

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

REDUÇÃO DE SALINIDADE EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) E AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*)

*Lais Pessoa de Lacerda¹
Liséte Celina Lange¹
Marcel Giovanni Costa França²

SALINITY REDUCTION IN A HYDROPONIC GROWING OF
VETIVER GRASS (*Vetiveria zizanioides*) AND WATER
HYACINTH (*Eichhornia crassipes*)

Recibido el 31 de enero de 2012; Aceptado el 7 de septiembre de 2012

Abstract

This study aimed to evaluate the ion extraction capacity of two plant species, the vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), grown in experimental hydroponic units simulating a Floating System. The hydroponic system used nutrient solutions (A1 and A2) composed of fixed concentrations of macro and micronutrients that had been added to two different concentrations of sodium chloride, resulting in initial electrical conductivities of 1.89 and 5.12 dS m⁻¹, respectively. Physicochemical and quantitative changes in the salinized solutions, as well as visual symptoms of stress were compared in the plants, after experimental treatments. Despite the significant volume reduction in solution A1 (31.5%), the water hyacinth was distinct in its estimated extraction of calcium (52.2%), magnesium (47.6%), sodium (16.5%) and chloride (14.1%) meanwhile, at the same conditions, the vetiver grass and control group had similar performance. The increasing salinity of the A2 solution only promoted significant removal of calcium and magnesium (on average, the water hyacinth reached 27.7 and 26.2% of estimated extraction and the vetiver grass, 13.0 and 11.9%, respectively).

Key Words: nutrient removal, soilless cultivation, vetiver grass, water hyacinth.

¹ Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais

² Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

* Autor Corresponsal: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6627, Bloco 2 (sala 4628), CEP 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil. Email: laispessoa@gmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade extratora de íons cultivando duas espécies vegetais, o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) e o aguapé (*Eichhornia crassipes*), em unidades experimentais hidropônicas simulando um sistema do tipo *Floating*. O sistema hidropônico empregou soluções nutritivas com concentrações fixas de macro e micronutrientes às quais foram adicionadas duas diferentes concentrações de cloreto de sódio (A1 e A2), resultando em condutividades elétricas iniciais de 1.89 e 5.12 dS m⁻¹, respectivamente. Foram comparadas as alterações físico-químicas e quantitativas das soluções após os tratamentos, assim como eventuais sintomas visuais de estresse às plantas. Apesar da significativa redução de volume (31.5%), com o uso da solução A1, o aguapé se distinguiu com extração média de cálcio (52.2%), magnésio (47.6%), sódio (16.5%) e cloreto (14.1%); enquanto que, nas mesmas condições, o capim vetiver apresentou desempenho similar ao grupo de controle. O aumento da salinidade induzido pela solução A2 resultou na remoção significativa apenas de cálcio e magnésio: o aguapé alcançou extração média de 27.7 e de 26.2% e o capim vetiver atingiu 13.0 e 11.9%, respectivamente.

Palavras Chave: aguapé, capim vetiver, cultivo sem solo, remoção de nutrientes.

Introdução

A tolerância à salinidade apresentada por determinadas espécies vegetais tem permitido a sua utilização no tratamento alternativo de correntes aquosas salinas geradas por atividade industrial, produção agropecuária e da aquacultura.

Porém, antes de empregar fitorremediação, pode ser necessário realizar estudos de tratabilidade em escala laboratorial, utilizando, por exemplo, um sistema hidropônico artificial para simular as condições locais e obter resultados iniciais que comprovem a eficácia do projeto. A utilização de abordagens específicas nessa etapa do experimento poderá acelerar o fornecimento de resultados e reduzir o tempo de implementação (USEPA, 2001).

Diversos trabalhos têm avaliado os efeitos da salinidade sobre o crescimento de macrófitas aquáticas. Dentre as espécies estudadas, destaca-se o aguapé (*Eichhornia crassipes*), uma planta aquática perene de origem amazônica, encontrada na maioria dos países tropicais e subtropicais (Bolenz *et al.*, 1990; FAO, 2009). É comumente usada para remover contaminantes inorgânicos presentes em água subterrânea, empregando o processo de fitorremediação conhecido como rizofiltração (USEPA, 2001). Seu potencial de remoção de contaminação foi testado no tratamento de efluentes gerados pelo refino de petróleo, chegando a tolerar salinidades de até 4 g L⁻¹ (com adição de NaCl), apesar da redução no acúmulo de biomassa observada (De Casabianca & Laugier, 1995). Porém, foram reportados efeitos tóxicos ao aguapé, quando exposto por quatro semanas à água do mar diluída com concentrações de sais superiores a 2 500 mg kg⁻¹ (Haller *et al.*, 1974); correspondendo a uma condutividade elétrica limite de 4.04 dS m⁻¹ (Sooknah & Wilkie, 2004).

