



Avaliação do potencial da Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) na bioissorção de Cd ao longo do tempo¹.

Ana Carolina Dornelas Rodrigues⁽²⁾; Marcus Vinicius de Castro Rocha⁽³⁾; Ana Carolina Callegario Pereira⁽⁴⁾; André Marques dos Santos⁽⁵⁾; Fabiana Soares dos Santos⁽⁶⁾; Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Inovação em Agropecuária (PPGCTIA) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

⁽²⁾ Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Inovação em Agropecuária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Seropédica, RJ; Email: krolldornelas@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁴⁾ Professora; Centro Universitário de Volta Redonda; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁶⁾ Professora; Universidade Federal Fluminense.

RESUMO: A Alface-d'água (*Pistia stratiotes*), uma importante macrófita aquática, vem sendo indicada para utilização na remediação de corpos hídricos contaminados, devido seu rápido crescimento e elevada produção de biomassa. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da biomassa seca da Alface-d'água na bioissorção do metal pesado cádmio (Cd) presente em soluções contaminadas. Os ensaios foram realizados em laboratório testando soluções com 4 concentrações crescentes de Cd (0,0; 0,1; 1 e 10 mg L⁻¹) a pH 5,5, e nove tempos de contato da solução com a biomassa (1, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas) sob a agitação constante até o momento da coleta, onde solução e biomassa seca de cada concentração (tratamento) foram separadas e analisadas quanto ao teor de Cd. Os resultados obtidos demonstraram que a biomassa seca da Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) possui potencial na bioissorção de cádmio, aumentando esse potencial com o aumento do tempo de contato, removendo até de 80% deste metal da solução em todos os tratamentos avaliados, sugerindo sua utilização em estratégias de descontaminação de corpos hídricos.

Termos de indexação: Macrófita, Metal pesado, Remediação.

INTRODUÇÃO

Dentre as diferentes formas de contaminação dos recursos hídricos, a contaminação por metais pesados tem despertado muita preocupação e tem sido alvo de inúmeras pesquisas que buscam por estratégias de preservação e remediação de áreas contaminadas, para manutenção da qualidade ambiental e de vida do homem (Oliveria et al., 2001).

A bioissorção, também chamada de "bioadsorção", é uma nova proposta que utiliza a biomassa viva ou morta de bactérias, fungos, plantas e até cascas de

frutos para remoção de metais pesados de soluções contaminadas (Módenes et al., 2013). Esse processo vem se destacando pela eficiência na remoção de metais, por possuir baixo custo e ter a possibilidade de reutilização da biomassa para fins não alimentares, como geração de energia.

Várias plantas aquáticas têm sido estudadas e sugeridas como alternativas para utilização nessa técnica, como por exemplo, a Alface-d'água (*Pistia stratiotes*), uma importante macrófita aquática conhecida por seu potencial fitoextrator de metais pesados (Vesely et al., 2012; Das et al., 2014). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da Alface-d'água (*Pistia stratiotes*), na bioissorção de Cd presente em solução contaminada.

MATERIAL E MÉTODOS

A Alface d'água foi coletada no Reservatório de Vigário, pertencente à LIGHT no município de Pirai – RJ. Após a coleta, as macrófitas foram lavadas em água comum e deionizada, secas em temperatura ambiente e em seguida em estufa a 65 °C até atingirem massa constante. As macrófitas foram trituradas em moinho para redução da superfície específica e consequente aumento da área exposta à solução contaminada por metais pesados.

O experimento foi realizado em potes plásticos com capacidade de 100 mL, sendo adicionados em cada frasco 50 mL da solução contaminada, a pH 5,5 e 1 grama de biomassa seca de Alface-d'água, acondicionada em "sachês" confeccionados com tecido de poliéster. As amostras foram submetidas a agitação a 90 RPM, durante todo o tempo avaliado, garantindo que toda solução entrasse em contato com a biomassa da planta. O ensaio foi realizado em temperatura ambiente.

Tratamentos e amostragens



Foram testados 4 tratamentos, constituídos por concentrações crescentes de Cd (0,05; 0,125; 1,2 e 10 mg L⁻¹, correspondente a 0,445; 1,11; 10,7 e 88,9 μmols de Cd, respectivamente), fornecida na forma de nitrato de cádmio (Cd(NO₃)₂), com nove tempos de coleta (1, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas) após início da agitação. A cada tempo de coleta, a biomassa foi retirada da solução e seca em estufa com circulação forçada de ar por 48 horas a 65 °C, para realização da digestão nitroperclórica (6:1) (Tedesco et al., 1995), e determinação dos teores de metais pesados por espectrofotometria de absorção atômica. A solução foi diretamente analisada por espectrofotometria de absorção atômica.

