

I-304 - DESEMPENHO DE LEITO CULTIVADO COM AGUAPÉ NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO

Julyenne Meneghetti Campos⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP). Mestre em Engenharia Agrícola pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP). Doutoranda em Engenharia Agrícola pela FEAGRI/UNICAMP.

José Teixeira Filho⁽²⁾

Professor livre-docente do Departamento de Água e Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, FEAGRI/UNICAMP.

Denis Miguel Roston⁽³⁾

Professor livre-docente do Departamento de Água e Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, FEAGRI/UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Av. Cândido Rondon, n.º 501, Cidade Universitária “Zeferino Vaz” – Barão Geraldo - Campinas - SP - CEP: 13083-875 - Brasil - Tel: +55 (19) 3521-1029 - e-mail: julyenne.mc@hotmail.com.

RESUMO

Leitos cultivados são sistemas naturais de tratamento que demandam baixo custo de implantação, operação e manutenção, adequados para utilização no tratamento de águas superficiais e residuárias em comunidades rurais e isoladas. Apesar da macrófita flutuante *Eichhornia crassipes*, mais conhecida como aguapé, ser uma planta invasiva causadora de problemas em rios e lagos contaminados por águas residuárias, seu uso pode ser interessante em leitos cultivados para tratamento de águas superficiais, por ser uma planta ornamental com potencial de reutilização no artesanato, na produção de biocombustível e na alimentação animal. Neste contexto, o presente trabalho visou avaliar a influência do aguapé fixado na brita#2 (LCA) para tratamento de água proveniente de uma lagoa, comparado aos resultados de um leito apenas com meio suporte (LC). Foram monitorados a cada duas horas vazão, pH, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura, enquanto que os parâmetros cor aparente e turbidez foram monitorados na escala diária, durante o período estudado. No LCA, o pH de entrada foi de 6,8 à 7,8 e o de saída variou entre 7,0 e 7,6, mostrando que o aguapé neutralizou o pH da água. A vazão de entrada no LCA variou de 37 à 47 L.h⁻¹ e o tempo de detenção hidráulica (TDH) ficou entre 2,3 e 4,0 dias. O oxigênio dissolvido médio na entrada variou entre 2,0 e 12,2 mg.L⁻¹ e na saída de 1,8 à 9,2 mg.L⁻¹, conforme a temperatura. A carga média de cor retida foi de 20 g.dia⁻¹ PtCo para o leito cultivado com aguapé, e uma retenção média de 30% de turbidez. Os resultados obtidos neste experimento mostraram um possível potencial de utilização do aguapé para tratamento de águas superficiais em comunidades rurais e isoladas, com possível reúso da sua biomassa vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: *Eichhornia crassipes*, alagados construídos, escala horária, *constructed wetlands*.

INTRODUÇÃO

Em corpos d'água contaminados com águas residuárias a macrófita flutuante *Eichhornia crassipes*, mais conhecida como aguapé, pode ser uma planta invasiva. No entanto, seu uso pode ser interessante em leitos cultivados para tratamento de águas superficiais tendo em vista que o aguapé é uma planta ornamental, e isso poderia aumentar a aceitação de um sistema de tratamento descentralizado Lorenzi e Souza (2001).

Outra vantagem do aguapé é o fato de sua biomassa poder ser reutilizada com valor comercial como por exemplo, no estado de Mato Grosso do Sul, onde os pecíolos do aguapé são utilizados para artesanato em uma comunidade (BORTOLOTTI e NETO, 2005). Além disso, alguns autores como Buller et al. (2013) têm estudado o uso do aguapé para produção de biogás e biocombustível. Já Tham (2012) estudou o aguapé para alimentação animal.

Leitos cultivados, também conhecidos como *constructed wetlands*, são sistemas de tratamento com baixo custo de implantação, operação e manutenção, que geralmente são utilizados para tratamento de águas residuárias e

esgotos domésticos, mas também podem ser aplicados no tratamento de águas superficiais em comunidades rurais e isoladas.

