Hydro

Aranda Editora – Ano XV – Nº 154 – Março/Abril de 2022

Guias:

- **Bombas**
- **Produtos para filtração**
- **Impermeabilização de reservatórios**



ESPECIAL

Avanços e perspectivas do Marco do Saneamento

TRATAMENTO DE EFLUENTES

Remoção de nutrientes e hormônios de esgoto

RESÍDUOS

Aproveitamento de biometano

Efluentes

Remoção de hormônios e nutrientes com macrófitas aquáticas

Letícia Beatriz de Lima, engenharia civil pela Unesp de Ilha Solteira;
Liliane Lazzari Albertin, pós-doutorado em hidráulica e saneamento pela USP

O tratamento de efluentes é fundamental para evitar a desregulação endócrina nos organismos aquáticos, mas os sistemas convencionais não removem todos os resíduos. Novos métodos são estudados, como a fitorremediação. Nesta pesquisa, foram utilizadas macrófitas aquáticas da espécie Landoltia punctata em um sistema de polimento de efluentes provenientes de uma lagoa de estabilização. O sistema se mostrou eficiente para remoção hormonal, podendo ser utilizado como etapa complementar de ETEs.

Além do déficit de coleta e tratamento de esgoto sanitário, a eficiência das ETEs é outra questão do saneamento básico brasileiro que precisa ser discutida. As ETEs convencionais não são capazes de remover certos compostos, como os poluentes emergentes, devido às suas diversas propriedades físico-químicas [6]. Consequentemente, os corpos hídricos são contaminados por essas substâncias, colocando em risco os organismos dos ecossistemas aquáticos e até mesmo a saúde humana [7].

Alguns autores definem os poluentes emergentes como substâncias químicas sintéticas ou naturais, que geralmente não são monitoradas no ambiente aquático, mas que podem causar efeitos ecológicos adversos. Devido ao grande consumo de produtos como fármacos, hormônios esteroides, protetores solares e pesticidas, o esgoto acaba apresentando resíduos dessas substâncias. Algumas delas podem afetar as funções do sistema endócrino dos organismos ou seus descendentes, por isso são chamadas de desreguladores endócrinos.

De acordo com estudos bibliográficos, 17β-estradiol (E2), 17α-etinilestradiol (EE2) e estriol (E3) são os hormônios sexuais mais predominantes nos esgotos e rios, pois são comumente utilizados em métodos contraceptivos e terapias de reposição hormonal. Uma parte destes compostos é metabolizada pelo corpo e a outra é eliminada pela urina. As concentrações ambientais desses esteroides (entre 0,05 ng/L e 1 mg/L) não são letais para embriões de peixes, mas induzem teratogênese (malformações) e retardo de eclosão [8].

Testes indicaram que a exposição crônica de peixes-zebra (*Danio rerio*) ao E2 em concentrações ambientais (200 ng/L) causa feminização das gônadas em peixes machos, além de significativa redução dos espermatídeos. O estudo mostrou também que este hormônio altera o metabolismo lipídico dos machos para um padrão feminino, possibilitando um maior acúmulo de lipídios, principalmente no fígado [16].

Além dos poluentes emergentes, os efluentes apresentam grandes concentrações de nutrientes, como ni-

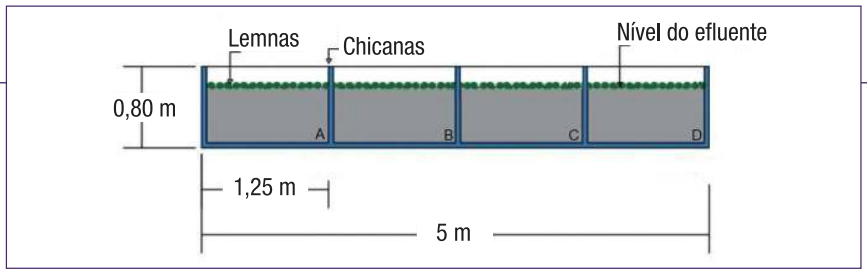


Fig. 1 – Seção longitudinal do tanque

trogênio e fósforo, em função da sua composição orgânica. A elevada carga de matéria orgânica presente no esgoto é a principal responsável pela eutrofização de vários ambientes aquáticos, fenômeno que vem chamando atenção para o grau de poluição dos rios e ambientes de água doce [19].

