

DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO: IMPLICAÇÕES PARA QUALIDADE DA ÁGUA

Ana Carolina Mello Pessanha ¹
Elizabeth Amorim da Silva ²
Camila Ferreira Mendes ³
Juliana dos Santos Severiano ⁴
José Etham de Lucena Barbosa ⁵

RESUMO

Estudar as diatomáceas perifíticas é de grande importância pois estes organismos apresentam diferentes estratégias adaptativas e são ótimos indicadores biológicos, sendo sensíveis a distúrbios e capazes de fornecer informações sobre impactos ambientais. O trabalho tem como objetivo avaliar diferenças na estrutura da comunidade perifítica em reservatórios do semiárido e as implicações para a qualidade da água. Para isso, foram realizadas quatro amostragens nos reservatórios Poções e Cordeiro, localizados na Paraíba, Brasil. Foram selecionados 25 locais aleatoriamente no perímetro dos reservatórios. Para contagem das algas, foi realizada a raspagem dos substratos rochosos em uma área de 25cm² utilizando escovas de cerdas finas e jatos de água destilada e conservadas com solução de lugol a 1%. O índice de estado trófico (IET) foi realizado para avaliação do grau de trofia dos reservatórios. A existência de diferença significativa da biomassa entre os reservatórios foi determinada pelo Modelo Linear Generalizado (GLM) e posterior teste de Tukey. O reservatório Cordeiro foi classificado como mesotrófico e Poções como eutrófico. Um total de 31 táxons de diatomáceas foram identificados. Destacam-se com maior biomassa, as espécies *Rhopalodia gibba* (28,84%) e *Gomphonema gracile* (18,68%) em Cordeiro e *Gomphonema gracile* (42,04%) e *Nitzschia dissipata* (33,34%) em Poções. A diversidade de espécies apresentou diferença significativa entre os reservatórios Cordeiro e Poções ($F=18,546$; $p<0,001$). Os reservatórios foram considerados como eutróficos, e as espécies de diatomáceas de maior biomassa encontradas em ambos são indicadoras de impactos negativos, como poluentes orgânicos e aumento na concentração de nitrogênio e fósforo. Portanto, o conhecimento sobre a estrutura da comunidade é uma etapa importante para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para o conhecimento da qualidade da água desses sistemas.

Palavras-chave: Perifíton, Impactos Ambientais, Fitoplâncton.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos são de grande importância pois abrigam grande diversidade de seres vivos (SCOPEL, 2015), além de serem fontes de um recurso natural essencial para a manutenção da vida, pois são vitais para a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos (SANTOS et al., 2018) e também pela sua importância socioeconômica na geração de renda e de segurança alimentar (OVERAL, 2018). Os reservatórios são exemplos de ecossistemas aquáticos importantes para armazenamento de água para usos múltiplos, sendo comumente utilizados para abastecimento público, irrigação agrícola, aquicultura, dentre outros (TUNDISI, 2018). Apesar de fornecerem diversos serviços ecossistêmicos, os reservatórios estão frequentemente sujeitos a impactos causados por ações humanas, como por exemplo, despejos de esgotos domésticos, acidificação, presença de metais pesados e eutrofização (TUNDISI, 2008; HUANG et al., 2019; ZHOU et al., 2020; DOS SANTOS et al., 2021). Essas influências antrópicas resultam em progressiva degradação hidrobiológica, que levam a alguns sintomas característicos que afetam as partes bióticas e abióticas dos ecossistemas (ŻELAZNAWIECZOREK e NOWICKA-KRAWCZYK, 2015).

Além dos impactos antrópicos, os reservatórios são muito sensíveis a mudanças nas condições climáticas, em especial na região semiárida (MEDEIROS, 2017; LEITE e BECKER, 2019). Nessas regiões, devido aos longos períodos de seca, as altas temperaturas e as elevadas taxas de evaporação acabam por interferir na redução do volume hídrico. Consequentemente, isso pode ocasionar o aumento das concentrações de nutrientes, de turbidez, salinidade e condutividade elétrica, podendo afetar diretamente os padrões limnológicos (NASELLI-FLORES e BARONE, 2005; SOARES et al., 2012; DA COSTA et al., 2016). Esses fatores impõem desafios importantes para a conservação da biodiversidade, manutenção da integridade do habitat e disponibilidade de água potável para os sistemas no semiárido (BRASSEUR et al., 2003; SOLOMON et al., 2007). Sendo assim, torna-se fundamental o emprego de ferramentas de avaliação de impacto ambiental desses ecossistemas, tendo em vista que são sistemas importantes para atender a demanda hídrica da região, podendo ocasionar problemas socioeconômicos devido a água disponível ser imprópria para uso (BRAGA et al., 2015).

