

## II-001 - CAPACIDADE DE EXTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO PROVENIENTES DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA POR *Cynodon ssp.* E *Typha sp*

**Ronaldo Fia<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela UFV. Professor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

**Regina Batista Vilas Bôas<sup>(2)</sup>**

Licenciada em química pela Universidade de Lavras (UNILAVRAS). Mestre em Engenharia Agrícola pela UFLA.

**Alessandro Torres Campos<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Agrícola pela UFLA. Mestre em Engenharia Agrícola pela UFV. Doutor em Agronomia pela UNESP. Professor do Departamento de Engenharia da UFLA.

**Fátima Resende Luiz Fia<sup>(4)</sup>**

Engenheira Agrícola pela UFLA. Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela UFV. Professora do Departamento de Engenharia da UFLA.

**Edson Guilherme de Souza<sup>(5)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFLA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia, CP 3037, Campus da UFLA - Lavras - MG - CEP: 37.200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1481 - e-mail: [ronaldofia@deg.ufla.br](mailto:ronaldofia@deg.ufla.br)

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o desempenho agrônômico e a capacidade de extração de nutrientes pelo capim tifton-85 (*Cynodon spp.*) e pela taboa (*Typha sp.*) quando cultivados em sistemas alagados construídos (SACs) de escoamento vertical e horizontal, respectivamente, utilizados no pós-tratamento de águas residuárias da suinocultura (ARS). O capim tifton-85 e a taboa se adaptaram bem aos SACs e às cargas orgânicas e de nutrientes aplicadas. A produtividade média de matéria seca (MS) do tifton-85 em cortes com intervalo de 60 dias variou entre 14 e 43 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a taboa cultivada produziu em um único corte após 200 dias de cultivo entre 45 e 67 t ha<sup>-1</sup> de MS. O capim tifton-85 extraiu até 17,65 e 1,76 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo e 6,67 e 54,75 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de cobre e zinco. A taboa extraiu até 5,10 e 1,07 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo e 1,41 e 16,04 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de cobre e zinco. A taboa e o tifton-85 foram capazes de remover 5,0 e 4,6% do nitrogênio e 11,2 e 5,4% do fósforo aplicado via ARS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitorremediação, Nutrientes, Sistemas Alagados Construídos, Efluentes Agroindustriais.

### INTRODUÇÃO

A remoção dos nutrientes presentes nas águas residuárias da suinocultura (ARS), pode ser feita de diversas formas. Dentre as soluções simples, propostas para tratamento de águas residuárias ricas de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais como é o caso dos efluentes provenientes de granja suinícolas, distingue-se a adoção de sistemas alagados construídos (SACs), por ser uma forma viável e não onerosa para seu tratamento (MATOS et al., 2009; FIA et al., 2011).

A tecnologia de tratamento de águas residuárias em SACs tem crescido muito desde a década de 70. Dentre os componentes fundamentais dos SACs estão as macrófitas aquáticas cujas funções incluem-se: remoção de nutrientes da água residuária; transferência de oxigênio para o substrato; servir de suporte (rizomas e raízes) para o crescimento de biofilmes de bactérias, além de melhoria na permeabilidade do substrato e na estética do ambiente (KADLEC & WALLACE, 2008).

Embora as plantas aquáticas superiores sejam componentes biológicos óbvios dos ecossistemas alagados, recentes relatos na literatura apontam para o fato que a absorção de poluentes pela vegetação não pode responder por si só pelas elevadas eficiências de remoção de poluente, frequentemente observadas em taxas de carregamento elevado, característica de muitas situações de tratamento. Tal fato leva ao questionamento do papel das macrófitas nesses sistemas, não havendo consenso entre pesquisadores a respeito da efetiva importância das macrófitas aquáticas nos SACs (BRIX, 1997). Mesmo diante de controvérsias, MARA (2004), baseando-se em dados disponíveis na literatura, sugere que, em SACs cultivados e não cultivados, as remoções de matéria orgânica são aproximadamente iguais. Porém, a remoção de nitrogênio, especificamente nitrogênio amoniacal, é significativamente mais elevada nos sistemas cultivados. Já BRIX (1997), sugere o uso de plantas em SACs, mas afirmam que a quantidade de nutrientes extraídos é muito pequena quando comparada às cargas aplicadas.

