

KALINA LOURENA DA SILVA BARBOSA

**BIOTRATAMENTO EM PISCICULTURA: AVALIAÇÃO DA SUA EFICÁCIA COM
BIOINDICADORES**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

João Pessoa - PB
2018

KALINA LOURENA DA SILVA BARBOSA

**BIOTRATAMENTO EM PISCICULTURA: AVALIAÇÃO DA SUA EFICÁCIA COM
BIOINDICADORES**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Crispim

Co-orientadora: Doutoranda Danielle M. Vieira

João Pessoa - PB
2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B238b Barbosa, Kalina Lourena da Silva.

Biotratamento em piscicultura : avaliação da sua
eficácia com bioindicadores / Kalina Lourena da Silva
Barbosa. - João Pessoa, 2018.

51 f. : il.

Orientação: Maria Cristina Crispim.

Coorientação: Danielle M Vieira.

TCC (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. Psicultura. 2. Biorremediação. 3. Biofilme. 4.
Zooplâncton. 5. Tilápia. I. Crispim, Maria Cristina. II.
Vieira, Danielle M. III. Título.

UFPB/CCEN

CDU 639.3

KALINA LOURENA DA SILVA BARBOSA

**BIOTRATAMENTO EM PISCICULTURA: AVALIAÇÃO DA SUA EFICÁCIA COM
BIOINDICADORES**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dra. Maria Cristina Crispim - UFPB
Orientadora

Ma. Cyntya Eustáquio de Sousa - UFPB
Avaliadora

Me. Randolpho Savio de Araujo Marinho - UFPB
Avaliador

*A Lula, o presidente que abriu a porta
das universidades para milhões de brasileiros,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Cristina Crispim por ter sido uma pessoa maravilhosa e iluminada, pela orientação, confiança depositada e, especialmente, pelo exemplo de profissionalismo. Agradeço a oportunidade de estágio no LABEA e pelos ensinamentos e orientações neste projeto. Agradeço ainda, pela oportunidade de participar do PIBITI como bolsista, certamente foram momentos valiosos.

À Universidade Federal da Paraíba por ter contribuído no meu processo de construção do conhecimento.

À comunidade de Pescadores Copesca que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa;

À minha família e, em especial, a meus pais Maria e Carlos, que, pelo amor e cumplicidade, exerceram papel fundamental na minha formação como ser humano. Pelo apoio incondicional, Obrigado!

Ao meu querido marido e grande amigo Magnun Bezerra pelo companheirismo, pelas sábias palavras que me mantiveram firme na caminhada.

Ao ex-presidente Luiz Inácio da Silva, pelo grande avanço que promoveu no país com os projetos de inclusão social, o acesso ao ensino superior tornou-se mais amplo e democrático.

Aos integrantes do LABEA, pelo tempo de aprendizado e momentos de descontração proporcionados.

À Larissa Regis pela amizade, pela ajuda, palavras de apoio e acima de tudo por ser uma pessoa encantadora.

Agradeço, de forma especial, ao prof. Gilson Moura pela amizade, confiança depositada, pelos ensinamentos e exemplo de profissional. Agradeço às biólogas Creuza Soares e Marcylenne Santana pela amizade e ensinamento durante os momentos valiosos que passei no LHM como bolsista do PROBEX.

Aos amigos do curso Ciências Biológicas, pela força, amizade e companheirismo.

Agradeço, com muito carinho à Marina Castro pela contribuição neste trabalho e principalmente pela amizade.

“Se cheguei até aqui, foi porque me apoiei no ombro dos gigantes”.

Isaac Newton

*O cientista deve preocupar-se em criar, despertar e
estimular o interesse pela concepção de novos
paradigmas e não limitar-se somente à transmissão
de conhecimentos já estabelecidos.*

Francisco de Assis Esteves

RESUMO

O peixe e outros recursos aquáticos são relevantes para a alimentação humana, pela disponibilidade de proteínas, no entanto a pesca é uma atividade que cada vez mais contribui menos com a oferta de pescado, devido à sobrepesca e à poluição dos corpos hídricos. Para compensar isso, tem ocorrido um grande aumento nas atividades de aquicultura, entre elas a piscicultura. Esta pode ser um grande incentivo para o desenvolvimento social e econômico, mas como outras atividades econômicas, pode ser potencialmente negativa para o meio ambiente. O cultivo de peixes em viveiros produz a liberação de resíduos e metabólitos que são a principal causa do enriquecimento das águas, devido ao arraçoamento e excretas dos animais. Estas substâncias dissolvidas ou em suspensão dão início ao processo de eutrofização, causando uma série de modificações no ambiente aquático e, conseqüentemente em suas comunidades bióticas, levando à degradação da qualidade da água, que como consequência diminui a produção piscícola. Em viveiros ou tanques-rede eutrofizados, na presença de cianobactérias como grupo dominante do fitoplâncton, o peixe pode acumular cianotoxinas. Para evitar/atrasar os processos de eutrofização foi testado um tratamento com biorremediação, sendo utilizado o biofilme como alternativa sustentável para prevenir a eutrofização em tanques de cultivo de peixes. Para análise da eficácia do biotratamento, monitoramento com bioindicadores (comunidade zooplancônica) foi realizado. Foram instalados módulos plásticos para a colonização pelo biofilme em viveiros escavados de criação de tilápia no município de Camalaú, semiárido paraibano. Durante os meses de novembro de 2016 a março de 2017 foram coletadas amostras de água dos viveiros para análise de variáveis limnológicas e da composição da comunidade zooplancônica, na presença (tratamento) e ausência (controle) do biotratamento. Os resultados obtidos demonstraram a eficácia do biotratamento, com a presença em maiores densidades de espécies indicadoras de ambientes menos eutrofizados nos viveiros tratados com biofilme, como as espécies *Ceriodaphnia cornuta* (cladocera) e calanoida (copépoda). As maiores densidades de espécies indicadoras de ambientes eutrofizados foram encontradas nos viveiros controle, como *Moina minuta* e *Alona dentifera* (cladocera). E dentre os rotíferos, as espécies *Brachionus urceolaris*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* e *Hexarthra mira* e o cyclopoida (copépoda) indicadoras de ambientes eutrofizados. A biorremediação e o uso de indicadores biológicos contribuíram para a melhoria da qualidade da água dos viveiros. Isso refletiu-se na produção dos peixes, que apresentaram maior crescimento e peso nos viveiros com o biofilme.

Palavras-chave: Biorremediação. Biofilme. Zooplâncton. Piscicultura. Tilápia.

ABSTRACT

Fish and other aquatic resources are relevant for human feeding, due to the availability of proteins, however, fishing is an activity that increasingly contributes less to the supply of fish, due to overfishing and water body pollution. To compensate for this, there has been a huge increase in aquaculture activities, including fish farming. This can be a great incentive for social and economic development, but like other economic activities, it can be potentially harmful for the environment. The cultivation of fish in ponds produces the release of residues and metabolites that are the main cause of water enrichment, due to the feeding and excretion of the animals. These dissolved or suspended substances initiate eutrophication process, causing a series of modifications in the water environment and, consequently, on its biotic communities, thus leading to the reduction of water quality, which as a consequence decreases fish production. In eutrophized ponds or mesh tanks, fishes can accumulate cyanotoxins when cyanobacteria are the dominant group in the phytoplankton. To avoid / delay the eutrophication processes, a bioremediation treatment was tested, using biofilm as a sustainable alternative to prevent eutrophication in fish farming tanks. To analyze the effectiveness of biotreatment, monitoring with bioindicators (zooplankton community) was carried out. Plastic modules were installed for colonization by the biofilm in excavated tilapia breeding nurseries in the municipality of Camalaú, in the semi-arid region of Paraíba. From November 2016 to March 2017, water samples were collected from the ponds for evaluation of zooplankton community composition, both in the presence (treated) or absence (control) of the bio-treatment. Results obtained demonstrated the efficacy of biotreatment, with the presence in higher densities of species that indicate less-eutrophized environments in the nurseries treated with biofilm, such as the species *Ceriodaphnia cornuta* (cladocera) and calanoida (copepod). The highest densities of species that indicated eutrophic environments were found in the control nurseries, such as *Moina minuta* and *Alona dentifera* (cladocera). Among the rotifers, the species *Brachionus urceolaris*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* and *Hexarthra mira* and the cyclopoid (copepod) are indicative of eutrophic environments. Bioremediation and the use of biological indicators contributed to the improvement of the water quality of the nurseries. This was reflected in the production of fish, which showed greater growth and weight in the ponds with biofilm.

Key words: Bioremediation. Biofilm. Zooplankton. Fish farming. Tilapia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Camalaú, PB. Fonte: IBGE.	22
Figura 2 - Colônia de Pescadores e Aquicultores de Camalaú, PB. Fonte: Acervo da autora (2017).	23
Figura 3 - Instalação dos módulos de biofilme: Substrato para colonização do biofilme (A e B). Viveiro escavado controle (C) e experimento (D). Acervo da autora (2017).	24
Figura 4 - Dados de Oxigênio dissolvido nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	27
Figura 5 - Dados do pH nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	28
Figura 6 - Dados da Condutividade nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	29
Figura 7 - Dados da Temperatura nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	29
Figura 8 - Dados do fósforo total e Ortofosfato nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	30
Figura 9 - Concentrações de clorofila- <i>a</i> nos viveiros escavados em que foram realizados os experimentos com biotratamento com biofilme. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	31
Figura 10 - Análise da comunidade zooplancônica nos viveiros controle e biofilme nos viveiros escavados em que foi montado o experimento de biotratamento com biofilme em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	32
Figura 11 - Densidades de Cladocera, no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	33
Figura 12 - Densidades de Rotifera no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	34
Figura 13 - Densidade de Copepoda no experimento com biorremediação em viveiros escavados de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	35
Figura 14 - Densidades da <i>M. minuta</i> no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	36

Figura 15 - Densidades da <i>C. cornuta</i> no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	37
Figura 16 - Densidades da <i>A. dentifera</i> no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	37
Figura 17 - Densidades de <i>B. urceolaris</i> em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	38
Figura 18 - Densidades de <i>B. calyciflorus</i> em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	39
Figura 19 - Densidades de <i>Asplanchna</i> sp., em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	39
Figura 20 - Densidades de <i>B. havanaensis</i> em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	40
Figura 21 - Densidades de Copepoda Calanoida e Cyclopoida experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	41
Figura 22 - Densidades do Copepoda Cyclopoida no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	41
Figura 23 - Densidades do Náuplio em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	42
Figura 24 - Comprimento do corpo das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	43
Figura 25 - Comprimento total das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.....	43
Figura 26 - Peso das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados, na despesca, em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COPESCA	Colônia de Pescadores e Aquicultores
FAO	Organização da Alimentação e Agricultura da ONU
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
N	Nitrogênio
ONU	Organizações das Nações Unidas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3.1 Zooplâncton como bioindicadores	18
3.2 Biorremediadores no tratamento da água	19
4 METODOLOGIA	22
4.1 Área de estudo.....	22
4.2 Instalação dos experimentos	23
4.3 Análise da Composição Zooplanctônica.....	24
4.4 Análises Físico-químicas	25
4.5 Biometria dos peixes	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Condições ambientais dos viveiros	27
6.2 Zooplâncton	31
6.2.1 Análise do Zooplâncton total.....	31
6.2.2 Análise dos grupos zooplanctônicos.....	32
6.2.3 Espécies bioindicadoras.....	35
6.3 Biometrias (despesca) dos peixes cultivados	42
8 CONCLUSÃO.....	45
9 REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura vem ganhando destaque, principalmente em relação à piscicultura, visto que o cultivo de peixes tem sido a proteína de origem animal mais produzida no planeta. De acordo com o Anuário Peixe BR da Piscicultura de 2018, a Piscicultura brasileira cresceu 8% em 2017, terminando o ano com a produção de 691.700 toneladas de peixes cultivados. De acordo com estudo da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) e a FAO (Organização da Alimentação e Agricultura da ONU), estima-se, que até 2021 a produção global de peixes de cultivo ultrapassará a produção de peixes de captura.

Entre as modalidades da aquicultura encontra-se a piscicultura, que se refere ao cultivo de peixes em ambientes artificiais (ROCHA; VITAL, 2012). De acordo com MPA (2011), a maior parcela da produção aquícola brasileira é oriunda da aquicultura continental, com maior destaque para a piscicultura, representando aproximadamente 86,6% da produção nacional. Na região Nordeste, houve um aumento considerável dos números de produção e entre as principais espécies mais cultivadas, encontra-se em destaque a tilápia e o tambaqui.