Análise estatística

Os dados obtidos no maior tempo de contato entre a solução contaminada e a biomassa da Alface d'água, foram utilizados no programa ISOFIT versão 1.2 para identificação do modelo isotérmico (Mattot & Rabideau, 2008) que melhor representa a biossorção do contaminante pela Alface d'água.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (quatro doses de Cd, três repetições e nove tempos de coleta), totalizando 108 unidades experimentais. As médias foram comparadas utilizando-se o desvio padrão com o programa GraphPad Prism versão 5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 1** são apresentadas as concentrações de cádmio em solução e na biomassa da Alface-d'água nos diferentes tempos de coleta. Podemos observar que em todos os tratamentos houve uma diminuição da concentração do metal na solução contaminada e conseqüente aumento na biomassa das plantas, o que sugere o potencial de biossorção de cádmio pela macrófita estudada.

Foi observado que, em torno de 15% do Cd foi removido da solução na primeira hora de contato com o biossorvente, em todos os tratamentos avaliados. Porém com aumento do tempo de contato essa taxa chega a alcançar em média 80% de remoção deste contaminante. O mesmo não foi observado testando a macrófita *E. crassipes*, onde nos primeiros 15 minutos de contato foi observada redução de 50% desse metal na solução, atingindo o equilíbrio em 45 minutos (Módenes et al., 2013). A taxa de remoção observada por esses autores foi inferior a apresentada pela Alface-d'água, variando de 52 a 62%. Foi encontrado um potencial de remoção de 86% de Cd para a macrófita *Lemna minor*, (Ribas et al., 2011), semelhante ao encontrado para Alface-d'água. Já para a macrófita *Egeria densa* foi observado uma taxa de remoção

máxima de Cd de 67% (De Abreu Pietroelli, 2013), também inferior ao encontrado para Alface-d'água.

Identificação da isoterma de adsorção

Os teores de Cd em solução e associados a biomassa da Alface-d'água encontrados no último tempo de coleta (72h) de todos os tratamentos (concentrações), foram analisados no programa ISOFIT, gerando parâmetros e critérios de ajuste para 10 modelos isotérmicos, e possibilita a identificação de qual deles melhor se ajusta aos dados obtidos, ou seja, qual a relação matemática melhor descreve os dados obtidos (Mattot & Rabideau, 2008).

Na **tabela 1** são apresentados os valores de R², AICc, ΔAIC e AICw para os dois modelos de isotermas de adsorção mais ajustados ao ensaio, segundo a interpretação dos parâmetros avaliados. Apesar do modelo Langmuir Partition ser considerado igualmente semelhante pela avaliação de ΔAIC, o modelo linear é o selecionado como mais ajustado, por ser comparativamente o modelo mais simples, avaliando apenas uma variável.

Tabela 1 - Valores de R², AICc, ΔAIC e AICw* para modelos isotérmicos de adsorção de Cd.

Metal	Langmuir Partition		Linear
	R ²	AICc	AICw
Cd	R ²	0,999	0,999
	AICc	21,9155	21,9155
	ΔAIC	0,0000	0,0000
	AICw	0,66	0,66

*Parâmetros para identificação do modelo mais ajustado ao ensaio. (R²= Erro, AICc = Akaike corrigido e ΔAIC = ponderação de Akaike, respectivamente).

O modelo isotérmico linear ou *modelo do coeficiente de distribuição* (K_d) é obtido quando as isotermas de adsorção apresentam comportamento linear, indicando uma alta afinidade do biossorvente pelo adsorbato. O K_d é a variável deste modelo, que se baseia na fração do metal que realmente pode ser trocada com a solução e não no seu total (Alleoni et al., 2009; Staunton, 2001). Baixos valores de K_d indicam que a maior parte do metal permanece em solução, portanto estão geodisponíveis. Por outro lado, altos valores de K_d refletem grande afinidade de metais pelos constituintes da fase sólida do adsorvente (Soares, 2004). Portanto, esta variável pode ser utilizada em modelos de previsão de risco ambiental para cálculos de padrões de qualidade de solos e de águas superficiais e subterrâneas (Staunton, 2001), como adotado pela Holanda (Bockting et al., 1992; Usepa, 1996).