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se estudar o desempenho das espécies capim tifton-85 (*Cynodon spp*) e taboa (*Typha sp*), cultivadas em sistemas alagados construídos combinados (escoamento vertical – horizontal) submetidos a diferentes taxas de aplicação de carga orgânica e de nutrientes proporcionadas pela aplicação de águas residuárias da suinocultura (ARS) pré-tratada em sistemas anaeróbios.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente, a água residuária da suinocultura (ARS) passa por um pré-tratamento composto por peneira estática e tratamento primário/secundário composto por reator anaeróbio compartimentado (RAC) seguido de reator UASB e decantador. Desta forma, a ARS utilizada neste trabalho foi o efluente do sistema de tratamento já existente.

O sistema experimental foi composto por seis sistemas alagados construídos. Três de escoamento vertical (SACVs) seguidos de três de escoamento subsuperficial horizontal (SACHs). Os SACVs foram constituídos por caixas de fibra de vidro com volume total de 100 L, com 0,54 m de altura e 0,86 m de diâmetro médio preenchidos com brita zero (diâmetro D-60 = 7,0 mm e volume de vazios inicial médio de  $0,494 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Enquanto os SACHs foram constituídos por caixas de fibra de vidro com dimensões de 2,0 m x 0,5 m x 0,60 m (comprimento x largura x altura). Os SACHs foram preenchidos com brita zero (diâmetro D-60 = 7,0 mm e volume de vazios inicial médio de  $0,494 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) até a altura de 0,55 m e o nível d'água foi mantido a 0,05 m abaixo da superfície do material suporte. Nos SACVs foi cultivado o capim tifton-85 (*Cynodon spp.*) (20 propágulos por  $\text{m}^2$ ), por se tratar de uma espécie agressiva, de elevada capacidade extratora de nutrientes (MATOS et al.; 2009), e não exigir que o solo esteja constantemente saturado com água. A espécie cultivada nos SACHs foi a taboa (*Typha sp.*) (14 propágulos por  $\text{m}^2$ ), devido à sua capacidade em translocar oxigênio da parte aérea para o sistema radicular (KADLEC & WALLACE, 2008).

O experimento foi constituído de 3 fases (80, 60 e 60 dias) com aumento gradual das taxas de aplicação superficial (TAS) (Tabela 1) de matéria orgânica e de nutrientes. A diferenciação nas TAS foi feita por meio da variação da vazão afluente aos SACVs, que ocorreu por meio de bomba dosadora a solenóide; a alimentação dos SACHs foi feita por gravidade a partir dos SACVs (Figura 1).

**Tabela 1: Valores médios das taxas de aplicação superficial (TAS) dos sistemas alagados verticais (SACV) e horizontais (SACH) em cada fase.**

Sistemas	Fase I			Fase II			Fase III		
	TAS <sub>DQO</sub> (13)	TAS <sub>NTK</sub> (12)	TAS <sub>PT</sub> (11)	TAS <sub>DQO</sub> (9)	TAS <sub>NTK</sub> (9)	TAS <sub>PT</sub> (9)	TAS <sub>DQO</sub> (8)	TAS <sub>NTK</sub> (8)	TAS <sub>PT</sub> (8)
SACV1	763	324	22,9	828	203	21,6	1.032	316	30,9
SACV2	754	321	22,5	830	204	21,6	1.032	316	30,9
SACV3	754	324	22,9	828	203	21,6	1.032	316	30,9
SACH1	294	125	8,8	319	78	8,3	397	121	11,9
SACH2	290	124	8,7	320	78	8,3	397	121	11,9
SACH3	290	124	8,7	319	78	8,3	397	121	11,9

TAS<sub>NTK</sub> - taxa de aplicação superficial de nitrogênio total Kjeldahl ( $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  de NTK); TAS<sub>PT</sub> - taxa de aplicação superficial de fósforo total ( $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  de PT). Entre parênteses o número de amostragens.



