

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

Influência temporal dos fatores ambientais sobre os grupos funcionais do fitoplâncton em um reservatório do semiárido.

*Mateus Santos de Araújo Silva¹; Ranielle Daiana dos Santos Silva²; Aline Maria Bezerra Nery³;
Tatiane Medeiros Queiroz⁴; José Etham de Lucena Barbosa⁵.*

Abstract: Microalgae blooms are one of the main problems related to the reduction of water quality, making it essential to recognize the factors that influence the biomass of these organisms. The objective of this study was to evaluate the influence of temporal variation of environmental variables on the functional groups of phytoplankton in a semiarid reservoir. The study was conducted in the Poções reservoir, located in Monteiro, in the state of Paraíba. The phytoplankton community was classified into functional groups, and through a Pearson correlation analysis, we identified which environmental variables were related to the functional groups. The groups with the largest biomass were K, LO, S1, T and X2. After performing the Pearson correlation, it was possible to analyze that group K had a positive relationship with dissolved oxygen, while group S1 had a negative correlation with DIN and PT and a positive correlation with volume. Group T had a negative correlation with precipitation. The functional group K, known as R-strategist, obtained the largest biomass during periods of high nutrient concentrations and turbidity. The LO group showed codominance with the T group in 2021, a K-strategist group, and another C, respectively. The X2 (K/S strategist) and S1 (C/R strategist) groups dominated in 2019 and 2022, respectively. Changes in environmental factors modify the community, demonstrating the importance of monitoring water bodies for the development of efficient management plans.

Keywords: Cyanobacteria, Eutrophication, Water Volume.

Resumo: A floração de microalgas é um dos problemas centrais relacionados a diminuição da qualidade de água, se tornando essencial reconhecer quais são os fatores que influenciam na biomassa desses organismos. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da variação temporal das variáveis ambientais sobre os grupos funcionais do fitoplâncton em um reservatório do semiárido. O estudo foi conduzido no reservatório de Poções, localizado em Monteiro, no estado da Paraíba. A comunidade fitoplancônica foi enquadrada nos grupos funcionais, e por meio de uma análise de correlação de Pearson, identificamos quais variáveis ambientais tinha relação com os grupos funcionais. Os grupos com maiores biomassa foram o K, LO, S1, T e X2, após feito a correlação de Pearson, foi possível analisar que o grupo K obteve uma relação positiva com o oxigênio dissolvido, enquanto o grupo S1, teve uma correlação negativa com o DIN e PT e positiva com o volume. O grupo T teve correlação negativa com a precipitação. O grupo funcional K, conhecido por ser R-estrategista obteve a maior biomassa, durante períodos de altas concentrações de nutrientes e turbidez, o grupo LO apresentou codominância com o grupo T em 2021, um grupo K-estrategista, e outro C, respectivamente. O grupo X2 (K/S estrategista), e S1 (C/R estrategista) dominaram em 2019 e 2022, respectivamente. As

¹⁾ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e conservação (PPGEC), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), mateusjubileu.mj13@gmail.com.

mudanças nos fatores ambientais modificam a comunidade, demonstrando a importância do monitoramento dos corpos hídricos para o desenvolvimento de planos de manejo eficientes.

Palavras-Chave: Cianobactérias, Eutrofização, Volume hídrico.

INTRODUÇÃO

As águas continentais são recursos que possuem importância econômica, cultural e ecológica, no entanto, esses recursos vêm sofrendo com pressões antrópicas, como o aumento da população e urbanização, que acarretam na maior demanda por água de qualidade (He et al., 2021; Musie e Gonfa, 2023). Além disso, o uso de agrotóxicos e despejo de efluentes nos corpos d'água, influenciam no fenômeno da eutrofização, que consiste no aumento das concentrações de nutrientes presentes nos corpos hídricos, principalmente, o fósforo (P) e nitrogênio (N), que são nutrientes limitantes do crescimento do fitoplâncton (Akinnawo, 2023; Slowinski et al., 2023).

A eutrofização promove o crescimento excessivo de algumas espécies do fitoplâncton, em especial das florações de cianobactérias, que é amplamente associada com a diminuição da qualidade da água (Amorim e Moura et al., 2021). A comunidade fitoplanctônica é diversa, e as espécies que a compõem possuem diferentes formas, tamanhos e adaptações ao ambiente em que vivem, bem como para suportar as mudanças ambientais (Naselli-flores et al., 2021). As cianobactérias são um grupo de organismos bastante estudados devido suas características adaptativas que permitem seu sucesso e formação de florações, algumas das modificações que essas florações causam nos ecossistemas aquáticos são: a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, mudanças das características organolépticas (cor, odor e sabor) (Carey et al., 2012). Além disso, algumas espécies de cianobactérias são capazes de produzir toxinas, que podem ser hepatóxicas, citotóxicas, neurotóxicas ou dermatotóxicas (Huisman et al., 2018; Sotero-Martins et al., 2021).

