

## APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA CONTROLE DE ALGAS EM LAGOS ORNAMENTAIS\*

*Erivan Cardoso Rocha*<sup>1</sup>  
*Cilene Cláudia Diógenes*<sup>2</sup>  
*Antônio Donizetti Giuliano*<sup>3</sup>  
*Fernando Codelo Nascimento*<sup>4</sup>  
*Viviane Tavares de Moraes*<sup>5</sup>

### Resumo

Nos lagos ornamentais geralmente tem-se a dificuldade em controlar o crescimento de algas, pois existe a incidência de luz e a disponibilidade de nutrientes provenientes da ração fornecida aos peixes, os quais propiciam o crescimento e o desenvolvimento das algas. Uma alternativa de tratamento é o processo oxidativo avançado (POA) existente, a ozonização, com o objetivo de propor um processo de tratamento de água para controlar a proliferação de algas em um lago ornamental sem prejuízos à comunidade aquática, vivente no lago. A metodologia utilizada foi o estudo de caso do lago que envolveu as seguintes etapas: construção do lago ornamental; definição do sistema de tratamento; monitoramento de parâmetros como: a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a cor, o pH, a temperatura, a amônia (NH<sub>3</sub>) e o oxigênio dissolvido (OD) do lago durante três meses; aplicação do ozônio para controlar a proliferação de algas e monitoramento dos mesmos parâmetros durante o processo de ozonização. Dentre os principais resultados encontrados citam-se: a redução de 170 unidades de Cobalto platina (PCU) da cor esverdeada da água do lago; descimento de 60% da DBO; aumento de 16% da concentração de OD e a redução de 80 a 100% da concentração de NH<sub>3</sub>, eliminando assim odores desagradáveis e melhorando a qualidade da água. Por meio dos resultados obtidos conclui-se a aplicação de ozônio em lagos ornamentais é uma alternativa para a manutenção aquática e melhoria da qualidade da água..

**Palavras-chave:** Processos oxidativos avançados. Ozônio. Tratamento de água. Algas. Lagos ornamentais.

### APPLICATION OF ADVANCED OXIDATION PROCESS FOR ALGAE CONTROL IN ORNAMENTAL LAKES

#### Abstract

In ornamental lakes, there is usually difficulty to control the algae proliferation because the existence of light exposure and the availability of nutrients derived from the food given to the fish allow the growth and development of the algae. An alternative to treatment is the advanced oxidation. Among the advanced oxidation processes (AOPs) available, the ozonation was chosen in order to present a water treatment process to control the algae proliferation in an ornamental lake without damaging the aquatic community living in the lake subject to this study. The methodology used was the case study of the lake, supported by reference researches. The project was developed through the following steps: building the ornamental lake; defining the treatment system; monitoring the parameters such as: biochemical oxygen demand (BOD), color, potential of hydrogen (pH), temperature, ammonia (NH<sub>3</sub>), and dissolved oxygen (DO) of the lake during 3 months; applying ozone to control the algae proliferation; and monitoring the same parameters during the ozonation process. Among the main results found are: the reduction of 170 Cobalt-Platinum units (UCP) of the greenish color of the lake water; about 60% decrease of BOD; 16% increase of DO concentration; and 80 to 100% decrease of NH<sub>3</sub> concentration, eliminating the unpleasant smell and improve the quality of the water.

**Keywords:** Advanced Oxidation Process. Ozone. Water treatment. Algae. Ornamental Lakes.

- <sup>1</sup> *Engenheiro Ambiental, Graduando, Coordenador Ambiental, Setor Meio Ambiente, Acrilex tintas especiais SA., São Bernardo do Campo, SP, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Especialização em Metodologia do Ensino, Professor, Faculdade Senai de Tecnologia Ambiental, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Mestre em Física, Professor, Instituto de Pós-Graduação e Graduação IPOG, São Paulo, SP, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Doutor em Tecnologia Nucleares – Aplicações, Professor, Instituto de Pós-Graduação e Graduação IPOG, São Paulo, SP, Brasil..*
- <sup>5</sup> *Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Professora, Engenharia Mecânica, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Kolosov (2018), além da função sanitizante o ozônio desempenha outras duas funções básicas no tratamento de água: a oxidação via ozônio molecular e oxidação via radicais livres [1, 2, 3].

Observa-se que ozônio ( $O_3$ ) por ser um oxidante energético, pode reagir por meio de mecanismo direto (ozônio na forma molecular), ou mecanismo indireto formado a partir da decomposição do ozônio em radical hidroxila [4, 5].

