

A INFLUÊNCIA DAS FLUTUAÇÕES NO NÍVEL DA ÁGUA SOBRE A EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: ESTUDO DE REVISÃO

Roberta Milena Moura Rodrigues¹
Juliana dos Santos Severiano²
José Etham de Lucena Barbosa³

RESUMO

A eutrofização dos corpos d'água é um fenômeno desafiador que pode trazer problemas ambientais, econômicos e de saúde pública, degradando a qualidade da água, podendo ser intensificada por ações antrópicas. Foi feita uma revisão de literatura a respeito da influência que os padrões hidrológicos podem ter sobre a eutrofização dos reservatórios do semiárido brasileiro, pois além de levar em consideração as previsões climáticas a região do semiárido brasileiro é conhecida por apresentar, escassez de chuvas, ter alto índice de evaporação, esses fatores mostraram que podem contribuir diretamente para o aumento da eutrofização, os trabalhos relacionados ao tema são escassos, o estudo busca chamar atenção para o mesmo tendo em vista sua relevância.

Palavras-chave: Escassez de chuvas, Eutrofização, Semiárido.

INTRODUÇÃO

A eutrofização é dos problemas mais desafiadores que os corpos d'água estão enfrentando no presente (SMITH ; SCHINDLER, 2009; LI-KUN et al., 2017). Além de acarretar sérios problemas ecológicos e econômicos, pode trazer riscos graves a saúde humana e animal, se a água potável for coletada do corpo d'água eutrofizado. Ressalta-se também os efeitos indiretos que a mesma pode causar, pois uma maior quantidade de nutrientes bem como de matéria orgânica nos corpos aquáticos também pode promover uma elevação da emissão de gases de efeito estufa devido ao aumento na ciclagem de nutrientes, destacando-se o carbono, nitrogênio e fósforo (PANTANO, 2016).

¹Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, robertamilena_rm@hotmail.com;

²Doutora pelo curso de Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, jsantosseveriano@gmail.com;

³Doutor pelo Curso de Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos- UFSCar, ethambarbosa@hotmail.com;

Em geral, esse fenômeno pode ser classificado em duas categorias, eutrofização natural (deve-se à variação das condições ambientais como, por exemplo, o transporte de sedimentos), é um processo lento, na ordem das centenas ou milhares de anos) e eutrofização artificial (deve-se a atividades antrópicas, intensificação do uso da terra e aplicação de nutrientes como fertilizantes agrícolas, lançamento de esgoto sanitário, uso de detergentes que contém fosfatos (BHAGOWATI; AHAMAD, 2018). O corpo d'água pode receber carga de nutrientes através de seus afluentes ou de águas vindas de transposições (PANTANO, 2016).

O processo de eutrofização ocorre devido o enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, onde os principais são nitrogênio e fósforo, causando aumento na produção primária e podendo estar associado a florações de cianobactérias, a alta densidade algal traz consequências sérias, aumento da turbidez da água, depleção do oxigênio que por sua vez causa a morte dos peixes e outros organismos presentes no corpo aquático (SMITH; SCHINDLER, 2009).

O fósforo geralmente é um fator limitante para a produção primária nos corpos d'água continentais, logo o aumento da concentração desse nutriente causa aumento acentuado na população de algas, o foco da restauração dos ambientes aquáticos é o controle do fósforo (SCHINDLER et al., 2008).

A medida principal para reverter o quadro de eutrofização é controlar o aporte externo de nutrientes, porém muitas vezes mesmo realizando esse controle os ambientes aquáticos podem continuar eutróficos, devido à fertilização interna, esse é um processo pelo qual o fósforo acumulado no sedimento ao longo do tempo retorna a coluna d'água (SØNDERGAARD; JENSEN; JEPPESEN, 2003). Uma vez incorporado ao sedimento, o P pode continuar sendo liberado por até décadas após cessado o aporte externo (OLSZEWSKA et al., 2017). Diversos fatores podem colaborar para a liberação do fósforo, por exemplo, potencial redox, pH, ressuspensão física do sedimento por vento ou bioturbação, cobertura vegetal, mineralização da matéria orgânica, temperatura e razão P:ferro (SØNDERGAARD; JENSEN ; JEPPESEN, 2003).