Altas temperaturas também são fatores que favorecem o crescimento desses organismos, o que se torna preocupante diante do aumento na temperatura global, considerando cenários de mudanças climáticas previstos pelo IPCC (“Intergovernmental Panel on Climate Change”) (Pearl e Huisman, 2009; Smucker et al., 2021). Além dessas variáveis, fatores como salinidade, pH, turbidez afetam a composição e biomassa da comunidade (Mendes et al., 2018), favorecendo organismos que possuem maior tolerância a distúrbios como espécies de cianobactérias diazotróficas e consequentemente, causando alterações na estrutura da comunidade (Li et al., 2021).

Regiões tropicais semiáridas enfrentam dificuldades relacionadas com a segurança hídrica, devido sua condição climática de altas taxas de evapotranspiração, altas temperaturas, longos períodos de seca e chuvas escassas, o que requer a construção de reservatórios para reserva de água e garantia do abastecimento público (Barbosa et al., 2012; Gutiérrez et al., 2014). Esse cenário se torna ainda mais preocupante quando consideramos as previsões de mudanças climáticas e adaptações de alguns grupos da comunidade fitoplanctônica, colocando em risco a qualidade da água desta região, tornando necessário ações para promover segurança hídrica como a transposição de águas, que afetam o funcionamento dos ecossistemas, alterando seu volume e características limnológicas que afetam os organismos do ecossistema (Barbosa et al., 2021; Mendes et al., 2021).

Mudanças nos volumes dos reservatórios geralmente estão associadas com mudanças nas condições como salinidade, turbidez, concentrações de nutrientes, ph (Znachro et al., 2020), impactando de forma direta e indiretamente a ocorrência de grupos que se favorecem a partir da sua

estratégia de vida e capacidade de resistir a distúrbios (Pan et al., 2018). A redução do volume hídrico está associada a altos níveis de nutrientes, assim como aumento da salinidade e turbidez, esses fatores afetam diretamente no fitoplâncton, que precisa de uma disponibilidade luz e nutrientes para sobreviver (Mendes et al., 2021). O aumento dos nutrientes por exemplo, favorece espécies R e K-estrategistas, que crescem mais rápido em resposta de aumento de nutrientes e suportam a limitação de luz (Reynolds et al., 2022; Baker e Hilt, 2015). Em contrapartida, o aumento do volume hídrico vem sendo associado a melhoria da qualidade da água e sucessão de espécies, favorecendo espécies que são menos resistentes a limitação por luz, como as C e S estrategistas (Brun et al., 2015; Costa et al., 2023).

Portanto, compreender como esses organismos respondem aos fatores ambientais é de grande importância para o entendimento dos processos sucessionais que modulam a comunidade fitoplânctonica, e o manejo adequado dos recursos hídricos. Com base nisso, o uso de abordagens para compreender o funcionamento das mudanças nesta comunidade é essencial, dentre as quais se destacam a abordagem taxonômica e funcional. Na abordagem taxonômica considera-se as relações evolutivas dos organismos, e na funcional é avaliado os traços funcionais (morphológicos e fisiológicos) das espécies e como estes podem promover a ocorrência de espécies em determinado habitat (Kruk et al., 2021). Essa abordagem agrupa organismos de diferentes táxons em grupos baseado em traços funcionais que são compartilhados entre si, como tamanho da célula, afinidade com nutrientes, capacidade de fixar nitrogênio e formar colônias (Reynolds et al., 2002, Padisák et al., 2009, Kruk et al., 2017). Por meio desta análise é possível compreender melhor o funcionamento da comunidade fitoplânctonica, e como ela responde as alterações das variáveis ambientais, e desta servir de base para produção de planos de manejo eficientes e específicos (Amorim e Moura, 2022; Lucena-Silva et al., 2022).