¹ Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ana.pessanha@aluno.uepb.edu.br;

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação pelo da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, elizabeth.amorim@aluno.uepb.edu.br;

³ Doutora Camila Ferreira Mendes Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, camilafmendes@hotmail.com;

⁴ Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, jsantosseveriano@gmail.com;

A comunidade perifítica é composta principalmente por bactérias, fungos, microalgas, (LIU et al., 2018; SOUSA et al., 2019; MAI et al., 2020), além de detritos orgânicos e inorgânicos, que formam uma superfície de revestimento viscoso nos ecossistemas aquáticos (WETZEL 1983; YONGHONG 2016). São considerados organismos de vida sésil, (DUNCK et al., 2013), autotróficos, de ciclo de vida curto, com alta riqueza de espécies (ZORZAL-ALMEIDA, 2021), além de serem sensíveis a impactos ambientais (GULIN et al., 2021), tornando-os indicadores altamente sensíveis de poluição orgânica, degradação e eutrofização (FEIO et al., 2007). Dentro da comunidade perifítica, as diatomáceas (Bacillariophyta) são o grupo de algas mais comum e altamente diversificado em ecossistemas aquáticos (GONZÁLEZ-PAZ et al., 2020). As diatomáceas são algas unicelulares (LEE et al., 2019) que possuem adaptações que favorecem sua fixação do substrato (WEHR e SHEATH, 2003; PANDEY et al., 2018).

Pelas espécies de diatomáceas possuem valores de tolerância para diferentes variáveis ambientais da água, grande variedade de espécies, geração curta e ampla distribuição, elas são mais sensíveis a mudanças físicas e químicas no ambiente aquático e podem servir como indicadores biológicos para monitorar as mudanças na qualidade da água e refletir o estado do ambiente das águas superficiais e avaliar a tendência de desenvolvimento ecológico em um período (OEDING e TAFFS, 2017; PENG et al., 2020). Por isso, a mudança da comunidade de diatomáceas também pode ser usada para avaliação ecológica da água (CHEN et al., 2016). Na verdade, este método tem mais vantagens para evitar instabilidade ou interferência transitória do que o monitoramento convencional físico e químico (LIU e STEVENSON, 2017).

As diatomáceas apresentam vários atributos funcionais, que conferem a elas uma ampla diversidade de estratégias competitivas e de tolerância (OLIVEIRA, 2020). Além desses atributos funcionais, podem ser incorporadas métricas biológicas, como por exemplo, densidade e biomassa, para auxiliar na avaliação ambiental e mensurar a produtividade primária das diatomáceas perifíticas (OLIVEIRA, 2020). Sendo assim, o presente trabalho objetiva avaliar diferenças na estrutura da comunidade de diatomáceas perifíticas com base na sua biomassa em reservatórios do semiárido e as implicações para a qualidade da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área do presente estudo compreende dois reservatórios (Cordeiro e Poções) que estão localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, região nordeste do Brasil. A bacia do rio Paraíba possui uma área de 20.071,83 km², situada entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15" Oeste. É considerada a segunda maior bacia hidrográfica do estado da Paraíba, pois abrange 38% do território, o qual é ocupado por cerca de 1.828.178 habitantes, que corresponde a 52% da população total do estado (AESAs, 2022). Ela é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, do Médio e do Baixo Curso do rio Paraíba (AESAs, 2022). No alto curso existem diversos reservatórios a partir dos quais as águas são distribuídas para uso prioritário de abastecimento público e irrigação (MI, 2004).