A eutrofização de um corpo hídrico é o crescimento de plantas aquáticas em níveis que causam interferências em seus usos desejáveis. A camada de plantas na superfície bloqueia a entrada de luz, impedindo a realização de fotossíntese pelos outros organismos [18]. O consumo de oxigênio fica então maior que a sua produção, causando um déficit. O ambiente anaeróbico propicia o desenvolvimento de organismos indesejáveis, como as cianobactérias, que podem produzir toxinas e causar a morte dos seres aquáticos [9].

Outros organismos que podem se desenvolver em ambientes eutrofizados são as plantas macrófitas, que podem ser utilizadas na fitorremediação – técnica de tratamento de efluentes que utiliza plantas e seus microrganismos associados para remover poluentes. Estudiosos testaram as espécies *Landoltia punctata* e *Lemna minor* na fitorremediação de fármacos e pesticidas em pequenos reatores e concluíram que elas auxiliam na degradação dessas substâncias, além de aumentarem a remoção de poluentes orgânicos através de processos biológicos [14].

Outros cultivaram *Landoltia punctata* em efluente de *wetlands* (ambientes biológicos que ficam inundados permanente ou sazonalmente) durante 16 dias e verificaram uma remoção de 95,6% de nitrogênio total e 89,5% de fósforo total. Observaram também que essa espécie apresenta uma das mais altas taxas de crescimento, chegando a um valor médio de 6,04 g/m^2/d [2]. Além disso, a *Landoltia punctata* pode ser aproveitada como matéria-prima para biocombustíveis, devido à presença de amido em sua biomassa [18]. Por esses motivos, esta foi a espécie escolhida para a realização da presente pesquisa.



Objetivo

Desenvolver um sistema de polimento de esgoto com lagoa de macrófitas da espécie *Landoltia punctata* e analisar sua eficiência de remoção de hormônios e nutrientes do efluente.

Metodologia utilizada

Foi construído no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS-Unesp) um tanque em aço-carbono, revestido com material anticorrosivo, com 5 metros de comprimento, 1 metro de largura e 0,8 metro de altura. Neste tanque, um efluente da lagoa de estabilização da cidade passou por um processo de polimento através de fitorremediação com macrófitas aquáticas (lemnas). Como mostrado na figura 1, o tanque foi dividido por chicanas em quatro seções iguais, nomeadas de A a D, para promover um cultivo periódico das lemnas.

O tanque foi apoiado no chão com suportes que possibilitaram uma inclinação longitudinal de 0,1%. Utilizou-se uma lâmina d'água de 0,6 metro, resultando em um volume de 3000 litros de efluente. O tempo de detenção hidráulica definido foi de sete dias. Semanalmente, um caminhão-tanque coletava o efluente do emissário da ETE de Ilha Solteira e o transportava até o laboratório, onde era armazenado em uma caixa para então ser bombeado para o tanque a uma vazão de aproximadamente 428,6 L/dia, como mostrado na figura 2.



Fig. 2 – Sistema de polimento de esgoto

Logo, lemnas da espécie *Landoltia punctata* foram inseridas no tanque. Adotou-se uma densidade superficial de 350 g/m^2, quantidade suficiente para cobrir a superfície e evitar o surgimento de algas [20]. Sendo assim, cada seção recebeu uma massa de 440 g. Essa inserção foi feita em intervalos de seis dias. Ou seja, no 1º dia a massa de lemnas foi inserida na seção A, no 7º dia foi inserida na seção B, no 13º dia foi inserida na seção C e no 19º dia, na seção D. Ao final de 24 dias, havia cultivos de 6, 12, 18 e 24 dias para análise da biomassa. A figura 3 mostra uma seção do tanque ao final do período.

Depois de inserir as lemnas em todas as seções, as amostras do efluen-


Fig. 3 – Seção do tanque de lemnas

NORDIC WATER

ÁGUA GERA VIDA. VIDA LONGA PARA SEUS NEGÓCIOS.