Compreender quais os fatores ambientais estão relacionados com o sucesso dos grupos funcionais é essencial para estabelecer planos de manejo adequados para os corpos hídricos, principalmente quando se considera uma variação temporal, o que permite uma compreensão mais adequada das respostas a variações ambientais dessa comunidade e suas adaptações em meio a estresses ambientais. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de variáveis ambientais sobre a variação temporal dos grupos funcionais do fitoplâncton em um reservatório do semiárido.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo ocorreu no reservatório Poções, localizado no município de Monteiro, situado na bacia hidrográfica do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil. O reservatório possui volume de aproximadamente 29,3 hm³, sendo a maior parte das águas utilizadas para o abastecimento público da cidade de Monteiro, AESA, (2025). Este reservatório foi o primeiro a receber as águas da transposição do rio São Francisco na Paraíba.

Coleta de Dados

As amostragens foram realizadas no período de julho, outubro e dezembro de 2015, fevereiro, julho e outubro de 2016, fevereiro, junho e outubro de 2017, agosto e dezembro de 2018, abril e

outubro de 2019, dezembro de 2021 e maio de 2022, totalizando sete anos de estudo. As amostragens ocorreram na subsuperfície das regiões lóticas, transição e lêntica do reservatório.

Os dados de volume e precipitação foram obtidos no site Agência Nacional das Águas (ANA). As variáveis físicas = como Turbidez (NTU), pH, Oxigênio dissolvido (OD), temperatura foram medidas *in situ* com auxílio de uma sonda multiparamétrica HORIBA.

Comunidade fitoplancônica

Para análise qualitativa da comunidade fitoplancônica foram filtrados 50 litros de água com uma rede com abertura de malha de 20 μm , e em seguida a amostra foi armazenada em uma garrafa de 200 mL e fixada com formol a 4%. Em laboratório foram preparadas e observadas lâminas semipermanentes das amostras em um microscópio óptico zeiss axioskop 40 (carl zeiss, jena, alemanha). Os táxons foram identificados utilizando as chaves de identificação de Komárek e Anagnostidis (1989, 1999, 2005), Komárek et al. (2002) e Komárek (2013). As amostras para análise quantitativa do fitoplâncton foram coletadas diretamente da água, armazenadas em frascos âmbar e fixadas com lugol a 1%. A análise quantitativa das cianobactérias foi realizada utilizando um microscópio invertido zeiss axiovert 40 c, com aumento de 400x, seguindo a metodologia de Uthermühl (1958). A densidade das cianobactérias (indivíduos ml^{-1}) foi calculada utilizando a fórmula descrita por Ross (1979), e o biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) foi estimado multiplicando-se a densidade de cada espécie pelo volume médio das células (baseado em aproximadamente 20 indivíduos por espécie). O volume celular foi calculado considerando modelos geométricos próximos ao formato de cada espécie (esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipsoides e outros), conforme descrito por Hillebrand et al. (1999). Por fim, os dados foram convertidos em biomassa assumindo o peso fresco unitário expresso como massa de $1 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1} = 1 \text{ mg L}^{-1}$ (Wetzel and Likens, 2000).

Seguimos o proposto por Reynolds et al. (2002), e utilizamos apenas as espécies que contribuíram com >5% da biomassa, espécies consideradas descriptivas, classificamos as espécies fitoplancônicas em grupos funcionais, seguindo o proposto por Reynolds et al. (2002), Padisák et al. (2009) e Kruk et al. (2017), baseado em traços morfológicos e fisiológicos.

Análise estatística

Realizamos uma PERMANOVA, para buscar compreender se houveram diferenças significativas entre as variáveis ambientais durante os anos. E para entender a relação das variáveis ambientais com os grupos funcionais, realizamos uma análise de correlação de Pearson.

RESULTADOS

Caracterização ambiental

A PERMANOVA indicou que houve variância significativa entre os valores dos fatores ambientais entre os anos que consideramos neste estudo ($F:0,6104$; $p<0,01$). Em nossos resultados foi possível observar que as variáveis ambientais como condutividade elétrica (EC), sólidos totais dissolvidos (TDS) e turbidez, apresentaram uma tendência de diminuição das suas concentrações com o passar do tempo, seus maiores valores foram apresentados em 2015, 8,34 (MS CM^{-1}), 5,25 mgL^{-1} e 441,22, respectivamente, já os menores, nos anos de 2021 para a turbidez com 17,9, e 2022 para EC e TDS, chegando a 0,152 e 0,094, respectivamente. O oxigênio dissolvido teve seu maior pico em 2016, 13,25 mgL^{-1} , e após isso apresentou uma queda em 2017 (8,07 mgL^{-1}), seguida por uma

