

XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

Mitigação da eutrofização através da técnica de *Floc and Sink* em reservatório do semiárido impactado pela seca prolongada

*Fernanda Monicelli Câmara Brito*¹; *Juciane Pereira Barbosa Silva*²; *Guilherme Adler Aciole Medeiros*³; *Fabiana Oliveira Araújo*⁴; *Vanessa Becker*⁵.

RESUMO As mudanças climáticas podem favorecer a frequência e duração das florações de cianobactérias. Surgindo a necessidade de mitigação, como através da técnica de *Floc and Sink*, com a floculação e sedimentação da biomassa algal, aplicando coagulantes e lastros. Estes lastros podem ser solos naturais, que têm mostrado resultados promissores. O objetivo deste trabalho foi testar a eficácia do *Floc and Sink* utilizando dois solos naturais na remoção da biomassa algal em água de um manancial da região semiárida (Boqueirão de Parelhas/RN). Foram utilizados o Policloreto de Alumínio (PAC) e os solos naturais Planossolo e Luvisolo. Os testes foram feitos em três etapas, a etapa 1 escolhendo a dose do coagulante, etapa 2 escolhendo a dose dos lastros e a etapa 3 escolhendo o melhor tratamento. Pelos resultados de turbidez e clorofila-a foram escolhidas as doses de 4 mg Al.L⁻¹ e 300 mg.L⁻¹ de cada solo, que estão de acordo com os dados encontrados na literatura. Na etapa 3 foi constatado que o melhor tratamento foi a combinação do PAC + Planossolo, pois geralmente a sedimentação de cianobactérias só ocorre através da combinação de coagulante e lastro. Apesar da remoção da biomassa algal, ela foi baixa, logo, recomendamos a testagem de outros solos.

Palavras-Chave – limnologia; mudanças climáticas; solos naturais.

ABSTRACT Climate change may favor the frequency and duration of cyanobacterial blooms. The need for mitigation arises, as through the *Floc and Sink* technique, with the flocculation and sedimentation of algal biomass, applying coagulants and ballasts. These ballasts can be natural soils, which have shown promising results. The objective of this work was to test the effectiveness of *Floc and Sink* using two natural soils in the removal of algal biomass in water from a spring in the semi-arid region (Boqueirão de Parelhas/RN). Aluminum Polychloride (PAC) and Planossolo and Luvisolo natural soils were used. The tests were carried out in three steps, step 1 choosing the coagulant dose, step 2 choosing the ballast dose and step 3 choosing the best treatment. Based on the turbidity and chlorophyll-a results, doses of 4 mg Al.L⁻¹ and 300 mg.L⁻¹ of each soil were chosen, which are in agreement with the data found in the literature. In step 3, it was found that the best treatment was the combination of PAC + Planosol, as usually the sedimentation of cyanobacteria only occurs through the combination of coagulant and ballast. Despite the removal of algal biomass, it was low, so we recommend testing other soils.

Keywords – limnology; climate changes; natural soils.

¹) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone e e-mail

²) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone e e-mail

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas impactam diretamente os processos hidrológicos e biogeoquímicos locais, afetando os padrões de precipitação, gerando eventos de chuvas intensas seguidas de um período prolongado de seca, resultando em maiores concentrações de nutrientes e favorecendo a estratificação dos reservatórios [Moss *et al.*, (2011); Paerl *et al.*,(2016)]. Mudanças nos padrões de precipitação e o aquecimento global são fatores que podem favorecer a frequência e duração das florações de cianobactérias decorrentes do processo de eutrofização dos corpos aquáticos [Paerl *et al.* (2016); Paerl e Barnard (2020)].

