

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 22/02/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DA
COMUNIDADE PLANCTÔNICA E FATORES
ABIÓTICOS EM VIVEIROS DE PISCICULTURA

MSc. Juliane dos Santos Alves da Silva

JABOTICABAL - SÃO PAULO
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DA
COMUNIDADE PLANCTÔNICA E FATORES
ABIÓTICOS EM VIVEIROS DE PISCICULTURA

Juliane dos Santos Alves da Silva

Orientadora: Prof^a. Dr.^a. Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Ney Millan

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Campus de Jaboticabal, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor.

JABOTICABAL/SÃO PAULO – BRASIL
2024

S586d

Silva, Juliane dos Santos Alves da
Dinâmica temporal e espacial da comunidade
planctônica e fatores abióticos em viveiros de piscicultura
/ Juliane dos Santos Alves da Silva. -- Jaboticabal, 2024
69 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal
Orientadora: Lucia Helena Sipaub-Tavares
Coorientador: Rodrigo Ney Millan

1. Comunidade planctônica. 2. Seca e chuva. 3.
Monitoramento biológico. 4. Flutuação diária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp,
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Dinâmica temporal e espacial da comunidade planctônica e fatores abióticos em viveiros de piscicultura

AUTORA: JULIANE DOS SANTOS ALVES DA SILVA

ORIENTADORA: LÚCIA HELENA SIPAÚBA TAVARES

COORDENADOR: RODRIGO NEY MILLAN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LÚCIA HELENA SIPAÚBA TAVARES (Participação Presencial)
Laboratório de Limnologia / Centro de Aquicultura da Unesp, CAUNESP, Jaboticabal-SP

Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA (Participação Virtual)
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura / Universidade Nilton Lins, Manaus-AM

Profa. Dra. MARIA STELA MAIOLI CASTILHO NOLL (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Biológicas / Unesp, Câmpus de São José do Rio Preto



Documento assinado digitalmente
MARIA STELA MAIOLI CASTILHO NOLL
Data: 28/02/2024 17:35:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / IB/Unesp, Rio Claro-SP



Documento assinado digitalmente
ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO
Data: 04/03/2024 09:21:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. EDUARDO CUSTODIO GASPARINO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP



Documento assinado digitalmente
EDUARDO CUSTODIO GASPARINO
Data: 04/03/2024 11:04:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 22 de fevereiro de 2024

Dedico

Aos meus amados pais, cujo amor incondicional, apoio incansável e orientação sábia moldaram o caminho que percorri até esta conquista. Vocês foram minha inspiração constante, motivando-me a persistir diante dos desafios e acreditaram no meu potencial. Dedico esta tese a vocês, como uma expressão profunda de gratidão por tudo o que fizeram por mim. Obrigado por serem meus guias e meus maiores apoiadores. Amo muito vocês.

Eu aprendi qual é o valor de um sonho alcançar
Eu entendi que o caminho pedras terá
Eu vi em campo aberto se erguer construção
E foi com muitas pedras, e foi com muitas mãos

Eu vi o meu limite vir diante de mim
Eu enfrentei batalhas que eu não venci
Mas o troféu não é de quem não fracassou
Eu tive muitas quedas, mas não fiquei no chão

E ao olhar pra trás, tudo que passou
Venho agradecer quem comigo estava
Ergo minhas mãos pra reconhecer

E hoje eu sou quem eu sou
Pois Sua mão me acompanhava
Mas eu sei, não é o fim, é só o começo da jornada
Eu abro o meu coração pra minha nova história

Vejo vitórias se hoje eu olho pra trás
E a minha frente eu sei
Existem muito mais
Eu sei que minha jornada aqui só começou
Ao longo dessa estrada sozinho não estou

E ao olhar pra trás, tudo que passou
Venho agradecer quem comigo estava
Ergo minhas mãos pra reconhecer

E hoje eu sou quem eu sou
Pois Sua mão me acompanhava
Mas eu sei, não é o fim, é só o começo da jornada
Eu abro o meu coração pra minha nova história

E ao olhar pra trás, tudo que passou
Venho agradecer quem comigo estava
Ergo minhas mãos pra reconhecer

E hoje eu sou quem eu sou
Pois Sua mão me acompanhava
Mas eu sei, não é o fim, é só o começo da jornada
Eu abro o meu coração (Pra minha nova história)

E hoje eu sou quem eu sou
Pois Sua mão me acompanhava
(Por isso eu venho agradecer)

Mas eu sei
Não é o fim
É só o começo da jornada
Eu abro o meu coração
pra minha

Nova história

Só o começo - Pedro Valença/ Vocal Livre

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, dono de toda ciência, sabedoria e poder, por me dar forças para continuar a caminhada e por cuidar de toda a minha vida.

A Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena Sipaúba Tavares, pela orientação, por todos os ensinamentos ao longo de toda essa jornada, pela paciência, por confiar em mim, por não me deixar desistir, por desperdiçar tanto tempo me ensinando e me preparando para a vida.

Aos meus pais, a quem eu devo a minha vida, por todo amor, apoio, cuidado, por tudo que sempre fizeram por mim e é impossível descrever, sem vocês jamais teria chegado até aqui.

Ao meu noivo, meu parceiro e melhor amigo, o amor da minha vida, por sempre estar do meu lado me incentivando, por acreditar no meu potencial, até mesmo mais do que eu mesma, por ser a minha pessoa, obrigada por existir na minha vida.