A Nordic Water Brasil fabrica, comercializa e fornece, no território brasileiro, os produtos e serviços da tecnologia Nordic Water Products AB, empresa sueca líder mundial em tecnologias para tratamento de água e efluentes, e detentora das soluções:

• **MEVA**: grades, peneiras, unidades compactas de tratamento preliminar e equipamentos auxiliares.
• **ZICKERT**: removedores de lodo de fundo, sem cabos ou pontes móveis.
• **DYNASAND**: filtros de areia contínuos, sem sistemas externos de contra lavagem.
• **DYNADISC**: filtros de disco a gravidade/ microfiltração para remoção de sólidos finos no tratamento terciário ou na proteção de membranas.
• **DYNADRUM**: filtros de tambor a gravidade para remoção de sólidos finos.
• **LAMELLA**: decantadores de placas de alta taxa.
• **SOBYE:** equipamentos de esteira para filtração primária.

Os constantes investimentos que a Nordic Water realiza em tecnologia, fabricação e capacitação de profissionais seguem princípios fundamentais: oferecer qualidade, eficiência, robustez, durabilidade, baixos custos de operação e preços competitivos, promovendo os resultados que seu negócio precisa.

Nordic Water Brasil. Soluções completas para necessidades específicas.

Rua Domingos Rodrigues, 341 – cj. 54
CEP: 05075-000 - São Paulo – SP
Tel: +55 11 4371-1152
comercial@nordicwaterbr.com
www.nordicwaterbr.com





Fig. 4 – Pontos de coleta do efluente

te foram coletadas uma vez por semana na entrada e saída do tanque (pontos indicados na figura 4), a fim de avaliar a eficiência do polimento. Ao longo de quatro semanas, foram analisados os seguintes parâmetros: 17α-etinilestradiol (EE2), estriol (E3), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NT), nitrato (NO_3^-) e fósforo total (PT).

Para a obtenção das amostras de EE2 e E3 no efluente, foi utilizado o método da Microextração Líquido-Líquido Dispersiva (DLLM), no qual o metanol foi usado como solvente dispersor e o tetracloreto de carbono como solvente extrator [12]. Em seguida, a amostra foi centrifugada e a parte sedimentada foi extraída com uma seringa e analisada no cromatógrafo em um comprimento de onda de 280 nm. A tabela I mostra os métodos de análise utilizados para cada um dos parâmetros.

Resultados

Foram calculadas as médias das concentrações de cada parâmetro, tanto na entrada quanto na saída do sistema de polimento de efluentes – mostradas na tabela II.

Depois, foi realizado o cálculo da eficiência de remoção de cada parâmetro pelo sistema de polimento.

A figura 5 mostra a eficiência de remoção dos hormônios e a figura 6, dos demais compostos.

Análise e discussão dos resultados

As concentrações de E2 encontradas no efluente estão muito acima do previsto. Um estudo analisou a presença de E2 nas ETEs de Klang Valley, na Malásia, e encontrou valores que variaram de 0,20 a 4,90 ng/L [5]. As concentrações de E3 também estão



acima do previsto. Um outro estudo identificou concentrações de E3 em esgoto bruto com valores de 22 a 388 ng/L [8]. Uma possível explicação para as elevadas concentrações hormonais é a utilização de estrógenos em métodos contraceptivos e tratamentos de reposição hormonal pela população de Ilha Solteira.

A remoção dos hormônios do efluente pelo sistema de polimento se mostrou muito eficiente, ficando acima de 75% nos dois compostos. Uma pesquisa observou uma eficiência de remoção média de 52% para hormônios esteroides em uma lagoa de estabilização de Morogoro, Tanzânia [3]. A remoção desses compostos pode ocorrer devido à assimilação pela biomassa das lemnas, degradação biológica ou processos químicos como hidrólise, fotodegradação e volatilização [1].

A eficiência de remoção de DBO e DQO foi abaixo da esperada. Estudiosos cultivaram *Landoltia punctata* em esgoto doméstico em um sistema com duas lagoas em série. Adotando um tempo de detenção de 17 dias, observaram uma eficiência de remoção de DBO de 64,9% [17]. Outros especialistas utilizaram esgoto doméstico de uma universidade como meio de cultivo em uma lagoa de lemnas com 0,91 metro de profundidade e encontraram uma eficiência de remoção de DQO de 33,43% [15].