Assim como outras atividades econômicas, as consequências da piscicultura podem promover impactos negativos para o meio ambiente (BUSCHMANN, 2001). O crescente aumento dos produtos derivados da aquicultura tem efetivamente causado preocupação em diversas áreas públicas e privadas, principalmente em relação aos impactos ambientais dos recursos hídricos, além das questões que envolvem a segurança alimentar, responsabilidade ambiental entre outras questões (FAO, 2010).

Durante o processo de produção piscícola, o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros é uma realidade (MARACAJA, 2010). Diante disso, um dos aspectos de maior relevância e complexidade na piscicultura envolve a manutenção da qualidade da água em condições adequadas para a criação dos organismos aquáticos, exigindo manejo efetivo e assegurando sustentabilidade (MACEDO; SIPAUBA-TAVARES, 2010). A principal causa do enriquecimento da água originária de viveiros de piscicultura são as substâncias dissolvidas ou em suspensão. Tais substâncias são oriundas de excretas e sobras de ração, que são convertidas em material orgânico, dióxido de carbono, nitrogênio e fosfatos entre outros compostos (MONTROYA *et al.*, 2000), sendo estes considerados o principal obstáculo para o desenvolvimento de peixes. O

enriquecimento artificial deste ambiente, sobretudo com o recebimento de carga diária de ração, pode promover um aumento na concentração de nutrientes na água (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES., 2005), afetando em ampla proporção o ambiente aquático e os corpos receptores, dando início ao processo de eutrofização. Esta, uma vez estabelecida, resulta em uma série de modificações no ambiente aquático e, conseqüentemente em suas comunidades. Alterações na composição das comunidades e nas cadeias alimentares são observadas à medida que a eutrofização se estabelece. Além disso, a eutrofização está diretamente relacionada com o aumento das incidências de florações de microalgas e cianobactérias (PINTO-COELHO 1998; TEIXEIRA, 2003; TUNDISI *et al.*, 2006). A presença de cianobactérias em sistemas de cultivo é extremamente grave, visto que os animais cultivados podem ingerir as cianobactérias (PANOSSO *et al.*, 2007) e acumular as cianotoxinas na sua carne (MAGALHÃES *et al.*, 2001), sendo as espécies herbívoras como tilápia e carpa mais susceptíveis a essa contaminação (FERRÃO FILHO, 2009) passando-as para o ser humano, através da alimentação. Dessa forma, ainda é possível observar as mudanças na riqueza, estrutura, tamanho e produtividade da comunidade zooplânctônica, que podem ocorrer de acordo com as alterações no estado trófico do corpo aquático (LATHROP; CARPENTER, 1992).

A comunidade zooplânctônica é composta por organismos heterotróficos que habitam a coluna de água, pertencentes a diferentes categorias sistemáticas. Em águas continentais o zooplânctônica é constituída basicamente por protozoários (flagelados, sarcodinas e ciliados), por metazoários representados principalmente por Rotíferos, Crustáceos (Cladóceros, Copépodos), Ostracodas e Dípteros (ESTEVES, 2011). Estes indivíduos que constituem a comunidade zooplânctônica revelam-se potenciais bioindicadores de qualidade da água, sobretudo porque possuem sensibilidade diante de mudanças ambientais (MÄEMETS, 1983) e respondem aos mais diversos tipos de impactos ambientais. As alterações no zooplâncton podem ser observadas por meio de análise da composição e diversidade, bem como no aumento ou diminuição da densidade (MARGALEF, 1983; ESTEVES; SENDACZ, 1988). Desta forma, variadas espécies do zooplâncton têm sido correlacionadas com diferentes graus tróficos em ecossistemas aquáticos, determinando assim, este grupo como um importante indicador de qualidade da água (PEJLER, 1983; CRISPIM *et al.*, 2000; MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Além disso, este método de estudo da comunidade zooplânctônica como auxiliar na identificação das características ambientais pode ser utilizado combinado com a análise das variáveis físicas e químicas da água.

Considerando o grau de impacto que os corpos aquáticos veem sofrendo, com os processos desenfreados de degradação ambiental, é indispensável o desenvolvimento de tecnologias biorremediadoras, menos impactantes e mais naturais. A técnica de biorremediação é uma alternativa sustentável que vem alcançando importância mundial, e visa minimizar os impactos antrópicos nos ambientes e a reestruturação dos habitats naturais (CARNEIRO; GARIGLIO, 2010). Desta forma, a biorremediação é entendida como a transformação ou remoção de contaminantes de um ambiente, utilizando organismos vivos. O biofilme, também denominado como perifíton, é classificado como um sistema de biorremediação (SOUSA, 2015). Sendo assim, contribui na remoção de boa parte de contaminantes dissolvidos na água e, conseqüentemente, melhorando a qualidade a sua qualidade (HILL *et al.*, 2010).

A aquicultura é desenvolvida dentro de ambientes aquáticos, dessa forma, entender a dinâmica desses ecossistemas artificializados, é fundamental, para poder-se controlar e adequar a sua qualidade, para não afetar os organismos que estão sendo produzidos. Dessa forma, o desenvolvimento de novas tecnologias que impulsionem a piscicultura pode ser um grande incentivo para o desenvolvimento socioeconômico, além de viabilizar o uso dos recursos naturais locais. Por meio da piscicultura é possível ainda produzir alimento nutritivo, gerar renda para o piscicultor e contribuir para a economia regional, permitindo assim, melhor qualidade de vida da população local. Entretanto, assim como qualquer outra atividade humana, é necessário planejamento e estratégia para produzir bons resultados (CASTELLANI; BARRELLA, 2005), principalmente no que se refere, neste caso, à manutenção da qualidade de água.

Neste sentido, com a utilização de ferramentas ecologicamente corretas, pouco impactantes e que podem ainda servir de alimento para os animais produzidos, aplicando metodologias de biorremediação e monitoramento com bioindicadores ambientais como meio de prevenir a eutrofização em tanque de cultivo de peixes, este trabalho tem como objetivo principal analisar o efeito do biofilme em viveiros de piscicultura, relacionando a composição da comunidade zooplânctônica como possíveis espécies bioindicadoras de qualidade da água encontradas nestes viveiros. O presente trabalho está vinculado ao Projeto de Pesquisa de Tese de doutorado intitulado: Aquicultura familiar: contribuições para a sustentabilidade, do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do uso da biorremediação por biofilme em viveiros de piscicultura por meio da análise da composição da comunidade zooplanctônica como bioindicador de qualidade da água e seus efeitos na produção das tilápias.

2.2 Objetivos Específicos

- Instalar sistemas de biotratamento (biofilme) em viveiros de piscicultura;
- Avaliar o efeito do biofilme no tratamento da água analisando as comunidades zooplanctônicas;
- Detectar as possíveis espécies zooplanctônicas bioindicadoras da qualidade da água nos viveiros;
- Analisar os parâmetros físicos-químicos da água dos viveiros e comparar com os resultados da análise da comunidade zooplanctônica;
- Avaliar o efeito do biotratamento na produção de tilápia.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Zooplâncton como bioindicadores

Conforme afirma Nordi e Watanabe (1978), o zooplâncton é um importante elo na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos continentais, participando da ciclagem de nutrientes e do fluxo energético. Desta forma, esses organismos atuam como intermediários na transferência de energia da produção primária (fitoplâncton e perifíton) para níveis tróficos mais altos, como os peixes planctófagos. Além de possuir um curto período de ciclo de vida, diferentes espécies têm capacidade para adaptar-se a mudanças ambientais que se ajustam cada uma delas em suas circunstâncias particulares (RODRÍGUEZ; MATSUMURA-TUNDISI, 2000). Se por um lado, alguns são extremamente vulneráveis a qualquer distúrbio, outros, por sua vez, são tolerantes ou oportunistas, como, por exemplo, os rotíferos (BRANDÃO, 2009). Em função disso, a comunidade zooplanctônica é considerada elemento-chave para o entendimento das possíveis alterações ocasionadas pela eutrofização nos ambientes aquáticos (ESKINAZI-SANT'ANNA, *et al.*, 2007).

Para Lazzaro (1987), o estudo da comunidade zooplanctônica, na piscicultura pode prover subsídios importantes ao que se refere às condições tróficas e qualidade da água do cultivo, bem como a disponibilidade do alimento natural para os peixes. Tendo em vista que as espécies existentes nos tanques de piscicultura dependem especialmente da qualidade da água, e, além disso, a maioria das espécies de peixes utilizam o zooplanctônicos como alimento, nas primeiras fases da vida, e muitas espécies de peixes continuam a se alimentar de organismos planctônicos durante a fase adulta faz-se necessário monitorar essas comunidades (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1992). Contudo, o objetivo de usar organismos zooplanctônicos como bioindicadores, consiste em fornecer sinais prematuros de estresse ambiental nos corpos aquáticos, a partir de observações das respostas desses organismos a alterações ambientais (SCHINDLER, 1987).

Sousa (2007), ao analisar a comunidade zooplanctônica como bioindicadora da qualidade da água em reservatórios da região semiárida do Rio Grande do Norte, identificou que mudanças na qualidade da água de reservatórios em uma região semiárida tropical têm efeitos significativos

sobre a estrutura do zooplâncton, os quais podem afetar potencialmente o funcionamento desses ecossistemas.

Alterações no ecossistema aquático devido a eutrofização alteram a composição e estrutura da comunidade zooplanctônica. Tais alterações podem estar relacionadas com ocorrências, densidades, biomassa ou sobreposição dos grupos principais. Mediante essas alterações, o zooplâncton pode ser utilizado como indicador do estado trófico em virtude de responder às alterações ambientais (MARCELINO, 2007; BRITO *et al.*, 2011; ESTEVES, 2011).

Segundo Margalef (1983), em ambientes eutróficos e menos mineralizados o número de rotíferos tende a aumentar. No entanto, quando o grau de eutrofização no ambiente passa a ser hipereutrófico a abundância de rotíferos diminui. Estudos realizados por Matsumura-Tundisi *et al.* (1989), revelaram a abundância de rotíferos em ambientes oligotróficos, desta forma determinou que a predominância deste grupo não está relacionado apenas com o estado trófico do corpo aquático, mas simultâneo com outros fatores, como estrutura do ecossistema, presença de macrófitas, competição, predação e disponibilidade de nutrientes (MATSUMURA-TUNDISI *et al.*, 1990).

De acordo com pesquisas realizadas por Zannatul e Muktadir (2009), avaliou-se a qualidade da água na Lagoa de Peixes de Dubica, na Sérvia, em uma região semiárida tropical, por meio de monitoramento usando o zooplâncton como organismos bioindicadores durante um ciclo de produção de carpa. Por meio de análises qualitativa e quantitativa da comunidade zooplanctônica, foram selecionadas espécies bioindicadoras para analisar a qualidade da água. As espécies *Brachionus calyciflorus*, *Thermocyclops* sp. e *Argyrodiaptomus* sp. foram bons indicadores de condição eutrófica e *B. dolabratus*, *Keratella tropica* e *Hexarthra mira* foram bons indicadores de alta turbidez devido a sedimentos em suspensão.

3.2 Biorremediadores no tratamento da água

O biofilme, segundo Wetzel (1983), é uma complexa comunidade de microrganismos (algas, fungos, bactérias, protozoários e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos artificiais ou naturais vivos ou mortos. Esta comunidade possui grande importância nos ecossistemas aquáticos constituindo um dos principais produtores primários, é fonte de matéria orgânica autóctone, exerce um importante papel ecológico na mineralização da matéria orgânica

dissolvida e na ciclagem de nutrientes; possui capacidade de captar nutrientes, principalmente N e P, além de ser uma importante fonte de alimento para inúmeros invertebrados e peixes, atuando como componente-chave para as teias alimentares dos sistemas aquáticos (ROLAND *et al.*, 2005).

Além da técnica birremediadora produzir um efeito real, o biofilme é um eficaz bioindicador. A importância do perifíton como indicador de qualidade da água e de seu estado trófico foi evidenciada por vários pesquisadores. De acordo com Sládecková (1994), o biofilme (perifíton) é um excelente bioindicador do estado trófico do corpo aquático em razão de sua capacidade de acumular grandes quantidades de substâncias poluentes, produto de intervenção antrópica ou pelo processo natural de eutrofização do ecossistema aquático.