As minhas parceiras de laboratório Débora, Livia e Mayara que acompanharam todo o trabalho, estiveram presentes em todas as coletas, no calor e no frio, obrigada pelas conversas furadas, pelas brincadeiras, risadas, pelo apoio, porque sempre quando uma não estava bem tínhamos um grupo de “pseudopsicólogas” dando toda ajuda necessária, esse companheirismo foi importante para que tudo fosse mais leve.

Aos colegas do Laboratório de Nutrição de Peixes, Thalys, Magdiel e Denis, pela amizade e apoio durante todo esse tempo.

Ao CAUNESP, por disponibilizar a área de estudo e por tornar meu sonho possível.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus familiares, que são tantos e ocuparia uma folha tentando nomeá-los, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de todo esse processo.

Muito obrigada!

APOIO FINANCEIRO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	17
3. HIPÓTESES	17
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
4.1. Importância do biomonitoramento na aquicultura	18
4.2. Importância da comunidade planctônica na aquicultura e ecossistemas aquáticos .	20
4.3. Fitoplâncton e zooplâncton como indicadores ecológicos e resposta às mudanças ambientais	22
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1. Centro de Aquicultura – CAUNESP	25
5.2. Local de estudo.....	26
5.3. Dados ambientais.....	29
5.4. Análise de dados	31
6. RESULTADOS	31
7. DISCUSSÃO	43
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
DADOS SUPLEMENTARES.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema dos sistemas rasos artificiais estudados. A= fazenda de aquicultura da Universidade Estadual Paulista, destacando os seis viveiros, B= Viveiro 1, C= Viveiro 4 viveiros de piscicultura estudados.

Figura 2. Diagrama dos viveiros de aquicultura estudados: A = fazenda de aquicultura da Universidade Estadual Paulista; B e C = destaque dos viveiros estudados (V1 e V4) com os locais de coleta das amostras (●), → = entrada (E) e saída (S) de água.

Figura 3. Viveiro de captação de água na fazenda de aquicultura do Caunesp povoado por macrófitas aquáticas. As setas indicam o ponto amostrado.

Figura 4. Macrófitas aquáticas presentes no viveiro 1: *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Oxycarium cubense*.

Figura 5. Vista fotográfica do viveiro 4 com vegetação no entorno.

Figura 6. Fotografia do Viveiro 4 com vegetação circundante e aeradores em funcionamento.

Figura 7. Variação das variáveis abióticas ao longo de 30 dias durante o período chuvoso, nos viveiros V1 e V4, onde: BOD= Demanda Bioquímica de Oxigênio, Chl= Clorofila-*a*, TDS= Sólidos Totais Dissolvidos, TSS= Sólidos Totais Suspensos, TIN= Nitrogênio Inorgânico total, TP= Fósforo Total.

Figura 8. Variação das variáveis abióticas ao longo de 30 dias durante o período seco, nos viveiros V1 e V4, onde: BOD= Demanda Bioquímica de Oxigênio, Chl= Clorofila-*a*, TDS= Sólidos Totais Dissolvidos, TSS= Sólidos Totais Suspensos, TIN= Nitrogênio Inorgânico total, TP= Fósforo Total.

Figura 9. Análise de componentes principais (ACP) com dados de qualidade da água padronizados em escores z distinguindo-se os pontos por viveiro (V1 e V4) e mês de coleta (Jan e Jul). As elipses indicam o intervalo de confiança de 95% do agrupamento. O componente principal 1 (PC1, horizontal) explica 55,89% da variação dos dados em relação aos pontos de coleta evidenciando as diferenças entre V1 e V4. Já o componente 2 (PC2, vertical) explica 18,50% da distribuição dos dados em resposta ao efeito da sazonalidade.

Figura 10. Variação da comunidade fitoplanctônica ao longo de 30 dias durante o período chuvoso, nos viveiros V1 e V4.

Figura 11. Variação da comunidade fitoplanctônica ao longo de 30 dias durante o período seco, nos viveiros V1 e V4.

Figura 12. Variação da comunidade zooplanctônica ao longo de 30 dias durante o período chuvoso e seco, nos viveiros V1 e V4.

Figura 13. Análise de correspondência canônica (ACC) evidenciando as relações entre variáveis de qualidade d'água e a distribuição dos organismos zooplanctônicos (Cop, Clad, Rot) e fitoplanctônicos (Eug, Pras, Chl, Bac, Zyg, Cya). O eixo 1 explica 59,72% da distribuição dos organismos em função das variáveis ambientais (horizontal) e o eixo 2 23,71%). As cianobactérias tiveram sua distribuição melhor explicada pelo eixo 3, não visível nesta figura.

Figura 14. Análise de correspondência canônica (ACC) considerando-se o eixo 3 que explica a distribuição das cianobactérias (vertical, 14,13%) em função das variáveis de qualidade d'água.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes de Componentes Principais.

Tabela 2. Autovalores e Porcentagem de Variância por Componente na Análise de Componentes Principais.