O presente trabalho visou avaliar a influência do aguapé fixado na brita#2 (LCA) para tratamento de água proveniente de uma lagoa, comparado aos resultados de um leito apenas com meio suporte (LC). Os parâmetros utilizados para avaliação do desempenho dos leitos foram pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), cor e turbidez.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP. O experimento foi abastecido com água de um reservatório localizado na faculdade, que armazena água de uma lagoa localizada próxima ao experimento. A água foi bombeada da lagoa para o reservatório, e deste para uma caixa de armazenamento de onde a água percorria por gravidade para os leitos cultivados (LC), como pode ser observado na figura 1. Os leitos cultivados foram confeccionados em reservatórios de fibra de vidro com dimensões de 3,13m x 1,61m x 0,52m (profundidade), volume de 2,3 m³, com 4,4 m² de área, capacidade de 2.100 L e volume útil de 1.050 L.



Figura 1. Sistema de tratamento de água por leitos cultivados (arquivo pessoal, 2013).

As amostras foram coletadas no período de 20 a 30 de agosto de 2013, com coletas diárias de segunda à sexta-feira, das 8h às 16h. A cada duas horas as vazões afluente e efluente eram medidas pelo método direto, e coletadas amostras de 300 mL que eram imediatamente levadas ao Laboratório de Saneamento (FEAGRI/UNICAMP) para realização das leituras de pH e OD. Todas as leituras tiveram como base o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), o método utilizado para pH foi o 4500-H+B (Método Eletrométrico) no pHmetro de mesa *Digimed* (DM 20), a leitura de OD foi realizada em oxímetro *YSI 55* portátil, seguindo o método 4500-O G (Método do Eletrodo com Membrana).

As amostras coletadas foram armazenadas sob refrigeração para realização da amostra composta diária. Os ensaios de cor aparente foram realizados nas amostras compostas, em espectrofotômetro *Hach* (DR-2010) programa n.º 120 “*Color (PtCo) APHA*”, comprimento de onda 455 nm, e os resultados foram gerados na unidade de medida “mg.L⁻¹ de PtCo” (platina e cobalto). O ensaio de turbidez também utilizou amostra composta, o turbidímetro *Hach* - 2100AN, e os resultados gerados com unidade de medida “NTU” (*Nephelometric Turbidity Unit*).

O tempo de detenção hidráulica foi calculado pela divisão do volume total de esgoto que entrou no leito, pelo volume útil do leito. Observa-se na figura 2 o corte longitudinal de um leito cultivado com aguapé.

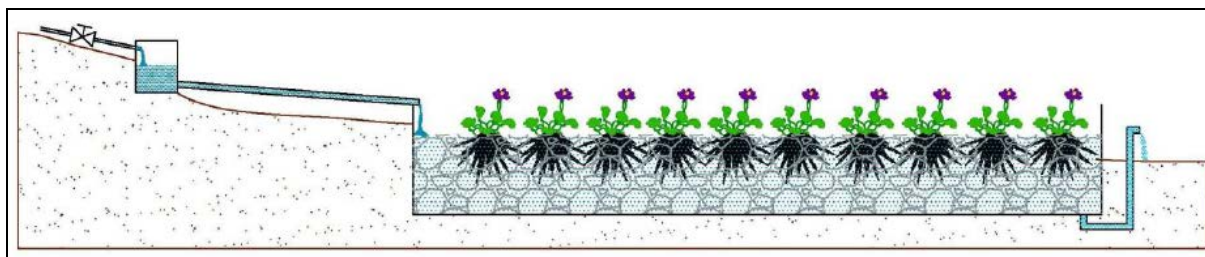


Figura 2. Corte longitudinal de um leito cultivado com aguapé (Campos, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar na tabela 1 os dados de vazão diária média afluente, TDH, pH médio diário de entrada e saída e oxigênio dissolvido médio diário de entrada e saída, do leito com brita (LC) e na tabela 2 estão apresentados os dados do leito cultivado com aguapé (LCA). Verifica-se que no dia em que ocorreu a maior vazão afluente (27/08/13) também ocorreram os maiores OD afluente e efluente, em 26/08/13 ocorreu a menor vazão efluente e o menor pH (6,8). Em 20/08/13 ocorreu maior pH afluente (8,0), menor pH efluente (6,3) e menores OD afluente e efluente. Já no dia 30/08/13 ocorreu o menor pH de saída (6,9).