O tempo de reação é reduzido e não há ozônio remanescente na água. Outro benefício do ozônio é que a concentração do oxigênio dissolvido do efluente pode ser elevada até o nível de saturação, útil para atender padrões legais de lançamento.

O ozônio reage com vários contaminantes, além de eliminar vários tipos de micro-organismos dentre eles citam-se: bactérias, fungos, bolores, vírus e outros [6].

As reações do ozônio com vários compostos químicos em sistemas aquosos ocorrem de dois modos distintos, porém simultâneos. Ao contrário de outros desinfetantes, o ozônio age como oxidante geral, isto é, atua nos diversos componentes das células microbianas tais como proteínas, lipídeos, DNA e RNA [7].

A técnica de ozonização compreende um processo oxidativo avançado que está caracterizado como nível terciário. A aplicação do mesmo é utilizada para dar um polimento final água, após o tratamento convencional [8].

As aplicações do ozônio são extensas pois, na qualidade de um dos maiores oxidantes e antibacterianos do planeta atua de forma rápida e altamente eficaz na oxidação de metais e no controle microbiano.

Exemplos de aplicação: em águas minerais e em águas de poços artesianos efluentes industriais, agropastoris [9, 10] e domésticos, diminuindo significativamente DQO e DBO [11]. Em piscinas, banheiros, chuveiros e caixas d'água o ozônio é o substituto ecologicamente correto do cloro e ainda elimina suas consequências danosas sobre a pele, cabelos, olhos e mucosas.

Como qualquer tecnologia a ozonização também apresenta algumas desvantagens no processo como:

- a) O ozônio é extremamente nocivo, se inalado em concentrações acima de 0,1 ppm;
- b) Não pode ser armazenado, devido a sua instabilidade;
- c) A demanda de  $O_3$  é muito influenciada pela presença de matéria orgânica;
- d) Uma grande desvantagem da ozonização é o fato de que os residuais obtidos não são persistentes, desaparecendo em pouco tempo [12].

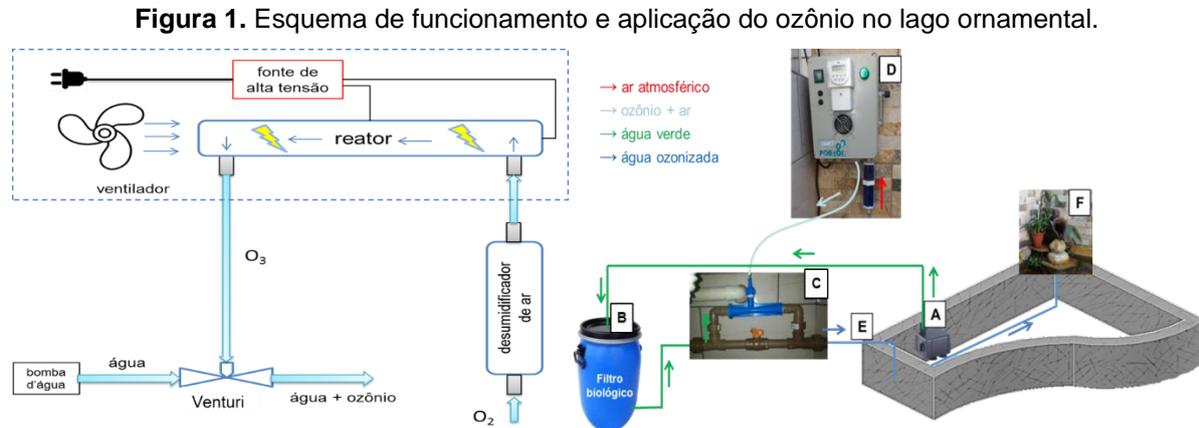
## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Materiais e Métodos

A metodologia foi desenvolvida por meio das seguintes etapas: construção do lago ornamental; definição do sistema de tratamento; monitoramento de parâmetros como: a demanda biológica de oxigênio (DBO), a cor, o potencial hidrogeniônico (pH), a temperatura, a amônia ( $NH_3$ ) e o oxigênio dissolvido (OD) do lago durante três meses. Além da aplicação do ozônio para controlar a proliferação de algas e monitoramento dos mesmos parâmetros durante o processo de ozonização.