Pesquisas realizadas por Crispim e colaboradores (2009) compararam a eficiência de dois sistemas biorremediadores (biofilme e macrófitas) na absorção de nutrientes, em experimento realizado em mesocosmos com água de um açude do semiárido com tilapicultura em tanques-rede e determinaram que o sistema de biofilme foi altamente eficaz na remoção de nitrogênio e fósforo, enquanto que o sistema com macrófitas desempenhou um papel importante, mas inferior ao biofilme, sendo eficaz na remoção de nitrogênio, particularmente amônio, mas houve uma menor eficácia na remoção de fósforo. Dessa forma, o uso de biofilme tornou-se promissor como biorremediador para o tratamento de águas eutrofizadas.

De acordo com Pardo e colaboradores (2006), um dos maiores problemas da produção aquícola é o aumento da matéria orgânica produzida pelas excreções de peixe e por alimentos. Azim *et al* (2001) ressaltaram o uso de alternativas biológicas por meio do biofilme (perifíton), como forma de mitigar os impactos para o alcance da piscicultura sustentável e responsável.

Estudos realizados por Wu (2010) revelaram fortes evidências de que o perifíton é capaz de remover efetivamente a Microcistina-RR (MCRR), que está entre as toxinas de cianobactérias de preocupação significativa devido aos seus efeitos negativos sobre a qualidade da água e da saúde humana. Neste estudo, o perifíton dominado por bactérias e diatomáceas foi aplicado para remover o MCRR da água. A taxa máxima de remoção de MCRR por perifíton foi observada no primeiro dia (período de adaptação latente). Os resultados revelaram que o perifíton pode ser uma ferramenta ecologicamente correta e eficaz para a remoção de MCRR.

Pesquisas realizadas por Wu e colaboradores (2011), sobre o efeito do biofilme para inibir florações de cianobactérias mostraram que o desaparecimento destas florações está diretamente relacionado com a alelopatia entre as cianobactérias e o biofilme (relações competitivas entre

algas e biofilme). O autor observou que o biofilme poderia produzir aleloquímicos solúveis em água, como indol e 3-oxo-ionona, para inibir significativamente o crescimento das cianobactérias. Esses aleloquímicos são capazes de danificar as membranas tilacóides das cianobactérias, interromper o transporte de elétrons no fotossistema II, diminuir a produção quântica efetiva e, eventualmente, levar à falha da fotossíntese. Este trabalho demonstrou o potencial do biofilme para ser usado como uma solução ecológica no controle de florações de cianobactérias e um meio para restauração dos ecossistemas aquáticos, incluindo aqueles usados para a aquicultura.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Camalaú, semiárido paraibano, cidade que possui uma população estimada em 6.013 e uma área territorial de 541,841 km², conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018 (Figura 1).

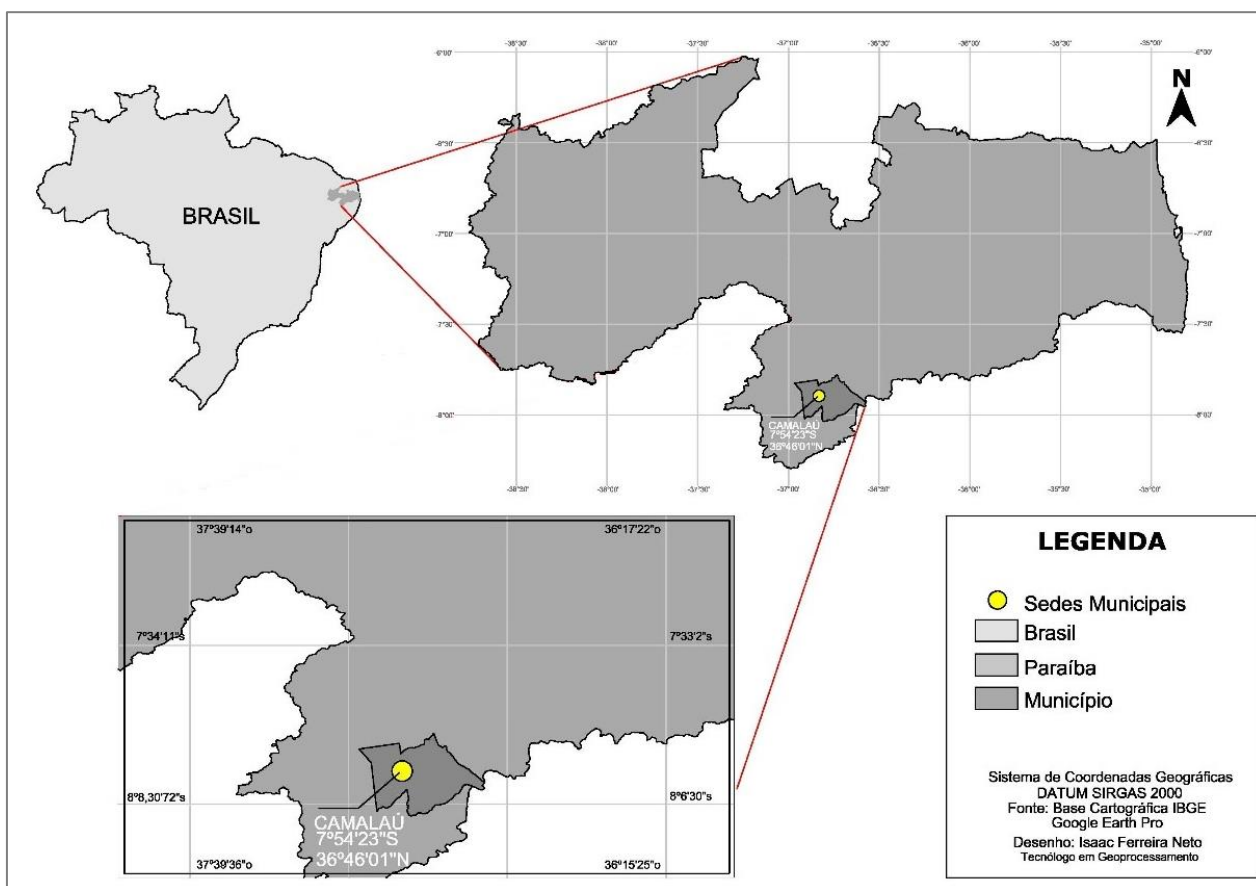


Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Camalaú, PB. Fonte: IBGE.

O estudo contou com o apoio da Colônia de Pescadores e Aquicultores - COPESCA, situada no município de Camalaú (Figura 2). A comunidade possui cerca de setenta associados que trabalham no cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e outras espécies de peixes, em tanque-rede, tanques de alvenaria e, principalmente, em tanque escavado. Durante os meses de novembro de 2016 a março de 2017 foram realizados estudos em três cultivos, em tanques escavados, localizados no município de Camalaú.



Figura 2 - Colônia de Pescadores e Aquicultores de Camalaú, PB. Fonte: Acervo da autora (2017).

4.2 Instalação dos experimentos

Para o estudo do efeito do biofilme no tratamento da água dos viveiros foram instalados substratos artificiais para a colonização pelo biofilme. O substrato foi confeccionado em formato retangular com cortinas de plástico suspensas, medindo 0,10 cm de espessura, e espaçamento de 50 cm entre elas, amarradas a garrafas pet de 500 ml, com fios de nylon formando boias de

flutuação. A medida dos módulos foi calculada com o objetivo de incluir um total de 50% da área de cada viveiro. Para isso foi considerado a área dos plásticos multiplicado por dois, por serem dois lados. O tratamento com biofilme foi realizado em 3 viveiros de piscicultura e os controles em mais 3 viveiros (Figura 3).

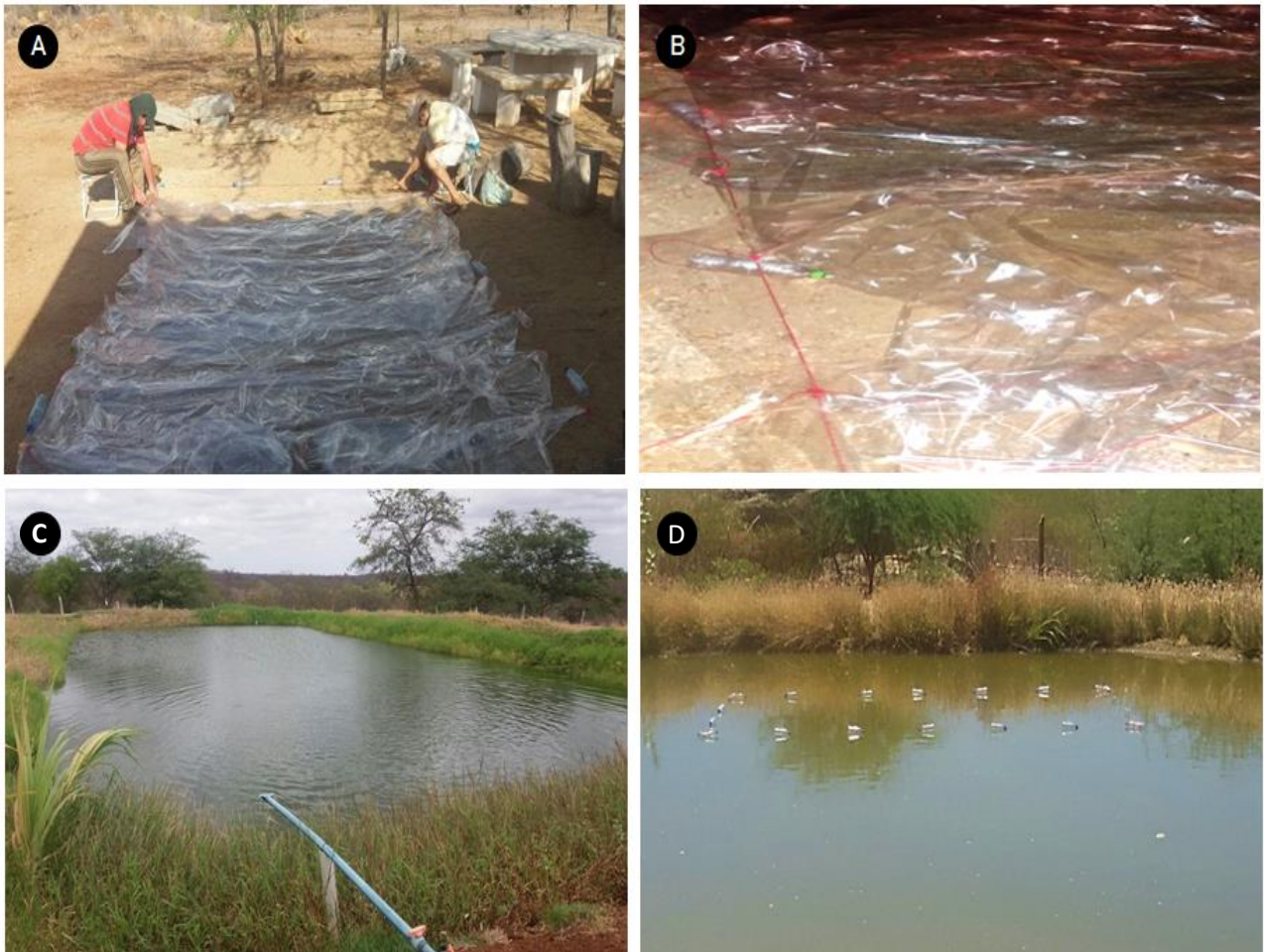


Figura 3 - Instalação dos módulos de biofilme: Substrato para colonização do biofilme (A e B). Viveiro escavado controle (C) e experimento (D). Acervo da autora (2017).

4.3 Análise da Composição Zooplancônica

Para analisar a composição da comunidade zooplancônica (rotíferos, copépodos e cladóceros), realizou-se mensalmente coletas de amostras de água em cada viveiro com tratamento e viveiros controle. Para a análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton, foram filtrados 40 litros de água, com o auxílio de um balde, através de uma rede de plâncton com abertura de malha

de 45 µm. Em cada viveiro coletou-se três réplicas, as amostras foram colocadas em frascos plásticos e fixadas em solução formaldeído a 4%. Para a identificação e contagem dos organismos foi utilizada uma câmara de Sedgewick-Rafter com capacidade de 1ml, e com auxílio de um microscópio óptico, contou-se no mínimo 100 indivíduos por réplica.