Tabela 1. Valores médios diários de vazão, pH, OD e TDH no leito com brita.

Período	$Q_{\text{média}} \text{ (L.h}^{-1}\text{)}$	TDH (dias)	pH _(entrada)	pH _(saída)	OD _(entrada) (mg.L ⁻¹)	OD _(saída) (mg.L ⁻¹)
20/08/13	49,2	2,1	8,0	6,3	2,1	1,9
21/08/13	48,4	3,1	7,3	6,5	2,2	2,0
22/08/13	47,9	2,3	7,2	6,8	3,5	3,0
23/08/13	49,3	2,3	7,0	6,6	4,2	3,7
26/08/13	44,8	3,3	6,8	6,6	3,2	2,8
27/08/13	54,9	3,5	7,0	6,8	11,0	6,8
29/08/13	48,6	2,5	7,1	6,8	6,4	3,3
30/08/13	48,8	2,4	7,2	6,9	6,7	2,0
Média	49,0	2,7	7,2	6,7	4,9	3,2

$Q_{\text{média}}$ = vazão média afluente diária.

Tabela 2. Valores médios diários de vazão, pH, OD e TDH no leito cultivado com aguapé.

Período	$Q_{\text{média}} \text{ (L.h}^{-1}\text{)}$	TDH (dias)	pH _(entrada)	pH _(saída)	OD _(entrada) (mg.L ⁻¹)	OD _(saída) (mg.L ⁻¹)
20/08/13	41,6	2,4	7,8	7,6	2,0	1,8
21/08/13	45,5	3,3	7,3	7,4	2,1	1,9
22/08/13	36,9	2,5	7,2	7,2	3,3	2,7
23/08/13	42,0	2,3	7,0	7,2	3,8	3,2
26/08/13	40,5	3,6	6,8	7,1	3,1	2,5
27/08/13	46,8	4,0	7,0	7,0	12,2	9,2
29/08/13	44,9	2,3	7,1	7,1	6,2	2,2
30/08/13	39,8	2,5	7,3	7,2	6,8	1,9
Média	42,2	2,9	7,2	7,2	4,9	3,2

$Q_{\text{média}}$ = vazão média afluente diária.

Considerando os valores de OD apresentados, mesmo após tratamento este corpo d'água seria classificado como classe 4 de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011, evidenciando que seria necessário um pré ou pós-tratamento além dos leitos cultivados. O pH de ambos os leitos permaneceu dentro dos valores estabelecidos pela CONAMA 430/2011 e pela Portaria 2914/2011.

Chavan e Dhulap (2012) relataram um aumento de 6,7 para 7,2 em um sistema de aguapés tratando águas residuais, à medida que Chunkao et al. (2012) obtiveram um aumento no pH de 8,0 (afluente) para 8,3 (efluente) em uma lagoa com aguapé. Bregunze et al. (2011) avaliaram um sistema de leito de fluxo ascendente

cultivado com a macrófita *Sagittaria montevidensis* no tratamento de águas urbanas poluídas, o pH afluente variou de 6,7 à 7,8 e o OD variando entre 0,5 e 3,9 mg.L⁻¹.

