



REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS EM SISTEMAS *CONSTRUCTED WETLANDS*.

Sanduel Oliveira de Andrade ¹
Thadeu Formiga Rosendo ²
Luiz Fernando Oliveira Coelho ³
Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira ⁴
Oswaldo Soares da Silva ⁵

RESUMO

A agroindústria é de suma importância para o desenvolvimento econômico de diversas regiões, em especial, no interior do Nordeste brasileiro. Grande parte dos agricultores nesta região são enquadrados na categoria de agricultura familiar. Dentro desse meio, existem os empreendimentos agroindustriais de pequeno porte que agregam valor a produção local. Apesar de sua importância para garantir renda ao pequeno produtor e mitigar o êxodo rural, esses empreendimentos agroindustriais também geram resíduos que, sem seu devido tratamento, podem ocasionar sérios impactos ambientais negativos. Neste aspecto, merecem destaque os efluentes gerados ao final da cadeia produtiva. Estes produtores rurais não dispõem de recursos suficientes para instalar e gerir um sistema de tratamento de efluentes convencional. Desta forma, se faz necessário a adoção de técnicas eficientes e de baixo custo para redução da carga poluente destes resíduos líquidos e uma dessas tecnologias é a denominada de *Constructed Wetlands* (CW) ou Sistemas Alagados Construídos (SAC). Este sistema apresenta como vantagem baixo custo de implantação, pouca necessidade de manutenção e alta eficiência. Desta forma, o objetivo do presente artigo foi avaliar a remoção da turbidez e da cor em efluentes agroindustriais em sistemas *Constructed Wetlands*. Mediante os dados obtidos foi possível observar que houve uma significativa remoção dos parâmetros avaliados no sistema *Constructed Wetlands*.

Palavras-chave: Saneamento, Sustentabilidade, Sistemas Alagados Construídos.

INTRODUÇÃO

Os empreendimentos agroindustriais têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de diversas localidades. No Brasil, o agronegócio participa de 21,4% do Produto Interno Bruto nacional. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, no ano de 2019, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 1,55

¹ Doutorando do Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, prof.sanduelandrade@gmail.com;

² Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thadeuform@gmail.com;

³ Técnico em Saneamento. UACTA/CCTA/UFCG, lfoclula@hotmail.com;

⁴ Professora Doutora. UACTA/CCTA/UFCG, andrea.maria@ufcg.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor. UAEALI/CTRN/UFCG, osvaldo_so2002@yahoo.com.br.



trilhão, com destaque para o ramo agrícola que corresponde a 68% desse valor, ou seja, R\$ 1,06 trilhão, seguido da pecuária, com 32% ou R\$ 494,8 bilhões (CNA, 2019).

Dentro desse seguimento, também estão inseridas as pequenas agroindústrias, de base familiar. Medina et al. (2015) reforçam que 98% das propriedades agrícolas no planeta são de base familiar, tendo ampla relevância para a economia e para o desenvolvimento local em decorrência da crescente demanda por insumos alimentares. Muitos produtores rurais têm agregado valor à sua produção. Ao invés de comercializar o leite *in natura*, por exemplo, os produtores o utilizam como matéria-prima para a fabricação de queijos, iogurtes, requeijão, bebidas lácteas, dentre outros. Esta característica se evidencia na Região Nordeste do Brasil, principalmente no interior.

Contudo, os empreendimentos agroindustriais também têm acarretado sérios impactos ambientais negativos, a exemplo da elevada geração de efluentes e seu descarte no meio ambiente sem seu devido tratamento (BHATIA; GOYAL, 2014). Em geral, os efluentes agroindustriais são ricos em resíduos orgânicos como gorduras, proteínas e açúcares, acarretando altos índices de carga orgânica. O descarte incorreto destes efluentes podem ocasionar danos severos às águas superficiais e subterrâneas, causando desequilíbrios aos ecossistemas, podendo elevar os riscos para a saúde humana.

A partir desta premissa, torna-se necessário a adoção de técnicas que visem o tratamento do efluente gerado no processo agroindustrial para posterior lançamento no corpo hídrico ou mesmo sua reutilização. Uma forma de tratamento eficiente deste efluente é fazendo uso de sistemas *Constructed Wetland* (CW) ou Sistemas Alagados Construídos (SAC). O termo sistema alagado ou *wetlands*, em seu ambiente natural, consiste em um complexo ecossistema caracterizado por uma alta umidade, plantas vasculares e algas, serapilheira, insetos, larvas, minhocas e uma vasta gama de microrganismos como bactérias e fungos. Para Ashby (2013), *wetlands* consistem em regiões inundadas ou saturadas por água oriundas de rios, lagos ou do próprio lençol freático. Sendo assim, o sistema CW recria artificialmente este ecossistema natural, acelerando o processo de remoção da carga poluente em água.

