

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO TECNOLOGIA O₂ECO

Maiara Teixeira da Silva, Amanda Bertê de Lima Macedo, Maria Regina de Aquino-Silva

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, amandalima.blm@gmail.com, maiarat2014@gmail.com, mregina@univap.br

Resumo

Objetivou-se analisar a eficácia da tecnologia O₂Eco no tratamento da água de um reservatório natural localizado no campus Urbanova da Univap cujas análises preliminares evidenciaram baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD), pH alcalino, elevada condutividade elétrica (CE), presença de matéria orgânica e bactérias do grupo coliformes. A metodologia consistiu no estabelecimento de três grupos experimentais: controle (sem tecnologia), O₂Eco e O₂Eco + aeração. Foram monitorados OD, pH e CE da água em cada grupo, por meio de uma sonda multiparâmetros Asko AK88. Os resultados obtidos para o grupo O₂Eco + aeração mostraram-se mais efetivos, em especial no que se refere ao pH que apresentou redução em direção a neutralidade, sugerindo a oxidação da amônia em nitrito e nitrato, processo este favorecido pela aeração e pela bioestimulação inerente a tecnologia. Assim, o uso do sistema aqui avaliado pode ajudar a restaurar a qualidade da água em consonância com métodos de tratamento sustentáveis baseados em processos biológicos.

Palavras-chave: tecnologia O₂Eco. qualidade da água. biorremediação. oxigênio dissolvido. sustentabilidade.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra, Química Ambiental

Introdução

A crise da água tem se estabelecido como uma realidade cada vez mais presente em nosso dia a dia, agravada pelas alterações climáticas e por aspectos ligados à má gestão dos recursos hídricos. De acordo com o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), o Brasil tem enfrentado déficits hídricos crescentes desde a década de 1990, o ano de 2021 apresentou a pior seca dos últimos 90 anos segundo informações do Ministério de Minas e Energia. Esse problema vai além da geração de energia e impacta diretamente o abastecimento da população, levando em conta que somente 3% da água doce disponível é adequada para consumo humano (Almeida, 2010). A situação mundial também é alarmante: o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2023 indica que mais de 26% da população global ainda não tem acesso a água de qualidade, e esse total pode exceder 5 bilhões até 2050, a menos que sejam tomadas medidas urgentes. No Brasil, aproximadamente 47,8% do esgoto não tratado é despejado diretamente no meio ambiente, afetando ecossistemas e a saúde pública.

Nesse contexto, é fundamental investir em soluções inovadoras e sustentáveis para o tratamento da água, que integrem eficácia operacional, custos reduzidos e diminuição dos impactos ambientais. A O₂Eco Tecnologia Ambiental, é uma *startup* de São José dos Campos, que atua no ramo de tratamento da água cujo processo se apresenta como uma opção promissora, uma vez que opera por meio da bioestimulação do metabolismo microbiano nos ciclos biogeoquímicos, sem demandar o uso intensivo de reagentes químicos e reduzindo a produção de resíduos. Pesquisas preliminares utilizando esta tecnologia sugerem que a mesma apresenta um alto potencial para equilibrar a eficácia do tratamento de água com a proteção ambiental, satisfazendo à crescente necessidade de soluções sustentáveis e acessíveis.

Esta tecnologia consiste em uma composição inovadora de cera de parafina, cera microcristalina e hidrocarbonetos, enriquecida com nanominerais que atuam como bioestimuladores de comunidades microbianas benéficas (LULAI, 2016; MEURER, 2017). Seu mecanismo de ação baseia-se em

processos de biorremediação, onde microrganismos autóctones decompõem poluentes através de vias anaeróbicas (produzindo acetatos, H_2 , CO_2 e CH_4) e aeróbicas (oxidando matéria orgânica). Estudos demonstram sua eficácia superior a métodos convencionais Instituto Nacional de Oceanografia e Pescas registrou remoção de 77,35% de amônio e 79,02% de ortofosfato em uma semana quando combinado com cepas de *Streptomyces griseorubens* e *S. yrise*, superando significativamente a eficiência de biofiltros tradicionais (MADKOUR; HAMED; DAR, 2019).