tendência de aumento nos anos seguintes. A salinidade apresentou uma grande diminuição com o passar dos anos, saindo de 3,34 ppt em 2015 para 0,007ppt em 2022. A temperatura da água também variou muito entre os anos, chegando a 28°C em 2018, e seguiu com a temperatura abaixando até 2022 com 26,2°C. Podemos observar que a transparência da água aumentou com o passar dos anos, com uma diminuição no último ano analisado. Os nutrientes representados pelo nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) e fósforo total (PT), demonstram seguir o mesmo padrão com o passar do tempo, seguindo uma diminuição, o maior valor relacionado ao PT ocorreu em 2015, chegando a 614,04 $\mu\text{g/L}^{-1}$, enquanto o DIN media 113,53 $\mu\text{g/L}^{-1}$, o maior valor para o DIN ocorreu em 2018, quando chegou a 275,20 $\mu\text{g/L}^{-1}$, neste mesmo ano o PT marcou 552,55 $\mu\text{g/L}^{-1}$, após 2021 ambos os nutrientes apresentaram uma diminuição.

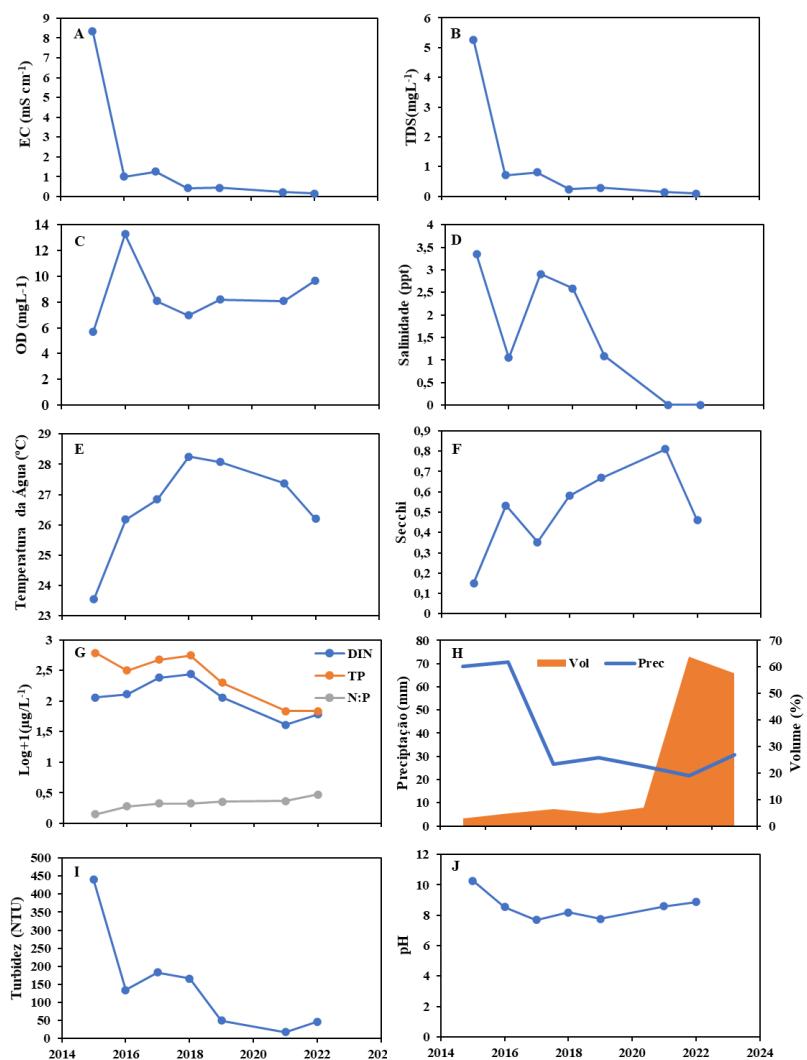


Figura 1. Dinâmica dos fatores ambientais durante os anos de 2015-2022, A) Condutividade Elétrica (EC); Sólidos totais dissolvidos (TDS); C) Oxigênio dissolvido (OD); D) Salinidade; E) Temperatura; F) Secchi; H) Nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), Fósforo Total (TP) E N:P; I) Precipitação e Volume; J) Turbidez; F) pH.