A presença prolongada de água propicia condições que favorecem o crescimento de plantas especialmente adaptadas e promovem o desenvolvimento de solos característicos de zonas úmidas (EPA, 2017). Para Lee et al. (2009), uma CW é considerada um biorreator complexo mediante uma série de processos físicos, químicos e biológicos com comunidades microbianas, plantas emergentes, solo e sedimentos.



Posto isso, o presente artigo tem por finalidade avaliar a remoção da turbidez e da cor aparente em sistemas *Constructed Wetlands* em efluentes agroindustriais.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período de janeiro a setembro de 2020 na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus de Pombal-PB. Foram construídos dois leitos em sequência, em escala de laboratório, sendo o primeiro de fluxo ascendente e o segundo de fluxo descendente, com dimensões de 62 cm de comprimento, 38 cm de largura, 15 cm de altura e com capacidade de 20 litros cada e preenchido com uma camada de brita comercial n. 0 e uma camada de solo + esterco bovino na proporção de 1:1. Em cada leito foi adicionado no centro, pontos para verificação do nível hídrico, demonstrado na Figura 1. O fluxo hídrico foi controlado fazendo uso de um reservatório de capacidade de 250 litros. As macrófitas utilizadas no sistema foram as que apresentaram maior incidência na região em estudo e com potencial para uso neste sistema, conforme a literatura acadêmica.



Figura 1. Construção do Sistema *Constructed Wetland* em escala de laboratório. Fonte: Autor (2020).

Para avaliar o desempenho da CW foi realizada uma coleta semanal, pela manhã, no ponto de entrada do efluente bruto, nos pontos onde estão instalados os tubos de PVC e ao final do processo, sendo realizadas análises físico-químicas no Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Campina Grande, preservado adequadamente, quando necessário, para obtenção das variáveis Turbidez e Cor Aparente (CA). Foram utilizados os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).



Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi obtida pela aplicação do teste de regressão e de Tukey a 5% de probabilidade, mediante software Sisvar 5.7.

REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme discutido acima, a disposição incorreta dos efluentes oriundos do processo agroindustrial poderá causar sérios efeitos adversos ao meio ambiente, como contaminação dos rios, lagos, reservatórios e do lençol freático, elevando os níveis de matéria orgânica. A elevação da carga orgânica em corpos hídricos pode intensificar um fenômeno conhecido como eutrofização, o que induz o crescimento de cianobactérias, causando desequilíbrio ecológico e o risco à saúde humana e animal. A presença de uma camada de cianobactérias na superfície de corpos hídricos tende a limitar a disponibilidade de luz para os demais fitoplânctons fotossintéticos, o que afeta negativamente a produtividade primária geral do ecossistema. A alta turbidez induzida pelo intenso crescimento de cianobactérias também suprimem as macrófitas aquáticas que servem de habitats para muitos peixes e invertebrados (SINHA et al., 2018).

Os resíduos agroindustriais devem ser tratados com as tecnologias mais econômicas e eficientes antes de serem descartados no meio ambiente pelo fato de que formas de tratamento onerosas não serão adotadas por pequenos produtores rurais. Rosa et al., (2011) reforçam que custos elevados de tratamento de efluentes, associado ao transporte e disposição final, consistem em um empecilho que tem efeito direto sobre o preço do produto final.

No Brasil, o efluentes para lançamento em corpos hídricos receptores devem se enquadrar na Resolução do CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que estabelece em seu Art. 3º: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução”. A partir desta premissa, torna-se necessária a adoção de técnicas que visem o tratamento do efluente gerado no processo agroindustrial para posterior lançamento no corpo hídrico ou sua reutilização.

Uma tecnologia utilizada em diversas regiões do planeta é o sistema *Constructed Wetland* (CW), fazendo uso espécies vegetais para remoção de nutrientes em água, também conhecida por Sistemas Alagados Construídos (SAC). A CW consiste em uma área alagada construída artificialmente no intuito do controle do potencial poluidor de diversas cargas



poluentes visando o gerenciamento de resíduos. Normalmente, uma barreira à prova d'água é colocada abaixo do substrato para evitar a percolação vertical do efluente e entrar em contato com o lençol freático.