Assim, validar a tecnologia O_2Eco , além de seu valor técnico, possui uma importância socioambiental considerável, estando em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, particularmente com o ODS 6 (Água Potável e Saneamento). O estudo dessa tecnologia no Brasil ainda é limitado, tornando o projeto singular e fundamental, uma vez que visa colaborar com o desenvolvimento científico, orienta políticas públicas e incentiva os municípios a adotarem sistemas mais sustentáveis. Dessa forma, o projeto não só propõe uma solução prática para o tratamento da água, mas também promove a preservação e o uso responsável dos recursos hídricos, fundamentais para o futuro da sociedade e do planeta no século XXI.

Metodologia

O ambiente escolhido para coleta da água está localizado no campus Urbanova do Univap, em São José dos Campos, denominado como lago do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS-UNVAP – Figura 1). Este reservatório de aproximadamente 912,7 m² de lâmina d'água serve como habitat e fonte de alimento para diversas espécies, incluindo pássaros, jacarés, cágados e tilápias. Análises preliminares detectaram condições críticas na qualidade da água: baixos níveis de oxigênio dissolvido, presença de coliformes fecais indicando contaminação orgânica, e pH consistentemente acima de 9, caracterizando ambiente alcalino. Essas condições justificam a necessidade de intervenções para recuperação do ecossistema aquático.

Figura 1 – Vista geral do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS – UNIVAP).

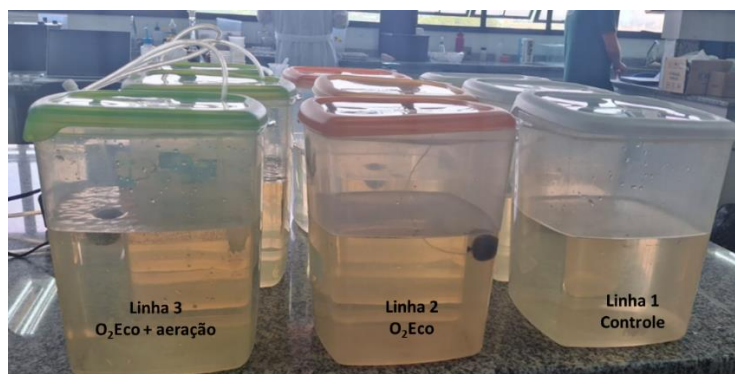


Fonte: O Autor - adaptado de Google Earth (2025)

O experimento foi montado em escala de bancada utilizando nove sistemas de 0,041m³ (figura 2) que operaram em batelada contendo 7,0 L de água coletada no lago do CRAS. Os sistemas foram divididos em três linhas distintas, em triplicata, enumerados de 1 a 9. A linha 1 (1, 2 e 3) configurou o sistema controle, a linha 2 (4, 5 e 6) contendo a tecnologia O_2Eco (10,0g) e a linha 3 (7, 8 e 9) contendo a tecnologia O_2Eco (10,0 g) + aeração. Os procedimentos operacionais incluem coleta asséptica da água, descontaminação rigorosa dos recipientes, e fixação adequada do elemento O_2Eco nas tampas dos recipientes correspondentes. Os parâmetros de avaliação da eficácia foram realizados mediante análises de parâmetros físico-químicos essenciais: pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido, por meio de uma sonda multiparâmetro AkSO AK 80, garantindo monitoramento preciso e imediato.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 2– Sistema para o estudo

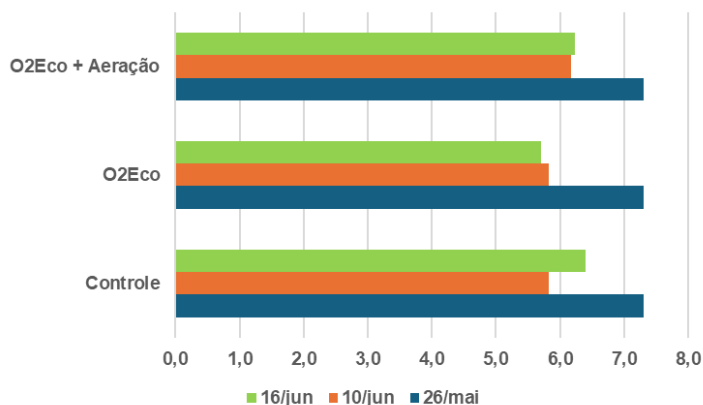


Fonte: Autor (2025)

Resultados

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos para a variação de oxigênio dissolvido (OD) da água do lago do CRAS submetida a tratamento alternativo nas tres condições experimentais propostas, ao longo do período estudado.