A eutrofização ocorre quando há o enriquecimento excessivo de nutrientes (nitrogênio e fósforo) no ecossistema, geralmente associado às atividades humanas, e que resulta no crescimento excessivo do fitoplâncton, em especial as cianobactérias, que podem se tornar uma ameaça à saúde da biota aquática e à saúde humana, devido sua capacidade de produzir toxinas [Huisman *et al.* (2018); Lucena-Silva *et al.* (2022)]. Uma das técnicas para mitigar o problema da eutrofização é a técnica de geo-engenharia. A geo-engenharia pode ser definida como a manipulação do ciclo biogeoquímico do fósforo [Lurling *et al.* (2016)]. Na geo-engenharia existem diversas técnicas que podem ser utilizadas, dentre elas tem-se a *Floc and Sink* [Lucena-Silva *et al.* (2019); Arruda *et al.* (2021)]

A técnica de *Floc and Sink* atua como medida de mitigação de eutrofização através da floculação e sedimentação da biomassa algal presente na coluna d'água, mediante aplicação de coagulantes e lastros [Lucena-Silva *et al.* (2019); Lucena-Silva *et al.* (2022); Lurling *et al.* (2020); Noyma *et al.* (2017)]. O coagulante desestabiliza as partículas suspensas na água, promovendo a formação de flocos e os lastros irão auxiliar na sedimentação, aumentando o peso destes flocos formados [Cavalcante *et al.* (2021)]. A escolha dos compostos coagulantes e de lastro deve ser baseada na segurança, custos, disponibilidade e eficácia [Lurling *et al.* (2020)]. Os lastros podem ser solos naturais ou modificados. Os solos modificados quimicamente, como a Bentonita Modificada com Lantânio, apesar da eficiência já comprovada, possuem um custo elevado, fazendo com o que solos naturais se tornem potenciais alternativas no uso como lastro [Cavalcante *et al.* (2021); Monicelli *et al.* (2021); Mucci *et al.* (2018)]

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é testar a eficácia da técnica de *Floc and sink* com a utilização de dois solos naturais (Planossolo e Luvisso),na remoção da biomassa algal em água de um reservatório impactado pela seca prolongada da região semiárida.

METODOLOGIA

Área de estudo

O reservatório escolhido para este estudo foi Boqueirão de Parelhas, que encontra-se situado no município de Parelhas, na microrregião do Seridó Oriental do estado do Rio Grande do Norte IBGE (2022), com localização geográfica 06° 41' 42,28" S e 36° 37' 45,11" W, conforme consta na Figura 1. Faz parte da bacia Piranhas/Assu, e situa-se na sub-bacia do Rio Seridó. O volume máximo do reservatório é de 84,79 hm³, em uma área de 1.519,00 km² ANA (2016). Em junho de 2022 o volume do reservatório é de 8,28 hm³, equivalente a 9,78% de sua capacidade máxima SEMARH (2022).

O clima da região é caracterizado como muito quente e semiárido, do tipo BS'h' segundo a classificação de Köppen, Alvares (2014), com pluviosidade média anual de 568,2 mm, período chuvoso entre os meses de março e abril, com temperatura média anual de 27,5 °C e 64% de umidade relativa média anual. O tipo de solo representativo é o litólico eutrófico, que apresenta alta fertilidade natural, textura arenosa, fortemente drenado e raso. O município encontra-se geologicamente inserido no planalto da Borborema, com relevo do tipo depressão sertaneja variando entre 48 e 805m de altitude, Cosme Junior (2011).