Plantas como taboa (*Typha domingensis*), juncos (*Eleocharis* sp) e baronesas (*Eichhornia crassipes*) fornecem uma cobertura densa e um substrato oxigenador para bactérias na zona radicular (BAHADORI; SMITH, 2016).

Witkovski e Vidal (2009) afirmam que esta tecnologia tem se mostrado atrativo para pequenas comunidades rurais, por ser de baixo custo e de desempenho satisfatório, além de apresentar um excelente potencial para ser implementada em solos de baixa permeabilidade. Sendo assim, as CWs oferecem uma alternativa aos sistemas de tratamentos convencionais por não requerer grandes espaços e menor requisito de operação e manutenção, sendo indicado especialmente para pequenas comunidades urbanas ou rurais.

De acordo com o regime hídrico, as CWs podem ser classificados em três tipos: CW de fluxo superficial; CW de fluxo subsuperficial e sistemas híbridos. As CWs de fluxo subsuperficial ainda podem se subdividir em duas categorias: CW de fluxo subsuperficial horizontal e CW de fluxo subsuperficial vertical (WANG et al., 2018). Para Sultana et al. (2015), a adoção de um sistema híbrido subsuperficial (de fluxo vertical e horizontal) tem se mostrado mais eficiente para o tratamento de águas residuárias de origem agroindustrial.

A turbidez é um importante parâmetro para avaliar a qualidade de um determinado corpo hídrico e a eficiência de um processo de tratamento de água ou esgoto. A turbidez é a medida da clareza relativa de um líquido. É uma característica óptica da água e é uma medida da quantidade de luz que é espalhada pela amostra de água quando uma luz incide através desta. Quanto maior a intensidade da luz espalhada, maior a turbidez. Os materiais que tornam a água turva incluem argila, silte, matéria orgânica e inorgânica muito pequena, algas, pigmentos orgânicos dissolvidos e plâncton, além de outros organismos microscópicos (USGS, 2020). Libânio (2016) destaca que a turbidez dos corpos d'água é elevada em regiões com solos erodíveis, onde as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo.

A cor da água, conforme Libânio (2016), é produzida pela reflexão da luz em partículas pequenas chamadas de colóides que estão finamente dispersas, de origem predominantemente orgânica e dimensão inferior a 10 μm . Está relacionado à concentração de carbono orgânico presente no ambiente aquático.



A cor e a turbidez são dois parâmetros de qualidade da água que prejudicam a aparência desta, tornando-a esteticamente desagradável. A cor é o material orgânico que se dissolveu na solução, enquanto a turbidez consiste em minúsculas partículas suspensas na coluna de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatísticas das etapas de tratamento e da análise de variância estão descritos na Tabela 1.

Etapa de tratamento	TB (NTU)	CA (uH)
Efluente Bruto	700 a	4370 a
CW1	127 b	1770 b
CW2	062 b	860 c
CV (%)	12,35	10,84

TB – Turbidez; CA – Cor Aparente. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Percebe-se que, na turbidez, houve uma redução significativa ($P < 0,01$), atingindo um patamar de 91,14%, resultados semelhantes aos obtidos por Dipu et al. (2010) para tratamento de efluente industrial em CW. Isso mostrou que o substrato presente no sistema CW (solo e brita) funcionou como uma espécie de filtro mecânico, onde as partículas de turbidez ficaram agradadas às partículas sólidas presentes no sistema. A fração orgânica também corrobora para o aumento dos níveis de turbidez. A degradação dessa matéria orgânica biodegradável pelos microrganismos presentes no sistema CW também teve uma parcela de influência em sua eficiência, neste caso, atuando como um biorreator ou um filtro biológico.

Uma alta turbidez em um corpo hídrico prejudica o processo fotossintético das plantas subaquáticas e de alguns tipos de algas, conforme relatam Sinha et al. (2018). Libânio (2016) salienta ainda que a turbidez está relacionada a eficiência do tratamento por se tornar uma resistência física para alguns microrganismos, incluindo patogênicos.