Por sua vez, o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) é tolerante a salinidade e a variações de pH entre 4 e 7.5, além de ser resistente a alagamentos, sendo usado na restauração de áreas litorâneas atingidas por erosão (USDA, 2009; Pereira, 2008). Contudo, quando submetido a escoamento intermitente de esgoto municipal acrescido de NaCl, não resistiu à simulação de uma condição salina de 14 – 16 dS m⁻¹ (Klomjek & Nitorisavut, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar preliminarmente o desempenho do aguapé, uma planta bastante empregada em estudos de fitorremediação, ao compará-lo com capim vetiver, uma espécie com pouca informação sobre sua capacidade de remoção de salinidade. As soluções nutritivas salinas coletadas após o período de cultivo hidropônico foram analisadas para determinar a extração de cálcio, magnésio, sódio e cloreto promovida pelas duas espécies estudadas, visando estimar o potencial do capim vetiver no tratamento de correntes aquosas salinas.

Metodologia

O experimento foi conduzido no período de 23 de março a 02 de maio de 2011, em casa de vegetação localizada no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte (MG), a 19° 52' 19.85" de latitude sul, 43° 57' 43.63" de longitude oeste e altitude de 812 m. O clima da região é classificado como clima tropical de altitude, caracterizado por chuvas no verão, inverno seco e verão quente. O cultivo em casa de vegetação teve como objetivo manter as mesmas condições ambientais para todas unidades experimentais.

A escolha das plantas empregadas neste trabalho deveu-se principalmente à sua adaptação ao ambiente com baixa concentração de oxigênio, já que o experimento simulou um sistema hidropônico Floating (sem aeração). Segundo Pereira (2008), o capim vetiver é resistente a alagamentos, valores extremos de pH, salinidade, toxicidade e baixos índices de nutrientes no solo; além disso, essa espécie foi estudada no tratamento de efluentes salinizados (Klomjek & Nitorisavut, 2005). Quanto ao aguapé, além da maior adaptação aquática, a escolha baseou-se na sua larga utilização em estudos de fitorremediação, inclusive em condições salinas (Haller et al, 1974; Reddy & De Busk, 1985; Sooknah & Wilkie, 2004).

Foram utilizadas plantas adultas das duas espécies, coletadas de condições naturais e escolhidas de maneira apresentarem tamanho uniforme entre si. Simultaneamente, também foi avaliado um tratamento controle (CO), sem plantas. O tratamento CO foi usado para comparação entre tratamentos, já que diferenças entre eles (AG/CV e CO) indicariam ação direta das plantas. Cada tratamento contou com 10 repetições, totalizando 30 unidades experimentais por solução nutritiva aplicada.

Cada unidade experimental era composta de: (1) 01 planta (aguapé ou capim vetiver); (2) reservatório inferior (recipiente plástico) com capacidade de 1.5 L; (3) suporte plástico (sem substrato, afunilado e furado na extremidade inferior) utilizado para apoiar a planta sobre o reservatório inferior; (4) rolha de espuma (usada exclusivamente no cultivo do capim vetiver); e (5) cobertura de saco plástico preto. No caso do capim vetiver, após a remoção do solo, as plantas foram lavadas cuidadosamente para remover as partículas aderidas às raízes com água deionizada.

A duração do experimento abrangeu três semanas de acompanhamento, sendo duas semanas de aclimação e uma semana de campanha com monitoramento das seguintes variáveis: condições ambientais (temperatura e umidade relativa (UR) – valores máximos e mínimos), volume final, condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva salinizada e concentração final dos íons sódio, cálcio, magnésio e cloreto. Alterações morfofisiológicas também foram observadas para detectar sintomas de estresse na parte aérea e no sistema radicular.