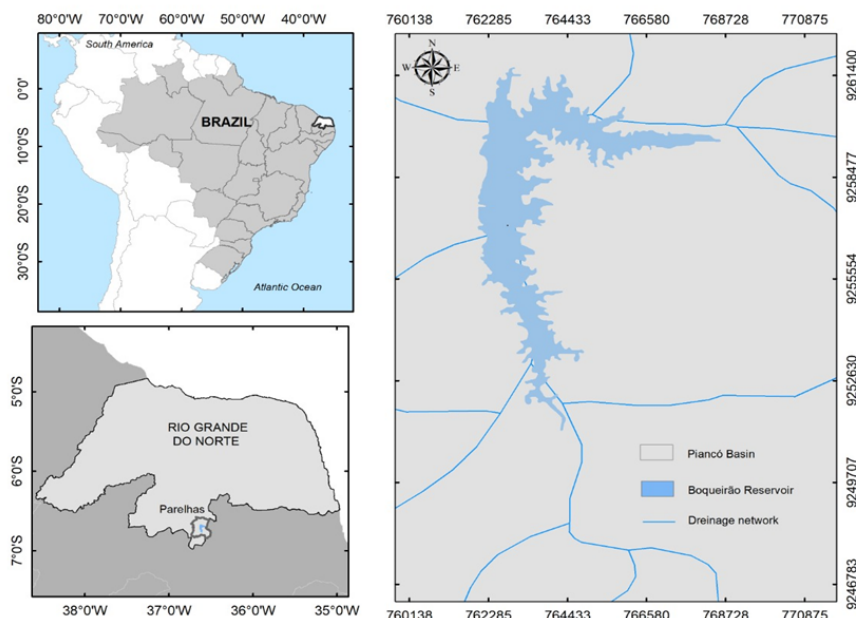


Figura 1 - Localização do reservatório de Boqueirão de Parelhas

Delineamento experimental

Os produtos utilizados neste estudo foram o policloreto de alumínio (PAC) como coagulante, cedido pela Bauminas Química e os solos naturais utilizados como lastro, Planossolo e Luvisso. A caracterização destes solos encontra-se no trabalho de Monicelli *et al.* (2021).

Alíquotas de 100ml do reservatório de Boqueirão de Parelhas foram colocadas em tubos de 110ml. Em seguida os produtos foram adicionados e houve a agitação com auxílio de bastão de vidro por 15s. Após 1h as variáveis de turbidez (PoliControl AP2000) e clorofila-a (Jespersen & Christoffersen, 1988) foram medidas no topo e no fundo dos tubos, este procedimento foi feito da mesma forma nas três etapas do experimento. Todos os tratamentos foram realizados em triplicata.

A etapa 1 tem por objetivo fazer a escolha da dose do coagulante, o coagulante utilizado neste estudo foi o PAC. Cinco doses diferentes foram testadas a fim de escolher a menor dose em que houvesse coagulação. As doses foram: 1, 2, 4, 8 e 16 mg.L⁻¹ de Al. A etapa 2 consiste na escolha da dose do lastro, considerando a dose mais eficaz. Dois tipos diferentes de lastro foram testados: Planossolo e Luvissolo, dois solos naturais do semiárido. Nesta etapa foi utilizada uma dose fixa de coagulante, escolhida a partir da etapa anterior, combinada com quatro doses diferentes de cada lastro: 50, 100, 200 e 300 mg.L⁻¹. Por fim, a etapa 3 consiste no próprio ensaio do *Floc and Sink*, onde o coagulante e os lastros são testados isolados e combinados.

Para analisar quais tratamentos foram diferentes do controle, foi realizada a análise de variância (ANOVA) one-way em todas as etapas.

RESULTADOS

Etapa 1

Nesta primeira etapa avaliou-se qual a menor dose de policloreto de alumínio (PAC) suficiente para coagular as partículas, analisando os efeitos sobre a turbidez e concentração de clorofila-a na parte superior e inferior do tubo, quando comparadas à situação de controle (Figura 2). No topo, a concentração de clorofila-a (Chl-a) diminuiu com a dose de 16 mg Al.L⁻¹, sendo estatisticamente diferente do controle, enquanto que no fundo houve um crescimento linear a partir da dose de 4 mg Al.L⁻¹, sendo estas diferentes do controle, evidenciando uma sedimentação das partículas que se encontravam na superfície.

Quanto à turbidez no topo, as concentrações de 8 e 16 mg Al.L⁻¹ apresentaram uma redução em relação ao controle, entretanto no fundo, a partir da concentração de 2 mg Al.L⁻¹ houve um crescimento exponencial da turbidez, mais um vez evidenciando que essas concentrações foram eficientes na coagulação. Analisando os parâmetros de turbidez e Chl-a, a dose escolhida para a etapa posterior foi a de 4 mg Al. L⁻¹, visto que é a menor dose que apresenta resultados satisfatórios.