A capacidade de remoção dos íons Cd e Zn pela *E. densa* foi ajustada ao modelo de Langmuir, utilizando o software Origin 8.0 (De Abreu Pietrobelli,



2013). O mesmo foi encontrado por avaliando a bioissorção de metais pesados pela macrófita *E. crassipes* (Módenes et al., 2013).

A seleção do modelo linear como mais ajustado ao ensaio é contrária a maioria dos estudos de bioissorção de metais pesados utilizando macrófitas aquáticas que apontam o modelo Langmuir. Esse fato indica a maior afinidade da biomassa da Alface-d'água pelos íons metálicos quando comparada às demais macrófitas, já que o modelo linear não apresenta saturação rápida do adsorbente com o aumento do adsorbato, como é o caso do modelo Langmuir, que apresentar um curva do tipo-L enquanto o modelo linear apresenta uma curva do tipo-C, com alta afinidade pelo adsorbato independente do aumento da concentração do mesmo.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que a biomassa seca da macrófita Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) possui elevado potencial de bioissorção do metal pesado cádmio, podendo ser indicada para utilização e projetos de remediação de corpos hídricos contaminados por esse elemento.

O modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos, confirmando a alta afinidade da biomassa da Alface-d'água pelo Cd.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio da FAPERJ, PPGCTIA, UFRJ, UFF e Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA para realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, L. R. F.; MELLO, J. W. V.; ROCHA, W. S. D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: Química e Mineralogia do Solo, Parte II - Aplicações. ALLEONI, L. R. F. & MELLO, V. F. ed. SBCS, Viçosa, 2009. 685p.

BOCKTING, G.J.M.; van de PLASSCHE; STRUIJS, J.; CANTON, J.H. Soil-water partition coefficients for some trace metals. RIVM, Bilthoven. 51p. 1992.

DAS, SUCHISMITA; GOSWAMI, SUNAYANA; TALUKDAR, ANUPAM DAS. A study on cadmium phytoremediation potential of water lettuce, *Pistia stratiotes* L. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 92:169-174, 2014.

DE ABREU PIETROBELLI, J. M. Avaliação da capacidade de remoção dos íons Cádmio (ii) e Zinco (ii) pela macrófita egeria densa. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 28:1-9. 2013.

MATTOT, L. S.; RABIDEAU, A. J. ISOFIT - A program for fitting sorption isotherms to experimental data. Environmental Modelling & Software, 23:670-676, 2008.

MÓDENES, A. N., ESPINOZA-QUIÑONES, F. R., LAVARDA, F. L., COLOMBO, A., BORBA, C. E., LEICHTWEIS, W. A., & MORA, N. D. Remoção dos metais pesados Cd (II), Cu (II) e Zn (II) pelo processo de bioissorção utilizando a macrófita *Eicchornia crassipes*. Rem: Revista Escola de Minas, 66:355-362, 2013.

OLIVEIRA, J. A.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e salvinia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13:329-341, 2001.

RIBAS, M. C., CANEVESI, R., & SILVA, E. A. D. Estudo Do Equilíbrio E Da Dinâmica Da Bioissorção Do Íon Cádmio Pela Macrófita Lemna Minor Em Coluna De Leito Fixo. ENGEVISTA, 14:143-154, 2011.

SOARES, M. R. Coeficiente de distribuição (kd) de metais pesados em solos do estado de São Paulo. 2004. 202p. Tese (Doutorado) - Escola Superior De Agricultura "Luiz De Queiroz", Universidade De São Paulo, Piracicaba, 2004.

STAUNTON, S. Usefulness and limitations of the distribution coefficient, Kd, in understanding and predicting the fate of trace metals in soil. In: SYMPOSIUM OF ENVIRONMENTAL BIOGEOCHEMISTRY, 15. Wroclaw, Poland. Biogeochemical processes and cycling of elements in the environment. Wroclaw, Poland : Polish Society of Humic Substances (PTSH), 2001. p.49-50.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Washington: USEPA, 30p. 1998.

VESELY, T., NEUBERG, M., TRAKAL, L., SZAKOVA, J., & TLUSTOA, P. Water lettuce *Pistia stratiotes* L. response to lead toxicity. Water, Air, & Soil Pollution, 223:1847-1859, 2012.

