. Planejamento estratégico organizacional. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, v. 01, n. 02, 2005.
- BERTOLLETTI, Eduardo. A Presunção Ambiental e a Ecotoxicologia Aquática. **Revista das Águas**, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal, n. 12, novembro, 2012.
- BILA D. M.; DEZOTTI M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e conseqüências. **Rev.Química Nova**, v. 30, N°. 3, 651-666, 2007.
- BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, p.101-112, 2003.
- BOYD, C. E.; GROSS, A. Water use and conservation for inland aquaculture ponds. **Fisheries Management and Ecology**, USA, 7: 55-63, 2000.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Indústrias e mineradoras do São Francisco terão captações suspensas às quartas a partir de 19 de julho**. 2017. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=13267 Acesso em: 07 de julho de 2017.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Legislação sobre Pesca e Aquicultura. Dispositivos constitucionais, leis e decretos relacionados a pesca e aquíicultura**. Série Legislação. Câmara dos Deputados, Edições Câmara, n. 137, 231 p., Brasília, 2015.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2 set. 1981. Seção 1.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 de fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 de dez. 1997. Seção 1.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 jun. 2009 a. Seção 1.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 413, de 26 de junho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 jun. 2009 b. Seção 1, p. 126-129.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. 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.

BRASIL – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira – 2015/2020**. Brasília, 2015.

BUCHHEIM, M.A.; MICHALOPULOS, E.A.; BUCHHEIM, J.A. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S rDNA data. **Journal of Phycology**. 37: 819-835. 2001.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo, SP: Cultrix, 1996.

CAPITANIO, Érica Camargo Oliveira. Avaliação das condições bióticas e abióticas em um viveiro neotropical impactado. *Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Centro de Aquicultura de Jaboticabal*, 47 p., 2015.

CARDOSO, Ariane Silva Cardoso; EL-DEIR, Soraya Giovanetti, CUNHA, Maristela Casé Costa. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. **Interações**, v. 17, n.4, p.645-653, 2016.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. *Limnology and oceanography*, 361, v. 22 (2), march, 1977.

CASSIOLATRO, J.E; LASTRES, H. M. M. **Glossário de Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais. Rede de Pesquisa em Sistemas Produtivos e Inovativos Locais**. Rio de Janeiro: IE.UFRJ, 2003.

- CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP. 189p., 1992.
- CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Inventário dos Ecossistemas Aquáticos do Baixo São Francisco. Reservatório Itaparica. 2º Relatório Anual Dezembro/2008 a Novembro/2009. 331 p., Recife, 2010.
- CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. 1º Relatório Quadrimestral 2013/2014 – Relatório 1A. Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Itaparica. 284 p., Recife, 2014.
- CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. **Planejamento Estratégico: fundamentos e aplicações**. 1. ed. 13ª tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório à diretoria - Decisão de diretoria Nº 232/200/E, de 14 de novembro de 2006**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – CETESB, 2006.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006**. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios)
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Índice de qualidade de águas, critérios de avaliação da qualidade e dos sedimentos e indicador de controle de fontes**. Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Apêndice B. São Paulo, 2008.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão – [et al]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p., 2011.
- CORREIA, Ana Paula; MORAES ALVEZ, Ângela Raquel; LOPES, José Patrocínio; SANTOS, Fátima Lúcia Brito dos. Reversão sexual em larvas de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) em diferentes condições ambientais. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 1(1), ago. 2006.
- DE BRITO, Johnny Martins. Policultivo de Tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em tanques-rede – revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 235, v. 11, n. 02, p. 3225– 3237, 2014.
- DRUNN, Kamila Camargo; GARCIA, Hugney Matos; UNIC, Floriano Peixoto. Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas organizações. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da EDUVALE**. Ano IV, n. 06, Jaciara/MT, 2011.
- ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 33-44, 2007.
- ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 3ª edição, 826 p., 2011.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nation. **World Supply and Demand of Tilapia, Globefish**, FAO, UN, 2010. Disponível em: <http://www.globefish.org/world.html><<http://www.fao.org/fishery/>>. Acesso em: 19 nov. 2015.
- FAO, 2014. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma, 2014.
- FEARNSIDE, P. M. Migration, Colonization and Environment: The Potential of Amazonian Ecosystems. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, 9 (4): 448-457, Oct/Dec, 1993.
- FEIL, Alexandre André; HEINRICH, Alexandre. Aplicação da análise da Matriz SWOT em 5 agências de atendimento de uma cooperativa de crédito situada no Vale do Taquari – RS. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 11, n.1, edição 20, 2012.