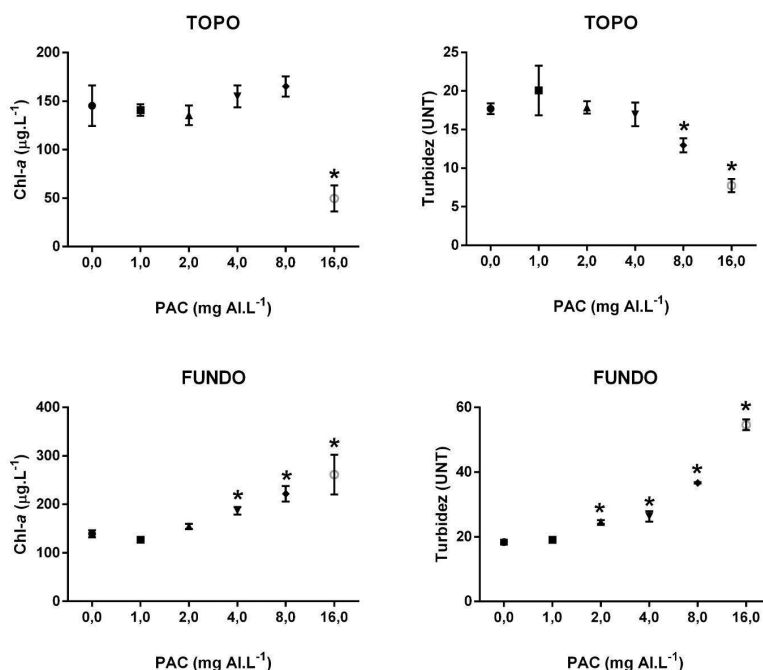


Figura 2 - Resultados da etapa 1 de clorofila-a e turbidez para escolha da dose de coagulante; * $p < 0,05$; PAC: Policloreto de alumínio; Chl-a: clorofila-a.

Etapa 2

Nesta etapa investiga-se qual é a dose de lastro mais eficiente levando em consideração os parâmetros de turbidez e concentração de clorofila- a (Chl-a) utilizando dois solos naturais como lastro: luvisso e planossolo, conforme mostra a figura 3. Na análise utilizando o luvisso como lastro, no parâmetro chl-a, apenas com a dose de 300mg.L⁻¹ houve diferença significativa no topo do tubo em relação ao controle, enquanto que no fundo as doses de 100, 200 e 300 mg.L⁻¹ evidenciaram diferenças significativas. Quanto à turbidez, na superfície não houveram diferenças estatísticas em relação ao controle, ou seja, $p > 0,05$, no entanto, no fundo todas as dosagens apresentaram crescimento considerável, evidenciando a sedimentação das partículas.

Avaliando os parâmetros Chl-a e turbidez para o planossolo, a turbidez no fundo apresentou diferenças significativas em todas as doses, enquanto que no topo apenas a dose de 300 mg.L⁻¹ foi estatisticamente significativo, aumentando o valor do parâmetro. A respeito da Chl-a no topo todas as doses geraram redução pertinente em relação ao controle, sendo a de 300 mg.L⁻¹ a mais expressiva, o mesmo ocorreu no fundo do tubo. Dentre as concentrações analisadas, a de 300 mg.L⁻¹ apresentou melhores resultados e por isso foi a dose escolhida para ambos.