Tabela 3. Total de indivíduos e índices ecológicos como: riqueza, abundância e dominância da comunidade fitoplancônica e zooplancônica presentes nos viveiros V1 e V4.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a importância do biomonitoramento contínuo na avaliação da qualidade da água em dois viveiros de piscicultura ao longo de 30 dias consecutivos, durante os períodos chuvoso e seco. Foram realizadas análises de parâmetros como temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio total, fósforo total, clorofila-*a*, sólidos totais em suspensão, sólidos totais dissolvidos, demanda bioquímica de oxigênio, alcalinidade e comunidade planctônica. A análise de similaridade apresentou diferenças significativas na qualidade da água entre os viveiros e os meses, avaliando o impacto desses viveiros com base em parâmetros ambientais. A análise de Componentes Principais identificou um gradiente de condições com variações distintas entre os viveiros e meses. As comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica apresentaram variações quantitativas significativas durante o período de estudo, ocorrendo maior abundância de fitoplâncton no viveiro mais eutrófico enquanto o zooplâncton ocorreu em maior abundância no viveiro oligotrófico. As mudanças na comunidade planctônica foram correlacionadas com os fatores abióticos, essa correlação entre as variáveis ambientais e a comunidade planctônica destacou a relevância do biomonitoramento na avaliação desses ecossistemas aquáticos. O estudo reforçou a importância do monitoramento regular da qualidade da água, fornecendo informações essenciais para a gestão e preservação dos recursos hídricos e da vida aquática. O biomonitoramento ao longo de 30 dias revelou variações na composição do plâncton e variáveis abióticas, com fitoplâncton e zooplâncton mostrando diferentes padrões. A capacidade de adaptação da comunidade planctônica a condições adversas ressalta a necessidade de mais estudos aprofundados para avaliar seu potencial indicador em ambientes como os viveiros de piscicultura.

Palavras-chave: comunidade planctônica, seca e chuva, monitoramento biológico, flutuação diária.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the importance of continuous biomonitoring in assessing water quality in two ponds for 30 consecutive days, in the rainy and dry seasons. Analyzes of parameters such as temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, pH, total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll-a, total suspended solids, total dissolved solids, biochemical oxygen demand, alkalinity and planktonic community were carried out. Similarity analysis showed significant differences in water quality between fish ponds and months, evaluating the impact of these ponds based on environmental parameters. Principal component analysis identified a gradient of conditions with distinct variations between ponds and months. The phytoplankton and zooplankton communities showed significant quantitative variations during the study period, with greater abundance of phytoplankton in the more eutrophic pond while zooplankton occurred in greater abundance in the oligotrophic pond. Changes in the planktonic community were correlated with abiotic factors, this correlation between environmental variables and the planktonic community highlighted the relevance of biomonitoring in the assessment of these aquatic ecosystems. The study reinforced the importance of regular monitoring of water quality, providing essential information for the management and preservation of water resources and aquatic life. Biomonitoring over 30 days revealed variations in plankton composition and abiotic variables, with phytoplankton and zooplankton showing different patterns. The adaptability of the planktonic community to adverse conditions highlights the need for more in-depth studies to evaluate its indicator potential in environments such as fish pond farms.

Keywords: planktonic community, drought and rain, biological monitoring, daily fluctuations.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura desempenha papel crucial na produção de alimentos e no fornecimento de proteína animal no mundo. O crescimento acelerado dessa prática tem causado preocupações sobre a qualidade da água dos sistemas de produção sendo, fundamental estabelecer um biomonitoramento adequado da água, visando garantir condições ótimas de cultivo, com o objetivo de reduzir possíveis doenças nos peixes e deterioração da água (Huan et al., 2020; de Lima et al., 2022).

No cenário mundial, a aquicultura assume um papel vital ao garantir a segurança alimentar e impulsionar o panorama econômico. Sua contribuição para aumentar a disponibilidade e acessibilidade de alimentos em diversas regiões do mundo é fundamental para os volumes globais de produção e a segurança alimentar (Naylor et al., 2021).

Este setor, considerado de crescimento mais rápido no cenário mundial, é reconhecido como uma alternativa viável para garantir a segurança alimentar, proporcionando uma fonte valiosa de proteínas, ácidos graxos essenciais e micronutrientes ausentes em fontes de proteína terrestres. O aumento da demanda por produtos da aquicultura é impulsionado por diversos fatores, incluindo seu alto valor nutricional e os benefícios para a saúde. Considerando a tendência atual da população e as crescentes necessidades de saúde, é plausível supor que a procura por esses produtos continuará a crescer nos próximos anos (Azra et al., 2021).

Apesar dos avanços positivos na eficiência alimentar, na nutrição dos peixes e no desempenho ambiental, a aquicultura enfrenta desafios contínuos, como a gestão de agentes patogênicos, poluição e degradação da qualidade da água (Henriksson et al., 2021). Além disso, a aquicultura tem o potencial de preencher a lacuna entre a demanda e a oferta de forma rentável, mas para isso, são necessárias ações que melhorem a produtividade e reduzam o impacto ambiental da criação de peixes e outros organismos aquáticos (Morón-Elorza et al., 2021).