Não obstante, nem todo o fósforo presente no sedimento pode ser facilmente transportado para a água, pois há formas mais móveis que outra, isso influencia no potencial do sedimento em interferir no estado trófico do ambiente (WANG et al., 2013). A carência de chuvas em períodos secos nas regiões semiáridas leva a redução do volume, que podem ser mais agravado devido a elevadas taxas de evapotranspiração nessas regiões, o que resulta na

concentração de nutrientes nos reservatórios. Nesses casos, a fertilização interna pode contribuir significativamente para a manutenção da alta concentração de nutrientes (COPPENS et al., 2016). A eutrofização pode ser agravada decorrente aos períodos de seca e também possuem outras consequências na qualidade da água de ambientes aquáticos rasos, como por exemplo anoxia na região próxima ao sedimento, que, por sua vez, estimula a liberação de P e florações de cianobactérias (BRASIL et al., 2016). Analisando o cenário atual de mudanças climáticas e previsões para o futuro, espera-se maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, isso implica em secas mais severas nas regiões semiáridas (IPCC, 2014).

Como consequência, corpos d'água podem secar completamente no semiárido brasileiro, as taxas de evapotranspiração se tornam mais altas que a precipitação. A exposição do sedimento ao ar devido ao esvaziamento completo do reservatório leva a modificações físicas, químicas e microbiológicas. Isso reflete na composição química das formas de P no sedimento. A dissecação do sedimento pode reduzir a afinidade do P por minerais de Fe, reduzindo assim a capacidade de adsorção e retenção do P substancialmente no sedimento. Portanto, na ocorrência de um evento de reinundação pode levar a liberação desse P (KEITEL; ZAK; HUPFER, 2015).

O resultado das flutuações no nível da água em determinada região está profundamente ligado por fatores locais como morfometria e profundidade do reservatório, o tempo de detenção hidráulica, a zona climática, dentre outros fatores (BAKKER; HILTER, 2015). Níveis elevados de nutrientes juntamente à água não renovada e ao balanço hídrico negativo, favorecem a condição eutrófica dos mananciais (BOUVY et al., 2003; BRASIL et al., 2015). Tendo o balanço hídrico negativo, que tem como resultado a redução do volume de água nos corpos hídricos, tem como consequência o aumento da área da bacia em relação à área do reservatório, característica de lagos da zona semiárida, isso acarreta no maior impactadas fontes externas de nutrientes (THORNTON; RAST, 1993). Esse trabalho tem como objetivo mostrar a importâncias de trabalhos relacionados as flutuações do nível de água no semiárido brasileiro, que exercem influência na qualidade da água, condicionando seu uso, pois existem poucos estudos direcionados para a compreensão dos mecanismos pelos quais esses padrões hidrológicos podem influenciar a dinâmica dos reservatórios e atuar no processo de eutrofização.

METODOLOGIA

O estudo consiste em uma revisão bibliográfica com base na leitura, análises e discussão de teses, dissertações e principalmente artigos científicos, relacionados com a limnologia e a engenharia sanitária e ambiental sobre o tema base da influência da flutuação nos níveis de água nos reservatórios do semiárido brasileiro sobre a eutrofização, evidenciando como padrões hidrológicos tem importância em relação a qualidade da água dos reservatórios. Foram utilizados bancos de dados da SciELO (Scientific Electronic Library Online) e da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Os trabalhos utilizados são do período de 2001 à 2019, foram selecionados artigos publicados em periódicos reconhecidos, que preencheram os requisitos desse estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões de precipitação são categorizados por sua quantidade e distribuição, diferenças regionais nas condições climáticas e hidrológicas formam a diversidade existente de padrões globais de precipitação (CINCO et al., 2014; FERNÁNDEZ-MONTES et al., 2014; ZHANG et al., 2014). Neste século, a pressão sobre os recursos de água doce tem aumentado consideravelmente, especialmente no “mundo tropical” (TUNDISI, 2003). A maioria dos reservatórios tropicais estão situados em países em desenvolvimento, que apresentam de maneira limitada, recursos e programas de monitoramento de longo prazo e consistentes (VON SPERLING ; SOUSA, 2007).