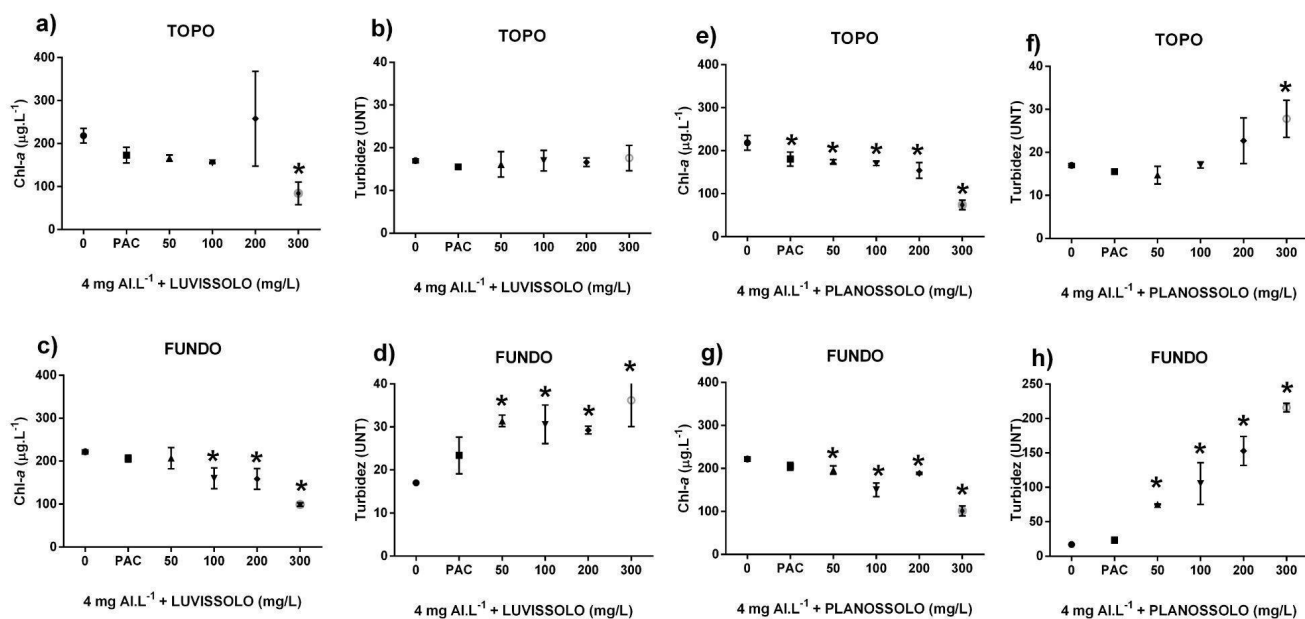


Figura 3 - Resultados da etapa 2 de clorofila-a e turbidez para escolha da dose dos dois lastros: Planossolo e Luvisso. a), b), c) e d) Resultados referentes ao Luvisso; e), f), g) e h) Resultados referentes ao Planossolo; * $p < 0,05$. Chl-a: clorofila-a.

Etapa 3

Na terceira etapa (Figura 4), foi verificado que para todas as combinações testadas na análise, apenas a combinação entre PAC e planossolo apresentou redução na concentração de clorofila no topo, estatisticamente significativa, quando comparada com o controle. Essa mesma combinação teve comportamento inverso à concentração no topo, indicando a sedimentação das partículas presentes na parte superior, sendo, novamente, o tratamento que apresentou a maior concentração de clorofila no fundo e estatisticamente diferente do controle.

Na análise de turbidez o uso do planossolo individualmente e a combinação entre PAC+planossolo apresentaram um aumento significativo na turbidez em relação ao controle, tanto no topo quanto no fundo. Os demais tratamentos (PAC, luvisso e PAC+luvisso) não apresentaram variação significativa neste parâmetro.

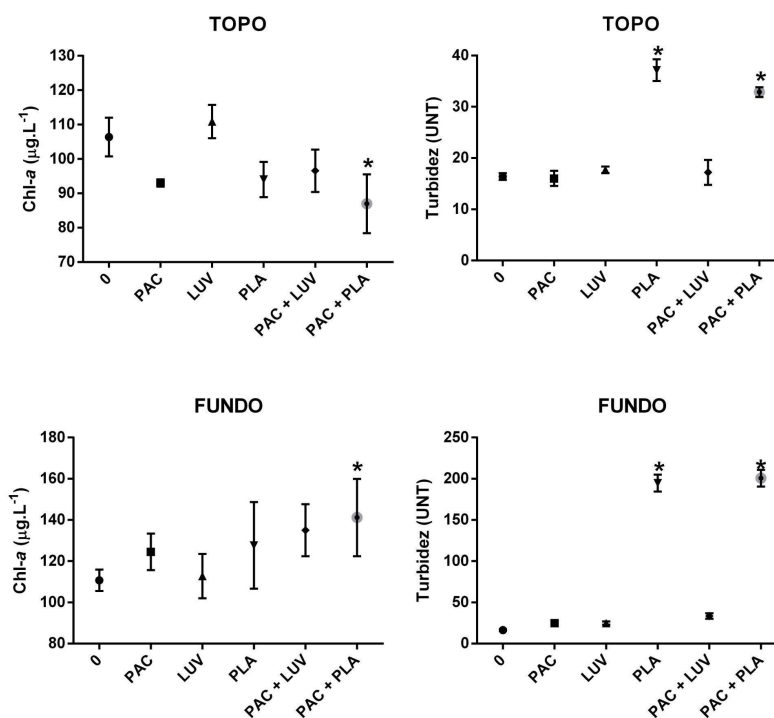


Figura 4 - Resultados da etapa 3 de clorofila-a e turbidez para escolha do melhor tratamento; * $p < 0,05$. PAC: Policloreto de alumínio; Chl-a: clorofila-a; LUV: Luvissole; PLA: Planossolo.