As soluções nutritivas (A1 e A2) foram preparadas a partir de sais analíticos ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; KNO_3 ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e KH_2PO_4), tomando como base a solução nutritiva padrão proposta por Hoagland & Arnon (1938), mas em concentrações diluídas (1/5 de força), tanto para macro como para micronutrientes (Majerowicz *et al.*, 2003). As concentrações de macronutrientes foram (mg L^{-1}): N (186), P (19), K (47), Mg (10), S (38) e Ca (40). Os micronutrientes foram fornecidos pela adição de mistura comercial composta de sais puros quelatizados (ConMicros Standard), nas seguintes concentrações ($\mu\text{g L}^{-1}$): Fe (363), Cu (91), Zn (37), Mn (91), B (91), Mo (18) e Ni (17). A salinização das soluções nutritivas foi realizada com a adição de cloreto de sódio (NaCl), sendo que, a solução A1 recebeu 0.76 g L^{-1} , enquanto que, na solução A2, foram acrescidas 2.54 g L^{-1} . Portanto, as soluções A1 e A2 foram preparadas para apresentar uma concentração estimada de 300 e $1\,000 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$ e de 460 e $1\,540 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cl}^-$, respectivamente. Cada unidade experimental recebeu 1 L de solução nutritiva salinizada no início de cada uma das três semanas.

Ao final da 3ª semana, foram determinadas CE e pH das soluções residuais e a concentração final dos íons sódio, cálcio, magnésio e cloreto. A concentração de cátions foi determinada por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) e de cloreto utilizou Cromatografia Iônica (CI). Antes da realização dessas análises químicas, todas as amostras foram filtradas e, no caso da determinação de sódio e cloreto, também tiveram que ser diluídas (1/100). Os limites de detecção dos equipamentos utilizados foram: cloreto (0.25 mg L^{-1}), sódio ($0.01 \mu\text{g mL}^{-1}$), cálcio ($0.04 \mu\text{g mL}^{-1}$) e magnésio ($0.004 \mu\text{g mL}^{-1}$). Quanto a possíveis interferências analíticas, considerou-se que: (1) determinações de sódio podem sofrer interferência devido à sua ionização; porém, nesse caso, poderiam ser desconsideradas pela alta absorbância decorrente das altas concentrações de sódio nas amostras analisadas e, (2) determinações de cálcio podem

sofrer interferências de alumínio, não se aplicando ao caso já que, neste experimento, foram utilizadas amostras sintéticas, isentas de alumínio.

As análises estatísticas foram realizadas com a utilização do software STATISTICA (versão 6). Em virtude da assimetria observada nos conjuntos de dados gerados, foi empregado um teste não paramétrico (teste de Kruskal-Wallis) para determinar diferenças significativas na massa final dos íons estudados.

Concluindo, ressalta-se que esse experimento adotou as seguintes abordagens específicas: (1) as soluções nutritivas salinas empregadas apresentavam concentrações reduzidas de macronutrientes para permitir que a extração dos íons de interesse fosse percebida mais rapidamente, assim como os sinais visuais de estresse; (2) as concentrações salinas aplicadas (300 e 1 000 mg L⁻¹ Na⁺) foram escolhidas para representar valores reais de águas subterrâneas existentes no Estado de Minas Gerais que, em geral, apresentam baixa concentração de sódio (inferiores a 300 mg L⁻¹ Na⁺); porém, há casos de concentrações superiores a 1 000 mg L⁻¹ Na⁺; além disso, a solução A2 (1 000 mg L⁻¹ Na⁺) apresentou condutividade elétrica superior ao limite proposto por Sooknah & Wilkie (2004), garantindo o aparecimento de sinais visuais de estresse nas plantas.

Resultados

Os resultados do monitoramento das variáveis ambientais durante o período de experimento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Variação de temperatura (°C) e UR (%) durante o período experimental

Variável		Valores mínimos				Valores máximos			
		Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão
Temperatura	°C	16.0	20.7	18.5	2.0	32.0	34.7	33.5	1.3
UR	%	49.0	67.0	58.6	8.5	72.0	92.0	82.2	7.9

Os valores apresentados correspondem às médias ± desvio padrão (n=5)

Nessas condições ambientais, ao final da 3^a semana, observaram-se diferenças entre os grupos avaliados (CO, CV e AG) com a aplicação das soluções nutritivas A1 e A2, marcadamente em relação ao volume final, como é mostrado nas Figuras 1(A) e 1(B), respectivamente.