A razão estequiométrica N:P, apresentou uma crescente com o passar dos anos, chegando em seu valor mais alto em 2022, com 1,95. A precipitação esteve em queda de 2015 a 2021, saindo de

68mm em 2015 e chegando a 21,6 mm em 2021, o volume do reservatório esteve abaixo dos 10% de 2015 a 2019, apenas a partir de 2022 que passou para 63%. O pH apresentou uma variação, saindo de 10,25 em 2015, e chegando a 8,88 em 2022.

Biomassa dos grupos funcionais e influência dos fatores ambientais

Foram encontradas 98 espécies, que foram distribuídas em 20 grupos funcionais, porém apenas 7 espécies foram consideradas como espécies descritoras, compondo 7 grupos funcionais (Tabela 1). A maior biomassa ocorreu no ano de 2017, e foi causada majoritariamente pelo grupo funcional K (Figura 2), e pela espécie *Aphanocapsa koordersii*, alcançando uma biomassa de 9,65 mg/L^{-1} , essa espécie é reconhecida como R/C estrategista. O grupo funcional LO apresentou dois picos de biomassa, um em 2018 e outro em 2021, chegando a 2,53 mg/L^{-1} e 2,88 mg/L^{-1} , respectivamente, o maior representante deste grupo foi o dinoflagelado *Ceratium furcoides*, uma espécie K estrategista.

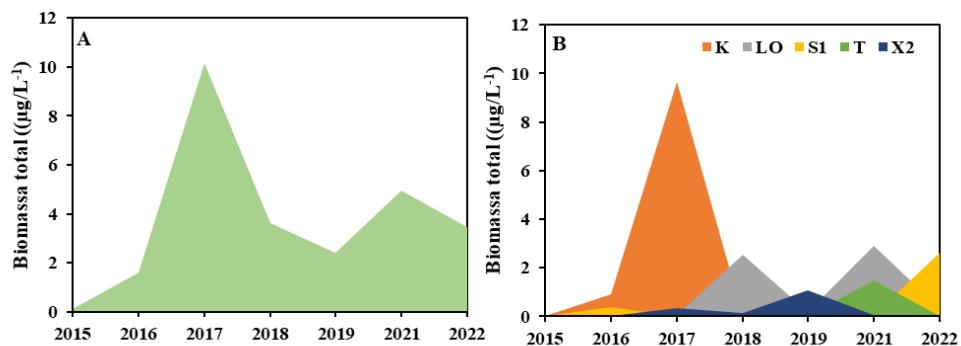


Figura 2. Variação da biomassa total da comunidade fitoplânctonica (A) e da biomassa dividida por grupos funcionais (B), entre os anos de 2015-2025.

Em 2019 o grupo mais abundante foi o X2, que obteve uma biomassa de 1,08 mg L^{-1} , e a com maior representatividade da espécie K/S estrategista, *Rhodomonas lacustris*. Em 2021 os grupos funcionais LO e T apresentaram biomassa de 1,47 mg L^{-1} , com maior abundância da *Mougeothia spp.* Considerada C estrategista. Por fim, em 2022 o grupo funcional que obteve destaque foi o S1, apresentando uma biomassa de 2,60 mg L^{-1} , e tendo como espécie preditora a cianobactéria *Planktothrix agardhii*, C/R estrategista.

Tabela 1. Grupos Funcionais com suas respectivas espécies dominantes e estratégias de vida.

Grupo Funcional	Espécies dominantes	Estratégia de vida
H1	<i>Dolichospermum solitarium</i>	R
K	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	r/C
LO	<i>Ceratium furcoides</i>	K
S1	<i>Planktothrix agardhii</i>	C/r
SN	<i>Raphidiopsis raciborskii</i>	r-K
T	<i>Mougeothia spp.</i>	C
X2	<i>Rhodomonas lacustris</i>	K/S

A nossa análise de correlação de Pearson, demonstrou que o grupo funcional K apresentou uma relação positiva com o oxigênio dissolvido (OD) ($r: 0,83$; $p: 0,03$), enquanto o grupo funcional S1, apresentou uma correlação negativa com o DIN ($r: -0,82$; $p: 0,04$), TP ($r: -0,81$; $p: 0,04$) e relação positiva com o volume ($r: 0,93$; $p: 0,005$). O grupo funcional T, apresentou uma relação negativa com a precipitação ($r: 1$; $p: 0,003$).