Os padrões globais de temperatura e precipitação mudaram expressivamente no último século e praticamente todas as previsões indicam para mudanças ainda maiores até o final de 2100, intensificadas pelos impactos ambientais impulsionados por ações antropogênicas (MEEHLET al., 2007). A maioria dos modelos de mudança climática prevê aumento da frequência de eventos extremos, como chuvas intensas e secas severas, as regiões semiáridas são as mais afetadas devido a variação das chuvas (IPCC, 2014).

(Li et al., 2017), observou que a baixa precipitação na Bacia Murray-Darling (MDB) da Austrália resultou em um declínio sem precedentes no nível da água nos Lagos (Lagos Alexandrina e Albert. Dados abrangendo a pré-seca (2004-2006), seca (2007-2010) e pós-seca (2010-2013) foram usados primeiramente para desvendar os efeitos da seca sobre a qualidade da água a seca pode causar deterioração da qualidade da água através da acidificação da água e aumento das concentrações de nutrientes e Chl-a, concluiu-se que o manejo mais eficaz da água na bacia é crucial para prevenir a deterioração da sua qualidade, uma avaliação comparativa sobre a resiliência do lago e os processos de recuperação deve ser realizada com um programa de monitoramento pós-seca.

Pesquisas apontam que o aumento de chuva também pode contribuir no processo de eutrofização de corpo aquático, como exemplo temos um lago alpino de água doce localizada no Platô de Loess Chinês (CLP) revelou a relação entre o estado trófico do lago e o ecossistema aquático respostas em períodos de aquecimento ao longo de muitos anos. Esses registros sedimentares indicaram que o período de aquecimento no CLP foram acompanhados de aumento de chuvas intensidade que resultou no transporte de enormes quantidades de solo a partir da erosão, rica em fósforo da bacia circundante, levando à eutrofização acentuada do lago (LIU et al., 2017).

As regiões áridas e semiáridas são caracterizadas por altas temperaturas e escassas, imprevisíveis e desproporcionais distribuição chuva. Reservatórios nessas regiões estão sujeitos a reduções volume de água durante a estação seca, o que leva a um aumento a concentração de nutrientes e uma explosão populacional de algas, com um aumento na produtividade da biomassa que contribui para eutrofização (BOUVY et al., 2003; CAMARA et al., 2009). Brasil et al. (2015), para testar a hipótese que uma redução no nível de água causada por secas agravará a eutrofização, levando a uma maior biomassa e dominância de cianobactérias nas regiões tropicais, analisou variáveis físicas e químicas e comunidades de plâncton de 40 lagos artificiais no semiárido do nordeste do Brasil no final das estações chuvosa e seca, os resultados sugeriram que o clima mais quente no futuro reduzirá a quantidade de água e a qualidade dos lagos artificiais na região, aumentando os riscos de salinização, anoxia, eutrofização e florações de cianobactérias.

Rocha Júnior et al. (2018), analisou se a redução do volume de água aumenta o risco de eutrofização em reservatórios do semiárido buscando ajudar a prever as consequências

das mudanças climáticas nos ecossistemas de água doce do semiárido brasileiro, trabalhou com 16 reservatórios em duas sub-bacias inseridas na bacia Piranhas-Açu, ele considerou três períodos (seco, muito seco e extremamente seco), seus resultados mostraram que uma redução de %MVS (volume máximo armazenado) nos reservatórios no período definido como extremamente seco, todos os reservatórios foram classificados como eutróficos, conclui-se que as diferenças contrastantes de precipitação pluviométrica entre duas sub-bacias afetam a qualidade da água e o estado trófico dos reservatórios e esses efeitos são potencializados com a redução do volume de água. Gomes (2016), também avaliou o impacto da seca prolongada na biomassa algal no Boqueirão de Parelhas, manancial mesotrófico da região semiárida tropical. A redução do volume, proporcionada pelo balance hídrico negativo característico do semiárido e intensificada pelo evento de seca prolongada, foi capaz de aumentar a disponibilidade de nutrientes que favorece o crescimento da biomassa algal (fato preocupante pois está ligado a floração de cianobactérias), redução da transparência da água e consequente alteração do estado trófico do manancial de mesotrófico para eutrófico, o estudo demonstrou que a seca prolongada degrada a qualidade da água. Sabe-se que as cianobactérias produzem uma ampla variedade de metabólitos secundários tóxicos e bioativos, geralmente descritos como hepatotoxinas, neurotoxinas, citotoxinas ou dermatotoxinas. No Brasil, o monitoramento regular de cianobactérias toxinas intensificaram-se após a morte de 65 pacientes em uma clínica de hemodiálise em Caruaru, no estado de Pernambuco devido à exposição à microcistina (CARMICHAEL et al., 2001). Segundo, Barros et al. (2019), observou fatores ambientais associados à proliferação de cianobactérias tóxicas em 20 reservatórios de água potável na região semiárida do Ceará, Brasil, em quatro anos (janeiro de 2013 a janeiro de 2017). Comprovou-se que os reservatórios do Ceará eram dominados por cianobactérias devido à eutrofização, mas também devido ao clima seco e quente em toda a região.