- FERREIRA, A. A.; REIS, A. C. F.; PEREIRA, M. I. **Gestão empresarial: de Taylor aos nossos dias: evolução e tendência da moderna administração de empresas**. Ed. Pioneira, São Paulo, 1997.
- FRANCELINO, Márcio R., FERNANDES-FILHO, Elpídio I., RESENDE, Mauro. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semi-árido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.1, p.83-91, Campina Grande, 2005.
- FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para cidade sustentável**. 2ª ed. – São Paulo: Annablume; Fapesb, 2008.
- GOMES, Patrícia Pereira Vasques; BERNARDO, André; BRITO, Gilson. Princípios de sustentabilidade: uma abordagem histórica. *Anais do XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov. de 2005*.
- HONORATO, Cláudia Aparecida; STECH, Márcia Regina; TESSER, Marcelo Borges;
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2.Teil: Oscillatoriales. Pp. 1-759. In: B. Bridel; G.L. Gastner & M.S. Krienitz (eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**, 19/2. London, Elsevier. 2005.
- KUBITZA, Fernando. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da aquicultura**, p.14-23, 2007.
Disponível em: http://www.recolast.com.br/piscicultura/artigos/uso_sal_piscicultura.pdf Acesso em: 06 de março de 2017.
- KUBITZA, Fernando. **O país do potencial travado em nome do ambiente**. 2014. Net. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=3789>. Acesso em: 04.08.2016.
- KUKALIS, Sal. Agglomeration Economies and Firm Performance: The Case of Industry Clusters. **Journal of Management**, v. 36, n. 2, p. 453-481, 2010.
- LACHI, Giuliana Berchieri. Qualidade da água e identificação da comunidade fitoplancônica de um viveiro de piscicultura utilizado para irrigação. 2006. v, 41 f. *Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias*, 2006.
- LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpo d'água do Estado de São Paulo: Avaliação de métodos de monitoramento. São Paulo. *Tese apresentada ao Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo - USP*, 2004.
- LATINI, A. O.; PETRERE JÚNIOR, M. Reduction of native fish fauna by alien species: na example from Brazilian freshwater tropical lakes. **Fisheries Management na Ecology**, v. 11, p. 71 – 79, 2004.
- LEONHARDT J. H., Efeito da reversão sexual em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Tese (Doutorado em Aquicultura), Campus de Jaboticabal – UNESP. Jaboticabal – SP*, 1997.
- LIMA-JÚNIOR, Dilermando Pereira; LIMA, Luciano Benedito de; VITULE, Jean Ricardo Simões;ORSI, Mário Luís; AZEVEDO-SANTOS, Valter M. Modificação das diretrizes do CONAMA nº 413/2009 sobre licenciamento ambiental da aquicultura: retirando os "obstáculos normativos" para a criação de espécies não nativas em águas brasileiras. **Boletim ABLimno**, 40(2), p. 3-11, 2014.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista Biología Marina y oceanografía**, 22(1): 1-29, 1986.