Sistemas aquáticos artificiais, caracterizados por baixa profundidade, em alguns casos com fluxo de água constante e aporte regular de material alóctone, podem estabelecer um ambiente propício para a proliferação descontrolada de microalgas quando ocorre o manejo inadequado, como por exemplo, a falta de controle de nutrientes e ausência de medidas

preventivas. Essas características descrevem com precisão os viveiros de piscicultura, os quais exigem monitoramento regular da qualidade da água para evitar condições inadequadas de cultivo e a morte dos organismos aquáticos. Muitas pesquisas tem avaliado a qualidade da água em sistemas rasos, no entanto, ainda não existe um período ideal do monitoramento da água, levando em consideração as variações bióticas e abióticas que ocorrem nesses ambientes (Sipaúba-Tavares et al., 2019).

A aquicultura pode contribuir para a eutrofização dos corpos d'água. O processo de eutrofização é impulsionado pelo aumento de nutrientes nos sistemas aquáticos, especialmente nitrogênio e fósforo. A eutrofização também pode variar de acordo com a ecologia do corpo d'água, impactando praticamente todas as comunidades biológicas e suas interações na área aquática (Amer; Abdel-Moneim, 2017). O monitoramento regular dos níveis de nutrientes na água, a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos podem ajudar a identificar e mitigar os impactos da aquicultura na eutrofização.

O biomonitoramento ou monitoramento biológico, faz uso de uma variedade de organismos biológicos para avaliar as condições ecológicas de um determinado ecossistema. Bioindicadores específicos são empregados nessa abordagem para oferecer informações qualitativas sobre o ambiente, enquanto o biomonitoramento envolve a coleta e análise de dados precisos e quantitativos, como pH, oxigênio e organismos vivos para uma compreensão detalhada das condições do ambiente. A combinação dessas abordagens pode fornecer uma perspectiva mais abrangente e completa na análise (Pore et al., 2020).

As observações e análises regulares das comunidades biológicas nos ecossistemas de água doce, desempenham papel fundamental ao fornecer informações antecipadas sobre a presença de poluição e a degradação desses ambientes. Essa abordagem se destaca por sua capacidade de identificar mudanças antes mesmo que os efeitos negativos se tornem evidentes, permitindo a intervenção precoce e a tomada de medidas corretivas quando necessário. Dessa forma, o biomonitoramento atua como um sistema de alerta precoce, desempenhando um papel crucial na preservação e gestão responsável dos ecossistemas de água doce (Gecheva; Yurukova, 2013).

O biomonitoramento e a bioavaliação são essenciais para identificar causas potenciais de degradação que não podem ser detectadas pela avaliação química da qualidade da água,

tais como poluição de fonte difusa, mudanças na morfologia dos corpos d'água, uso inadequado da terra, erosão e/ou represamento (Abdelkarim, 2020).

O monitoramento da água é crucial para qualquer tipo de produção, uma vez que as variáveis ambientais sofrem alterações constantes devido a fatores como temperatura, clima e atividade humana. Muitos estudos têm se concentrado na diversidade desses ecossistemas, mas muitas vezes negligenciam as mudanças que ocorrem ao longo do tempo. Por exemplo, a comunidade fitoplanctônica pode sofrer variações em períodos que vão desde horas até anos (Lara et al., 2011).

As comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas são excelentes indicadores de poluição aquática, uma vez que muitas espécies são sensíveis às mudanças no ambiente, manifestando alterações em sua diversidade e abundância. Portanto, esses organismos são ideais para o biomonitoramento da qualidade da água (El-kassas; Gharib, 2016). Além disso, as mudanças sazonais exercem grande influência nas comunidades planctônicas, resultando em modificações durante as estações de seca e chuva em sistemas rasos artificiais (Lachi; Sipaúba-Tavares, 2008).

Um exemplo notável é o sistema de monitoramento desenvolvido por Loyola e Lacatan (2020), que utiliza processos tecnológicos, como a árvore de regressão, para avaliar a qualidade da água. No entanto, esse sistema abrange principalmente, variáveis físicas e químicas da água. Portanto, não se deve subestimar a importância das variáveis bióticas da água, como a comunidade planctônica. Algumas espécies de Cyanobacteria se adaptam facilmente às condições adversas, como baixa intensidade de luz, e algumas são capazes de liberar cianotoxinas na água, que podem ser assimiladas pelos peixes, afetando sua saúde, desde danos ao fígado e ao sistema nervoso até irritações na pele, podendo até mesmo levar à morte em casos mais graves (Svirčev et al., 2015).

A utilização do fitoplâncton no processo de biomonitoramento oferece uma relação custo-benefício favorável para avaliar o nível de eutrofização. Atividades de biomonitoramento direcionadas aos principais componentes físico-químicos e biológicos são essenciais para avaliar a condição dos recursos aquáticos, juntamente com os parâmetros ambientais correlacionados (Mohan; Priyadarshinee, 2022). A importância do zooplâncton é amplamente reconhecida, pois desempenha um papel vital na cadeia alimentar sendo fundamental para a ciclagem da matéria orgânica no ecossistema aquático (Pallvi, 2022).

Esses microrganismos desempenham um papel de significativa importância nos ecossistemas, uma vez que estabelecem uma conexão crucial entre a produção primária e os níveis tróficos superiores, além de atuarem como monitoradores da qualidade da água, níveis de poluição e o grau de eutrofização (Heneash; Alprol, 2020). Além disso, a produção primária do fitoplâncton também pode ser afetada pelos sedimentos, que contêm grandes concentrações de fósforos. Quando essas concentrações são liberadas na coluna d'água, ocorre a eutrofização dos sistemas, favorecendo o surgimento e crescimento acelerado de microalgas (Chen et al., 2018).