Para obter a densidade da comunidade zooplancônica, os resultados das contagens foram expressos em densidade de indivíduos por litro (Ind/L⁻¹). Para isto, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$Ind. L^{-1} = \left[(n * VolA) * \frac{1}{VolC} \right] / VolF$$

Em que:

n = número de indivíduos contados

$VolA$ = volume da amostra

$VolC$ = volume contado

$VolF$ = volume filtrado

A identificação taxonômica foi realizada por meio de consulta a literatura especializada: Elmoor-Loureiro, 1997 (Cladocera); Ruttner-Kolisko, 1974; Koste, 1978 (Rotifera) e Gazulha, 2012

4.4 Análises Físico-químicas

Em relação as análises das variáveis físico-químicas da água, foram avaliadas a temperatura e pH, com o auxílio de um phmetro, a condutividade com o condutivímetro TEC-4MP, o oxigênio dissolvido (O.D) determinado por um oxímetro de marca HANNA. Foi realizada a análise das concentrações de clorofila-*a* e a análise do ortofosfato pelo método da espectrofotometria descrito no *Standard Methods* (APHA, 1998).

4.5 Biometria dos peixes

Para obter o monitoramento do desenvolvimento dos alevinos nos cultivos com biofilme para o tratamento da água, foi realizada a biometria mensal analisando o seu peso com o uso de uma balança digital de precisão, com peso em 3 gramas e 3 casas decimais e o comprimento total e padrão, obtido por meio de um paquímetro.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Condições ambientais dos viveiros

Pode-se observar que os viveiros controle apresentaram concentrações de Oxigênio Dissolvido (O.D) mais elevadas até os 30 dias de cultivo com 16 a 15.2 mg.L⁻¹, no entanto, a partir de 60 dias esse padrão foi invertido e o cultivo com biofilme apresentava valores menos elevados que 9.8 a 11.3 mg.L⁻¹ passou a apresentar as concentrações de O.D mais elevadas que no controle com 11.8 a 14.2 mg.L⁻¹ (Figura 4). Como o biofilme demora algum tempo para se fixar e crescer no substrato, o seu efeito só passou a ser verificado nos viveiros após 30 dias de cultivo. O efeito de aumento de oxigenação na água pelo biofilme já tinha sido registrado por Sousa (2015) em um estudo usando água de Estação de Tratamento de Esgoto e por Pérez (2015) em um açude do semiárido, e foi confirmado também nos viveiros de peixe com este trabalho. Isso demonstra que apesar das elevadas densidades de peixes em um viveiro de cultivo, o biofilme ainda é capaz de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na água.

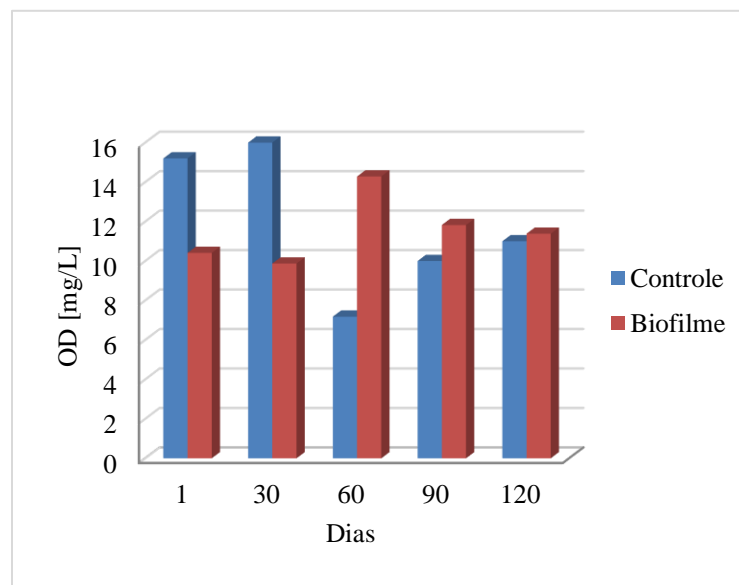


Figura 4 - Dados de Oxigênio dissolvido nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Em relação ao pH os viveiros com o biotratamento apresentaram águas ligeiramente mais alcalinas, cerca de 7.8 a 8.9. No viveiro controle, variaram entre 5.3 a 8.3. Com 90 dias o pH apresentou-se mais ácido, com 5,3 (Figura 5). Esses valores de pH, com exceção desse mais baixo (5,3) são adequados para o cultivo de peixes, visto que valores de pH entre 6,5 e 9,5 são considerados adequados para a aquicultura (MOREIRA *et al.*, 2001), sendo valores entre 7,0 e 8,5 a faixa ideal.

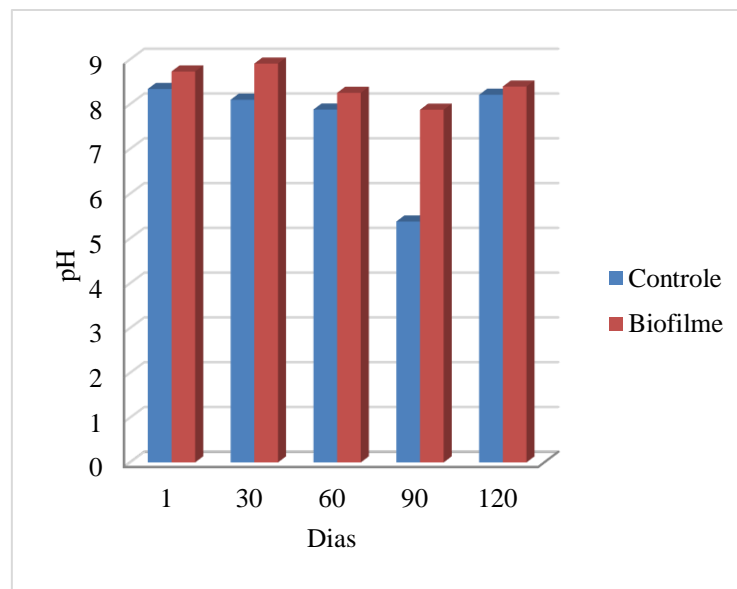


Figura 5 - Dados do pH nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

A condutividade apresentou-se durante a pesquisa, com valores em média de 1500 μ S/cm (Figura 6). Esses valores não são considerados elevados para a região, Barbosa (2002) em um açude também no semiárido paraibano, registrou valores de condutividade de 246 μ S/cm a 12.790 μ S/cm, com valores médios de 2.198 μ S/cm. As elevadas taxas de evaporação levam à concentração de sais o que aumenta os valores de condutividade. Comparando entre o tratamento e o controle, verifica-se que com exceção do dia 90, os valores de condutividade elétrica foram mais elevados nos viveiros controle. Com a presença de mais sais minerais dissolvidos na água, o que caracteriza um ambiente em estado trófico mais elevado, os valores de condutividade aumentam, o que se verificou no controle.

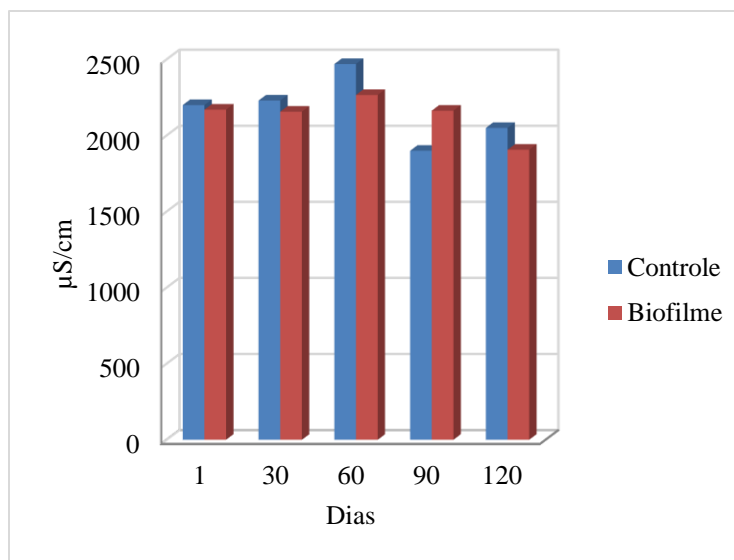


Figura 6 - Dados da Condutividade nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

A temperatura da água apresentou-se de acordo com o padrão de regiões semiáridas com altos valores durante o período em que foi realizada a pesquisa. Nos viveiros controle foi de 26.3 a 30.7 °C e nos viveiros com biofilme apresentaram valores inferiores com 28.0 a 29.93 °C. Em 60 dias de cultivo, tanto o controle quanto o biofilme apresentaram temperatura inferior aos demais dias de cultivo (Figura 7).

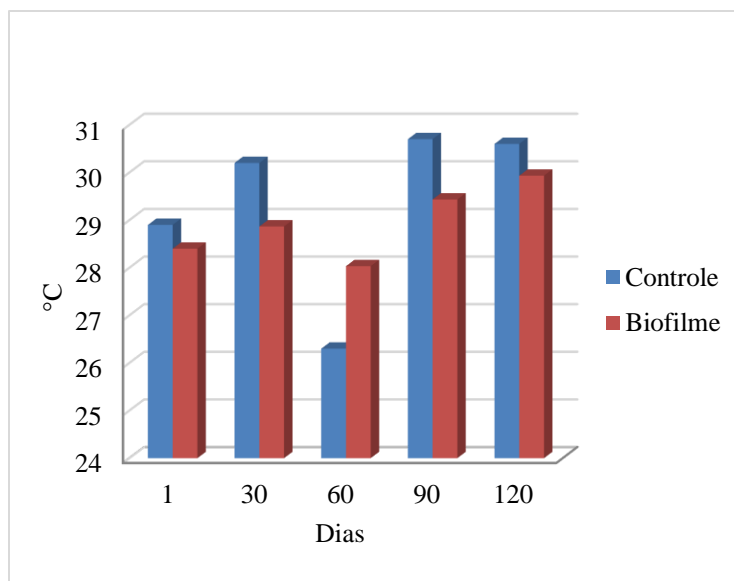


Figura 7 - Dados da Temperatura nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

As concentrações de fósforo total mostram que, geralmente, foram mais elevadas nos viveiros controle, com exceção do dia 90, o que revela que esse ambiente esteve mais eutrofizado. Fósforo é um nutriente resultado do metabolismo interno de um sistema aquático (Figura 8), ou seja, não é geralmente lixiviado pela precipitação nos períodos chuvosos, no semiárido. Com o grande aumento nas densidades zooplancônicas registradas no dia 60, ao morrerem esses animais de ciclo de vida curto liberam fósforo para o ambiente, que pode favorecer o crescimento do fitoplâncton, que por sua vez favorece o aumento do zooplâncton.

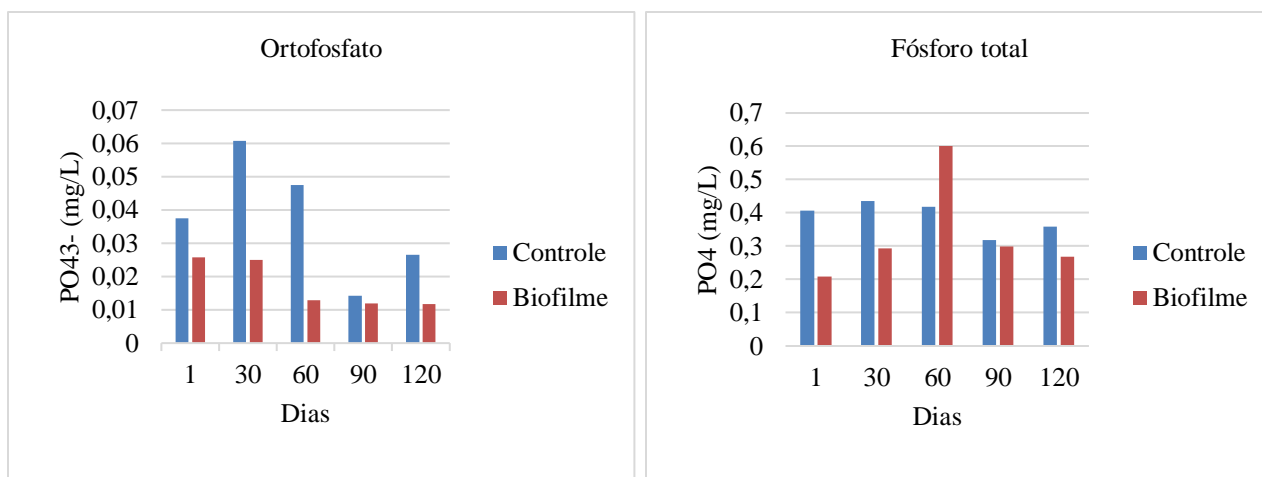


Figura 8 - Dados do fósforo total e Ortofosfato nos experimentos de biorremediação com biofilme realizados em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Analisando as concentrações de clorofila-*a* pode-se verificar também que houve diferenças entre os viveiros tratamento e controle, sendo as concentrações mais elevadas no viveiro controle (Figura 9). Altas concentrações de clorofila-*a* significam maior densidade de fitoplâncton, quanto mais rico em nutrientes um ambiente é, mais aumentam as densidades do fito, logo os dados de clorofila podem ser uma forma de relacionar a comunidade fitoplanctônica com o estado trófico de um ambiente aquático.