A remoção do nitrogênio pode ser atribuída à assimilação desse nutriente pelas lemnas, além de processos de desnitrificação realizados pelas bactérias anaeróbias nas zonas anóxicas do tanque. Um estudo, que utilizou um sistema de lagoas em série, concluiu que o mecanismo de remoção de nitrogênio que predominou foi a assimilação pelas plantas em comparação aos processos de desnitrificação [13].

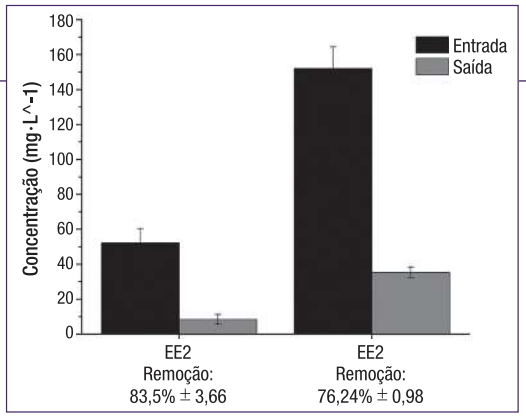


Fig. 5 – Eficiência de remoção de EE2 e E3

O aumento na concentração de fósforo pode estar relacionado ao fato do efluente utilizado ser proveniente de uma lagoa de estabilização, onde há presença de algas. As algas e as lemnas são competidoras do mesmo nicho ecológico. Estas algas acabam morrendo e liberando fósforo. Além disso, sedimentos presentes no esgoto tratado também podem liberar fósforo para o meio.

Conclusões

Devido à falta de coleta de esgoto, falta de tratamento ou tratamento incompleto realizado pelas ETEs, so-

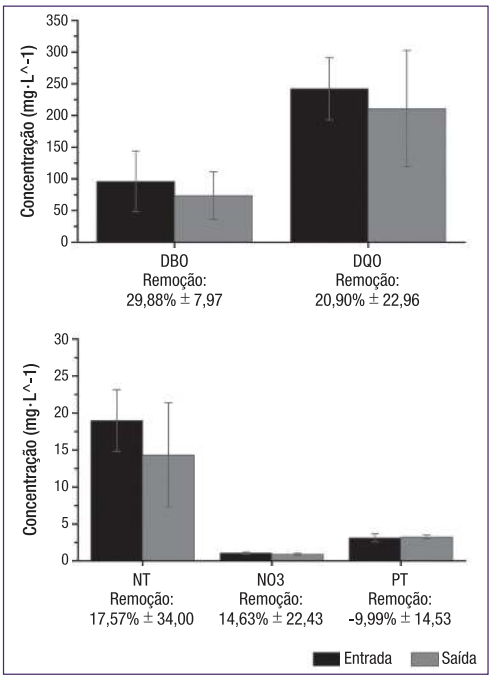


Fig. 6 – Eficiência de remoção de DBO, DQO, NT, NO_3^- e PT



Soprador de Lóbulos

Operação Silenciosa
O design de sua cabine possui compartimento acústico exclusivo, com painéis de isolamento, reduzindo assim o nível de ruído.
Manutenção Simplificada
Os painéis removíveis laterais e superior permitem fácil acesso para realização de inspeção e serviços.
Unidade Sopradora Com Longa Durabilidade
Alta robustez que permite pressões operacionais mais elevadas e maior vida útil do equipamento.

Soprador de Canal Lateral

Confiável e construído para durar, praticamente sem manutenção.
Robusto, mas muito leve.
Para uso em todo o mundo (aprovado por UL/CSA/IEC/EN).
Motores multitensão.
Velocidade variável de 25 a 87Hz por meio de inversor de frequência (opcional) externo ou integrado ao motor.