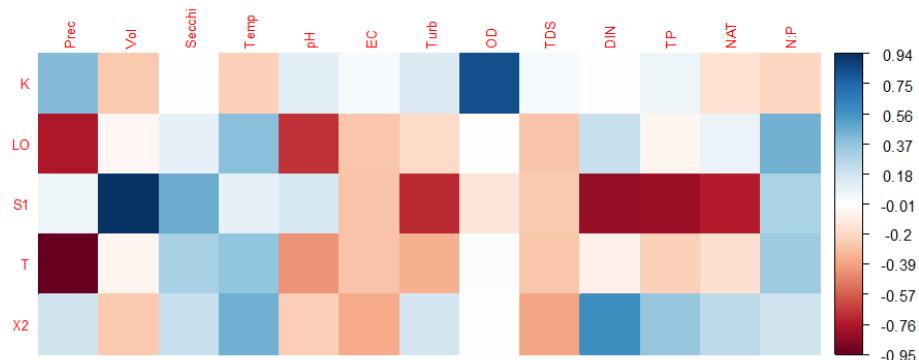


Figura 3. Matriz de correlação de pearson entre os grupos funcionais de fitoplâncton (biomassa) e as variáveis ambientais.

DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstram que variações temporais dos fatores ambientais influenciaram na composição dos grupos funcionais em um reservatório do semiárido tropical. Indicando que mudanças na precipitação e volume influenciam a biomassa dos grupos T e S1, respectivamente.

As adaptações morfológicas e fisiológicas das cianobactérias, como capacidade de crescer em ambientes com baixa luminosidade e alta turbidez pode ter favorecido a dominância da espécie *A. koordersii* a alta turbidez presente no reservatório durante o baixo volume hídrico em 2017 (Carey et al., 2013; Magalhães et al., 2019). Essa espécie é conhecida por ser r/C estrategista, conseguindo crescer e dominar ambientes ricos em nutrientes (Reynolds et al., 2002), bem como em baixas concentrações de DIN (Becker et al., 2010).

Ceratium furcoides é uma espécie invasora que chegou aos reservatórios do semiárido paraibano por meio da transposição do Rio São Francisco (Severiano et al., 2021), esta espécie é reconhecida por causar danos ambientais, estando associada com a morte de peixes (Pacheco et al., 2021), a alta biomassa desse organismo coincide com a diminuição da turbidez e aumento do volume hídrico, que pode estar associado com a transposição e mistura das águas. Essa espécie vem sendo associada com padrões sazonais, diminuindo o tamanho das células e crescendo mais durante o verão, já durante o inverno, aumentam o tamanho da célula e diminuem sua taxa de crescimento, esse comportamento é condizente com o fato de ser uma espécie K estrategista, que utiliza dos recursos de forma eficiente, maximizando seu crescimento (Cavalcante et al., 2016; Reynolds et al., 2022). A presença desse organismo está associada com mudanças na comunidade, conseguindo dominar sobre outros grupos, como as cianobactérias (Crossetti et al., 2019).

O grupo funcional S1, foi representado pela *P. agardhii*, essa espécie é formadora de florações, é potencialmente tóxica e, seu tamanho e formato também estão associados a diminuição da predação por parte do zooplâncton, o que confere maior competitividade nos ambientes (Riehle et al.,

2024). A biomassa desta espécie esteve associada redução nos níveis de nutrientes, e ao aumento na turbidez (Looby et al., 2021). Assim, apesar desses resultados serem contrastantes com estudos que evidenciaram seu crescimento em ambientes eutrofizados (Lenard et al., 2022), suas adaptações como a presença de aerótopos, e tolerância a baixa luminosidade, podem ter favorecido seu sucesso no ambiente (Torres et al., 2015; Aguilera et al., 2019).

Mougeothia spp., representante do grupo funcional T, é um gênero conhecido por formar florações e dominar ambientes mesotróficos e eutróficos (Oliveira et al., 2024). Esse estudo ainda mostrou relação dessa espécie com períodos chuvosos, o que diverge dos nossos achados, em que a espécie apresentou correlação negativa com a precipitação. *Rhodomonas lacustris* é uma espécie flagelada, que possui baixa capacidade de resistir a ambiente com limitação de luz, sua biomassa ocorreu nos períodos de melhoria da qualidade da água e aumento da transparência, essa espécie tem seu sucesso no ecossistema relacionado a sua capacidade de se reproduzir rapidamente (Rosini et al., 2016).

Nosso estudo evidencia que as variações temporais de fatores ambientais afetam significativamente na biomassa dos grupos funcionais, demonstrando a importância do monitoramento constante dos corpos hídricos, para que sua gestão possa ser eficaz e os ecossistemas sejam preservados assim como a qualidade da água para abastecimento. Trabalhos futuros devem analisar mais a fundo as relações das variáveis ambientais por meio de modelagem, assim como associar outras comunidades biológicas como zooplâncton, para compreender a relação dos grupos funcionais com a passagem de energia no ecossistema.