**Figura 1: Desenvolvimento das espécies vegetais capim tifton-85 e taboa em cada fase de monitoramento dos sistemas: (A) implantação, (B) fase I, (C) fase II, e (D) fase III.**

Internamente à casa de vegetação foi instalado um termohigrógrafo para medição da temperatura do ar máxima e mínima e a temperatura máxima e mínima do líquido em tratamento, além da umidade relativa do ar. As temperaturas médias diárias foram obtidas por meio do cálculo das médias simples entre as temperaturas máximas e a mínimas diárias (JERSZURKI & SOUZA, 2010).

Os valores de pH do afluente e efluente de cada sistema foram obtidos por potenciometria (APHA et al., 2005). O capim tifton-85 foi cortado aos 60, 120, 180 e 200 dias após a implantação do sistema. Exceto no último, ocorrido em função do término do experimento, os demais foram realizados quando o capim tifton-85 apresentou início da floração. Devido ao desenvolvimento mais lento da taboa, esta foi ceifada ao término do experimento, 200 dias após o início do mesmo. Foi quantificada a biomassa vegetal produzida, a matéria seca, e os teores dos macronutrientes: nitrogênio (N) e fósforo (P) seguindo metodologia proposta pela SILVA (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura da casa de vegetação alterou parâmetros como temperatura (entre 14,9 e 36,2°C), umidade do ar (entre 28 e 90%), vento, balanço de radiação e energia e, por consequência a evapotranspiração. A demanda evaporativa aumenta e favorece a maior retirada de nutrientes do substrato pelas plantas (NUNES et al., 2008), principalmente pelo fato de não haver retenção de água pela brita como poderia ocorrer com o solo.

Os valores de pH da água residuária em tratamento mantiveram-se um pouco acima da neutralidade (entre 6,9 e 8,1), o que pode interferir na disponibilidade de alguns nutrientes para as espécies vegetais. Geralmente há maior disponibilidade de cálcio e magnésio e indisponibilidade de ferro e fósforo. E pode haver redução nos teores de nitrogênio pela volatilização da amônia (SANTOS et al., 2008).

A produtividade de matéria seca (MS) aumentou com os cortes realizados para o tifton-85. Os menores valores observados no corte 1 (14 a 19 t ha<sup>-1</sup> de MS) estão relacionados com a fase de adaptação e desenvolvimento das mudas. No corte 4, também houve redução na produção (6 a 11 t ha<sup>-1</sup> de MS) o que está relacionado ao menor tempo de cultivo. Nos cortes 1, 2 e 3 o cultivo foi durante 60 dias, enquanto no corte 4 foi de apenas 20 dias. O aumento de produtividade entre os corte 2 e 3 (28 a 36 e 34 a 43 t ha<sup>-1</sup> de MS) podem ser devido ao aumento do aporte de nutrientes entre as fases II e III (Tabela 1). A taboa produziu após 200 dias de cultivo entre 45 e 67 t ha<sup>-1</sup> de MS.

MATOS et al. (2009) verificaram que em SACH utilizados no tratamento de efluentes da suinocultura foram produzidos, em três diferentes cortes, entre 18 e 28 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de taboa e 20 e 34 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de tifton-85, com intervalo de 100 a 120 dias entre os cortes, e aplicação média de 93 e 22 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo, respectivamente. As menores produtividades observadas por MATOS et al. (2009) comparadas às obtidas neste trabalho podem estar relacionadas às menores TAS de nitrogênio aplicadas por esses autores.