*** Assistência técnica especializada e estoque de peças originais no Brasil.**



Gardner Denver

industrial.brasil@gardnerdenver.com
www.GardnerDenver.com

Visite nosso site

Tab. I – Parâmetros e métodos analíticos utilizados

Parâmetro	Método analítico	Unidade
EE2	Cromatografia líquida – HPLC	µg/L
E3	Cromatografia líquida – HPLC	µg/L
DBO	Modificação azida – 4500 – O (Método padrão)	mg/L
DQO	Análise colorimétrica – 5220-D – (Método padrão)	mg/L
NT	Digestão do persulfato – 10071 (Hach Company)	mg/L
NO_3^-	Redução de cádmio – 8192 (Hach Company)	mg/L
PT	Digestão ácida do persulfato - 8190	mg/L

Tab. II – Média das concentrações de cada parâmetro

Parâmetro	Entrada	Saída
EE2	52,23 – 8,18 µg/L	8,46 ± 2,80 µg/L
E3	152,00 ± 12,41 µg/L	35,28 ± 3,04 µg/L
DBO	95,78 ± 48,12 mg/L	73,65 ± 37,39 mg/L
DQO	241,79 ± 48,91 mg/L	210,62 ± 91,81 mg/L
NT	19,00 ± 4,16 mg/L	14,33 ± 7,09 mg/L
NO_3^-	1,05 ± 0,13 mg/L	0,87 ± 0,15 mg/L
PT	3,11 ± 0,54 mg/L	3,24 ± 0,24 mg/L

mado com a mudança nos hábitos de consumo da sociedade moderna, os poluentes emergentes vêm sendo encontrados em concentrações cada vez maiores nos efluentes e corpos d'água.

É necessário adequar os processos regulatórios referentes à qualidade dos corpos d'água, visto que na legislação brasileira ainda não existe regulamentação para controle desses contaminantes. Além disso, é fundamental haver um incentivo para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de esgoto que removam essas substâncias, garantindo assim a qualidade de vida dos organismos.

O sistema de polimento de efluentes através da fitorremediação com macrófitas aquáticas demonstrou ter uma grande eficiência de remoção de hormônios. Os valores de remoção observados (83,50% para EE2 e 76,24% para E3) são superiores aos encontrados em ETEs convencionais, o que mostra que este sistema tem potencial para contribuir significativamente na área de saneamento.

No caso da remoção de matéria orgânica e nutrientes presentes no efluente, os resultados foram positivos (excetuando-se o fósforo), mas a eficiência ficou abaixo da esperada.

Este sistema pode ser utilizado pelas ETEs como uma etapa complementar do tratamento, visando a remoção de hormônios. Apresenta baixo custo para implementação, montagem simples e gera um grande impacto positivo do ponto de vista ecológico.

Referências

[1] Aquino, S.F.; Brandt, E.M.F.; Chernicharo, C.A.L. *Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, vol.18, nº3, 2013.

[2] Chen, G.; Huang, J.; Fang, Y.; Zhao, Y. *Duckweed systems for eutrophic water purification through converting wastewater nutrients to high-starch biomass: comparative*







evaluation of three different genera (Spirodela polyrhiza, Lemna minor and Landoltia punctata) in monoculture or polyculture. RSC Advances, vol. 8, nº 32. 2018.

[3] Damkjaer, K.; Weisser, J.J.; Msigala, S.C.; Mdegela, R.; Styrishave, B. *Occurrence, removal and risk assessment of steroid hormones in two wastewater stabilization pond systems in Morogoro, Tanzania*. Chemosphere, vol. 212. 2018.

[4] Damstra, T.; Barlow, S.; Kavlock, R.; Van der Kraak, G. (ed.). Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. International Programme on Chemical Safety: WHO/PCS/EDC/02.2, 2002.

[5] Fang, T.Y.; Praveena, S.M.; Aris, A.Z.; Ismail, S.N.S., Rasdi, I. *Quantification of selected steroid hormones (17β-Estradiol and 17α-Ethynylestradiol) in wastewater treatment plants in Klang Valley (Malaysia)*. Chemosphere, vol. 215. 2019.

[6] Garcia-Ivars; J.; Durá-María, J.; Moscardó--Carreño, C.; Carbonell-Alcaina, C.; Alcaina--Miranda, M.I.; Iborra-Clar, M.I. *Rejection of trace pharmaceutically active compounds present in municipal wastewaters using ceramic fine ultrafiltration membranes: effect of feed solution ph and fouling phenomena*. Separation And Purification Technology, v.175. 2017.