DISCUSSÃO

Floc and Sink é uma técnica de mitigação amplamente estudada pelo mundo e possui eficiência comprovada, inclusive com solos naturais Noyma *et al.* (2017); Arruda *et al.* (2021); Thongdam *et al.* (2021). Nossos resultados mostraram que o Planossolo funcionou como lastro combinado com o policloreto de alumínio (PAC), sendo o único resultado diferente do controle, porém, apesar da remoção da biomassa algal, essa remoção foi baixa.

A utilização de coagulantes a base de alumínio, como o PAC, é bastante difundida nas técnicas de *Floc and Sink* e *Floc and Lock* e no tratamento de água [Jančula e Maršálek (2011); Lurling *et al.* (2020); Yin *et al.* (2018)]. A dose escolhida precisa ser suficiente para coagular, ou seja, formar flocos, que é o objetivo da etapa. As maiores doses (8 e 16 mg Al.L⁻¹) também foram eficientes e a de 16 conseguiu remover no topo a biomassa algal, entretanto o objetivo é escolher a menor dose formadora de flocos, pois doses altas de alumínio podem ser tóxicas (Lurling *et al.* 2020). Portanto, a dose escolhida foi a de 4 mg Al.L⁻¹, que está dentro do intervalo encontrado em outros estudos [Lucena-Silva *et al.* (2019); Lurling e Oosterhout (2013)]. Outro estudo realizado no mesmo reservatório (Cavalcante *et al.* 2021), escolheu a dose de 2mg.L⁻¹ de PAC, entretanto, o reservatório possuía uma biomassa inicial de 110,5 ug.L⁻¹, quase metade da biomassa inicial média deste estudo, além disso a dose do estudo é baseada no PAC como um todo e não dose de alumínio, deixando o nosso resultado proporcionalmente de acordo.

A dose escolhida para os solos naturais, 300mg, também está dentro de uma faixa comum a outros estudos que testaram essas doses de lastro [Drumond *et al.* (2022); Magalhães *et al.* (2017)]. O trabalho de Magalhães *et al.* 2019 também testa a técnica de *floc and sink* e seu estudo mostrou que uma dose menor PAC vai precisar de uma maior dose de lastro, assim como o aumento da dose de PAC vai diminuir a quantidade de lastro, onde uma dose de 2 mg Al.L⁻¹ necessitou de 400 mg.L⁻¹ de bentonita modificada com lantânio (BML), e uma dose de 8 mg Al.L⁻¹ reduziu para 100 mg.L⁻¹ de BML. No caso de Magalhães *et al.* 2019 a dose escolhida foi a última, devido ao custo da BML e ao *floc and sink* não ter por objetivo adsorver o fosfato. Em nossos estudos, por serem solos naturais e localizados próximos ao reservatório, o custo dos mesmos se torna muito menor, não havendo problema no uso de uma dose maior.

Com a aplicação dos lastros a turbidez do fundo aumentou, devido a presença da sedimentação dos mesmos. Entretanto, com o Planossolo os valores de turbidez no topo aumentaram significativamente. Isso ocorre devido às características naturais do solo, que possui mais de 90% de suas partículas do tamanho de silte ou argila, ou seja, partículas pequenas, demorando mais ocorrer a sedimentação. Diferentemente do Luvisso, que possui 52% de areia, facilitando a sua sedimentação [Monicelli *et al.* (2021)].

Na etapa 3, os tratamentos isolados e o tratamento PAC + Luvisso não conseguiram remover clorofila-a e nem turbidez, o que está de acordo com a literatura, que mostra que a sedimentação de cianobactérias de água doce só ocorre através da combinação de coagulante e lastro [Lurling e Oosterhout (2013); Lurling *et al.* (2020); Noyma *et al.* (2016; 2017)]. O melhor tratamento observado na etapa 3 foi a combinação de PAC + Planossolo, que removeu clorofila-a do topo para o fundo, o único estatisticamente diferente do controle. Apesar dessa remoção de clorofila-a, ela não foi eficaz a ponto de remover a maior parte da biomassa, por isso, recomendamos a testagem de outros solos ou materiais adsorventes e reforçamos a importância dos estudos em escala laboratoriais.