CONCLUSÃO

Nosso estudo demonstra que a variação temporal dos fatores ambientais afetou a composição e biomassa dos grupos funcionais, levando a sucessão dos grupos. Alterações no volume, associadas ao aumento dos nutrientes e turbidez, coincidem com picos de biomassa, tornando necessário a avaliação de técnicas de mitigação que visem controlar as altas concentrações de nutrientes, sejam a partir de remoção de nutrientes ou através de um biocontrole, usando de macrófitas, que competem diretamente por nutrientes com esses organismos, e assim promovendo a melhoria na qualidade da água.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, A., AUBRIOT, L., ECHEIQUE, R.O. et al. *Raphidiopsis mediterranea* (nostocales) exhibits a flexible growth strategy under light and nutrient fluctuations in contrast to *Planktothrix agardhii* (oscillatoriales). *Hydrobiologia* 839, 145–157 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04002-5>.

AKINNAWO, S.O. Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies, *Environmental Challenges*, Volume 12, 2023, 100733, ISSN 2667-0100, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100733>.

AMORIM, C.A., MOURA, A.D.N. Habitat templates of phytoplankton functional groups in tropical reservoirs as a tool to understand environmental changes. *Hydrobiologia* 849, 1095–1113 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04750-3>.

AMORIM, C. A., & MOURA, A. N. (2021). Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. **Science of The Total Environment**, 758, 143605. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143605.

BAKKER, E.S., HILT, S. Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management. **Aquat Ecol** 50, 485–498 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9556-x>.

BARBOSA, J. E. DE L. et al.. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 24, n. 1, p. 103–118, jan. 2012.

BARBOSA, J.E. DE L, DOS SANTOS SEVERIANO, J., CAVALCANTE, H. et al. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia** 848, 651–673 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04471-z>.

BRUN, P., VOGT, M., PAYNE, M.R., GRUBER, N., O'BRIEN, C.J., BUITENHUIS, E.T., LE QUÉRÉ, C., LEBLANC, K. AND LUO, Y.-W. (2015), Ecological niches of open ocean phytoplankton taxa. **Limnol. Oceanogr.**, 60: 1020-1038. <https://doi.org/10.1002/lno.10074>.

CAVALCANTE, K.P., CARDOSO, L.S., SUSSELLA, R. et al. Towards a comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasion in Brazilian freshwaters: autecology of *C. furcoides* in subtropical reservoirs. **Hydrobiologia** 771, 265–280 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2638-x>.

COSTA, M.R.A., ATTAYDE, J.L. & BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia** 778, 75–89 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2593-6>.

COSTA, M.R.A., CARDOSO, M.M.L., SELMECZY, G.B. et al. Phytoplankton functional responses induced by extreme hydrological events in a tropical reservoir. **Hydrobiologia** 851, 849–867 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05241-3>.

CROSSETTI, L.O., BICUDO, D.C., BINI, L.M. et al. Phytoplankton species interactions and invasion by *Ceratium furcoides* are influenced by extreme drought and water-hyacinth removal in a shallow tropical reservoir. **Hydrobiologia** 831, 71–85 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3607-y>.

CUNHA, A. P. M. A., ZERI, M., DEUSDARÁ LEAL, K., COSTA, L., et al., (2019). Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, 10(11), 642. <https://doi.org/10.3390/atmos10110642>.

GONDIM, J., A. P. FIOREZE, R. F. F. ALVES & W. G. D. SOUZA, 2017. A seca atual no Semiárido nordestino–Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas** 22: 277–300.

GUTIÉRREZ, A. P.A. et al., Drought preparedness in Brazil, **Weather and Climate Extremes**, Volume 3, 2014, Pages 95-106, ISSN 2212-0947, <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.12.001>.

HE, C., LIU, Z., WU, J. et al. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nat Commun** 12, 4667 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3>.

HUISMAN, J., CODD, G.A., PAERL, H.W. et al. Cyanobacterial blooms. **Nat Rev Microbiol** 16, 471–483 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0040-1>.

KRUK, C., DEVERCELLI, M. & HUSZAR, V.L. Reynolds Functional Groups: a trait-based pathway from patterns to predictions. **Hydrobiologia** 848, 113–129 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04340-9>.