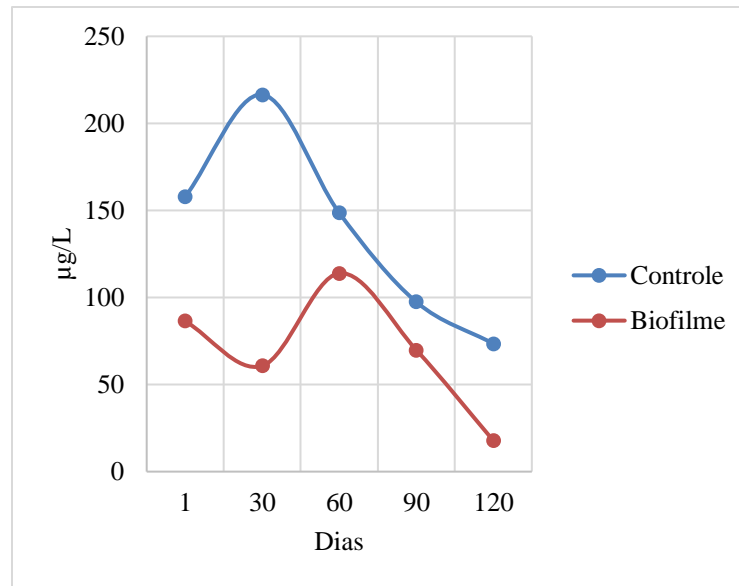


Figura 9 - Concentrações de clorofila-a nos viveiros escavados em que foram realizados os experimentos com biotratamento com biofilme. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.2 Zooplâncton

6.2.1 Análise do Zooplâncton total

Analisando a comunidade zooplancônica, nas densidades totais é possível verificar que os viveiros com biofilme apresentaram um pico de densidade maior que o controle aos 60 dias de cultivo, mas o controle terminou os 120 dias de experimento com maior densidade de organismos do zooplâncton (Figura 10). Ambientes mais ricos em nutrientes favorecem a produção primária (MARTINS, 2007), que por sua vez serve de alimento para o zooplâncton (BENNDORF, 2002), principalmente promovendo o aumento de espécies indicadoras de estados tróficos mais elevados (DANTAS-SILVA, 2013). Nos primeiros dias de cultivo, como as condições ambientais ainda não indicavam estados tróficos mais elevados, em virtude deste aumentar com o processo cumulativo de resíduos de ração e excretas dos peixes, apenas se verificou a maior diferença aos 120 dias de cultivo, final do experimento.

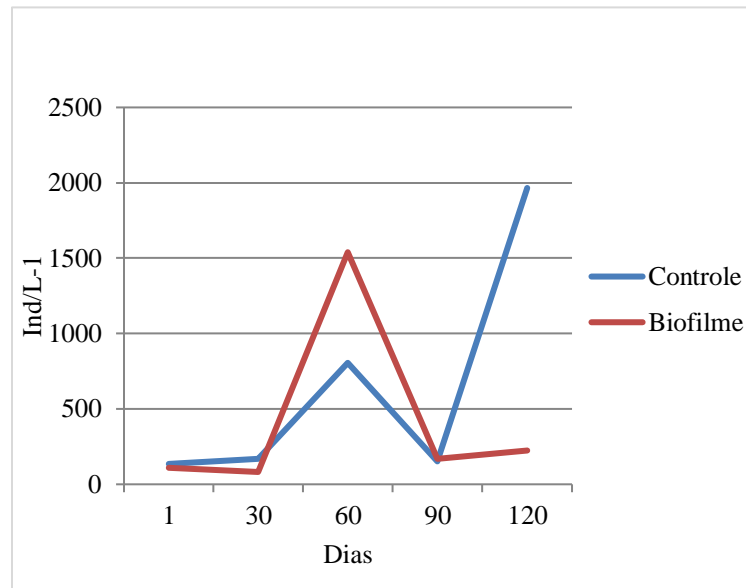


Figura 10 - Análise da comunidade zooplantônica nos viveiros controle e biofilme nos viveiros escavados em que foi montado o experimento de biotratamento com biofilme em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.2.2 Análise dos grupos zooplanctônicos

6.2.2.1 Cladocera

Analisando por grupos verifica-se que os Cladocera, grupo mais abundante em ambientes menos eutrofizados (Crispim *et al.*, 2014) foram mais abundantes nos viveiros com biofilme (Figura 11). Os viveiros com biofilme apresentaram uma maior densidade aos 30 dias de cultivo, houve um declínio aos 60 dias de cultivo e em seguida, a densidade aumentou até os 120 dias de cultivo nos viveiros com biofilme e decresceram após os 90 dias nos viveiros controle. Com isso, pode-se observar que houve melhoria nas condições da água do ambiente, demonstrada pelo aumento da densidade dos cladóceros nos viveiros, principalmente sob o biotratamento.

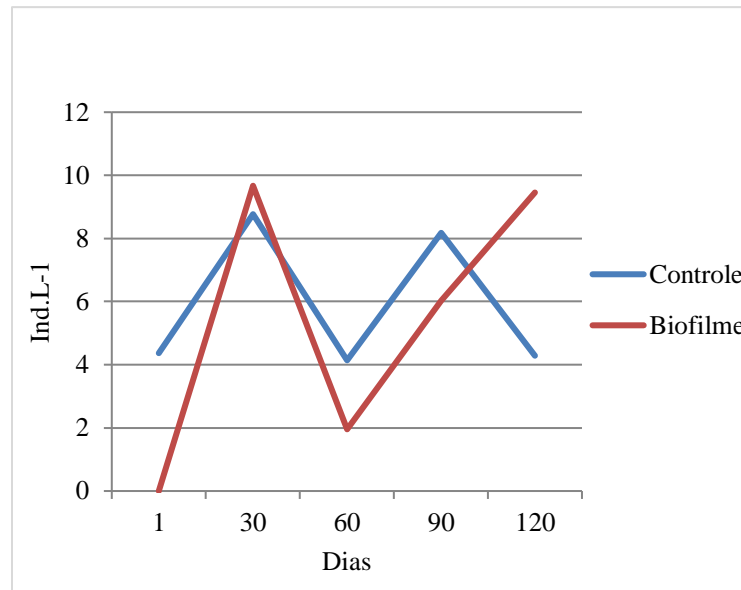


Figura 11 - Densidades de Cladocera, no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.2.2.2 Rotifera

O grupo Rotifera é facilmente encontrado em águas ricas em matéria orgânica, associados a ambientes eutróficos. No início do tratamento, estes organismos filtradores apresentavam uma baixa densidade e após 30 dias de cultivo houve um aumento, isso porque o tratamento com biofilme contribuiu com a oferta de substrato, o que favorece espécies ticoplanctônicas (que vivem associadas a substratos) (Figura 12). *Lecane lunaris*, espécie ticoplanctônica foi mais abundante nos viveiros com biofilme, nos últimos dias. As espécies presentes no ambiente de onde foram bombeadas a água, no início, também interfere, os rotíferos *Brachionus calyciflorus* e *B. urceolaris* foram os mais abundantes no início, trazidos do ambiente. Aos 60 dias no biotratamento ocorreram grandes densidades de *Asplanchna* sp. nos viveiros, por outro lado, esta espécie não se desenvolveu, ou foi registrada em baixas densidades nos viveiros controle. *Asplanchna* é uma espécie carnívora e alimenta-se de rotíferos, incluindo *Brachionus* (SARMA *et al.*, 2002), mas quando a água apresenta melhor qualidade, tendo sido observada em uma sucessão ecológica no Açude Manuel Marcionilo até os 99 dias após o início da chuva, enquanto a água apresentava melhor qualidade (CRISPIM *et al.*, 2014). Nos últimos dias houve uma drástica redução no viveiro com biofilme, devido ao desaparecimento de *Asplanchna* sp. (provavelmente

pela diminuição das espécies presas) enquanto no controle houve um aumento da densidade. Desta vez o aumento das densidades foi nas espécies *B. urceolaris* e *B. calyciflorus*, que são indicadoras de ambientes mais eutrofizados.

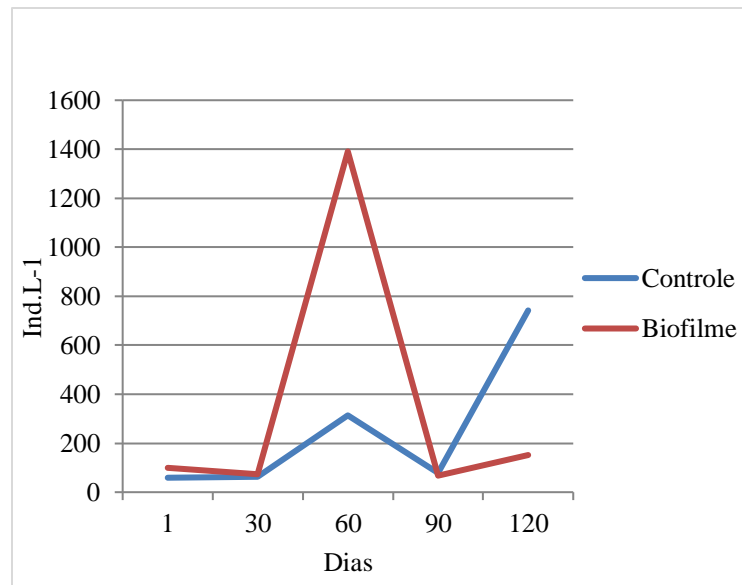


Figura 12 - Densidades de Rotifera no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.2.2.3 Copepoda

Os copépodos constituem um grupo de crustáceos representantes do zooplâncton que apresenta grande sensibilidade diante das condições tróficas (MARCELINO, 2007). Ao analisar o grupo Copepoda, observou-se a predominância no cultivo controle, com pico de densidade de cerca de 480 ind.L⁻¹ aos 60 dias de cultivo (Figura 13).

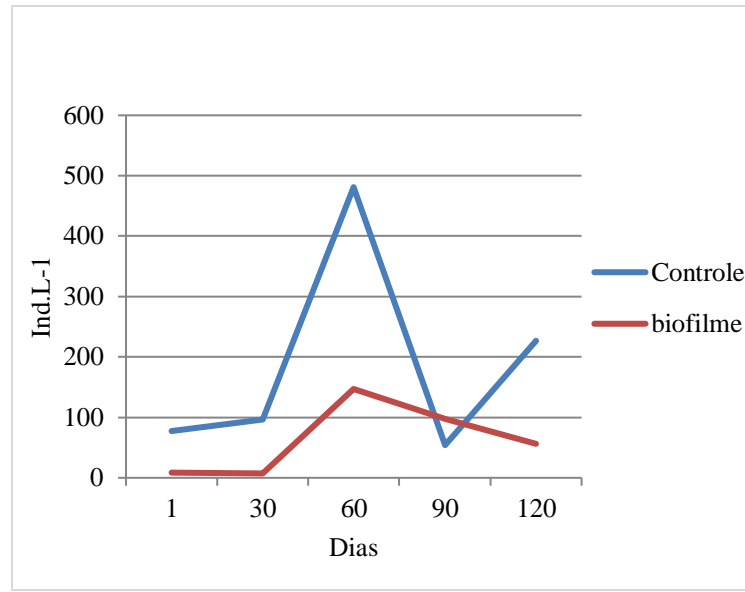


Figura 13 - Densidade de Copepoda no experimento com biorremediação em viveiros escavados de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.2.3 Espécies bioindicadoras

Algumas espécies identificadas nos viveiros apresentam-se como bioindicadoras, pois demonstram ser sensíveis às variações ambientais do corpo aquático (ESTEVES, 2011). Estudos veem sendo realizados, e têm obtido resultados que comprovam a eficácia do uso de bioindicadores na avaliação das condições tróficas de diferentes ecossistemas aquáticos (MÄEMETS, 1983).