O gerador de ozônio foi desenvolvido como protótipo fundamentado na primeira máquina geradora de ozônio de “Ernest Wagner Von Siemens (1857)”. O mesmo foi construído exclusivamente para a utilização neste trabalho.

O gerador de ozônio foi montado conforme ilustra a Figura 1, que apresenta também os principais componentes do ozonizador e o esquema de funcionamento do mesmo.



Neste sistema, por meio de uma bomba (A) a água é impulsionada para dentro do filtro biológico (B) em seguida, a mesma passa pelo injetor *venturi* (C) isso ocasiona a sucção do ar. Esse ar passa pelo gerador de ozônio (D) possibilitando, assim, o carregamento do ar com ozônio, o qual entra em contato com a água por meio do injetor Venturi (C). Na tubulação, a qual tem a função de prolongar o tempo de contato entre o ozônio, as algas e contaminantes presentes na água, ocorre a destruição dos mesmos, a água ozonizada com algas destruídas são devolvidas ao lago (F) e por fim a bomba (A) cumpre o papel de fazer a sucção deste material. O qual fica retido no filtro (B).

O lago foi submetido à ozonização por um período de vinte horas por dia na primeira semana, dez horas por dia na segunda semana, na terceira semana ozonizou-se por cinco horas, já na quarta semana aplicou-se duas horas e trinta minutos por dia, finalmente, a partir da quarta semana, em virtude dos resultados da cor da água, o equipamento foi regulado por meio do temporizador, para manter a dosagem de uma hora por dia.

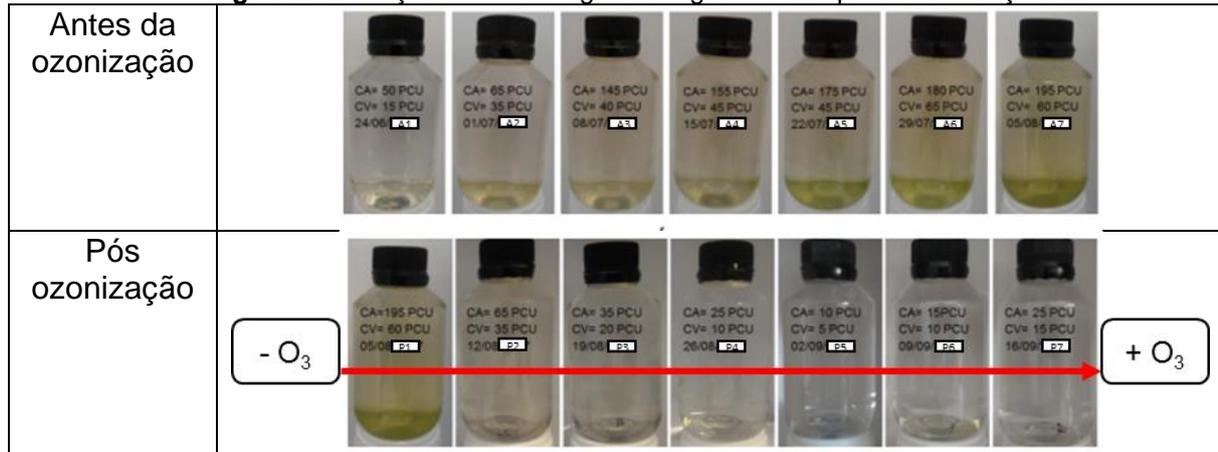
Os parâmetros monitorados foram cor; DBO; OD e nitrogênio amoniacal.

## 2.2. Resultados e Discussão

Entre os principais resultados encontrados citam-se: O sucesso da construção do lago e do equipamento de ozonização; a redução de 170 PCU da cor aparente e da água do lago; descimento de 60% da demanda bioquímica de oxigênio DBO; aumento de 16% da concentração de oxigênio dissolvido (OD) e a redução de 80 a 100% da concentração de amônia  $\text{NH}_3$ .

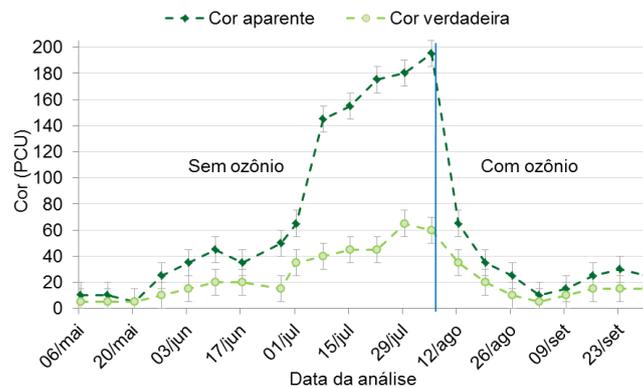
A Figura 2 ilustra a redução da cor da água durante o período de ozonização.