Alternativas tem sido exploradas para mitigar o processo de eutrofização em reservatórios do semiárido brasileiro. Sabe-se que o controle do aporte externo do fósforo é uma medida fundamental, porém a fertilização interna do fósforo pode continuar durante muito tempo, Cavalcante et al. (2018), que trabalhou com fracionamento de fósforo em sedimentos de reservatórios no semiárido tropical relata que para restaurar um lago, também é necessário reduzir seu fósforo interno, para isso, é essencial conhecer a composição de fósforo no sedimento para avaliar a sua disponibilidade e potencial. Silva et al. (2019), comprovou a

eficiência de remoção de fósforo, cianobactérias e cianotoxinas pela técnica de mitigação “flock & sink” em águas eutróficas no semiárido.

Alguns estudos vem mostrando que o processo inverso também pode ocorrer, como por exemplo, Moss et al. (2011), que apresentou algumas relações entre alterações climáticas e sintomas de eutrofização com foco na temperatura e precipitação, mostrando forte relação entre esses fatores e indicando que a eutrofização também pode, promover mudança no clima, embora seja pouco evidenciado. As águas doces são frequentemente fontes de dióxido de carbono, (COLE et al., 1994), porque metabolizam a matéria orgânica lavada de bacias com vegetação (TRANVIK et al., 2009), ou pelo menos dos pântanos vizinhos. o aquecimento vai aumentar a perda de carbono orgânico dissolvido da terra para as águas doces (LARSEN et al. 2011). A eutrofização pode levar a diminuir a dependência proporcional de produtos orgânicos importados da matéria orgânica e maior fixação autotrófica de dióxido de carbono, no entanto, também leva ao aumento da produção absoluta e respiração, maior liberação de metano de águas desoxigenadas e sedimentos, (BASTVIKEN et al. 2008,2011), e mais óxido nitroso da desnitrificação (HUTTUNEN et al. 2003), ambos os gases no efeito estufa são mais efetivos do que o dióxido de carbono.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

São alarmantes as previsões climáticas, levando em considerações que já houveram mudanças significativas no último século com relação a temperatura e precipitação e que as regiões semiáridas são intensamente afetadas, causando flutuações nos níveis de água dos reservatórios, fato que contribui expressivamente para eutrofização dos corpos hídricos e que além disso também existe a ação antrópica contribuindo para acelerar esse processo. Medidas governamentais devem ser tomadas, para controlar de forma rigorosa o aporte externo de nutrientes, em especial o fósforo principal responsável pela eutrofização e deve-se buscar, investir, aprimorar e aplicar as técnicas que vem sendo desenvolvidas pelos pesquisadores para restauração dos corpos hídricos, juntamente a isso políticas de conscientização ambiental para a população devem ser intensificadas, pois todas essas medidas criam um alicerce forte e podem trazer um futuro promissor.

REFERÊNCIAS

BAKKER, E. S.; HILT, S. Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management. **Aquat. Ecol**, 2015.