Analisando a espécie *Moina minuta*, observa-se uma maior densidade no viveiro controle, atingindo o seu pico de densidade de 8 Ind.L⁻¹ nos 90 dias de cultivo. No viveiro com biofilme a espécie esteve presente atingindo o seu pico de densidade também aos 90 dias, mas em densidade menor do que no cultivo controle (Figura 14). No início dos cultivos havia uma baixa densidade devido às condições do ambiente não apresentarem densidades alimentares mais elevadas, e, portanto, pouca disponibilidade de fitoplâncton, principal alimento desta espécie. A espécie *M. minuta* apresenta melhores condições de desenvolvimento em ambientes eutrofizados (VIEIRA *et al.*, 2011), isso é o reflexo desta espécie requerer grandes quantidades de alimento para manter-se viva. Em experimentos realizados por Medeiros (2014) para estimar as taxas de herbivoria de *M. minuta* em duas concentrações de fitoplâncton, foi verificado que esta espécie seja na presença de menos ou mais alimento, sua retirada de células de fitoplâncton do ambiente foi semelhante, de

cerca de 46.000 cél.ind⁻¹.d⁻¹, isto reflete a elevada taxa de herbivoria desta espécie e representa, desta forma, um bom bioindicador de qualidade da água.

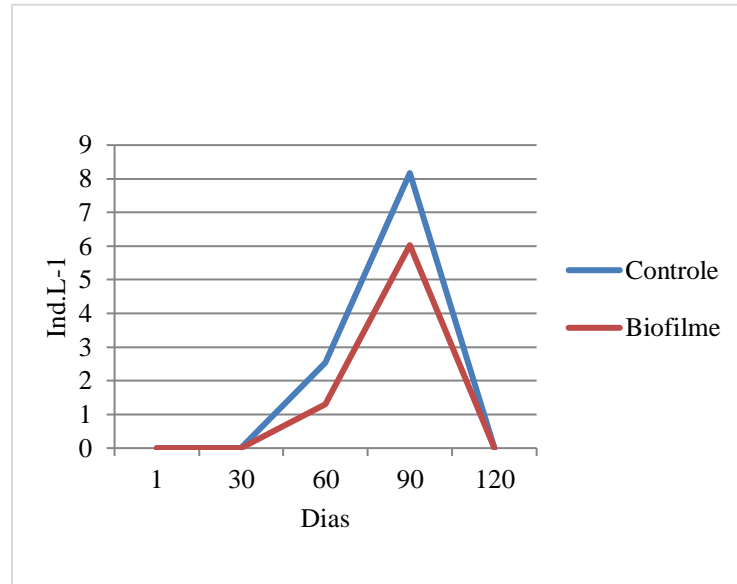


Figura 14 - Densidades da *M. minuta* no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

A espécie *Ceriodaphnia cornuta* está relacionada com ambientes com condições intermediárias de produtividade, portanto, são organismos utilizados como indicadores de boa qualidade da água de acordo com Pérez (2015). Analisando a espécie *C. cornuta*, observou-se que sua presença foi registrada apenas em dois períodos no viveiro controle (60 e 120 dias) e apenas aos 120 dias nos viveiros com biofilme. A espécie foi mais abundante aos 120 dias nos viveiros com biofilme, apresentando uma densidade 2x superior ao registrado nos viveiros controle (Figura 15). Por outro lado, *Alona dentifera* que é um Cladocera que vive associado a regiões marginais ou substratos foi apenas registrada nos viveiros controle. Estas espécies ticoplanctônicas que vivem associadas a substratos podem passar a serem encontradas na coluna de água, quando o ambiente passa a ter mais material particulado em suspensão, o que se verifica em águas mais eutrofizadas, o que foi o caso dos viveiros controle (Figura 16). É possível que nos viveiros com o biofilme a espécie estivesse associada ao biofilme.

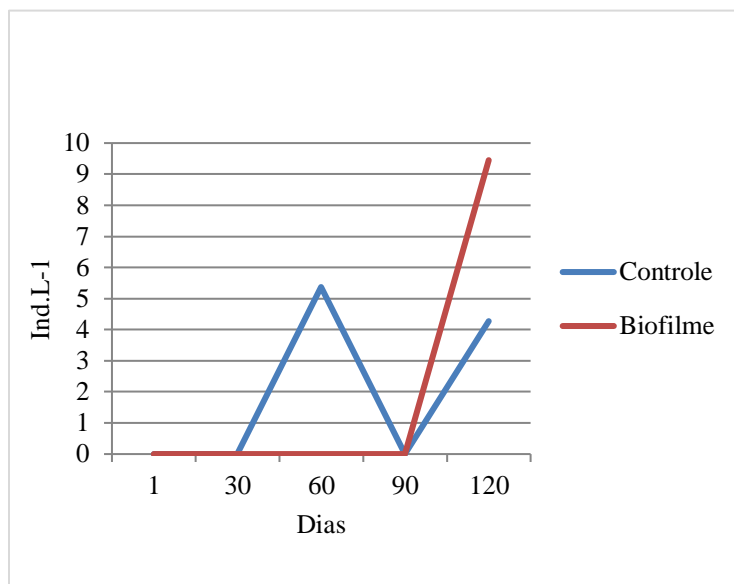


Figura 15 - Densidades da *C. cornuta* no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

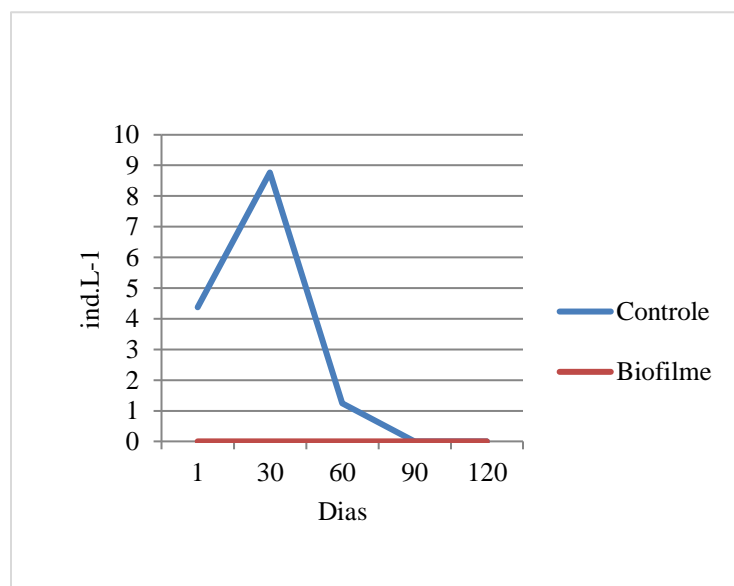


Figura 16 - Densidades da *A. dentifera* no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Dentre os rotíferos mais abundantes encontram-se as espécies *B. urceolaris*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* e *Hexarthra mira*, sendo todas citadas s como indicadoras de estados tróficos mais evoluídos (LEITÃO *et al.*, 2006).

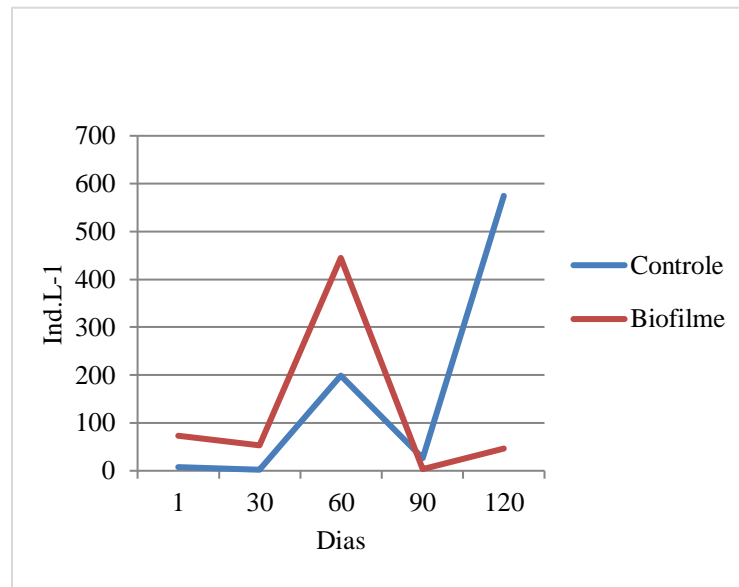


Figura 17 - Densidades de *B. urceolaris* em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Estudos realizados por Parra *et al.* (2009) ressaltaram que em ambientes eutróficos observa-se a predominância de rotíferos e copépodos Cyclopoides. *B. urceolaris*, *B. calyciflorus* e *H. mira* foram mais abundantes ao final do experimento no controle. *B. havanaensis* foi mais abundante ao final do experimento nos viveiros com o biofilme (Figura 20). *Asplanchna* sp. também foi mais abundante nos viveiros com biofilme (Figura 19), este gênero no Açude Manoel Marcionilo, em estudo de sucessão ecológica, esteve presente apenas nos primeiros dias, enquanto a água apresentava-se com melhor qualidade (CRISPIM *et al.*, 2014).

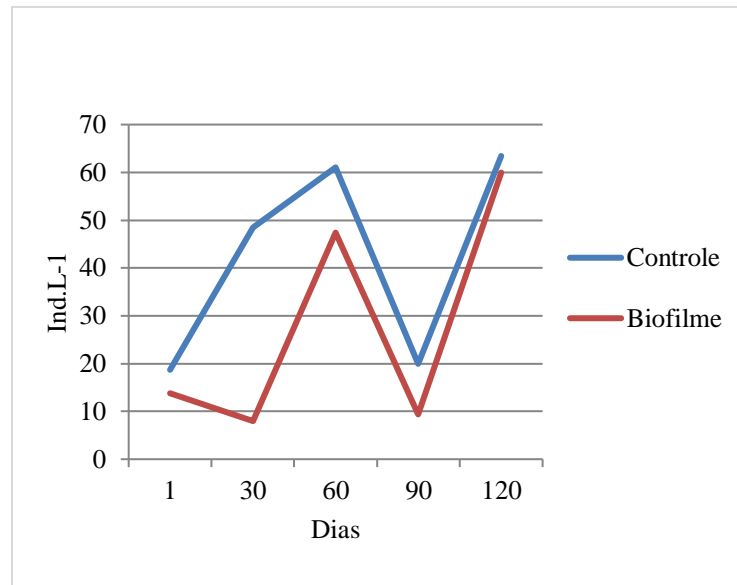


Figura 18 - Densidades de *B. calyciflorus* em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

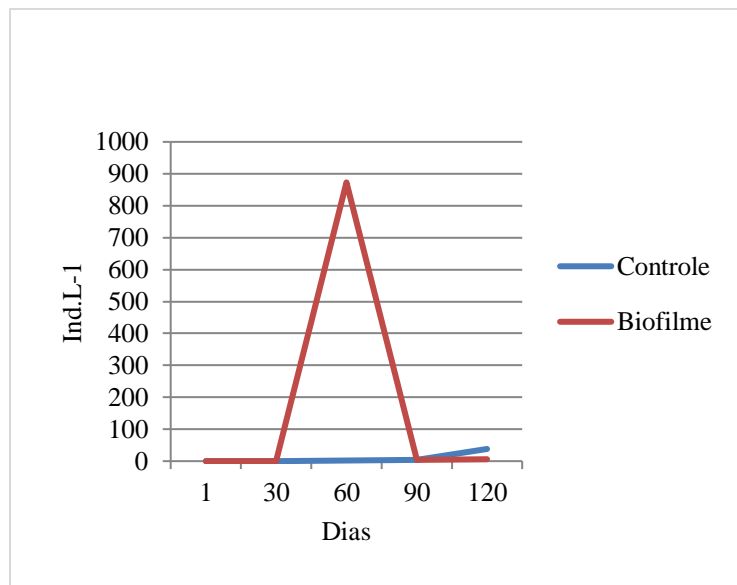


Figura 19 - Densidades de *Asplanchna* sp., em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

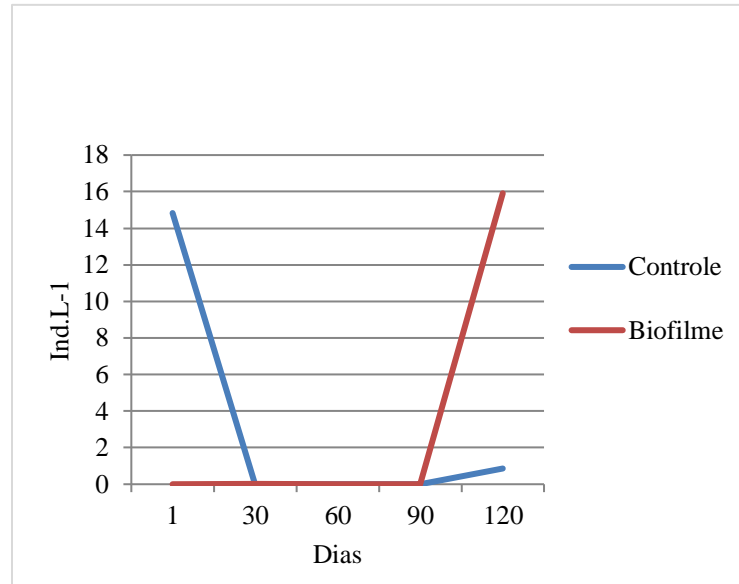


Figura 20 - Densidades de *B. havanaensis* em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

O grupo Copepoda apresenta uma maior sensibilidade diante das condições tróficas, principalmente, quanto a diferentes respostas das ordens Calanoida e Cyclopoida. Analisando o gráfico do Copepoda Calanoida, observou-se uma baixa densidade no início, e a partir de 60 a 90 dias um aumento passou a ser observado até atingir um pico de densidade em 120 dias de tratamento (biofilme). No viveiro controle, a densidade de Calanoida diminuiu dos 30 aos 90 dias, havendo um ligeiro aumento no final (Figura 21). Calanoida é considerado um bioindicador de águas menos eutrofizadas em estudos realizado Eskinazi-Sant'anna e seus colaboradores (2007). Os Cyclopoida são característicos de ambientes com níveis tróficos mais elevados que os Calanoida. Alguns autores citam que copépodes calanoides assumem menores proporções em ambientes mais eutrofizados que copépodes cyclopóides e cladóceros (GANNON; STEMBERGER, 1978). Ao analisar o copépode cyclopoida, observou-se um pico de densidade nos 60 dias de cultivo no viveiro controle, e suas densidades foram sempre mais elevadas nesses viveiros, comparando com os viveiros com biofilme (Figura 22), demonstrando que este grupo foi um bom indicador, mais abundante em águas mais eutrofizadas.