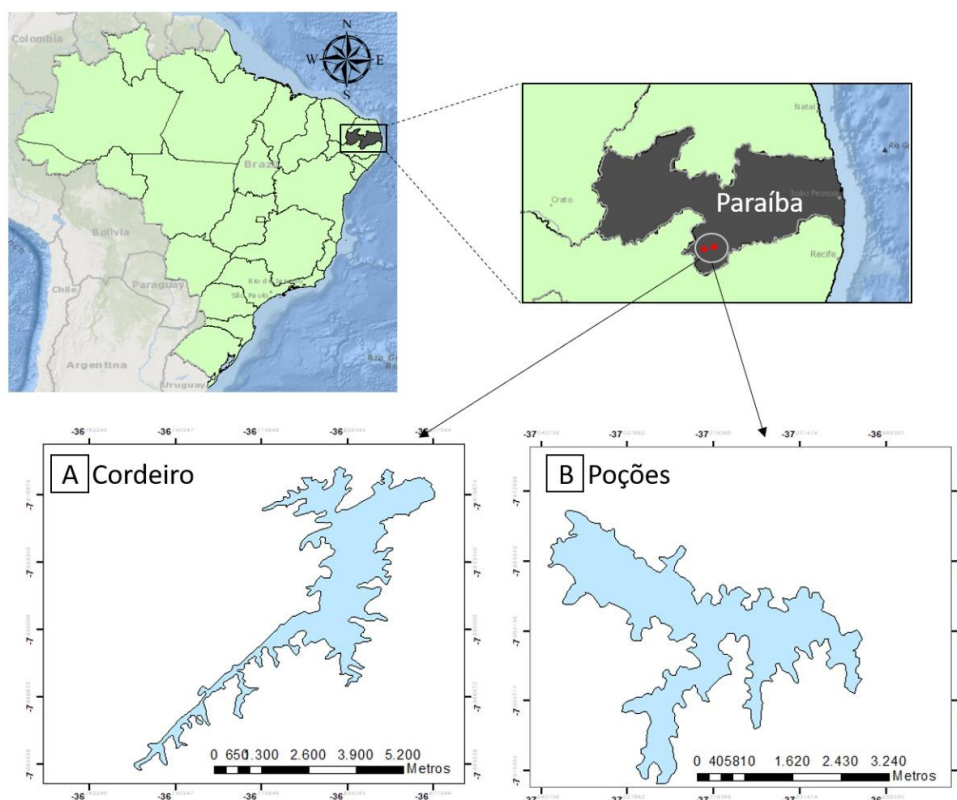


Figura 1. Localização geográfica dos reservatórios Cordeiro e Poções, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da Paraíba é BSh (semiárido seco) (ALVARES et al., 2013), se estendendo por todo o Planalto da Borborema, onde no vale do rio Paraíba, a precipitação anual é em torno de 350 mm e 600 mm por ano,

com taxa de evaporação entre 2500 e 3000 mm por ano, sendo considerado um dos locais mais secos do Brasil (ALVARES, 2013; BRITO 2013; AESA, 2022). Essa região está inserida dentro dos limites do semiárido, que tem como característica os baixos índices de precipitação e a alta aridez, e com isto, sofre com o estresse hídrico constantemente (SILVA et al., 2017).

Para a realização do presente trabalho foram selecionados 25 sites na região litorânea em cada reservatório (Cordeiro e Poções), sendo estes distribuídos de forma a abranger todo o perímetro do reservatório. As amostragens foram realizadas em junho, setembro e dezembro de 2014 e março de 2015.

Em cada site de amostragem foram mensurados parâmetros físicos e químicos da água, como: temperatura da água (°C), turbidez (UNT), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) potencial redox, condutividade elétrica (mS/cm) e sólidos totais dissolvidos (g/L), utilizando sonda multi-parâmetro (Horiba U-50). A transparência água (m) foi avaliada através do desaparecimento do disco de Secchi. Adicionalmente, um litro de água foi coletado em cada site na sub-superfície (profundidade máxima de 0.6m) e armazenado em frascos de polietileno. Em laboratório, essa água foi analisada e foram estimadas as concentrações de nutrientes fosfatados (fósforo total e fosfato solúvel reativo) e nitrogenados (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e nitrogênio total), segundo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). As concentrações de clorofila-a foram estimadas através da extração do pigmento utilizando acetona 90% (Lorezen, 1966).