Entender a influência dos parâmetros físicos e químicos na variação sazonal da comunidade planctônica além de ser importante para conhecer a diversidade, é também essencial para antever a evolução das espécies ao longo do tempo (Simon et al., 2015). Qualquer alteração ambiental reflete no balanço entre a taxa de “input” dos elementos em um dado período e a capacidade do ambiente absorver este “input” (Sipaúba-Tavares, 2013).

A aplicação de abordagens avançadas e versáteis na avaliação da biodiversidade tem o potencial de melhorar consideravelmente o monitoramento da qualidade da água. Essas técnicas desempenham um papel crucial na melhoria da gestão da saúde pública, na funcionalidade dos ecossistemas e na promoção da durabilidade. Ao mesmo tempo, ajuda a mitigar os riscos socioeconômicos que a sociedade enfrenta atualmente às mudanças climáticas e às pressões humanas (Machuca-Sepúlveda et al., 2023).

Este estudo objetivou a realização de um biomonitoramento diário consecutivo ao longo de um período de 30 dias, com a finalidade de avaliar as características limnológicas em dois viveiros, durante as estações de chuva e seca. A escolha de conduzir a coleta de dados ao longo de 30 dias consecutivos é fundamentada em experiências anteriores, em que estudos com duração mais curta de apenas 5 dias consecutivos foram realizados, observando-se consideráveis variações nos parâmetros da água e na comunidade planctônica durante esse curto período de tempo.

Essa variação significativa em um período tão limitado despertou interesse e levantou questões importantes sobre a dinâmica desses sistemas aquáticos. Para compreender melhor essa flutuação e a resposta das variáveis da água e da comunidade planctônica ao longo de um período mais extenso, optou-se por um monitoramento contínuo de 30 dias corridos. Essa abordagem possibilita a obtenção de uma visão mais abrangente e minuciosa das mudanças

e tendências ao longo do mês, facilitando a identificação de padrões sazonais ou não, bem como de eventos anômalos que poderiam passar despercebidos em estudos de curta duração.

A análise detalhada realizada não apenas buscou compreender os padrões de variação desses parâmetros, mas também se propôs a estabelecer uma base sólida para orientar as tomadas de decisão no âmbito da aquicultura, com o intuito de preservar a qualidade da água e assegurar o sucesso a longo prazo deste setor, não apenas para sustentar os ecossistemas aquáticos, mas também para garantir seu uso seguro. É importante destacar que, embora haja muitos estudos que avaliem tanto os aspectos bióticos quanto abióticos da água, este trabalho se destaca por abranger um período de avaliação prolongado e consecutivo, visando compreender a dinâmica do sistema aquático ao longo do tempo.

8. CONCLUSÃO

Durante o período de estudo, o biomonitoramento evidenciou variações na comunidade planctônica e nas variáveis abióticas ao longo de 30 dias consecutivos. Foi observada maior abundância de fitoplâncton no ponto de amostragem mais eutrófico, enquanto o zooplâncton predominou no V1 (oligotrófico), independentemente do período (chuva ou seca). As comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, apresentaram variação mais expressiva em termos quantitativos, enquanto a variação qualitativa, embora presente, foi menos significativa estatisticamente. Além disso, constatou-se que as mudanças nas comunidades planctônicas estiveram correlacionadas com as variações nos parâmetros físicos e químicos. Este resultado evidencia que o biomonitoramento proporciona informações precoces, permitindo antecipar potenciais impactos, como florescimentos de algas e desta forma, auxiliar na área da aquicultura, ajudando na preservação da qualidade da água e assim o ecossistema aquático, além de garantir o sucesso da aquicultura. A capacidade de adaptação da comunidade planctônica a essas condições, abrangendo tanto períodos de chuva quanto de seca, e ambientes eutróficos e oligotróficos, destaca a necessidade de investigações adicionais, visando uma compreensão mais completa de seu potencial como indicadores nessas condições específicas de viveiros.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkarim, M. S. (2020). Biomonitoring and bioassessment of running water quality in developing countries: A case study from Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(4), 313-324.
- Adamovich, B. V., & Medvinsky, A. B. (2023). Human activity as a factor causing the biomass, structure, and seasonal dynamics of phytoplankton in adjacent fishponds. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 1-29.
- Amer, A., & Abdel-Moneim, M. (2017). Bioremediation of Reactive Blue 19 and Reactive Black 5 from aqueous solution by using fungi *Aspergillus niger*. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 6, 1676-1686.
- Amorim, C. A., & do Nascimento Moura, A. (2021). Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 758, 143605.
- Apha - American Public Health Association. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (19th ed.).
- Arcifa, M. S., de Souza, B. B., de Moraes-Junior, C. S., & Bruno, C. G. C. (2020). Functional groups of rotifers and an exotic species in a tropical shallow lake. *Scientific Reports*, 10(1), 14698.
- Azra, M. N., Okomoda, V. T., Tabatabaei, M., Hassan, M., & Ikhwanuddin, M. (2021). The contributions of shellfish aquaculture to global food security: assessing its characteristics from a future food perspective. *Frontiers in Marine Science*, 8, 654897.
- Bazhenova, O. P., & Krentz, O. O. (2018). Phytoplankton as an indicator of ecological state of the Saltain-Tenis Lake System (Omsk Region). *Contemporary Problems of Ecology*, 11(2), 168-178.
- Belfiore, A. P., Buley, R. P., Fernandez-Figueroa, E. G., Gladfelter, M. F., & Wilson, A. E. (2021). Zooplankton as an alternative method for controlling phytoplankton in catfish pond aquaculture. *Aquaculture Reports*, 21, 100897.
- Bicudo, C. D. M., & Bicudo, D. D. C. (2004). *Amostragem em limnologia*. São Carlos: Rima, 2.