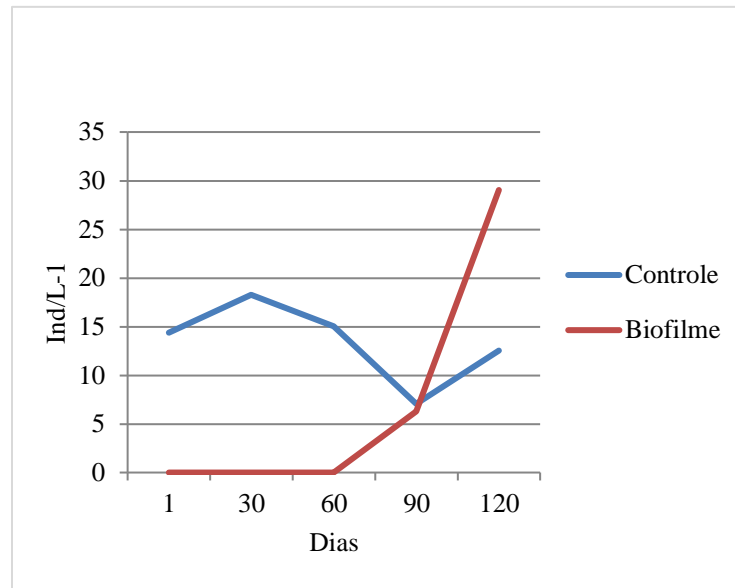


Figura 21 - Densidades de Copepoda Calanoida no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

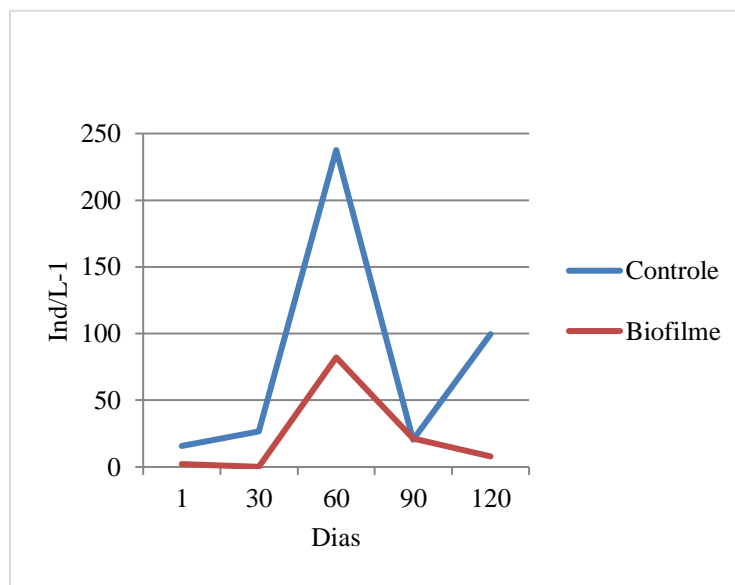


Figura 22 - Densidades do Copepoda Cyclopoida no experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápia em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Analisando a densidade dos náuplios (Figura 23), observou-se uma maior representatividade no cultivo controle, onde a partir de 30 dias de cultivo apresentou um pico de densidade, com redução aos 90 dias e em seguida obteve um aumento novamente. No viveiro com biofilme, estes juvenis mantiveram-se em densidades inferiores ao viveiro controle. Náuplios são estágios larvais de Copepoda e quando presente em maiores densidades significa maiores taxas de reprodução, e são associados a bons indicadores de ambientes eutróficos. Na presença de maior quantidade de alimento, os adultos aumentam as taxas reprodutivas refletindo-se em maiores densidades de estágios juvenis. Estudos realizados, mostraram que estes estágios podem ser encontrados em altas densidades nos ambientes eutróficos e hipereutróficos.

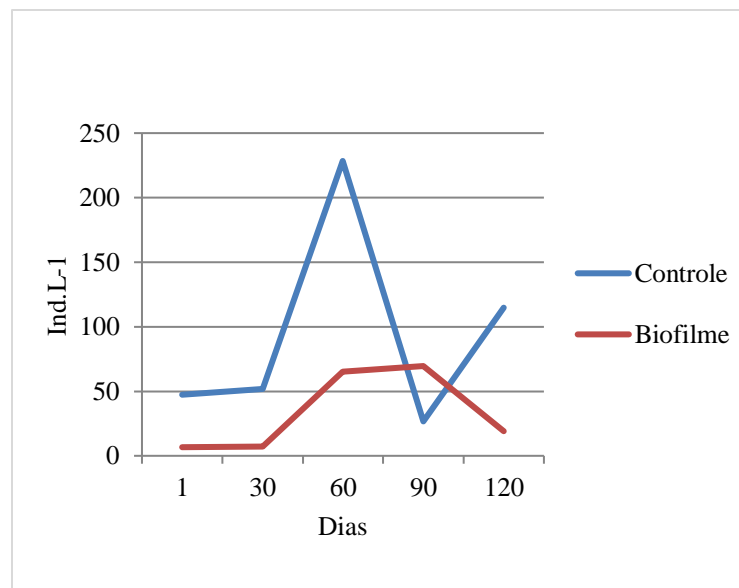


Figura 23 - Densidades do Náuplio em experimento com biorremediação em viveiros de cultivo de tilápias em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

6.3 Biometrias (despesca) dos peixes cultivados

Analisando o resultado do biotratamento por biofilme na produção de tilápias em viveiros escavados, foi possível observar que os peixes cultivados na presença do biofilme apresentaram melhores resultados, tanto em crescimento quanto em peso (Figuras 13, 14 e 15), logo desde o início dos cultivos, demonstrando que se o cultivo fosse por um período maior, essa diferença poderia ser superior ao que foi observado.

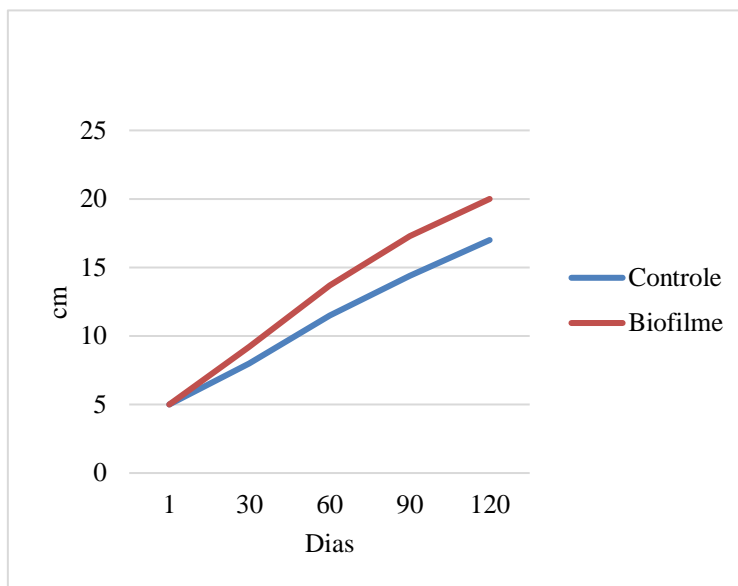


Figura 24 - Comprimento do corpo das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

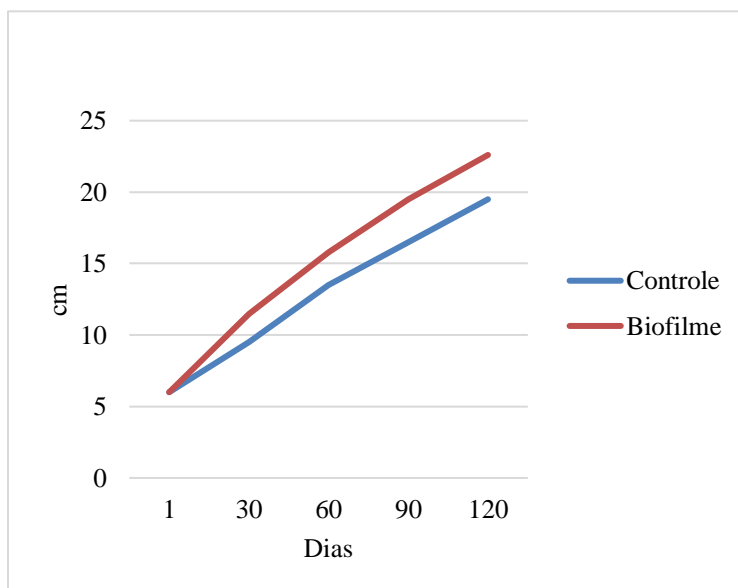


Figura 25 - Comprimento total das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

Na despesa, a diferença de peso médio individual passou de 650 gramas nos viveiros controle para 720 gramas nos viveiros com o biotratamento. Se isso for exceder para, por

exemplo, 1000 peixes, serão acrescidos à produção mais 70 Kg, que ao preço de venda de R\$8,00 por quilo, agregaria um valor de mais R\$560,00 à produção.

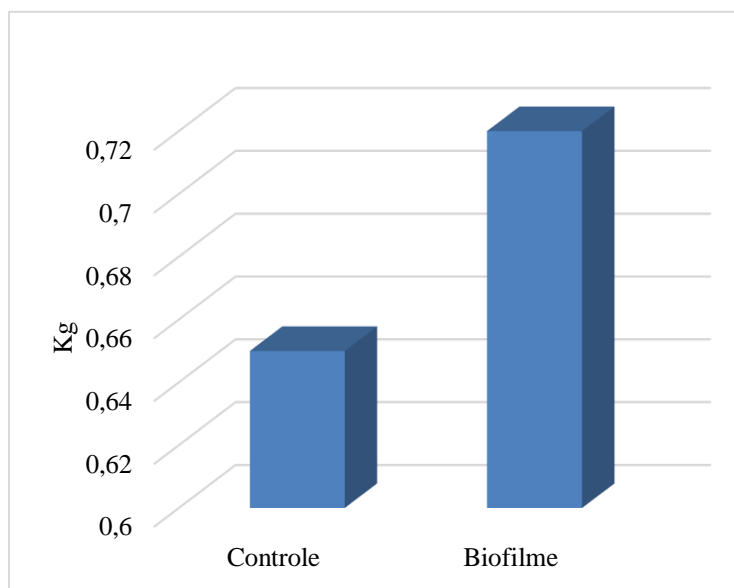


Figura 26 - Peso das tilápias cultivadas em experimento de tratamento de água com o uso do biofilme, em viveiros escavados, na despesca, em Camalaú, PB. Fonte: Dados a pesquisa, 2017.

8 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o sistema de biotratamento utilizando biofilme em viveiros de piscicultura demonstrou ser eficiente, tendo em vista que promoveu a melhoria na qualidade da água, contribuindo com valores mais adequados para os organismos daquele ambiente e consequentemente, obtendo resultados satisfatórios no desenvolvimento dos peixes, propiciando mais lucro para o piscicultor.