A redução média do volume da solução A1 verificada com o cultivo das plantas AG chegou a 31.5%, enquanto que, com as plantas CV e o grupo CO atingiu 10.7% e 5.3%, respectivamente. Já com a solução A2, as diferenças foram menores chegando a 18.0% para o AG, 9.1% para o CV e 5.4% para o CO. Esse comportamento do aguapé é conhecido e descrito em literatura, pois,

segundo Lorenzi (1991), um lago coberto com aguapé perde 2 a 8 vezes mais água que com a superfície livre. Portanto, observa-se que, mesmo em condições salinizadas, o aguapé manteve essa característica distintiva.

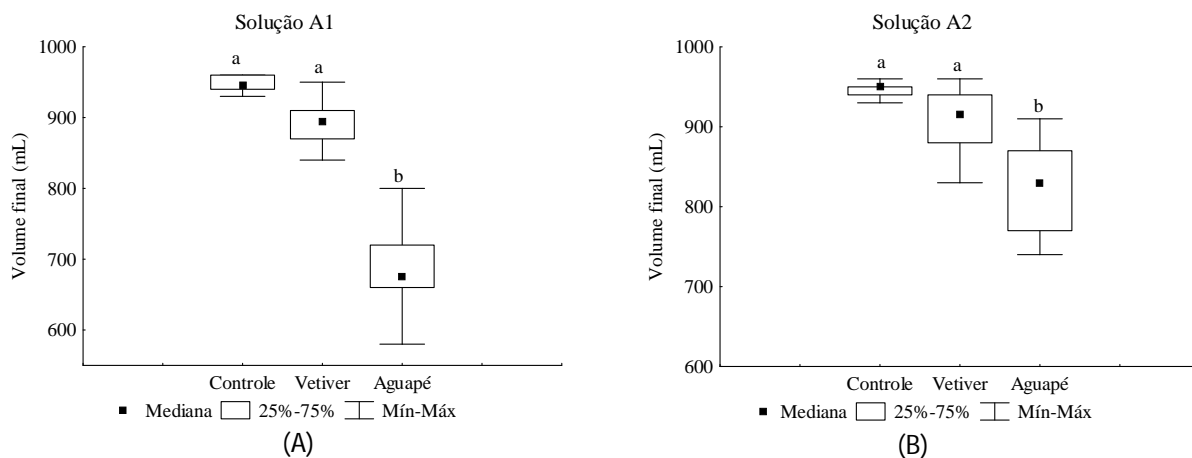


FIGURA 1. Volume final (mL) da solução nutritiva utilizada: (A) Solução A1 ($300 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$); (B) Solução A2 ($1\ 000 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$). Letras iguais sobre os box and whisker plots indicam que não houve diferença significativa com nível de significância de 5% (teste de Kruskal-Wallis)

Os resultados de CE e pH verificados nas soluções finais A1 e A2 (CO, CV e AG) são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Condutividade elétrica (dS m^{-1}) e pH finais (soluções A1 e A2)

VARIÁVEL	TRATAMENTO	A1 ($300 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$)	A2 ($1\ 000 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$)
CE (dS m^{-1})	CO	1.96 ± 0.02	5.25 ± 0.04
	CV	2.01 ± 0.05	5.36 ± 0.16
	AG	2.09 ± 0.07	5.82 ± 0.27
pH	CO	5.86 ± 0.07	5.57 ± 0.07
	CV	6.77 ± 0.20	6.68 ± 0.09
	AG	6.62 ± 0.15	5.95 ± 0.60

Os valores apresentados correspondem às médias \pm desvio padrão ($n=10$)

Em relação à CE, a variação observada para as soluções A1 e A2 pelos grupos plantados, sugere a concentração de íons não extraídos, talvez decorrente da perda de volume. Já o aumento de pH detectado nas soluções A1 e A2, propõe a possibilidade de maior extração de ânions que de cátions. Os resultados de concentração final dos íons cálcio, magnésio, sódio e cloreto presentes nas soluções A1 e A2 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Concentração final de cálcio, magnésio, sódio e cloreto (soluções A1 e A2)