**Figura 2.** Evolução da cor da água do lago antes e após a ozonização.



Os resultados da medida de cor pelo método colorimétrico de cobalto de platina foram apresentados na Figura 3.

**Figura 3.** Evolução dos resultados de cor antes de pós ozonização no lago.

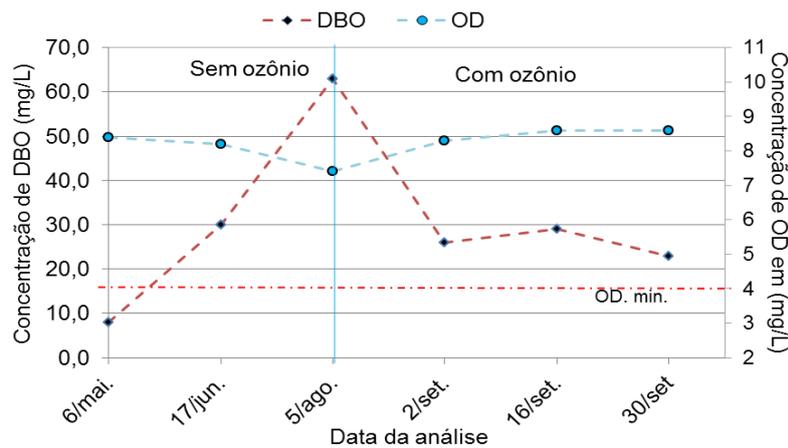


No período de monitoramento da água houve um crescimento de 190 PCU na cor aparente e 55 PCU na cor verdadeira e, observou-se um pico na proliferação de algas logo após a introdução de peixes no lago.

Durante a aplicação do ozônio, observou-se uma queda da cor aparente e da cor verdadeira de 170 PCU e 40 PCU respectivamente, na primeira semana de aplicação do ozônio. Conforme a cor da água foi suavizando, o tempo de ozonização foi sendo ajustado.

A Figura 4 ilustra o comportamento da demanda bioquímica de oxigênio e do oxigênio dissolvido, durante o mesmo período.

**Figura 4.** Evolução da DBO e OD antes de pós ozonização no lago.

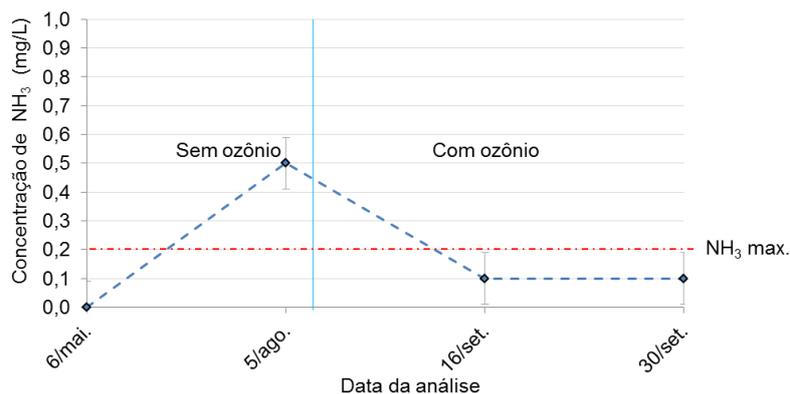


Por meio da Figura 4, durante a fase de monitoramento do lago ornamental antes da ozonização, observou-se, conforme previsto, o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a queda de oxigênio dissolvido (OD), o que indica um processo de eutrofização incipiente. Após o início da aplicação do ozônio, percebeu-se uma queda e estabilização do parâmetro de DBO, bem como um incremento significativo das concentrações de oxigênio dissolvido.

É possível visualizar a variação da matéria orgânica com relação ao oxigênio, a qual foi medida por meio da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O oxigênio dissolvido (OD) é um fator limitante para a sustentação da vida aquática e de autodepuração da matéria orgânica e de nutrientes por meio de micro-organismos, que para isso utilizam o oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar a redução da concentração do mesmo.

A Figura 5 ilustra o comportamento da amônia antes e durante o processo de ozonização, no mesmo período.