O uso dos bioindicadores demonstrou ser uma importante ferramenta para diagnóstico da qualidade da água em viveiros de piscicultura. A alta frequência de ocorrência dos cladóceros é um indicativo de boa qualidade da água, como exemplo a espécie *C. cornuta* relacionada com ambientes com condições intermediárias de produtividade esteve presente nos viveiros com tratamento (biofilme). As espécies *M. minuta* e *A. dentifera*, foram relacionadas com ambientes mais eutrofizados. Dentre os rotíferos, as espécies *B. urceolaris*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* e *H. mira*. foram incluídas como indicadoras de estados tróficos mais evoluídos. Entre os copépodos ficou evidente a preferência de calanoida por ambientes de baixo nível trófico, enquanto o cyclopoida, demonstrou preferência por ambientes de nível trófico mais elevado. Em relação aos náuplios demonstraram ser bons indicadores de ambientes mais eutrofizados.

Desta forma, conclui-se que a biorremediação e o uso de indicadores biológicos contribuíram para a melhoria da qualidade da água dos viveiros, possibilitando condições ambientais mais favoráveis ao cultivo de peixes e, consequentemente, proporcionando ao piscicultor uma melhor rentabilidade.

9 REFERÊNCIAS

- AZIM, M.; WAHAB M.; VAN, DAM A.; BEVERIDGE, M.; MILSTEIN, A.; VERDEGEM, M. Optimization of fertilization rate for maximizing periphyton production on artificial substrates and the implications for periphyton-based aquaculture. **Aquaculture Research**, 32: 749-760, 2001.
- ANUÁRIO PEIXEBR DA PISCICULTURA. **Associação Brasileira de Piscicultura**. São Paulo: **PeixeBR**, 2018. Disponível em: <www.peixebr.com.br> Acesso em: **27 Mar. 2018**.
- BARBOSA, J. M.; PONZI-JUNIOR, M. Arranjos produtivos no sertão nordestino: aquicultura e pesca. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.1, n.1, p.30-37, 2006.
- BARBOSA, José Etham de Lucena *et al.* **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Traperoá II: trópico semiárido nordestino**. 201 p. Tese (Doutorado) - São Carlos: UFSCar, 2002.
- BENNDORF, J.; BÖING, W.; KOOP, J.; NEUBAUER, I. Top-down control of phytoplankton: the role of time scale, lake depth and trophic state. **Freshwater biology**, v. 47, n. 12, p. 2282-2295, 2002.
- BOYD, C. E.; MCNEVIN, A. A.; CLAY, J.; JOHNSON, H. M. Certification issues for some common aquaculture species. **Reviews in Fisheries Science**, v. 13, n. 4, p. 231-279, 2005.
- BUSCHMANN, A. H. The use of seaweeds in integrated aquaculture: the Chilean experience. **J. Phycol.**, v. 37 p. 1-9, 2001.
- BURNS, A; RYDER, D. S. Potential for biofilms as biological indicators in Australian riverine systems. **Ecological Management & Restoration**, v. 2, n. 1, p. 53-64, 2001.
- BRANDÃO, L. P. M. **Efípios de *Daphnia laevis* em um lago permanente tropical: mecanismo de resiliência a alterações ambientais?**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, v.16, p. 253-264, 2011.
- CASTELLANI, D.; BARRELLA, W. Caracterização da piscicultura na região do Vale do Ribeira - SP. **Ciênc. agrotec.** v.29, n.1, p.168-176, 2005.

- CARNEIRO, D. A.; GARIGLIO, L. P. A biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**, v. 3, n. 4, 2010.
- CRISPIM, M.C., LEITE, R.L; WATANABE, T. Evolução do estado trófico em açudes temporários, no nordeste semiárido, durante um ciclo hidrológico, com ênfase na comunidade zooplanctônica. **Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação**. Vitória, v.3, p.422-430, 2000.
- CRISPIM, M. C.; VIEIRA, A. C. B.; COELHO, S. F. M; MEDEIROS, A. M. A. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. **Acta Limnol. Bras.**, v. 21, n. 4, p. 387-391, 2009.
- CRISPIM, M.C.; PAZ, R.J.; WATANABE, T. Ecological succession of zooplankton species in a temporary river in a semiarid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biological Sciences**. 1(2): 51-58. 2014.
- DANTAS-SILVA, LAYS T.; DANTAS, E. W. Zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 53-58, 2013.
- ELMOOR-LOUREIRO, Lourdes Maria Abdu. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universa, 1997.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, RJ. p.523-524, 2011.
- ESTEVES, K. E.; SENDACZ, S. Relações entre a biomassa do zooplâncton eo estado trófico de reservatórios do estado de São Paulo. **Acta Limnol. Brasil**, v. 2, p. 587-604, 1988.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S.; DE FÁTIMA PANOSSO; R., ARAÚJO, M. F., & DE ATTAYDE, J. L. Composição da comunidade zooplanctônica em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 410-421, 2007.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), State of World Fisheries and Aquaculture. **Rome: Fisheries and Aquaculture Department**. 224p. 2010.
- FERRÃO FILHO, A.S. Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. **Oecol. Bras.**, 13(2): 272-312, 2009
- GAZULHA, V. **Zooplâncton límnico: manual ilustrados**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Technical Books, p. 151, 2012.
- GANNON. J. E.; STEMBERGER, R. S. Zooplankton (specially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. **Transactions of the American Microscopical Society**, v. 97, n. 1, pp. 16-35, 1978.

HILL, R. W.; RYON, M.G.; SMITH, J.G.; MARSHALL, S.; BOSTON, H.L.; STEWART, A.J. The Role of Periphyton in Mediating the Effects of Pollution in a Stream Ecosystem. **Environmental Management**. 45:563–576. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/camalau/panorama>> Acesso em: 26 Nov. 2016.

KOSTE, W. **Die Rädertiere Mitteleuropas**. Stuttgart: Borntraeger, 1978.

LATHROP R. C.; CARPENTER S. R. Zooplankton and their relationship to phytoplankton. In: Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota (ed. J. F. Kitchell) pp. 127–50. **Springer-Verlag**, New York, 1992.

LAZZARO, X. A review of planktivorous fishes: Their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. **Hydrobiologia**, v. 146, 97-167, 1987.

LEITÃO, A.C.; FREIRE, R.H.F.; ROCHA, O.; SANTAELLA, S. T. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 18 (4): 451-468. 2006.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Variações de nutrientes e estado trófico em viveiros sequenciais de criação de peixes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 3, p. 405-411, 2005.

MACEDO, C. F.; SIPAUBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MÄEMETS, A. Rotifers as indicators of lake types in Estonia. **Hydrobiologia**, v. 104, p.357-361, 1983.

MALTCHIK, L. **Ecologia de rios intermitentes tropicais**. Perspectivas da limnologia no Brasil, São Luiz: Gráfica e Editora União. p. 77-89, 1999.

MARCELINO, S. C. **Zooplâncton como bioindicadores do estado trófico na seleção de áreas aquícolas para piscicultura em tanque-rede no reservatório da UHE Pedra no Rio de Contas, Jequié – BA**. 59p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983. 1010p.

MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, 39: 1077-1085, 2001.

MARTINS, Y. K. **Qualidade da água em viveiro de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas**. Dissertação

(mestrado). Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. - São Paulo, 2007.

MARACAJA, M. C. S. **Qualidade da água e estrutura da comunidade fitoplanctônica em tanques de piscicultura sobre efeito de probióticos.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 88 f. 2010.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A. C.; TUNDISI, J. G. Biomass (dry weight and carbono content) of plankton Crustacea from Broa reservoir (S. Carlos, SP-Brazil) and its fluctuation across one year. **Hydrobiologia**, v.179, p. 229-236. 1989.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; AGUENA, L. S.; MIYAHARA, J. Eutrofização de represa de Barra Bonita: estrutura e organização da comunidade de Rotifera. **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, n.4, p.923-935.1990.

MOREIRA, H.L.M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, L.P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da Moderna Aquicultura.** Canoas. Ed. ULBRA. 200p. 2001.

MONTOYA, R. A.; LAWRENCE, A. L.; GRANT, W. E.; VELASCO, M. Simulation of phosphorus dynamics in a intensive shrimp culture system: effects of feed formulation and feeding strategies. **Ecological Modeling**. v. 129. p.131-142, 2000.

NORDI, N.; WATANABE, T. Nota preliminar sobre os rotíferos (zooplankton) do açude Epitácio Pessoa, boqueirão, paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 1, n. 1, p. 31-39, 1978.

MPA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil – 2011. **Ministério da Pesca e Aquicultura.** Panorama geral da Aquicultura no Brasil. Brasília. p. 33. 2011.

OLIVEIRA, D. B. S.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DURIGAN, J. G. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. Embrapa Semiárido. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 4, p. 123-137, 1992.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A.; DE SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 433-449, 2007.

PARDO, S.; SUÁREZ, H.; SORIANO, E. Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. **Revista MVZ Córdoba**, v.11, n.1, p.20-29, 2006.

PARRA, G.; MATIAS, N.G.; GUERRERO, F.; BOAVIDA M.J. Short term fluctuations of zooplankton abundance during autumn circulation in two reservoirs with contrasting trophic state. **Limnetica**, 28: 175-184, 2009.

PINTO-COELHO, R. M. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. **Freshwater Biology**, 40: 159-173, 1998.

PEJLER, B. Zooplankton indicators of trophic and their food. **Hydrobiologia**, v. 101, p.111-114, 1983.

PÉREZ, J. M. **Biofilme e macrófitas como ferramenta de recuperação em ecossistemas aquáticos e tratamento de esgotos**. Universidade Federal da Paraíba, UFPB. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), 2015.

ROCHA, B.C.G; VITAL, T. A piscicultura em tanque-rede no município de Petrolândia - PE: um arranjo produtivo local em construção. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.5, n.3, p.475-492, 2012.

RODRIGUEZ, M. P.; MATSUMUTA-TUNDISI, T. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. **Revista Brasileira de Biologia Brazilian Journal of Biology**, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2000.

ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. **Lições de limnologia**. São Carlos: RiMa, 2005. 532p.

RUTTNER-KOLISKO, A. **Plankton Rotifers. Biology Taxonomy**. (English translation of Die Binnengewässer Vol. XXVI, Part I: Rotatoria). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1974.

SARMA, S. S. S. LARIOS-JURADO, P. S.; NANDINI, S. Population growth of *Asplanchna sieboldi* fed two *Brachionus* spp. (Rotifera) raised on green alga and baker's yeast. **Hydrobiologia**, 467: 63–69, 2002.

SOUSA, C. E. **Avaliação de Sistemas Biorremediadores em Efluentes da Lagoa Facultativa da Estação de Tratamentos de Esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB**. Universidade Federal da Paraíba, UFPB. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), 2015.

SOUSA, W. **Comunidades zooplantônicas como bioindicadoras da qualidade da água de quatro reservatórios da região semiárida do Rio Grande do Norte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

SLÁDECKOVÁ, A. The role of periphyton in waste treatment technology. *Verh.Internat. Verein. Limnol.*, v. 25, p. 1929-1932, 1994.

TEIXEIRA, L. M. F. **Utilização de substrato artificial para colonização perifítica: subsídio à remoção de microorganismos e nutrientes na Estação de Tratamento de Esgoto**. Lami. Porto Alegre-RS. 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ABE D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. p 203-240. In: A. C. REBOUÇAS, B. BRAGA, B. j. G. TUNDISI (org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, São Paulo. 465p, 2006.

WETZEL, R. G. Periphyton of freshwater ecosystems development. The Hague. Dr. W. Junk Publ. **Developments Hydrobiology**, 17, 1983.

WU, Y.; HE, J.; YANG, L. Evaluating Adsorption and Biodegradation Mechanisms during the Removal of Microcystin-RR by Periphyton. **Environmental Science & Technology**. v. 44, n. 16, p. 6319-6324, 2010.

WU, Y., LIU, J., YANG, L., CHEN, H., ZHANG, S., ZHAO, H., ZHANG, N. (2011). Allelopathic control of cyanobacterial blooms by periphyton biofilms. **Environmental microbiology**. v. 13, n. 3, p. 604-615, 2011.

ZANNATUL, F.; MUKTADIR, A. K. M. A Review: potentiality of zooplankton as bioindicator. **American Journal of Applied Sciences**, v. 6, n. 10, p. 1815-1819, 2009.