ÍON	A1 (300 mg L ⁻¹ Na ⁺)			A2 (1 000 mg L ⁻¹ Na ⁺)		
	CONTROLE	VETIVER	AGUAPÉ	CONTROLE	VETIVER	AGUAPÉ
Ca ⁺²	38.3 ± 0.8	40.1 ± 1.7	25.1 ± 5.1	45.4 ± 0.8	41.1 ± 1.9	37.8 ± 2.8
Mg ⁺²	10.9 ± 0.2	9.9 ± 0.3	7.9 ± 1.0	11.0 ± 0.1	10.1 ± 0.2	9.4 ± 0.6
Na ⁺	321 ± 8	342 ± 17	372 ± 23	994 ± 36	1028 ± 43	1118 ± 44
Cl ⁻	455 ± 2	477 ± 13	541 ± 33	1502 ± 11	1565 ± 65	1784 ± 125

Os valores apresentados correspondem às médias ± desvio padrão (n=10)

Considerando as perdas de volume ocorridas, uma análise baseada na concentração final dos íons estudados (cálcio, magnésio, sódio e cloreto) seria inadequada para avaliar a provável extração promovida pelas plantas testadas. Por esse motivo, realizou-se um balanço de massa (mg) para determinar a massa residual desses íons no volume final de solução dos grupos estudados (CO, CV e AG) e, posteriormente, identificou-se as diferenças na extração promovida pelos grupos plantados em relação ao grupo de controle (sem ação de plantas). Os resultados de massa residual (cálcio, magnésio, sódio e cloreto) presentes nas soluções A1 e A2 são apresentados nas Figuras 2(A) e 2(B), respectivamente.

Com a aplicação da solução A1, foi observado que, com exceção da extração do magnésio, o CV apresentou comportamento semelhante ao CO, não demonstrando capacidade de remoção nessas condições de cultivo. Por outro lado, o AG distinguiu-se ao promover remoção de todos os íons estudados, apesar da maior perda de volume. O cultivo com a solução A2 revelou remoção semelhante de cálcio e magnésio para ambas as espécies estudadas, assim como incapacidade de extrair sódio e cloreto, já que os resultados alcançados tanto pelo CV como pelo AG não se distinguiram do grupo CO.

A extração promovida pelas duas espécies estudadas (em porcentagem) foi estimada comparando-se a massa residual presente nas soluções CO com aquela apresentada pelos grupos com plantas. Nesse aspecto, destacaram-se: (1) Solução A1: o cultivo de AG (todos os íons estudados); (2) Solução A2: o cultivo de CV e de AG (cálcio); e (3) Solução A2: o cultivo de CV e AG (magnésio), mostradas nas Figuras 3(A), 3(B) e 3(C), respectivamente.

A partir da Figura 3(A), observa-se que, com a utilização da solução A1, o cultivo de AG se distinguiu na remoção dos macronutrientes (cálcio e magnésio) em relação aos demais íons estudados (sódio e cloreto). As extrações médias de cálcio e magnésio alcançaram aproximadamente 52.2 e 47.6%, respectivamente; enquanto que, as de sódio e cloreto apenas a 16.5 e 14.1%, respectivamente. No caso da utilização da solução A2, em virtude do aumento da salinidade e da consequente redução na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (Dias *et al.*, 2010), as duas espécies testadas removeram apenas os macronutrientes, sendo que, em comparação ao controle, o AG apresentou extrações médias de cálcio e magnésio (27.7 e

26.2%, respectivamente) superiores àquelas promovidas pelo CV (13.0 e 11.9%, respectivamente).