Figura 3: Representação gráfica da variação de oxigênio dissolvido (mg/L) da água do lago do CRAS



Fonte: Autor (2025)

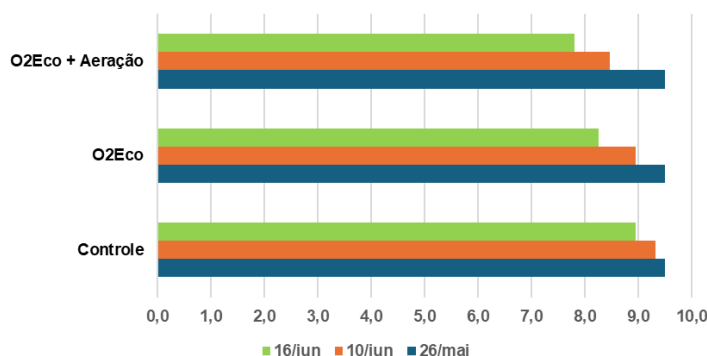
Assim, observa-se em 26/05, valores de OD próximos a 7,3 mg/L em todos os sistemas e, após 15 dias de experimentação (10/06) observou-se que este parâmetro atingiu cerca de 5 mg/L nos grupos de controle e no tratamento O₂Eco sem aeração e, considerando os resultados obtidos para os sistemas contendo a tecnologia O₂Eco + aeração, observou-se a redução da concentração inicial de oxigênio dissolvido de 7,3 para 6,0 mg/L. Por fim, considerando a avaliação deste parâmetro em 16/06, observou-se que no sistema controle o valor de OD foi superior (6,4) ao verificado no sistema utilizando a tecnologia sem aeração (5,7) e praticamente similar ao verificado no sistema que utilizou a tecnologia combinado com aeração (6,2).

Essa diminuição do teor de OD no sistema O₂Eco sem aeração pode estar evidenciando o processo de bioestimulação relacionado as propriedades da tecnologia, que em função dos micronutrientes presentes, favorece o desenvolvimento da biomassa microbiana, reduzindo assim, o oxigênio disponível no sistema durante a degradação da matéria orgânica. No caso do incremento ou manutenção do teor de OD no sistema que inclui aeração, este processo estaria ajudando a estabilizar o sistema e a manter condições favoráveis à qualidade da água, conforme resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 357/05.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Os resultados obtidos para a variação de pH da água do lago do CRAS submetida a tratamento alternativo nas tres condições experimentais propostas são apresentados na Figura 4. Os valores de pH observados ao início do experimento (26/05) refletem uma situação de pH alcalino (9,5), valor este 0,5 unidades acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, sugerindo a presença de compostos básicos, provavelmente relacionados à decomposição inicial de matéria orgânica.

Figura 4: Representação gráfica da variação do pH do lago do CRAS

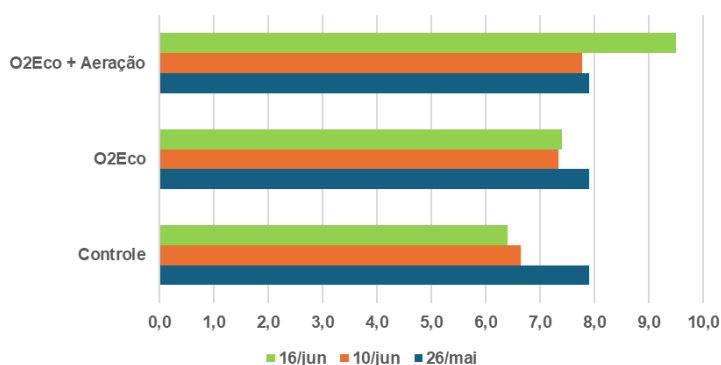


Fonte: Autor (2025)