- Bicudo, C. E. M., & Menezes, M. (2006). Gênero de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos: Rima.
- Bourrelly, P. (1968). Les algues D'eau douce: les jaunes et brunes – Chrysophycées, Phéophycées, Xantophycées et deatomées. Paris: Éditiones N. Boubée & Cie.
- Bourrelly, P. (1970). Les algues D'eau douce: Euglénies, Péridiniens, algues rouges et algues blues. Paris: Éditiones N. Boubée & Cie.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1992). Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn, USA.
- Brito, J. S., Michelan, T. S., & Juen, L. (2021). Aquatic macrophytes are important substrates for Libellulidae (Odonata) larvae and adults. *Limnology*, 22(1), 139-149.
- Chen, M., Ding, S., Chen, X., Sun, Q., Fan, X., Lin, J., Ren, M., Yang, L., & Zhang, C. (2018). Mechanisms driving phosphorus release during algal blooms based on hourly changes in iron and phosphorus concentrations in sediments. *Water Research*, 133, 153-164.
- Choi, Y., Oh, H. J., Lee, D. H., Jang, M. H., Lee, K. L., Chang, K. H., & Kim, H. W. (2023). Current Utilization and Further Application of Zooplankton Indices for Ecosystem Health Assessment of Lake Ecosystems. *Sustainability*, 15(14), 10950.
- Clasen, B., Storck, T. R., & Tiecher, T. L. (2022). Aquatic biomonitoring: Importance, challenges, and limitations. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18(3), 597-598.
- Conde, T. T., da Cunha Codognoto, L., Faria, G. A., Maltoni, K. L., & da Silva Ribeiro, C. (2021). Parâmetros Limnológicos de corpos hídricos utilizados para produção de Tambaqui na Amazônia. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(1), 1-11.
- Da Silva Morales, Ú., Rotta, M. A., Fornari, D. C., & Streit Jr, D. P. (2022). Aquaculture Sustainability Assessed by Emergy Synthesis: The Importance of Water Accounting. *Agriculture*, 12(11), 1947.
- De Lima Sousa, L., Medeiros, N. B. C., Dos Santos, J. S., Rodrigues, M., Kuhn, E. C., Cauduro, V. H., Müller, E. I., Ávila, D. S., & Nunes-Rodrigues, M. D. (2022). Biomonitoring in a fish farm in the Legal Amazon revealed physiological alterations in *Caenorhabditis elegans*. *Aquaculture Research*, 53(17), 6080-6089.

- Ding, Y., Li, M., Pan, B., Zhao, G., & Gao, L. (2022). Disentangling the drivers of phytoplankton community composition in a heavily sediment-laden transcontinental river. *Journal of Environmental Management*, 302, 113939.
- Dyer, F., Sangston, D., Tschierchke, A., Wright, D., Ross-Magee, P., Couch, A., & Lintermans, M. (2016). Water quality and Murray cod: Temperature and dissolved oxygen in pools of the upper Murrumbidgee River. In *International Symposium on Ecohydraulics (11th: 2016: Melbourne, Vic)* (pp. 467-473). Barton, ACT: Engineers Australia.
- El-Kassas, H. Y., & Gharib, S. M. (2016). Phytoplankton abundance and structure as indicator of water quality in the drainage system of the Burullus Lagoon, southern Mediterranean coast, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 1-14.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A. (1997). Manual of identification of limnic cladocerans of Brazil. Editora Universa-UCB, Taguatinga – DF, Brasil.
- Fan, T., Amzil, H., Fang, W., Xu, L., Lu, A., Wang, S., ... & Wei, X. (2022). Phytoplankton-Zooplankton Community Structure in Coal Mining Subsidence Lake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 484.
- Franceschini, I. M., Burliga, A. L., Reviers, B., Prado, J. F., & Rézig, S. H. (2010). Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. São Paulo: Artmed Editora S.A.
- Gecheva, G., & Yurukova, L. (2013). Water pollutant monitoring with aquatic bryophytes: a review. *Environ Chem Lett*, 12(1), 49-61.
- Golterman, H. L., Clymo, R. S., & Ohnstad, M. A. M. (1978). Methods for physical & chemical analysis of freshwaters. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Hammer, O; Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol electron*, 4, 9.
- Heneash, A. M. M., Alprol, A. E. (2020). Monitoring of water quality and zooplankton community in presence of different dietary levels of commercial wood charcoal of red tilapia. *J. Aquac. Res. Dev*, 11, 1-6.
- Henriksson, P. J. G., Troell, M., Banks, L. K., Belton, B., Beveridge, M. C. M., Klinger, D. H., ... & Tran, N. (2021). Interventions for improving the productivity and environmental performance of global aquaculture for future food security. *One Earth*, 4(9), 1220-1232.