- MCCREADIE, Karen. **A Arte da Guerra SUN TZU: uma interpretação em 52 ideias brilhantes**. 1. ed. São Paulo: Globo, 2008.
- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES. L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto da Pesca**, v.36, n.2, p.149 – 163, São Paulo, 2010.
- MARANHÃO, N. Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas. *Tese de doutorado apresentada ao Programa de pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ*, p.133-135, 2007.
- MARSHALL, A. **Princípios de Economia**. São Paulo, Abril S. A. Cultural e Industrial: v. 1, 1982.
- MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. La metodología para el estudio de La vegetación. **Colectión de monografías científicas. Série Biología**. V.22, p. 1-168, 1982.
- MATIAS, João Felipe Nogueira. Aquicultura e os desafios de produzir com sustentabilidade. *XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC, Associação Brasileira de Zootecnistas*, Fortaleza, 2015.
- MAZOTTO, Jefferson Mazotto; PEREIRA, Graciane Regina; PIRES, Henrique da Silva; WALTRICK, Douglas de Oliveira; FERREIRA, Leonardo S. B. Porto. Licenciamento ambiental da piscicultura: estudo de caso no município de Gaspar (SC). *In: Anais do VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais*. Porto Alegre, 2015.
- MEDLIN, L.K.; KACZMARSKA, I. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. **Phycologia**. V. 43, p. 245- 270. 2004.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. Importância da avaliação qualitativa combinada com outras modalidades de avaliação. **Sau. & Transf. Soc.**, v.1, n.3, p.02-11, Florianópolis, 2011.
- MOUTINHO, L. M. G.; CAMPOS. L. H. R.; RAPOSO, I. P. A.; LEÃO, E. L. de S.; FERRAZ, J. M. de M. “Caracterização, análise e sugestões para adensamento das políticas de apoio a APLs implementadas nos Estados - Pernambuco. Nota técnica 5. ” *In: Análise do mapeamento e das políticas para Arranjos Produtivos Locais no Norte, Nordeste e Mato Grosso e dos impactos dos grandes projetos federais nos Arranjos Produtivos Locais*. BNSD: Pernambuco. Disponível em: <http://www.politicaapls.redesist.ie.ufrj.br/>. Acesso em: 09 de maio de 2016.
- MOUTINHO, L. M. G.; RAPOSO, I. P. A.; CAMPOS. L. H. R. “Análise de Política para APLs em Pernambuco” *In: APOLINÁRIO, V.; SILVA M. L. ET AL (org.) Políticas para Arranjos Produtivos Locais: análise em estados do Nordeste e Amazônia Legal*. Natal, RN: EDUFRN, 2010.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2008-2009**. Brasília: MPA, 2010. 101 p.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura de 2010**. Brasília: MPA, 2012. 129 p.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Plano de desenvolvimento da aquicultura brasileira – 2015/2020**. Brasília: MPA, 2015. 61 p.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura; SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio o Micro e Pequenas Empresas. **Guia de orientação para regularização da aquicultura em águas da União**. Brasília: MPA/SEBRAE, 2015. 96 p.

OLIVEIRA, Rafael C. de. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, vol.2, nº1, fev, 2009.

OSTI, João Alexandre Saviolo; TUCCI, Andréa Tucci; BIUDES, José Francisco V.; CAMARGO, Antônio Fernando Monteiro. Caracterização da comunidade fitoplanctônica em viveiro de criação de tilápia (*Oreochromis niloticus*). In: *Anais da 18ª Reunião Anual do Instituto de Botânica*, Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo, 2011.

PAGNONCELLI, D.; VASCONCELOS FILHO, P. **Sucesso empresarial planejado**. Ed. Qualitymark, 420 p., Rio de Janeiro, 1992.

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L.; ROSA, A. B. de S.; ALVES, T. Arranjo Produtivo Local de Aquicultura do Baixo São Francisco. *Anais. II Encontro de Administração Pública e Governança*. São Paulo-SP: 22 a 24 de novembro de 2006.

PEREIRA, Lilian Paulo Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Rev. B. Inst. Pesca**, São Paulo, 31(1): 81 - 88, 2005.

PESSOA, Emilly Kataline Rodrigues Chellappa. Ecologia do fitoplâncton em áreas de cultivo de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede no açude Ministro João Alves, Parelhas, Rio Grande do Norte. *Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Biodiversidade, Biologia Estrutural e Funcional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. 84 p., 2010.

PORTELLA, Maria Célia; CARNEIRO, Dalton José. Dietas micro encapsuladas para reversão sexual de tilápia do Nilo – Revisão. **Revista Eletrônica NUTRITIME**, artigo 195, v. 11, n. 02, p. 2300 – 2313, 2013.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Associação Pró-ensino Superior em Nova Hamburgo – ASPEUR, Universidade Feevale, 2ª ed., Rio Grande do Sul, 2013.

REGITANO, Jussara Borges; LEAL, Rafael Marques Pereira. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:601-616, 2010.

REIS FILHO, R. W; ARAÚJO, J. C; VIEIRA, E. M. Hormônios sexuais estrógenos: contaminantes bioativos. **Rev. Química Nova**, 29: 817-822. 2006.

RICO, A.; OLIVEIRA, R.; MCDONOUGH, S.; MATSER, A.; KHATIKARN, J.; SATAPORNVANIT, K.; NOGUEIRA, A.; SOARES, A.; DOMINGUES, I.; BRINK, P. Use, fate and ecological risks of antibiotics applied in tilapia cage farming in Thailand. **Environmental Pollution**, 191, p. 8-16, 2014.