BARROS, M. U. G.; WILSON, A. E. ; LEITÃO, J. I.R.; PEREIRA, S. P.; BULEY, R.P.; FIGUEROA, E. G. F.; NETO, J. C. Environmental factors associated with toxic cyanobacterial blooms across 20 drinking water reservoirs in a semi-arid region of Brasil. **rev. Harmful Algae**, v. 86, p. 128 – 137, 2019.

BASTVIKEN, D.; COLE, J.; PACE M.L.; VAN de BOGERT M.C. 2008. Fates of methane from different lake habitats: Connecting whole-lake budgets and CH₄ emissions. *J Geophys Res-Biogeogr. J Geophys Res.* v.113, p.G02024, 2008.

BASTVIKEN, D.; TRANVIK, L.J.; DOWNING, J.A.; CRILL, P.M.; ENRICH-PRAST, A. . Freshwater methane emissions offset the continental carbon sink. **Science**. v.331, p.50, 2011.
BHAGOWATI, B.; AHAMAD, K. U. A review on lake eutrophication dynamics and recent 4 developments in lake modeling. **Ecohydrology Hydrobiology**. India. V. 175, p. 1-12, 2018.

BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. J. R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S. M. F. O. 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, v.493, p. 115-130, 2003.

BOUVY, M.; NASCIMENTO, S.M.; MOLICA, R.J.R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S.M.F.O. Limnological features in Tapacur reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, v.423, p.115e130, 2003.

BRASIL, J. ; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; VERA, L. M. HUSZAR. Drought- induced water- level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 770, p. 145- 164, 2016.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 770, n. 1, p. 145–164, 2016.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V.L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**. 2015.

CAMARA, F.R.A.; LIMA, A.K.A.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, N.T. The role of nutrient dynamics on the phytoplankton biomass (chlorophyll-a) of a reservoir-channel continuum in a semi-arid tropical region. **Acta Limnol. Bras**, v. 21, p.431e439, 2009.

CARMICHAEL, W.W.; AZEVEDO, S.M.; AN, J.S.; MOLICA, R.J., JOCHIMSEN, E.M., LAU, S.; RINEHART, K.L.; SHAW, G.R.; EAGLESHAM, G.K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environ. Health Perspect**, v.109, p.663–668, 2001.

CAVALCANTE H.; ARAÚJO F.; NOYMA N. P.; BECKER V. Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs. **Science of the Total Environment**, v. 619 – 620, p. 1022 – 1029, 2018.

CINCO, T.A.; GUZMAN, R.G.; HILARIO, F.D.; WILSON, D.M. Long-term trends and extremes in observed daily precipitation and near surface air temperature in the Philippines for the period 1951–2010. **Atmos. Res**, v.145-146, p. 12–26, 2014.

COLE, J.J.; CARACO N.F.; KLING, GW, KRATZ, T.K. 1994. Carbon dioxide supersaturation in the surface waters of lakes. **Science**, v. 265, p. 1568–1570, 1994.

COPPENS, J. et al. Impact of alternating wet and dry periods on long-term seasonal phosphorus and nitrogen budgets of two shallow Mediterranean lakes. **Science of the Total Environment**, v. 563–564, n. 1, p. 456–467, 2016.

FERNÁNDEZ-MONTES, S.; SEUBERT, S.; RODRIGO, F.S.; RASILLA ÁLVAREZ, D.F.; HERTIG, E.; ESTEBAN, P. et al. 2014. Circulation types and extreme precipitation days in the Iberian Peninsula in the transition seasons: spatial links and temporal changes. **Atmos. Res**, v. 138, p. 41–58, 2014.

GOMES, S. S. **Alteração do Estado Trófico Durante um Evento de Seca Prolongada e seus Impactos na Biomassa Algal de um Manancial Tropical da Região Semiárida**. 2016. 35 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

HUTTUNEN J.T.; ALM J.; LIKANEN, A.; JUUTINEN S.; LARMOLA, T.; HAMMAR, T.; SILVOLA, J.; MARTIKAINEN, P.J. Fluxes of methane, carbon dioxide and nitrous oxide in boreal lakes and potential anthropogenic effects on the aquatic greenhouse gas emissions. **Chemosphere**, v.52, p.609–621, 2003.