Ao longo do experimento, observou-se que no sistema controle este parâmetro mostrou-se praticamente invariável, mantendo-se dentro da faixa da alcalinidade (9,5 – 8,9) e no limite máximo permitido pela legislação (pH 9,0). No sistema que utilizou a tecnologia O₂Eco de forma isolada observou-se uma redução moderada do pH (9,5 – 8,3) e, para o sistema que combinou a tecnologia O₂Eco + aeração esta redução se direcionou mais ainda em sentido a neutralidade (9,5 – 7,8). Essa correção é resultado da produção de ácidos orgânicos, como os acetatos, durante a biodegradação aeróbica, que neutralizam a alcalinidade, bem como da oxidação da amônia em nitrito e posteriormente em nitrato, processo esse provavelmente favorecido pela aeração e também pela bioestimulação dos microrganismos do ciclo do nitrogênio presentes no sistema. O resultado é significativo para a segurança ecotoxicológica, pois um pH superior a 8,5 pode liberar amônia tóxica a partir do nitrogênio total.

A condutividade elétrica é um parâmetro utilizado para indicar a quantidade de substâncias dissolvidas na água e a sua capacidade de conduzir corrente elétrica. No presente trabalho, os resultados obtidos para a variação de condutividade elétrica da água do lago do CRAS submetida a tratamento alternativo nas tres condições experimentais propostas são apresentados na Figura 5.

Figura 5: Representação gráfica da variação da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ao longo do período de tratamento da água do lago do CRAS



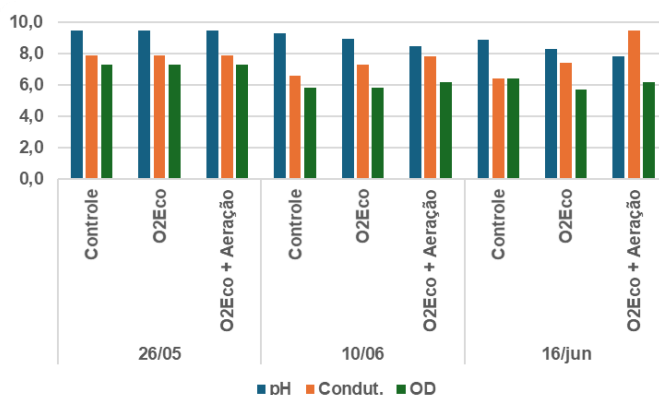
Fonte: Autor (2025)

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Ao longo do período de estudo foi possível observar que, para o sistema controle, onde nenhuma ação foi adotada no sentido de estimular a melhoria da qualidade da água, os valores de condutividade elétrica reduziram de 7,9 a 6,4 evidenciando baixa atividade metabólica e reduzida modificação nos parâmetros químicos do sistema, também evidenciado para as outras análises realizadas neste trabalho. Todavia, quando os resultados obtidos para condutividade elétrica no sistema utilizando a tecnologia O₂Eco sem aeração, evidenciou-se para uma redução nos valores obtidos para este parâmetro, variando de 7,9 (26/05) a 7,4 (10/06 e 16/06). Em relação ao sistema utilizando a tecnologia O₂Eco + aeração observa-se um aumento deste parâmetro passando de 7,9 (26/05) a 9,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (16/06). Esse comportamento indica um aumento na atividade metabólica dos microrganismos e no acúmulo de íons dissolvidos nesse sistema, provavelmente ligado à intensificação dos processos de bioestimulação e biodegradação.

Com base nos resultados experimentais preliminares obtidos para os parâmetros de oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade, evidencia-se o impacto diferenciado da tecnologia O₂Eco na qualidade da água do lago do CRAS-UNVAP. A análise comparativa dos três grupos experimentais revela tendências significativas para a recuperação de ecossistemas aquáticos (Figura 6).