[7] Geissen V.; Mol, H.; Klumpp, E.; Umlauf, G.; Nadal, M.; Van der Ploeg, M.; Van der Zee; S.E.A.T.M.; Ritsema, C.J. *Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management*. International Soil and Water Conservation Research, vol.3, nº 1. 2015.

[8] Hu, S.; Zhang, H.; Shen, G.; Yuan, Z.; Xu, T;. Ji, R. *Effects of 17beta-estradiol and 17alpha--ethinylestradiol on the embryonic development of the clearhead icefish (Protosalanx hyalocranius)*. Chemosphere, vol. 176, jun. 2017.

[9] Karjalainen, M.; Engstrom-öst, J.; Korpinen, S.; Peltonen, H.; Paakkonen, J.P.; Ronkkonen, S.; Suikkanen, S.; Viitasalo, M. *Ecosystem consequences of cyanobacteria in the northern baltic sea*. AMBIO: A Journal of the Human Environment, vol. 36, p. 195-202, abr. 2007.

[10] Liu, Y.; Fang, Y.; Huang, M.; Jin, Y.; Sun, J.; Tao, X.; Zhang, G.; He, K.; Zhao, Y.; Zhao, H. *Uniconazole-induced starch accumulation in the bioenergy crop duckweed (Landoltia punctata) II: transcriptome alterations of pathways involved in carbohydrate metabolism and endogenous hormone crosstalk. Biotechnology for Biofuels*, vol. 8, nº 1, 2015.

[11] Mackenthun, K.*M. A Review of Algae, Lake Weeds, and Nutrients. Journal Water Pollution Control Federation*, vol. 34, nº 10, 1962.

[12] Martins, M.L.; Primel, E.G.; Caldas, S.S.; Prestes, O.D.; Adaime, M.B.; Zanella, R. *Microextração Líquido-Líquido Dispersiva (DLLME): fundamentos e aplicações. Scientia Chromatographica*, vol. 4, p. 35-51, mar. 2012.

[13] Mohedano, R.A.; Costa, H.R.R.; Tavares, A., Belli Filho, P. *High nutrient removal rate from swine wastes and protein biomass production by full-scale duckweed ponds.* Bioresource Technology, vol. 112, 2012.

[14] Reinhold, D.; Vishwanathan, S.; Park, J.J.; Oh, D.; Saunders, F.M. *Assessment of plant--driven removal of emerging organic pollutants by duckweed.* Chemosphere, vol. 80, nº 7, 2010.

[15] Shah, M.; Hashmi, H.N.; Ali, A.; Ghumman, A.R. *Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater.* Journal of Environmental Health Science and Engineering, vol. 12, nº 1, 2014.

[16] Sun, S.X.; Wu, J.L.; LV, H.B.; Zhang, H.Y.; Zhang, J.; Limbu, S.M.; Qiao, F.; Chen, L.Q.; Yang, Y.; Zhang, M.L.; Du, Z.Y. *Environmental estrogen exposure converts lipid metabolism in male fish to a female pattern mediated by AMPK and mTOR signaling pathways.* Journal of Hazardous Materials, vol. 394, 2020.

[17] Teles, C.C.; Mohedano, R.A.; Tonon, G.; Belli Filho, P.; Costa, R.H.R. *Ecology of duckweed ponds used for nutrient recovery from wastewater.* Water Science and Technology, vol. 75, nº 12, 2017.

[18] Thomann, R.V.; Mueller, J.A. *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control.* New York: Harper & Row, 1987.

[19] Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T.; Sidagis--Galli, C. (ed.). *Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle.* IIE, Iiega, IAP, Ianas, ABC, 2006.

[20] Zhao, Y.; Fang, Y.; JIN, Y.; Huang, J.; Bao, S.; Fu, T.; He, Z.; Wang, F.; Wang, M., Zhao, H. *Pilot-scale comparison of four duckweed strains from different genera for potential application in nutrient recovery from wastewater and valuable biomass production.* Plant Biology, vol.17, 2014.