IPCC, 2014. **Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas** [Field, C.B., V.R. KEITEL, J.; ZAK, D.; HUPFER, M. Water level fluctuations in a tropical reservoir: the impact of sediment drying, aquatic macrophyte dieback, and oxygen availability on phosphorus mobilization. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6883–6894, 2015.

LARSEN, S.; ANDERSEN, T.; HESSEN, D.O. Climate change predicted to cause severe increase of organic carbon in lakes. **Glob Change Biol**. V.17, p.1186–192, 2011.

LI, S. ; BUSH, R. T.; MAO, R.; XINOG, L. ; CHEN, Y. Extreme drought causes distinct water acidification and eutrophication in the Lower Lakes (Lakes Alexandrina and Albert), Australia. **Journal of Hydrology**, v. 544, p. 133 – 146, 2017.

LI-KUN, Y.; SEN, P.; XIN-HUA, Z.; XIA, L. Development of a two- 1064 dimensional eutrophication model in an urban lake (China) and 1065 the application of uncertainty analysis. **Ecol. Modell**, v.345, p. 63–74, 2017.

LIU, J.; RÜHLAND, K.M.; CHEN, J.; XU, Y.; CHEN, S.; CHEN, Q., et al. Aerosol-weakened summer monsoons decrease lake fertilization on the Chinese Loess Plateau. **Nat. Clim. Chang**, v. 7, p. 190–194, 2017.

MOSS, B.; KOSTEN, S.; MEERHOF, M.; BATTARBEE, R.; JEPPESEN, E.; MAZZEO,

N. et al., 2011. Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters* 1, 101–105.
OLSZEWSKA, J. P.; HEAL, K. V; WIN, I. J.; EADES, L. J.; SPEARS, B. M. Assessing the role of bed sediments in the persistence of red mud pollution in a shallow lake (Kinghorn Loch , UK). **Water Research**, v. 123, n. July, p. 569–577, 2017. Elsevier Ltd.

PANTANO, G. Recuperação de reservatórios eutrofizados por atividades antrópicas : estudos em microcosmos. 2016. 127p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2016.

ROCHA JUNIOR, C. A. N.; COSTA, M. R. A.; MENEZES, R. F.; BECKER, V. and J. I. water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi – arid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensia** , v. 30, e 106, 2018.

SCHINDLER, D. W. et al. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 32, p. 11254–11258, 2008.

SILVA, D. L.; MOLOZZI, J. ; SEVERINO, J. S.; BERCKER, V.; BARBOSA, J. E. L. Removal efficiency of phosphorus, cyanobacteria and cyanotoxins by the “flok & sink” mitigation technique in semi – arid eutrophic Waters. **rev. Water research** , v. 159, p. 262 – 273, 2019.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201–207, 2009.

SØNDERGAARD, M.; JENSEN, J. P.; JEPPESEN, E. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 506–509, p. 135–145, 2003.

THORNTON, J. A.; RAST, W. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: M. L. Straskraba, J. G. Tundisi & A. Duncan (eds), **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. V.77, p. 1-24, 1993.

TRANVIK, L.; DOWNING, J.A.; COTNER, J.B.; LOISELLE, S.A.; STRIEGL, R.G.; BALATORE, T.J.; DILLON, P.; FINLAY, K.; FORTINO, K. et al. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnol Oceanogr*. V.54, p.2298–2314, 2009.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. Mallapureddi Vikram Reddy (Ed.), São Carlos: Rima; IIE, in Restoration and Management of Tropical Eutrophic Lakes, Science Publishers, p. 271-274, 2003.

VON SPERLING, E.; SOUSA, A.D. Long-term monitoring and proposed diffuse pollution control of a tropical reservoir **Water Sci. Technol.**, v.55, p. 161-166, 2007.

WANG, H. et al. Phosphorus fluxes at the sediment–water interface in subtropical wetlands subjected to experimental warming: A microcosm study. **Chemosphere**, v. 90, n. 6, p. 1794–1804, 2013.

ZHANG, K.; PAN, S.; CAO, L.; WANG, Y.; ZHAO, Y.; ZHANG, W. Spatial distribution and temporal trends in precipitation extremes over the Hengduan Mountains region, China, from 1961 to 2012. 2014.