Os dados também mostram que a turbidez interferiu diretamente na cor aparente, onde houve uma redução de 80,3%. Na cor aparente, considera-se a fração de turbidez. Sendo assim, uma remoção dos níveis de turbidez no tratamento de efluentes também acarretará no decréscimo no nível da cor aparente. A cor está relacionada ao aspecto estético da água. A cor também afetará a entrada de luz no corpo hídrico, comprometendo a taxa fotossintética das espécies aquáticas e na reposição da oxigenação da água.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do sistema CW é bastante promissor em decorrência da sua eficiência e pelo baixo custo de implantação, podendo ser aplicada em agroindústrias familiares localizadas em pequenas comunidades rurais. Foi possível observar que o sistema CW obteve significativas reduções nos parâmetros turbidez e cor por funcionar ao mesmo tempo como um filtro mecânico e biológico.

Por fim, é importante salientar que a escolha da macrófita utilizada nas CWs afeta diretamente na eficiência do sistema, abrindo um amplo campo de pesquisa onde espécies nativas com potencialidades possam ser avaliadas para uso neste sistema, bem como avaliar sua eficiência na remoção de parâmetros específicos, tais como Sódio (Na), metais pesados e contaminantes emergentes, tais como, fármacos.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC, USA, 2005.

ASHBY, M. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão**. CALIJURI, M. do C. & CUNHA, DGF (coordenadores). Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BAHADORI, A.; SMITH, S. T. **Dictionary of environmental engineering and wastewater treatment**. Springer, 2016.

BHATIA, M.; GOYAL, D. Analyzing remediation potential of wastewater through wetland plants: A review. **Environmental Progress&Sustainable Energy**, 33, 2014. 9-27.

BRASIL, CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. 2019. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es.>>>. Acesso em 20 nov. 2020.

DIPU, S.; ANJU, A.; KUMAR, V.; THANGA, S. G. Phytoremediation of dairy effluent by constructed wetland technology using wetland macrophytes. **Global Journal of Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 90-100, 2010.



EPA. United States Environmental Protection Agency. **What is a Wetland?** Disponível em: <<https://www.epa.gov/wetlands/what-wetland>>. Acesso em: 30 set. 2020.

FAO. **Dairy production and products:** Milk production. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-production/en/#.VLgEk8m_bGs>. Acesso em: 15 nov. 2020.

IBGE. **Pesquisa trimestral do leite.** 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21121-primeiros-resultados-2leite.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

LEE, C.; FLETCHER, T. D.; SUN, G. Nitrogen removal in Constructed Wetland systems. **Engineering in Life Sciences**, v. 9, n. 1, p. 11-22, 2009.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 4º ed. Editora Átomo. Campinas, 2016.

MEDINA, G.; ALMEIDA, C.; NOVAES, E.; GODAR, J.; POKORNY, B. Development conditions for family farming: lessons from Brazil. **World Development**, v. 74, p. 386-396, 2015.

MENDONÇA, H. V. D.; RIBEIRO, C. B. D. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. Sistemas Alagados Construídos em Batelada: remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio e regulação de pH no tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Ambiente & Água**, 10, 2015. 442-453.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. **II Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais–II SIGERA**, v. 15, Foz do Iguaçu, 2011.

SINHA, A. K.; EGGLETON, M. A.; LOCHMANN, R. T. An environmentally friendly approach for mitigating cyanobacterial bloom and their toxins in hypereutrophic ponds: Potentiality of a newly developed granular hydrogen peroxide-based compound. **Science of The Total Environment**, v. 637, p. 524-537, 2018.

SULTANA, M. Y.; AKRATOS, C. S.; VAYENAS, D. V.; PAVLOU, S. Constructed *wetlands* in the treatment of agro-industrial wastewater: A review. **Hemijaska industrija**, v. 69, n. 2, p. 127-142, 2015.

USGS. United States Geological Survey. **Turbidity and Water.** 2020. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/turbidity-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em: 23 nov. 2020.

WANG, M.; ZHANG, D.; DONG, J.; TAN, S. K. Application of constructed *wetlands* for treating agricultural runoff and agro-industrial wastewater: a review. **Hydrobiologia**, v. 805, n. 1, p. 1-31, 2018b.

WITKOVSKI, A.; VIDAL, C. M. de S. Proposição de um Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário Constituído de Tanque Séptico Seguido de Zona de Raízes para Ser Implementado em Pequenas Comunidades Rurais. **Revista Eletrônica Lato Sensu–UNICENTRO**, 2009.