A média de turbidez na entrada do LC foi de 19,8 NTU e no LCA foi 19,5 NTU, enquanto que na saída foi 7,3 NTU para LC e 11,2 NTU para LCA. Quanto ao parâmetro cor aparente, a concentração média na entrada do LC e do LCA foi 189 mg.L⁻¹ PtCo, já na saída foi 136 mg.L⁻¹ PtCo para LC e 175 mg.L⁻¹ PtCo para LCA. A carga média de entrada de cor foi 96,2 g.dia⁻¹ para o LC e 88,8 g.dia⁻¹ para o LCA, enquanto que a carga média de saída foi 51,2 g.dia⁻¹ para o LC e 65,3 g.dia⁻¹ para o LCA.

A variação nas concentrações de cor aparente na entrada dos LC foi de 71 à 290 mg.L⁻¹ PtCo, enquanto que a turbidez variou entre 8,9 e 32,3 NTU. Santos et al. (2013) estudaram a água da mesma lagoa obtendo valores de turbidez variando de 8,7 à 58,4 NTU, próximos aos deste estudo, e concentrações de cor variando de 94 à 364 mg.L⁻¹ PtCo. Santos et al. (2013) trataram água dessa lagoa com filtros de areia e não tecido sintético, e obtiveram remoções de cor variando entre 60,3 e 65,4%, e de turbidez variando de 64,4 a 70,2%, maiores que deste estudo, que obteve remoção máxima de 57% de turbidez e 5,4% de cor. Pode-se observar na tabela 3 os valores médios de remoção diária de cor e turbidez do LC e do LCA no período de amostragem.

Tabela 3. Taxas de remoção de cor aparente e turbidez do LC e do LCA no período de amostragem.

Período de amostragem	LC		LCA	
	Remoção de cor (g.dia ⁻¹)	Remoção de turbidez (NTU)	Remoção de cor (g.dia ⁻¹)	Remoção de turbidez (NTU)
20/08/13	111,0	13,9	61,1	13,5
21/08/13	62,5	15,0	40,5	21,9
22/08/13	66,6	12,4	35,5	17,6
23/08/13	90,2	24,4	77,1	18,6
26/08/13	23,7	16,5	2,4	9,3
27/08/13	25,2	12,2	1,0	-9,3
29/08/13	33,4	1,3	-33,8	-0,2
30/08/13	-22,8	4,0	-26,1	-5,0

Os dados evidenciam que o leito sem vegetação foi mais eficiente na retenção de cor e turbidez neste período de amostragem do que o leito cultivado com aguapé. Bregunze et al (2011) tratando com leitos cultivados água de um rio poluído com cor variando entre 10,0 e 55,0 uC e turbidez de 13,7 à 159,0 NTU, obtiveram eficiência máxima de remoção de 53,7% para cor e 60,8% para turbidez. Tanner et al (2011) estudaram a remoção de turbidez, entre outros parâmetros, em leitos cultivados com macrófitas flutuantes porém não fixadas a um meio suporte, tratando água sintética de chuva. Os autores obtiveram taxas de remoção de turbidez variando entre 34 e 42%.

Elias (2003) alcançou remoções máximas de 95% de turbidez e 96% de cor em uma Estação de Tratamento de Água composta por uma lagoa de aguapés, dois leitos cultivados com arroz, um sistema de filtração com posterior cloração. Borges (2005) obteve remoção máxima de 97% para cor e turbidez em um leito de escala laboratorial cultivado com *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* para tratamento de águas superficiais.

He et al (2007) trataram água de um rio poluído por dois diferentes sistemas de leitos cultivados: um contendo apenas brita, e o outro com brita, zeolita e pó vulcânico. A turbidez do rio variou entre 16,8 e 45,3 NTU antes do tratamento, atingindo concentrações médias de 6,5 NTU após a passagem pelos leitos. Os valores de turbidez efluente do experimento de He et al (2007) se assemelham aos valores médios na saída do LC, no entanto as taxas de remoção de todos os autores foi mais elevada do que as obtidas neste estudo, provavelmente pelas diferentes configurações de leitos cultivados ou devido à diferentes condições climáticas.