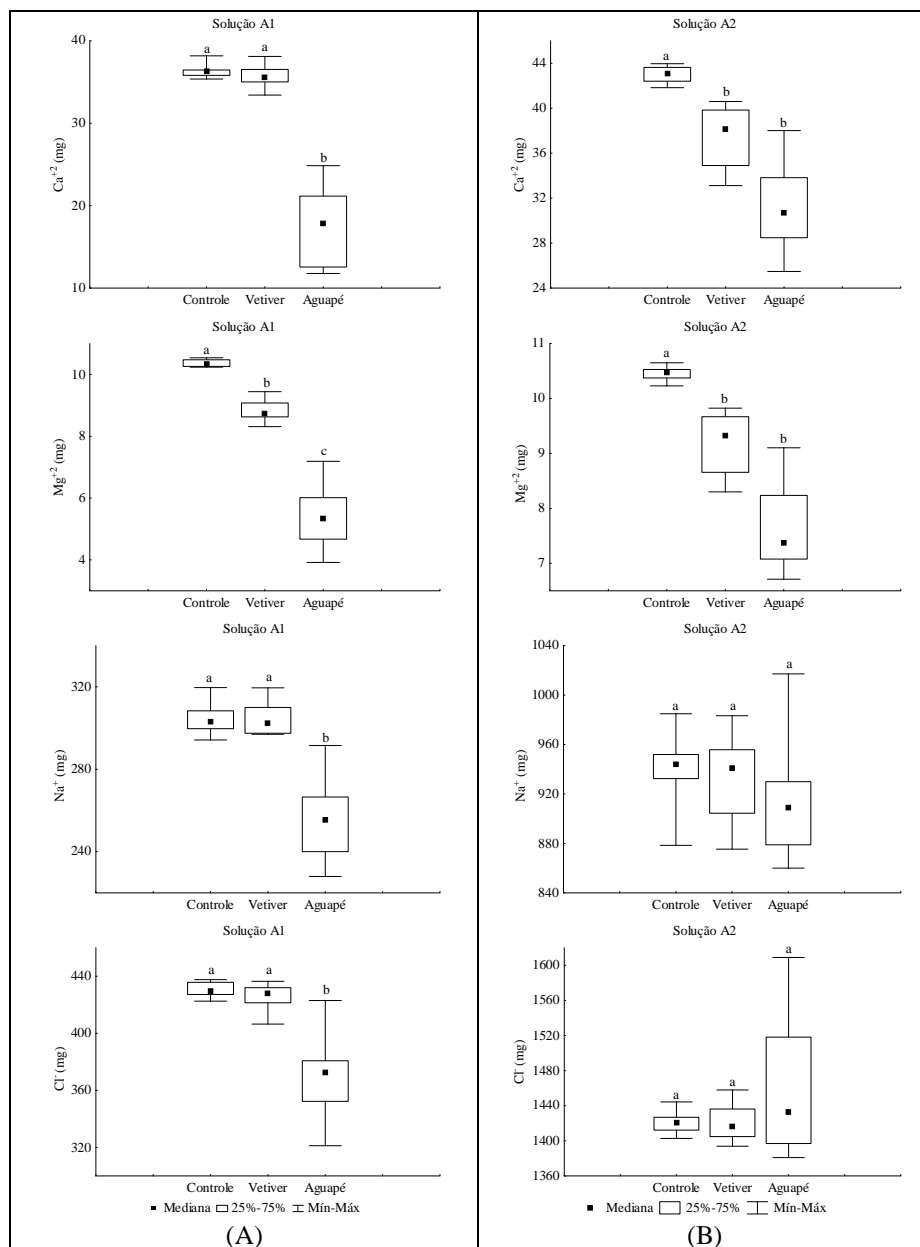


Figura 2. Massa residual dos íons cálcio, magnésio, sódio e cloreto: (A) Solução A1; (B) Solução A2. Letras iguais sobre os box and whisker plots indicam que não houve diferença significativa com nível de significância de 5% (teste de Kruskal-Wallis)

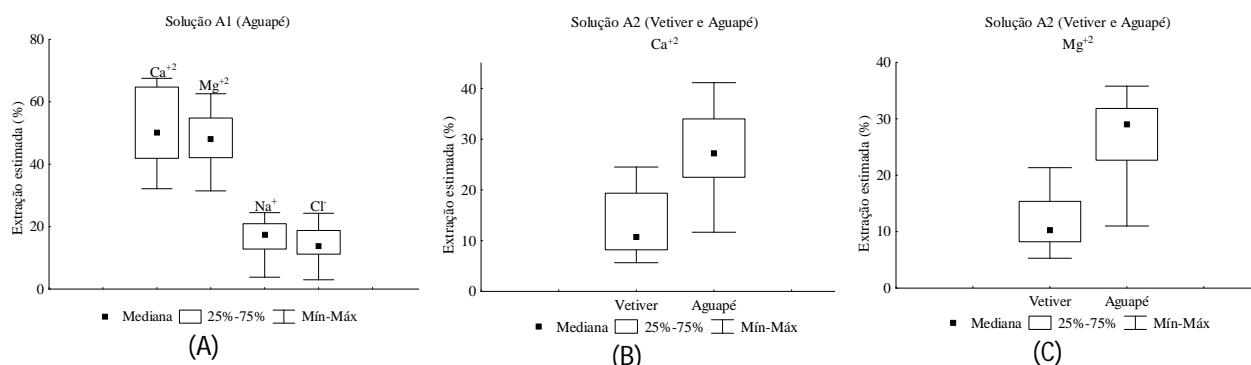


Figura 3. Extração estimada (%): (A) Solução A1 (Aguapé; cálcio, magnésio, sódio e cloreto); (B) Solução A2 (Capim Vetiver e Aguapé; cálcio); (C) Solução A2 (Capim Vetiver e Aguapé; magnésio)