**Figura 5.** Evolução da  $\text{NH}_3$  antes de pós ozonização no lago.



Antes da ozonização a amônia cresceu 0,5 mg/l, nível tóxico para peixes segundo a Embrapa e os principais criadores de peixes ornamentais. Durante a aplicação do ozônio a amônia regrediu para valores menores que 0,1 mg/L.

Substâncias químicas e/ou algas que tornam a água amarelada ou esverdeada e não são normalmente removidos por filtros mecânicos. O ozônio, quebra a estrutura desses compostos transformando-os em estruturas possíveis de serem removidas.

A Figura 6 (A) ilustra o lago ornamental, o qual apresentou coloração escura e no frasco de coleta percebe-se a coloração esverdeada. Já a Figura 6 (B) ilustra o lago ornamental, durante a ozonização.

**Figura 6.** Lago ornamental antes e após a aplicação do ozônio.



A Figura 6 (B) ilustra o lago após uma semana de aplicação do ozônio com dosagens de aproximadamente 2g/h durante 20 horas por dia, foi possível perceber uma regressão significativa na cor da água do lago e quatro semanas depois totalmente cristalina.

### 3 CONCLUSÃO

O equipamento de ozônio montado no lago ornamental apresentou um bom desempenho com relação à redução de cor, DBO e amônia, que são indicadores importantíssimos da qualidade da água.

Durante o processo de ozonização a concentração de oxigênio dissolvido aumenta, uma vez que a degradação do ozônio forma oxigênio nascente que por sua vez se liga a outro oxigênio nascente formando a molécula de  $O_2$ . Favorece ainda a oxidação da amônia e a redução de DBO.

A diminuição da proliferação de algas foi detectada por meio de testes de microscopia e de forma indireta pela coloração da água, que deve estar entre 25 a 40 PCU valor limitante para cor em lagos ornamentais sem afetar a qualidade da água e subsistência dos peixes e outros organismos importantes ao meio aquático.

Por meio dos resultados obtidos conclui-se que o projeto é válido e atingiu o seu objetivo, por isso recomenda-se a aplicação do ozônio para eliminar o aspecto esverdeado “causado por algas verdes”, eliminar odores desagradáveis, reduzir a concentração de amônia e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da água dos lagos ornamentais.

### Agradecimentos

A Acrilex e a Faculdade de Tecnologia Ambiental Senai Mario Amato.

### REFERÊNCIAS

1. Kolosov P, Yargeau V. Science of the Total Environment Impact of catalyst load , chemical oxygen demand and nitrite on disinfection and removal of contaminants during catalytic ozonation of wastewater. Sci Total Environ [Internet]. 2019;651:2139–47. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.39>
2. ARAUJO, Fabiana Valéria da Fonseca; YOKOYAMA, Lídia; TEIXEIRA, Luiz Alberto César. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com  $H_2O_2/UV$ . Quim. Nova, v. 29, n. 1, 2006.

3. Metcalf and Eddy Inc, 2013. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. McGraw-Hill Education, New York.
4. Sun X, Wu C, Zhou Y, Han W. Using DOM fraction method to investigate the mechanism of catalytic ozonation for real wastewater. Chem Eng J [Internet]. 2019;369(March):100–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.03.074>
5. BRITTO, Jaílides Marques; VARELA, Maria do Carmo Rangel Santos. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Salvador – BA, 2008.
6. FILHO, F. A. L.: Effects of operational parameters and water quality variables on ozone residual profiles and decay rates. Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 27, N 04, October - December, 2010, p. 545 – 554.
7. Ding W, Cao S, Jin W, Zhou X, Wang C, Jiang Q, et al. Graphic abstract SC. Water Res [Internet]. 2019; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.014>
8. LANGLAIS, B; RECKHOW, D. A.; BRINK, D. R.: Ozone in water treatment-application and engineering. American Water Works Association Research. Denver, 1991.
9. Dong S, Massalha N, Plewa MJ, Nguyen TH. The impact of disinfection Ct values on cytotoxicity of agricultural wastewaters: Ozonation vs . chlorination. Water Res [Internet]. 2018;144:482–90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.065>
10. Solís RR, Medina S, Gimeno O, Beltrán FJ. Separation and Purification Technology Solar photolytic ozonation for the removal of recalcitrant herbicides in river water. Sep Purif Technol [Internet]. 2019;212(November 2018):280–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.11.035>
11. BRITO, Núbia Natália; SILVA, Victor Borges Marinho. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 3, n. 1, Rio de Janeiro, 2012.