O índice de estado trófico (IET) foi realizado para avaliação do grau de trofia dos reservatórios. O IET tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas (CETESB, 2009). Os valores de fósforo total, fosfato solúvel reativo, clorofila-a, e Secchi foram utilizados para calcular o Índice de Estado Trófico (IET), descrito por Carlson (1977) e modificado para ambientes tropicais por Toledo et al. (1983). O Índice de estado trófico foi feito por mês em cada reservatório. Após fazer o índice será gerado um gráfico. A classificação trófica seguiu o seguinte critério: oligotrófico $IET < 44$, mesotrófico $44 < IET < 54$ e eutrófico $IET > 54$. Esse índice tem sido considerado como o mais indicado para classificação do nível trófico das águas em reservatórios (AZEVEDO et al., 2015).

Os dados foram organizados em planilhas elaboradas no Excel, e realizadas análises exploratórias dos parâmetros físicos, químicos e da comunidade periférica. As análises

estatísticas foram realizadas considerando nível de significância de 5% e utilizando o programa *R Software* para *Windows* versão 3.0.1 (R Development Core Team, 2013). A existência de diferença significativa da biomassa entre os reservatórios foi determinada pelo Modelo Linear Generalizado (GLM) e posterior teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na classificação do nível de trofia de um corpo hídrico em ordem crescente de produtividade, seis classes foram definidas: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (CETESB, 2017). A partir dos resultados das variáveis abióticas, foi possível realizar o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET). Por possuírem um IET maior que 54, os reservatórios Cordeiro e Poções foram classificados como eutróficos. Ambientes com nível de trofia eutrófico apresentam características como baixa transparência e o aumento da concentração de nutrientes no ambiente aquático (CETESB, 2017). Os resultados desse estudo apontam que os dois reservatórios estão eutrofizados e têm apresentado uma intensificação da eutrofização ao longo do tempo, haja vista apresentar altas concentrações de clorofila-a e fósforo total (PONTES, 2022).

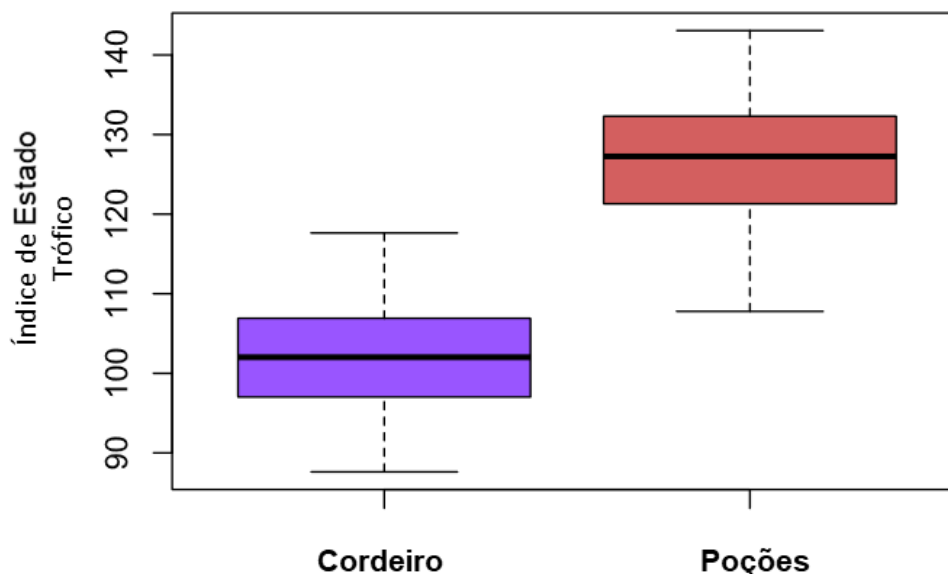


Figura 2. Índice de Estado Trófico (IET) dos reservatórios Cordeiro e Poções – Paraíba, Brasil.