Em relação à alterações morfofisiológicas, observou-se que a solução A1 ($300 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$) não causou efeitos adversos evidentes nas duas espécies estudadas; porém, a utilização da solução A2 ($1\ 000 \text{ mg L}^{-1} \text{ Na}^+$) afetou a parte aérea de algumas plantas AG, originando casos de necrose e redução no tamanho das folhas. Nesse caso, apesar da CE aplicada (5.12 dS m^{-1}) ter superado o limite tóxico calculado (4.04 dS m^{-1}) por Sooknah & Wilkie (2004), as plantas AG sobreviveram às três semanas de experimento. Já o cultivo das plantas CV não produziu sinais de estresse tão evidentes, apenas leve alteração de cor com a aplicação da solução A2.

Conclusões

O cultivo das plantas AG com as soluções A1 e A2 originou maiores reduções médias de volume (31.5 e 18.0%, respectivamente), mantendo assim sua conhecida característica, mesmo em condições salinizadas. Nas mesmas condições ambientais, o CV apresentou perdas menores (10.7 e 9.1%, respectivamente), compatíveis às do controle.

Com a aplicação da solução A1, o aguapé se distinguiu na remoção de cálcio, magnésio, sódio e cloreto com extrações médias estimadas de 52.2; 47.6; e 14.1%, respectivamente. O capim vetiver apresentou comportamento similar ao controle, com exceção na remoção de magnésio, com extração média estimada de 14.9%.

Em ambas as espécies cultivadas, o cultivo com o uso da solução A2 promoveu a remoção significativa apenas de cálcio e magnésio, sem remoção significativa de sódio e cloreto. Nessas condições de cultivo, o aguapé alcançou extração estimada média de 27.7 e de 26.2% e o capim vetiver atingiu 13.0 e 11.9%, respectivamente.

Com relação aos sintomas visuais de estresse decorrente da salinidade, apesar de ter apresentado casos de necrose e redução, as plantas de aguapé sobreviveram ao serem cultivadas com a utilização da solução A2 (5.12 dS m⁻¹). O capim vetiver não apresentou sintomas visíveis de estresse com a aplicação da solução A1 e discreta alteração de cor com a solução A2.

Agradecimentos

Ao Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG (Prof^a. Lúcia Maria Porto de Paula), à DEFLOR Bioengenharia (Dr. Aloísio Rodrigues) pelo auxílio a essa pesquisa; à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências bibliográficas

- Bolenz, S.; Omran, H.; Gierschner, K. (1990) Treatments of water hyacinth tissue to obtain useful products. *Biological Wastes*, **33**, 263-274.
- De Casabianca, M.-L.; Laugier T. (1995) *Eichhornia crassipes* production on petroliferous wastewaters: effects of salinity. *Bioresource Technology*, **54**, 39-43.
- Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Sousa Neto, O. N.; Ferreira Neto, M. F.; Oliveira, A. M. (2010) Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **14**(7), 755-761.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture – a review. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 531.
- Haller, W. T.; Sutton, D. L.; Barlowe, W. C. (1974) Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes. *Ecology*, **55**(4), 891-894.
- Klomjek, P.; Nitorisavut, S. (2005) Constructed treatment wetland: a study of eight plant species under saline conditions. *Chemosphere*, **58**, 585-593.
- Lorenzi, H. (1991) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais*. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 440p.
- Majerowicz, N.; França, M. G. C.; Peres, L. E. P. (2003) *Fisiologia vegetal – curso prático*. Rio de Janeiro: Ed. Âmbito Cultural Edições, 138p.
- Pereira, A. R. (2008) *Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão*. 2ª ed. Belo Horizonte, MG: Editora FAPI, 239p.
- Reddy, K. R.; De Busk, W. F. (1985) Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality*, **14**(4) October-December.
- Sooknah R. D.; Wilkie, A. C. (2004) Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering*, **22**, 27-42.
- U.S. Department of Agriculture (USDA) (2009). Plant guide – ‘Sunshine’ Vetivergrass.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (2001) Brownfields technology primer: selecting and using phytoremediation for site cleanup. EPA 542-R-01-006, 45p.