CONCLUSÕES

Conclui-se que poucos são os estudos que utilizam leitos cultivados para tratamento de água, muito menos utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes* fixa a um meio suporte, no entanto este tipo de sistema é uma possível alternativa para tratamento de águas superficiais em comunidades rurais e isoladas, pois os leitos

mantiveram o pH dentro da neutralidade, e apesar de não terem reduzido significativamente os valores de oxigênio dissolvido, os valores de OD efluente ao leito ainda não foram satisfatórios.

Pode-se concluir também que apesar do leito cultivado com aguapé ter apresentando menor eficiência de remoção de cor e turbidez quando comparados ao leito controle, os resultados de outros autores que trabalharam com aguapé são elevados, por isso seria interessante a realização de estudos mais detalhados deste tipo de sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de estudo, ao CNPq pelas bolsas de estudo e auxílio financeiro, ao FAEPEX pelo auxílio financeiro concedido e à CPG da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION; EATON, A. D.; et al. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 21 ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005.
2. BORGES, A. K. P. *Despoluição de águas superficiais e efluentes de piscicultura através de sistemas construídos de áreas alagadas (constructed wetland)*. 2005. 140f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas na área de concentração Microbiologia Aplicada) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP.
3. BORTOLOTO, I. M.; NETO, G. G. O uso do camalote, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, Pontederiaceae, para confecção de artesanato no Distrito de Albuquerque, Corumbá, MS, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*. v. 19, n. 2, p. 331 – 337, 2005.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário da União*, Brasília, dez/2011.
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário da União*, Brasília, maio/2011.
6. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário da União*, Brasília, maio/2011.
7. BREGUNCE, D. T.; VEIGA, B. V.; MARANHÃO, L. T.; CUBAS, S. A. Avaliação de sistema de leito cultivado com a macrófita *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schltdl. para tratamento de águas urbanas poluídas. *Revista Brasileira de Biociências*. v. 9, n. 1, p. 86 – 95, 2011.
8. BULLER, L. S.; BERGIER, I.; ORTEGA, E.; SALIS, S. M. Dynamic emergy valuation of water hyacinth biomass in wetlands: an ecological approach. *Journal of Cleaner Production*. v. 54, p. 177 – 187, 2013.
9. CAMPOS, J. M. *Eficiência de sistemas de leitos cultivados com Eichhornia crassipes na retenção de poluentes convencionais e o emergente 17- α -etinilestradiol*. 257f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
10. CHAVAN, B. L.; DHULAP, V. P. Treatment of Sewage through Phytotechnological Studies with Constructed Wetland Using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Environmental Research And Development*. v. 7, n. 2, p. 660 – 667, oct./dec. 2012.
11. CHUNGKAO, K.; NIMPEE, C.; DUANGMAL, K. The King’s initiatives using water hyacinth to remove heavy metals and plant nutrients from wastewater through Bueng Makkasan in Bangkok, Thailand. *Ecological Engineering*. v. 39, p. 40 – 52, 2012.
12. ELIAS, J. M. *Análise da eficiência do sistema de “wetlands” construído na estação de tratamento de água para abastecimento público no município de Analândia*. 2003. 213f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP.
13. HE, S. B.; YAN, L.; KONG, H. N.; LIU, Z. M.; WU, D. Y.; HU, Z. B. Treatment efficiencies of constructed wetlands for eutrophic landscape river water. *Pedosphere*. v. 17, n. 4, p. 522 – 528, 2007.

14. LORENZI, H.; SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 1.088p. 3.^a ed. Editora Plantarum. Nova Odessa, 2001.
15. SANTOS, F. F. S.; PIRES, M. R.; PATERNIANI, J. E. S. Avaliação da filtração lenta em nãotecido sintético no tratamento de água. In: 27.^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Goiânia, GO, Brasil, 2013.
16. TANNER, C. C.; HEADLEY, T. R. Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering*. v. 37, p. 474 – 486, 2011.
17. THAM, H. T. *Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) – Biomass Production, Ensilability and Feeding Value to Growing Cattle*. 64f. Thesis (Doctoral in Animal Nutrition and Management) – Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2012.