Figura 3. Abundância relativa das espécies de diatomáceas perifíticas encontradas nos reservatórios Cordeiro e Poções – Paraíba, Brasil. Nomes das espécies: A_gran, *Aulacoseira granulata*; A_ven, *Amphora veneta*; C_plac, *Cocconeis placentula*; C_men, *Cyclotella meneghiniana*; C_gra, *Cymbella gracilis*; C_ventr, *Cymbella ventricosa*; E_zeb, *Epithemia zebra*; G_augu, *Gomphonema augur*; G_con, *Gomphonema constrictum*; G_gra, *Gomphonema gracile*; G_int, *Gomphonema intricatum*; G_lan, *Gomphonema lanceolatum*; N_ha, *Navicula halophila*; N_rhyn, *Navicula rhynchocephala*; N_clo, *Nitzschia closterium*; N_dis, *Nitzschia dissipata*; N_hun, *Nitzschia hungarica*; N_obt, *Nitzschia obtusa*; N_pal, *Nitzschia palea*; N_sp, *Nitzschia sp*; N_sta, *Nitzschia station*; P_sp, *Pinnularia sp*; P_sub, *Pinnularia subcapitata*; R_gib, *Rhopalodia gibba*; S_acu, *Stauroneis acuta*; U_uln, *Ulnaria ulna*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados obtidos é verificamos que os reservatórios apresentaram graus de trofia semelhantes, ambos foram eutrófico, e as espécies de diatomáceas de maior biomassa encontradas em ambos são indicadoras de impactos negativos, como poluentes orgânicos e aumento na concentração de nitrogênio e fósforo. Assim, verificou-se que a biomassa foi sensível a influência dos estressores ambientais descrevendo a condição ambiental dos reservatórios, e demonstrando assim, ser uma alternativa confiável por refletir o impacto ambiental nos ecossistemas, principalmente os sistemas da região semiárida que são naturalmente impactados.

Portanto, está pesquisa ressalta a importância e a necessidade de avaliar a qualidade ambiental utilizando a biomassa. Além disso, o conhecimento sobre a estrutura da comunidade de diatomáceas perifíticas e a proposição de políticas de gerenciamento que visem minimizar os impactos ambientais que esses sistemas estão sujeitos, buscando a manutenção e conservação de seus recursos ecossistêmicos, é uma etapa importante para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para o conhecimento da qualidade da água desses sistemas, principalmente para os sistemas presentes na região semiárida.

REFERÊNCIAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>, Acesso em: 08 de Abril de 2022.

ALVARES, CLAYTON ALCARDE et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Araújo, J. A. A. Barragens do Nordeste do Brasil. 2.ed. Fortaleza, DNCOCS. 1990. 329p.

BRAGA, GUSTAVO GIRÃO *et al.* Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, p. 15-23, 2015. Brasseur, GP., Prinn, RG. and Pszenny, AAP., eds. 2003. Atmospheric chemistry in a changing world Berlin: Springer. 300 p.

BRITO, FRANKLYN BARBOSA DE. Conflitos pelo acesso e uso da água: integração do rio São Francisco com a Paraíba (Eixo Leste). 2013.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2009) **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. São Paulo.**

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** Apêndice D. Índice de qualidade das águas, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em 14 set. 2022

COSTA, Lívia F.; WENGRAT, Simone; BICUDO, Denise C. Diatomáceas de diferentes habitats em um reservatório altamente heterogêneo, Complexo Billings, Sudeste do Brasil. **Hoehnea**, v. 44, p. 559-579, 2017.

DA COSTA, MARIANA RODRIGUES AMARAL; ATTAYDE, JOSÉ LUIZ; BECKER, VANESSA. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 778, n. 1, p. 75-89, 2016.

DUNCK, B.; NOGUEIRA, I. de S.; FELISBERTO, S. A. Distribution of periphytic algae in wetlands (Palm swamps, Cerrado), Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, p. 331-346, 2013.

FARIA, D. M. DE, TREMARIN, P. I., LUDWIG, T. A. V. Diatomáceas perifíticas da represa Itaquí, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthes e Gomphonema Ehrenberg. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 415-427, 2010.

Faria M, Guimarães ATB, Ludwig TAV (2013) Responses of periphytic diatoms to mechanical removal of *Pistia stratiotes* L. in a hypereutrophic subtropical reservoir: dynamics and tolerance. **Brazilian Journal of Biology** 73(4): 681-689.

GULIN, VESNA *et al.* Environmental and periphyton response to stream revitalization—A pilot study from a tufa barrier. **Ecological Indicators**, v. 126, p. 107629, 2021.