- Huan, J., Li, H., Wu, F., & Cao, W. (2020). Design of water quality monitoring system for aquaculture ponds based on NB-IoT. *Aquacultural Engineering*, 90, 102088.
- Ibrahim, A. N. A. F., Castilho-Noll, M. S. M., & Valenti, W. C. (2023). Zooplankton community dynamics in response to water trophic state in integrated multitrophic aquaculture. *Boletim do Instituto de Pesca*, 49.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J. P., Havens, K. E., Anneville, O., Carvalho, L., ... & Winder, M. (2005). Lake responses to reduced nutrient loading—an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater biology*, 50(10), 1747-1771.
- Ke, Z., Tan, Y., Huang, L., Zhang, J., & Lian, S. (2012). Relationship between phytoplankton composition and environmental factors in the surface waters of southern South China Sea in early summer of 2009. *Acta Oceanologica Sinica*, 31, 109-119.
- Koroleff, F. (1976). Determination of nutrients. In: E. GRASHOF and E. KREMLING, orgs. Methods of seawater analysis. German: Verlag Chemie Weinheim.
- Koste, W. (1978). Rotatoria. Die Raèdertiere Mitteleuropas, 2. Berlin: Borntraeger.
- Kumar, J. Y., Reddy, S. J., & Suguna, T. (2020). Role of Plankton in Aquaculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9), 2848-2851. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.351>
- Lachi, G. B.; Sipaúba-Tavares, L. H. (2008). Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34(1), 29-38.
- Lara, G. H. B.; Barbosa, F. A. R. & Marcilio, N. R. (2011). Changes in the phytoplankton community over days, weeks, months, and years. *Aquatic Biology*, 14(1), 79-89.
- Le Thu, H., Nguyen, T. L., & Bui, T. H. (2016). The relationships between environmental factors and phytoplankton diversity indices in some estuarine ecosystems of Vietnam. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 32(1S).
- Lemonnier, H., Lantoine, F., Courties, C., Guillebault, D., Nézan, E., Chomérat, N., ... & Laugier, T. (2016). Dynamics of phytoplankton communities in eutrophying tropical shrimp ponds affected by vibriosis. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 449-459.

- Lo, L. S. H., Xu, Z., Lee, S. S., Lau, W. K., Qiu, J. W., Liu, H., ... & Cheng, J. (2022). How elevated nitrogen load affects bacterial community structure and nitrogen cycling services in coastal water. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1062029.
- Lomartire, S., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. (2021). The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. *Ecological Indicators*, 129, 107867.
- Long, S. X., Chen, C., Liu, Z. W., & Ye, X. Y. (2013). Relationship between phytoplankton and environment factors in Lake Hongfeng. *Journal of Environmental Biology*, 34(2 suppl), 445.
- Loyola, L. G. & Lacatan, L. L. (2020). Survivability of Aqua Marine Products in Fish Ponds through Water Quality Evaluation Using Machine Learning Algorithm. The Mattingley Publishing Co., Inc., 82, 3954-3960.
- Lund, J. W. G., Kipling, C., & Lecren, E. D. (1958). The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical bases of estimating by counting. *Hidrobiologia*, 11, 143-170.
- Macedo, C. F., & Sipaúba-Tavares, L. H. (2010). Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do instituto de Pesca*, 36(2), 149-163.
- Machuca-Sepúlveda, J., Miranda, J., Lefin, N., Pedroso, A., Beltrán, J. F., & Farias, J. G. (2023). Current Status of Omics in Biological Quality Elements for Freshwater Biomonitoring. *Biology*, 12(7), 923.
- Mackerth, F. J. H., Heron, J., & Talling, F. J. (1978). Water analysis: some revised methods for limnologists. *Cumbria: Freshwater Biol. Assoc. Sci. Pub.*, 120.
- Mohan, B., & Priyadarshinee, S. S. (2022). Phytoplankton as Biomonitoring agent in two Perennial lakes of Coimbatore city, Tamil Nadu, India.
- Morón-López, J. (2021). A holistic water monitoring approach for an effective ecosystem management. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 21(3), 549-554.
- Moura e Silva, M. S. G., Losekann, M. E., Luiz, A. J. B., Kobayashi, J. T., & Hisano, H. (2022). Biomonitoring as a potential tool for water quality in tilapia culture: a case study of Baixa Mogiana region of São Paulo State, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(9), 597.