As concentrações foliares de nitrogênio obtidos no capim tifton-85 foram cerca de duas vezes maiores que a concentração deste nutriente nas folhas da taboa. Entretanto, para o fósforo observou-se maiores concentrações nas folhas da taboa em relação às obtidas nas folhas do tifton-85 (Tabela 2), exceto par o corte 4 em SACV2 e SACV3, em que as plantas ainda não apresentavam sinais florescimento.

**Tabela 2: Concentração média (dag kg<sup>-1</sup>) de nitrogênio (N) e fósforo (P) na parte aérea do capim tifton-85 coletada nos diferentes cortes e nas folhas da taboa coletadas em um único corte no final do experimento.**

Sistemas	Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4		Sistemas	Corte único	
	N	P	N	P	N	P	N	P		N	P
SACV1	3,41	0,19	3,35	0,29	2,98	0,23	3,50	0,33	SACH1	1,65	0,42
SACV2	3,25	0,17	3,24	0,25	2,77	0,30	2,99	0,40	SACH2	1,83	0,39
SACV3	3,48	0,27	2,89	0,27	2,73	0,33	2,93	0,41	SACH3	1,96	0,35

FIA et al. (2011) observaram concentrações superiores de nitrogênio e fósforo na matéria seca do tifton-85 cultivado em SACH (4,5 e 0,9 dag kg<sup>-1</sup>). Também foi observado valor superior para o nitrogênio e próximos para o fósforo na matéria seca da taboa (3,1 e 0,3 dag kg<sup>-1</sup>). No entanto, a taboa apresentou crescimento bastante reduzido e a produção de biomassa limitada, o que pode ter aumentado a concentração nas folhas da taboa.

Deve-se destacar que a extração de nutrientes das águas residuárias pelas plantas não se dá apenas em função da concentração dos nutrientes na parte aérea a ser removida do sistema de tratamento a partir do corte, mas também em função da produção de biomassa. Para comparar a capacidade de extração das espécies, foi calculada a extração diária de N e P em cada sistema com base na concentração e na biomassa produzida (Tabela 3).

**Tabela 3: Valores médios de extração (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de nitrogênio (N) e Fósforo (P) em cada corte da vegetação realizado para os diferentes sistemas alagados obtidos durante a realização do experimento.**

Cortes	N	P
1	9,86A	0,62A
2	17,16B	1,47B
3	17,65B	1,76B
4	12,97AB	1,51B
Único	5,10	1,07

Cortes 1, 2, 3 e 4 realizados no capim tifton-85 e corte único realizado na taboa. Para as mesmas variáveis, médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferiram entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não foi realizada avaliação estatística para a taboa por ter sido realizado apenas um corte.

Para o capim tifton-85 nota-se que a extração de N foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) nos dois cortes intermediários. Provavelmente, no primeiro houve influência da fase de adaptação e desenvolvimento inicial das mudas com menor produção de biomassa, pois as concentrações foliares foram iguais ou superiores às dos demais cortes. No corte 4, as plantas ainda mais jovens que nos demais cortes apresentaram menores concentrações, exceto para o SACV1, e menor biomassa produzida. A maior extração em SACV1 contribuiu para que o corte 4 fosse semelhante aos cortes 2 e 3 ( $p < 0,05$ ). A extração média de N pelo tifton-85 foi de 2 a 3 vezes superior à extração pela taboa.

Quanto ao fósforo houve variação entre os diferentes cortes e sistemas. Apenas o primeiro corte foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que os demais (Tabela 3). Além da influência da fase de adaptação e desenvolvimento inicial das mudas com menor produção de biomassa, o menor aporte de nutrientes na primeira fase do experimento pode ter contribuído para a menor extração de P no corte 1. A extração de P pela taboa foi cerca de 70% da extração do tifton nos cortes 2, 3 e 4.