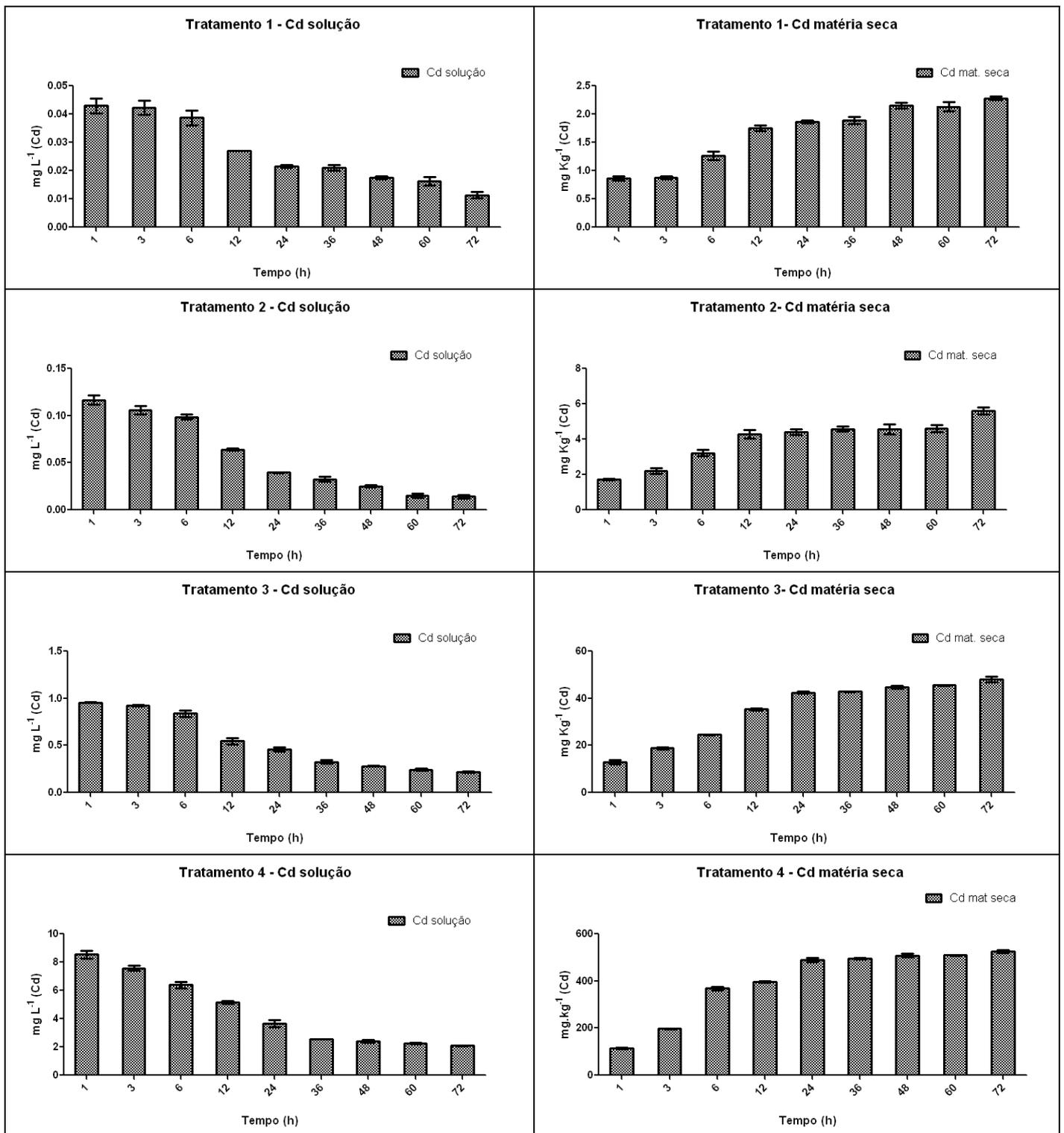


Figura 1 - Concentração de cádmio na solução e matéria seca das plantas nos diferentes tempos avaliados.
 *Tempo s de coleta = 1 = 1 hora após início da agitação/ 2 = 3 horas / 3 = 6 horas/ 4 = 12 horas/ 5= 24 horas/ 6 = 36 horas/ 7 = 48 hroas/ 8 = 60 horas/ 9 = 72 horas; Tratamento 1 = 0,05 mg L⁻¹; Tratamento 2 = 0,125 mg L⁻¹; Tratamento 3 = 1,2 mg L⁻¹; Tratamento 4 = 10mg L⁻¹ (correspondente a 0,445; 1,11; 10,7 e 88,9 μmols de Cd, respectivamente).