CONCLUSÃO

Somente o uso do policloreto de alumínio (PAC) e dos solos naturais do semiárido testados isoladamente (Luvisso e Planossolo) não conseguiram sedimentar a biomassa de cianobactérias presente na água do reservatório Boqueirão de Parelhas. A combinação de PAC + Planossolo foi a única que conseguiu sedimentar a biomassa algal, mas, apesar disso, foi uma baixa remoção e por isso outros testes com novos lastros são incentivados.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G.(2013) “Köppen's climate classification map for Brazil”. Meteorologische Zeitschrift, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728. Schweizerbart.
- ANA- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO.(2016).“*Estudo Reservatórios do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação*”. Brasília: Engecorps Engenharia S.A.
- ARRUDA, R.S.; NOYMA, N.P.; MAGALHÃES, L.; MESQUITA, M.C.B.; ALMEIDA, E.C.; PINTO, E.; LÜRLING, M.; MARINHO, M.M.(2021). “‘Floc and Sink’ Technique Removes Cyanobacteria and Microcystins from Tropical Reservoir Water”. Toxins, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 405.
- CAVALCANTE,H.; ARAÚJO, F.; BECKER, V. BARBOSA, J.E.L. (2021) “Control of internal phosphorus loading using coagulants and clays in water and the sediment of a semiarid reservoir susceptible to resuspension”. Hydrobiologia.
- CHAPRA, S. C., BOEHLERT, B., FANT, C., BIERMAN, V. J., HENDERSON, J., MILLS, D., MAS, D. M. L., RENNELS, L., JANTARASAMI, L., MARTINICH, J., STRZEPEK, K. M., & PAERL, H. W.(2017) “Climate Change Impacts on Harmful Algal Blooms in U.S. Freshwaters: A Screening-Level Assessment”. Environmental Science and Technology. v. 51, n. 16, p. 8933–8943.
- COSME JÚNIOR, S. (2011). “Análise de uso e cobertura do solo no município de Parelhas/RN”.73 f. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- DRUMMOND, E.; LEITE, V.B.G.; NOYMA, N.P.; MAGALHÃES, L.; GRACO-ROZA, C.; HUSZAR, V.L.; LÜRLING, M.; MARINHO, M.M.(2022). “Temporal and spatial variation in the efficiency of a Floc & Sink technique for controlling cyanobacterial blooms in a tropical reservoir”. Harmful Algae, [S.L.], v. 117, p. 102262.
- HUISMAN, J., CODD, G. A., PAERL, H. W., IBELINGS, B. W., VERSPAGEN, J. M. H., & VISSER, P. M. (2018). “Cyanobacterial blooms”. Nature Reviews Microbiology, 16(8), 471–483.
- HUSZAR, V.L.M.; WAAJEN, G.; MARINHO, M.M.(2020). “Coagulation and precipitation of cyanobacterial blooms”. Ecological Engineering, [S.L.], v. 158, p. 106032.
- IBGE (org.).“Panorama do município de Parelhas/RN”. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/parelhas/panorama>. Acesso em: 18 jun. 2022
- JANÊULA, D.; MARLÁLEK, B.(2011).“Critical review of actually available chemical compounds for prevention and management of cyanobacterial blooms”.Chemosphere, [S.L.], v. 85, n. 9, p. 1415-1422.
- JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. 1988. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. Archive für Hydrobiologie. 109: 445454.
- LUCENA-SILVA, D.; MOLOZZI, J. SEVERIANO, J. S.; BECKER, V.; BARBOSA, J.E.L.(2019). “Removal efficiency of phosphorus, cyanobacteria and cyanotoxins by the “flock & sink” mitigation technique in semi-arid eutrophic waters”. Water Research, [S.L.], v. 159, p. 262-273.
- LUCENA-SILVA, D.; SEVERIANO, J. S.; SILVA, R.D.S; BECKER, V.; BARBOSA, J. E. L.; MOLOZZI, J.(2022). “Impacts of the Floc and Sink technique on the phytoplankton community: A morpho-functional approach in eutrophic reservoir water”. Journal of Environmental Management, v. 308.