MATOS et al. (2009) verificaram que o tifton-85 cultivado em SACH utilizados no tratamento de efluentes da suinocultura foi capaz de extrair em diferentes cortes entre 5 e 6 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de N e entre 0,7 e 1,2 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de P. Valores inferiores ao observados neste trabalho. Os autores obtiveram valores próximos aos obtidos neste trabalho para a taboa que foi capaz de extrair em diferentes cortes entre 4 e 5 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de N e entre 0,5 e 1 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de P.

Baseando-se no aporte de nitrogênio e fósforo aos sistemas (Tabela 1) e na extração média, em todos os cortes, de nitrogênio pelo tifton-85 e pela taboa (14,41 e 5,10) e de fósforo pelas duas espécies (1,34 e 1,07), verifica-se que o tifton-85 e taboa foram capazes de extrair 5,0 e 4,6% do nitrogênio e 5,4 e 11,2% do fósforo aportados aos sistemas. MATOS et al. (2009) observaram que o tifton-85 removeu em média 5,3 e 3,2% do N e P e a taboa 4,5 e 2,3% do N e do P aportados aos sistemas horizontais avaliados por eles. Os valores extraídos neste trabalho foram próximos aos de N observados por MATOS et al. (2009), no entanto os de fósforo foram superiores. FIA et al. (2011) obtiveram valores reduzidos de extração de nutrientes pela taboa em função da baixa produção de biomassa (0,8 e 0,05 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de N e P). Já para o tifton-85 os valores também foram inferiores ao observados neste trabalho, porém mais próximos (4,2 e 0,8 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de N e P).

Pode-se considerar que as extrações de N e P pela taboa e pelo capim tifton-85 neste trabalho são relativamente pequenas quando avaliamos o aporte total destes nutrientes, no entanto estão próximos aos valores observados na literatura.

## CONCLUSÕES

O capim tifton-85 e a taboa se adaptaram bem aos sistemas alagados de escoamento vertical e horizontal, respectivamente. A produtividade média de matéria seca do tifton-85 obtida em cada sistema alagado vertical em três cortes com intervalo de 60 dias cada variou entre 14 e 43 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a matéria seca produzida pela taboa cultivada nos sistemas alagados horizontais em um único corte após 200 dias de cultivo variou entre 45 e 67 t ha<sup>-1</sup>.

O capim tifton-85 foi a espécie vegetal que apresentou maior capacidade extratora de nutrientes, chegando a extrair até 17,65 e 1,76 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo. A taboa extraiu até 5,10 e 1,07 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo. Do aporte total de nutrientes aos sistemas a taboa e o tifton-85 foram capazes de remover 5,0 e 4,6% do nitrogênio e 11,2 e 5,4% do fósforo aportado aos sistemas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG e ao CNPq o apoio financeiro concedido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>th</sup>. ed. Washington. D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005, [s.n.].
2. BRIX, H. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? Water Science and Technology, v.35, n.5, p.11-17, 1997.
3. FIA, F.R.L. MATOS, A.T.; FIA, R.; LAMBERT, T.F.; MATOS, M.P. Remoção de nutrientes por *Typha latifolia* e *Cynodon* spp. Cultivadas em sistemas alagados construídos. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v.6, n.1, p. 77-89, 2011.
4. JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M. Estimativa da temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos. Scientia Agraria, Curitiba, v.11, n.5, p.407-416, 2010.
5. KADLEC, R.H.; WALLACE, S. D. Treatment Wetlands. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1016 p.
6. MARA, D. To plant or not to plant? Questions on the role of plants in constructed wetlands. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WASTE STABILISATION PONDS, 6., and INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 9., 2004. Avignon, France. Proceedings... Avignon: IWA/Astee, 2004. CD-ROM.
7. MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v.4, n.2, p.31-45, 2009.
8. NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H.S.; VELOSO, M.D.M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão -Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. Revista Árvore, Viçosa, v.32, n.2, p.233-243, 2008.
9. SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.2, 2008.
10. SILVA, F.C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.