HARDING, W.R.; ARCHIBALD, C.G.M.; TAYLOR, J.C. & MUNDREE, S. (2004). The South African diatom collection: An appraisal and overview of needs and opportunities. WRC Report No. TT/242/04. Wat. Res. Comm., Pretoria: 129 pp.

HUANG, CHENG-CHIA *et al.* Estimation of Reservoir Sediment Flux through Bottom Outlet with Combination of Numerical and Empirical Methods. **Water**, v. 11, n. 7, p. 1353, 2019.

LEITE, JÉSSICA NAYARA DE CARVALHO; BECKER, VANESSA. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, 2019.

LI, TIANLING *et al.* Comparison of the removal of COD by a hybrid bioreactor at low and room temperature and the associated microbial characteristics. **Bioresource Technology**, v. 108, p. 28-34, 2012.

LIU, JUNZHUO *et al.* Biosorption of high-concentration Cu (II) by periphytic biofilms and the development of a fiber periphyton bioreactor (FPBR). **Bioresource Technology**, v. 248, p. 127-134, 2018.

MAI, Y. Z.; PENG, S. Y.; LAI, Z. N. Structural and functional diversity of biofilm bacterial communities along the Pearl River estuary, South China. **Regional Studies in Marine Science**, v. 33, p. 100926, 2020.

MEDEIROS, ANDRÉIA DIAS DE *et al.* Análise da gestão das águas de reservatórios no Seridó do Estado do Rio Grande do Norte. 2017.

MI. Ministério da Integração Nacional, 2004. RIMA - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. 136 p.

NASELLI-FLORES, LUIGI; BARONE, ROSSELLA. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v. 548, n. 1, p. 85-99, 2005..

OVERAL, WILLIAM LESLIE. Prefácio. In: *Ecosistemas Aquáticos: tópicos especiais*. [S. l.: s. n.], 2018.

PANDEY, LALIT K. *et al.* River water quality assessment based on a multi-descriptor approach including chemistry, diatom assemblage structure, and non-taxonomical diatom metrics. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 140-151, 2018.

PONTES, Antonio Carlos Lucas. **Estudo dos índices de estado trófico em reservatórios do semiárido**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SANTOS, MARIA DE LOURDES SOUZA *et al.* Poluição Aquática. In: *Importância Da Água*. [S. l.: s. n.], 2018.

SCOPEL, JANETE MARIA, *et al.*, Guia De Apoio Pedagógico Para O Estudo De Um Ecosistema Aquático Artificial. Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação Em Ensino de Ciências e Matemática. 2015.

SILVA, P. H. P., RIBEIRO, M. M. R., MIRANDA, L. I. B., 2017. Uso de cadeia causal na análise institucional da gestão de recursos hídricos em reservatório no semiárido da Paraíba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 637-646.

SOARES, M. C. S.; MARINHO, M. M.; AZEVEDO, S. M. F. O.; BRANCO, C. W. C.; HUSZAR, V. L. M. Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir. **Limnologia**, v. 42, n. 3, p. 197-203, 2012.

SOLOMON, S., *et al.*, eds. 2007. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. **Cambridge: Cambridge University Press**. 996 p.

SOUSA, MARIANA L., FUNGYI CHOW, AND MARCELO LM POMPÊO. "Community-level changes in periphytic biofilm caused by copper contamination." **Journal of Applied Phycology** 31.4 (2019): 2401-2410.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA. Reservoirs: new challenges for ecosystem studies and environmental management. **Water Security**, v. 4, p. 1-7, 2018.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1133-1135, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, UFMG: Belo Horizonte, 2014.

WETZEL RG (1983) Recommendations for future research on periphyton. In: Wetzel RG (ed) Periphyton of freshwater ecosystems. **Springer, Dordrecht**, pp 339–346

YONGHONG W (2016) Periphyton: functions and applications in environmental remediation. **Elsevier**, Amsterdam

ZHOU, QIAOQIAO *et al.* Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. **Global Ecology and Conservation**, v. 22, p. e00925, 2020.

ZORZAL-ALMEIDA, STÉFANO; DE OLIVEIRA FERNANDES, VALÉRIA. Ecological thresholds of periphytic communities and ecosystems integrity in lower Doce River basin. **Science of The Total Environment**, v. 796, p. 148965, 2021.