LÜRLING, M.; MACKAY, E.; REITZEL, K; SPEARS, B. M. (2016) “*Editorial – A critical perspective on geo-engineering for eutrophication management in lakes*”, Water Research, v. 97, p. 1-10

LÜRLING, M.; VAN OOSTERHOUT, F.(2013). “*Controlling eutrophication by combined bloom precipitation and sediment phosphorus inactivation*”. Water Research, [S.L.], v. 47, n. 17, p. 6527-6537.

NOYMA, N.P.; MAGALHÃES, L.; MIRANDA, M.; MUCCI, M.; VAN OOSTERHOUT, F.; HUSZAR, V.L. M.; MARINHO, M.M.; LIMA, E.R.A.; LÜRLING, M.(2017). “*Coagulant plus ballast technique provides a rapid mitigation of cyanobacterial nuisance*”. Plos One, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 0178976. Public Library of Science (PLoS).

MAGALHÃES, L.; NOYMA, N.P.; FURTADO, L.L.; MUCCI, M.; VAN OOSTERHOUT, F.; HUSZAR, V.L.M.; MARINHO, M.M.; LÜRLING, M.(2016). “*Efficacy of Coagulants and Ballast Compounds in Removal of Cyanobacteria (Microcystis) from Water of the Tropical Lagoon Jacarepaguá (Rio de Janeiro, Brazil)*”. Estuaries And Coasts, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 121-133.

MAGALHÃES, L.; NOYMA, N.P.; FURTADO, L.L.; DRUMMOND, E.; LEITE, V.B.G.; MUCCI, M.; VAN OOSTERHOUT, F.; HUSZAR, V. L.M.; LÜRLING, M.; MARINHO, M. M. (2018). “*Managing Eutrophication in a Tropical Brackish Water Lagoon: testing lanthanum-modified clay and coagulant for internal load reduction and cyanobacteria bloom removal*”. Estuaries And Coasts, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 390-402.

MONICELLI, F.; CUNHA, K.P.V.; ARAÚJO, F.; BECKER, V.(2021) “*Phosphorus sorption potential of natural adsorbent materials from a Brazil semiarid region to control eutrophication*”. Acta Limnologica Brasiliensia, vol. 33, e29.

MUCCI, M., MALIACA, V., NOYMA, N.P., MARINHO, M.M. and LÜRLING, M. (2018) “*Assessment of possible solid-phase phosphate sorbents to mitigate eutrophication: influence of pH and anoxia*”. The Science of the Total Environment. 619-620(1), 1431-1440.

PAERL, H. W; GARDNER, W. S.; HAVENS, K. E.; JOYNER, A. R.; MCCARTHY, M. J.; NEWELE, S. E.; QIN, B.; SCOTT, J. T.(2016). “*Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients*”. Harmful Algae. v. 54, p. 213–222.

PAERL, H.(2017). “*Controlling harmful cyanobacterial blooms in a climatically more extreme world: Management options and research needs*”. Journal of Plankton Research.v. 39, n. 5, p. 763–771.

PAERL, H; BARNARD, M. A.(2020). “*Mitigating the global expansion of harmful cyanobacterial blooms: Moving targets in a human- and climatically-altered world*”. Harmful Algae, v. 96, n. June, p. 101845.

SEMARH- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Rio Grande do Norte). “*Boletim diário de monitoramento hidrometeorológico 2022*”. Sala de situação. Disponível em: <http://semarh.rn.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2022.

THONGDAM, S.; KUSTER, A.C.; HUSER, B.J.; KUSTER, A.T.(2021). “*Low Dose Coagulant and Local Soil Ballast Effectively Remove Cyanobacteria (Microcystis) from Tropical Lake Water without Cell Damage*”. Water, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 111.



YIN, H., REN, C., Li, W.(2018). “*Introducing hydrate aluminum into porous thermally treated calcium-rich att a pulgite to enhance its phosphorus sorption capacity for sediment internal loading management*”. Chem. Eng. J. 348, 704e712.