ROCHA, B. G. da.; VITAL, T. A piscicultura em tanque-rede no município de Petrolândia - PE: um arranjo produtivo local em construção. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 5, n. 3, 2012.

SANTOS, I. E. Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica. – 9 ed. **Rev. Atual.e Ampli.** – Niterói, RJ: Impetus, 2013.

SEBRAE. **Piscicultura - Criação de Peixes**. Ideias para negócios 2014. Agronegócios. Brasília-DF: 2014.

SERVA, Maurício; DIAS, Taisa; ALPERSTEDT, Graziela Dias. Paradigma da complexidade e teoria das organizações: uma reflexão epistemológica. **RAE**, v.50, n.3, p. 276-287, São Paulo, 2010.

SILVA, N. A. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio Cuiabá/MT**. Cuiabá: UFMT, 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, 2007.

SILVA, R. F.; SILVA, J. L. A.; BARBOSA, A. D. Gestão do uso e reúso da água de cultivos de alevinos em Itacuruba – PE. In: *World WaterCongress, XIV, 2011. Anais. Gerenciamento adaptativo da água e o desenvolvimento sustentável*. Ipojuca – Porto de Galinhas – PE: 2011.

SILVEIRA, João Serafim Tusi da; MOREIRA, Attus Pereira; SILVA, Rodrigo Belmonte da; ÁVILA, Lucas Veiga. Estratégia socioambiental: integração da piscicultura com a fruticultura fertirrigada no Vale do Jaguari/RS, Brasil. **Revista eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 2, n. 2, dezembro, 2013.

SICHE, Raul; AGOSTINHO, Feni; ORTEGA, Enrique; ROMEIRO, Ademar. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. X, n. 2, p. 137-148, Campinas, 2007.

SOARES, M. do C.F.; LOPES, J. P.; BELLINI, R.; MENEZES, D. Q. A piscicultura no rio São Francisco: é possível conciliar o uso múltiplo dos reservatórios? **Rev. Bras. Enga. Pesca**, 2[2], maio 2007.

SOUSA JÚNIOR, José de Alencar de. Modelagem matemática aplicada à produção de tilápias do Nilo criadas em tanques-rede no submédio do São Francisco. *Dissertação (mestrado)*. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro/BA, 63 f.: il., 2013.

SOBRAL, M. do C.; CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, R. C. Environmental risks management of multipurpose use of reservoirs in semiarid area of São Francisco River, Brazil. In: *GUNKEL, G.; SOBRAL, M.C. (Org.). Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Technische Universität, TU Berlin, 2007.

SOBRAL, Maria do Carmo Martins; CARVALHO, Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira; SILVA, Marlene Maria da; MELO, Gustavo Lira de. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. In: *Anais Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS, Punta del Este – Uruguay, 2009*.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica**. Tradução de Arlindo Vieira Ramos. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TERENCE, Ana Cláudia Fernandes. Planejamento estratégico como ferramenta de competitividade na pequena empresa: Desenvolvimento e avaliação de um roteiro prático para o processo de elaboração do planejamento. *Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002*.

TOMMASI, L. C. **Avaliação de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB, 1994.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo, Atlas, 1987.

UTERMÖHL, H. Zurvervollkommer der quantitativen phytoplankton methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte. Limnologie*, 9: 1-38. 1958.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H.M. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge, Cambridge University Press. 1995.

VEIGA, José Eli da. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, 24 (68): 39 – 52, 2010.

ZAGATTO, P. A.; LORENZETTI, M. L.; LAMPARELLI, M. C.; SALVADOR, M. E. P.; MENEGON JÚNIOR, N. Q.; BERTOLETTI, E. Aperfeiçoamento de um índice de Qualidade de Águas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol.11 (2), p. 111-129, 1999.

ZANONI, Marco Antonio; LEAL, Thais Vasconcelos; CAETANO-FILHO, Mauro; OLIVEIRA, Carlos Antonio Lopes de; RIBEIRO, Ricardo Pereira. Inversão sexual de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) variedade Supreme, submetidos a diferentes temperaturas durante fase de diferenciação sexual. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 455-466, 2013.