KRUK C, DEVERCELLI M, HUSZAR VLM, et al. Classification of Reynolds phytoplankton functional groups using individual traits and machine learning techniques. **Freshwater Biol.** 2017; 62: 1681–1692. <https://doi.org/10.1111/fwb.12968>.

LENARD, T.; PONIEWOZIK, M. *Planktothrix agardhii* versus *Planktothrix rubescens*: Separation of Ecological Niches and Consequences of Cyanobacterial Dominance in Freshwater. **Int. J. Environ. Res. Public Health** 2022, 19, 14897. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214897>.

LOOBY AUDREY , REYNOLDS LAURA K. , ADAMS CARRIE REINHARDT , MARTIN CHARLES W. Submerged Aquatic Vegetation Patch Size Affects Fish Communities in a Turbid-Algal Lake, **Frontiers in Conservation Science**, Volume 2 – 2021, 2021, <https://www.frontiersin.org/journals/conservation-science/articles/10.3389/fcosc.2021.657691>, DOI=10.3389/fcosc.2021.657691, ISSN=2673-611X.

MAGALHÃES, J. A.A., DA LUZ, L.D. AND DE AGUIAR JUNIOR, T.R. (2019), Environmental factors driving the dominance of the harmful bloom-forming cyanobacteria *Microcystis* and *Aphanocapsa* in a tropical water supply reservoir. **Water Environ Res**, 91: 1466-1478. <https://doi.org/10.1002/wer.1141>.

M. MAMUN, S. KWON, J.-E. KIM, et al., Evaluation of algal chlorophyll and nutrient relations and ratios along with trophic status, light regime in 60 Korea reservoirs, **Science of the Total Environment** (2020), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140451>.

MUSIE, WONDIMU, GONFA, GIRMA, Fresh water resource, scarcity, water salinity challenges and possible remedies: A review. 2023. **Heliyon**. 2405-8440. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18685.

OLIVEIRA, S. A. DE .; FERRAGUT, C.; BICUDO, C. E. DE M.. Phytoplankton functional groups associated with the trophic state of tropical reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 36, p. e45, 2024.

PACHECO, J.P., IGLESIAS FRIZZERA, C., GOYENOLA, G. et al. Invasion of *Ceratium furcoides* in subtropical lakes in Uruguay: Environmental drivers and fish kill record during its bloom. **Biol Invasions** 23, 3597–3612 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02600-w>.

PAN, Y., GUO, S., LI, Y., YIN, W., QI, P., SHI, J., HU, L., LI, B., BI, S., & ZHU, J. (2018). Effects of Water Level Increase on Phytoplankton Assemblages in a Drinking Water Reservoir. **Water**, 10(3), 256. <https://doi.org/10.3390/w10030256>.

RAULINO, J. B. S., SILVEIRA, C. S., & LIMA NETO, I. E. (2021). Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality of large semi-arid reservoirs in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, 66(8), 1321–1336. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1933491>.

REYNOLDS, C.S. et al., Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton, **Journal of Plankton Research**, Volume 24, Issue 5, May 2002, Pages 417–428, <https://doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>.

RIEHLE, E. et al., Fate of *Planktothrix*-derived toxins in aquatic food webs: A case study in Lake Mindelsee (Germany), **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Volume 273, 2024, 116154, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116154>.

SMUCKER, N.J., BEAULIEU, J.J., NIETCH, C.T. AND YOUNG, J.L. (2021), Increasingly severe cyanobacterial blooms and deep water hypoxia coincide with warming water temperatures in reservoirs. **Glob Change Biol**, 27: 2507-2519. <https://doi.org/10.1111/gcb.15618>.

SLOWINSKI, S., RADOSAVLJEVIC, J., GRAHAM, A., IPPOLITO, I., THOMAS, K., REZANEZHAD, F., et al. (2023). Contrasting impacts of agricultural intensification and urbanization on lake phosphorus cycling and implications for managing eutrophication. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, 128, e2023JG007558. <https://doi.org/10.1029/2023JG007558>

TORRES, C.D., LÜRLING, M. & MARINHO, M.M. Assessment of the Effects of Light Availability on Growth and Competition Between Strains of *Planktothrix agardhii* and *Microcystis aeruginosa*. **Microb Ecol** 71, 802–813 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00248-015-0719-z>.

WEI WEI, YONGNIAN GAO, JIACONG HUANG, JUNFENG GAO, Exploring the effect of basin land degradation on lake and reservoir water quality in China, **Journal of Cleaner Production**, Volume 268, 2020, 122249, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122249>.