- Muñoz-Colmenares, M. E., Sendra, M. D., Sòria-Perpinyà, X., Soria, J. M., & Vicente, E. (2021). The use of zooplankton metrics to determine the trophic status and ecological potential: An approach in a large Mediterranean watershed. *Water*, 13(17), 2382.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., ... & Troell, M. (2021). Uma revisão retrospectiva de 20 anos da aquicultura global. *Natureza*, 591 (7851), 551-563.
- Nusch, E. A. (1980). Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Archive für Hydrobiologie*, 14, 14-36.
- Oliveira, S. A. D., Ferragut, C., & Bicudo, C. E. D. M. (2020). Relationship between phytoplankton structure and environmental variables in tropical reservoirs with different trophic states. *Acta Botanica Brasilica*, 34, 83-93.
- Pallvi, M. (2022). Seasonal Zooplankton Community of Shatiya Wetland in Gopalganj District of North Bihar. *The Scientific Temper*, 13(01), 103-107.
- Pham, T. L. (2017). Environmental gradients regulate the spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam. *Ocean Science Journal*, 52, 537-547.
- Pore, S., Ghosh, S., Zalat, A. A., & Keshri, J. P. (2020). Study of phytoplankton flora and its use as a biomonitoring tool to determine the water quality of Krishnasayar Lake, Burdwan, West Bengal, India. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 25(4), 367-376.
- Rasool, F., Parveen, S., Manzoor, K., & Mahmood, S. (2022). Correlation of planktonic biomass with other physico-chemical parameters of water quality in fertilized fish ponds. *International Journal of Applied and Experimental Biology*, 1(1), 39-47.
- Segers, H. (1995). Rotifera: the Lecanidae (Monogononta). In DUMONT, HJF. (ed). *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*. Netherlands: SPB Academic.
- Simon, M., López-García, P., Deschamps, P., Moreira, D., Restoux, G., Bertolino, P., & Jardillier, L. (2015). Marked seasonality and high spatial variability of protist communities in shallow freshwater systems. *The ISME journal*, 9(9), 1941-1953.
- Sipaúba-Tavares, L. H. (2013). *Uso racional da água em aquicultura*. Maria de Lourdes Brandel - ME, 190p.

- Sipaúba-Tavares, L. H., & Santeiro, R. M. (2013). Fish farm and water quality management. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 35(1), 21-27.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Anatriello, C. B., Milstein, A., Millan, R. N., & Scardoeli-Truzzi, B. (2017). Macrophyte-environment relationships during a monospecific and a multispecific massive invasion in a fish pond. *Tropical Plant Research*, 4(3), 277-283.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Freitas, A. M., & Braga, F. M. D. S. (1999). The use of mechanical aeration and its effects on water mass. *Revista Brasileira de Biologia*, 59, 33-42.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Guariglia, C. S. T., & Braga, F. M. D. S. (2007). Effects of rainfall on water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Brazilian Journal of Biology*, 67, 643-649.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Lourenço, E. M., & de Souza Braga, F. M. (2010)a. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 9-15.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Millan, R. N., & do Amaral, A. A. (2010)b. Influence of management on plankton community of fishponds during the dry and rainy seasons. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(1), 70-79.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Millan, R. N., Capitano, É. C. O., & Scardoeli-Truzzi, B. (2019). Abiotic parameters and planktonic community of an earthen fish pond with continuous water flow. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31.
- Sipaúba-Tavares, L. H., Oliveira, D., Castagnolli, M., Bachion, M., & Durigan, J. (1991). Estudo batimétrico e morfométrico em represas. *Ciência Zootécnica*, 6(1), 10-12.
- Su, X., Steinman, A. D., Xue, Q., Zhao, Y., Tang, X., & Xie, L. (2017). Temporal patterns of phyto-and bacterioplankton and their relationships with environmental factors in Lake Taihu, China. *Chemosphere*, 184, 299-308.
- Suleiman, M., Choffat, Y., Dagaard, U., & Petchey, O. L. (2021). Large and interacting effects of temperature and nutrient addition on stratified microbial ecosystems in a small, replicated, and liquid-dominated Winogradsky column approach. *Microbiologyopen*, 10(3), e1189.
- Sultana, S., Khan, S., & Hena, S. M. (2023). Seasonal dynamics of zooplankton in a eutrophic fish pond of Bangladesh in relation to environmental factors. *J Aquac Mar Biol*, 12(2), 129-136.

- Sun, Y., Li, H., Yang, Q., Liu, Y., Fan, J., & Guo, H. (2020). Disentangling effects of river inflow and marine diffusion in shaping the planktonic communities in a heavily polluted estuary. *Environmental Pollution*, 267, 115414.
- Svirčev, Z., Lujić, J., Marinović, Z., Drobac, D., Tokodi, N., Stojiljković, B., & Meriluoto, J. (2015). Toxicopathology induced by microcystins and nodularin: A histopathological review. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 33(2), 125-167.
- Torres, M. J., Castro, H. A. H., & Vega, L. C. (2021). Variación temporal de la composición y abundancia del fitoplancton en Ciénaga Honda, Cartagena, Colombia. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 16(2), 168-179.
- Vanderstukken, M., Declerck, S. A., Decaestecker, E., & Muylaert, K. (2014). Long-term allelopathic control of phytoplankton by the submerged macrophyte *E. lodea nuttallii*. *Freshwater Biology*, 59(5), 930-941.
- Ye, Y. Y., Luo, Y., Wang, Y., Lin, M., Xiang, P., & Ashraf, M. A. (2017). Relation between diversity of phytoplankton and environmental factors in waters around Nanri Island. *Applied Ecology & Environmental Research*, 15(3).
- Zhenjiang, W. A. N. G., & Hongxian, Y. U. (2017). Canonical correspondence analysis of phytoplankton community and environmental factors in Genhe river. *Asian Agricultural Research*, 9(1812-2018-722), 24-27.
- Zhu, H., Xiong, X., Liu, B., & Liu, G. (2024). Lakes-scale pattern of eukaryotic phytoplankton diversity and assembly process shaped by electrical conductivity in central Qinghai-Tibet Plateau. *FEMS Microbiology Ecology*, 100(1), fiad163.