Figura 6: Representação gráfica comparando a variação dos diferentes parâmetros analisados ao longo do período de tratamento da água do lago do CRAS



Fonte: Autor (2025)

Discussão

A água de um corpo hídrico, mesmo que eutrofizado e impactado por esgoto, como no presente estudo, apresenta uma carga poluente diluída e já sofreu processos naturais de degradação e estabilização. Em contrapartida, um efluente bruto, como nos trabalhos de Pinto et al. (2017) e Santos (2024), é um concentrado de matéria orgânica, nutrientes e contaminantes, com carga poluidora muito superior. Essa diferença explica as respostas distintas da tecnologia. Em matrizes de média carga, como lagoas, estudos como Meurer et al. (2017) e o presente trabalho evidenciam a eficácia do O₂Eco em promover maior atividade metabólica microbiana e correção do pH. Já em matrizes de alta carga, como efluentes brutos, a elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) esgota rapidamente o OD, tornando a bioestimulação insuficiente sem o aporte de oxigênio. Nesse contexto, os resultados de Santos (2024) demonstram que a combinação da tecnologia com aeração robusta pode alcançar reduções significativas de nutrientes, validando a sinergia entre os processos.

Os resultados preliminares demonstram que a tecnologia O₂Eco, especialmente quando associada à aeração, apresentou efeitos positivos sobre parâmetros como oxigênio dissolvido e pH, indicando potencial para auxiliar na recuperação de ambientes aquáticos. Esses achados estão em consonância com pesquisas anteriores que apontam a relevância de processos biológicos no tratamento de águas, mas ainda se mostram insuficientes para conclusões definitivas sobre sua eficácia. Assim, a natureza da matriz hídrica, ambientes naturais ou efluentes, é fundamental para entender as disparidades de desempenho relatadas na literatura sobre bioestimuladores.

Conclusão

A pesquisa revelou que a tecnologia O₂Eco oferece resultados encorajadores no tratamento de água, especialmente na melhoria de parâmetros como pH e oxigênio dissolvido, sendo mais eficaz quando combinada com a aeração. Esses resultados iniciais sugerem que o uso da tecnologia pode ajudar a restaurar a qualidade da água em ambientes aquáticos afetados, em consonância com métodos de tratamento sustentáveis baseados em processos biológicos.

Referências

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CEMADEN. **Cemaden analisa secas recentes no Brasil e apresenta diagnóstico e projeções como subsídio para a COP-16**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cemaden-analisa-secas-recentes-no-brasil-e-apresenta-diagnostico-e-projecoes-como-subsidio-para-a-cop-16>>. Acesso em: 17 mar. 2025.

LULAI, E. Laudo Técnico de Caracterização do Produto. 06 de maio de 2016

MADKOUR, A.G.; HAMED, M.M.; DAR, M.A. Removal of ammonia and orthophosphate from domestic wastewater using marine actinomycetes. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, v. 23, n. 3, p. 455–465, 2019. Disponível em: <https://ejabf.journals.ekb.eg/article_48322_6d4e225e5e5458ac35e6021826e334ba.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025. DOI: 10.21608/ejabf.2019.48322.

MEURER, B.C. et al. Evaluation of new bio-stimulation technology as a solution for the pollution of Rio de Janeiro lagoons. *Revista Pensar-BioUSU*, v. 3, p. 44–51, 2017. Disponível em: <https://www.marineeasyclean.com.au/wp-content/uploads/2024/08/Publication-Revista-Pensar-BioUSU-3-44-51-2017.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SANTOS, Isabelle Coelho dos. **Avaliação da eficiência do sistema bioestimulador - TWC/O₂Eco no tratamento de efluentes domésticos: remoção de nitrogênio amoniacal**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) — Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2024.

PINTO, Fabiana Alves Fiore; MORAIS, Carlos Alberto Silvestre de; PEREIRA, Vanessa Rodrigues. Estudo do tratamento de efluente com bioestimulador de crescimento bacteriano. In: Anais [...] São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação**. 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por>. Acesso em: 17 mar. 2025.