

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE *Mentha aquatica* CULTIVADA EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS SOB DIFERENTES TAXAS DE APLICAÇÃO ORGÂNICA

Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p322-330/2015>

FABIANA F. AVELAR¹, ANTONIO T. DE MATOS², ALVIMAR R. LEITE JUNIOR³,
MATHEUS R. PORTES⁴, DANIEL S. GUALHANO⁵

RESUMO: Em vista da escassez de informações sobre o comportamento da espécie *Mentha aquatica* quando cultivada sob condições de alagamento e altas concentrações orgânicas, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes taxas de carregamento orgânico (TCOs) sobre a produtividade e o estado nutricional da espécie cultivada em sistemas alagados construídos (SACs) de escoamento horizontal subsuperficial no tratamento de efluente primário de esgoto sanitário. Dois SACs de 24,0 m x 1,0 m x 0,35 m, preenchidos com brita “zero” até a altura de 0,20 m, foram cultivados com a espécie. O experimento foi realizado em duas etapas: na primeira, avaliaram-se as TCOs de 40,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ e 53,80 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO₅; na segunda etapa, as TCOs de 79,66 kg ha⁻¹ d⁻¹ e 160,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO₅. Ao final de cada etapa, amostras da parte aérea das plantas foram coletadas para quantificação de rendimento de matéria seca e análises dos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio. Apesar de cultivada sob condições de alagamento, a espécie apresentou elevada produtividade. O aumento na TCO aplicada aos sistemas favoreceu a produção de matéria seca e o aumento na concentração foliar de nitrogênio, potássio e sódio.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de esgoto, macrófitas, matéria seca, concentração foliar de nutrientes.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Mentha aquatica* CULTIVATED IN CONSTRUCTED WETLANDS SUBJECT TO DIFFERENT ORGANIC LOADING RATES

ABSTRACT: Taking account to the scarcity of information about the behavior of *Mentha aquatica* specie when cultivated under waterlogged conditions and high organic concentrations, aimed to evaluate the effect of different organic loading rates (OLR) on productivity and nutritional status of the specie cultivated in constructed wetlands (CWs) of subsurface horizontal flow in the treatment of sewage. Two CWs measuring 24,0 m x 1,0 m x 0,35 m, filled with “zero” crushed stone up to 0,20 m high layer, were planted with the specie. The experiment was conducted in two stages: in the first, OLR of 40,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ and 53,80 kg ha⁻¹ d⁻¹ of BOD₅ were evaluated; in the second stage, OLR of 79,66 kg ha⁻¹ d⁻¹ and 160,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ of BOD₅. At the end of each stage, samples of plant shoots were collected to quantify dry matter yield and to analyze the content of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in the leaves. Although cultivated under waterlogged conditions, the specie showed high productivity. The increased in OLR applied in the systems favored the dry matter production and increased leaf concentration of nitrogen, potassium and sodium.

KEYWORDS: sewage treatment, macrophytes, dry matter, leaf concentration of nutrients.

¹ Eng^a Agrônoma, Doutora, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, fabiavelar@gmail.com

² Eng^o Agrícola, Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, atmatos@ufv.br

³ Eng^o Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

⁴ Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG.

⁵ Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 19-7-2013

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 24-9-2014

INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias em sistemas alagados construídos (SACs) reproduz, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em ambientes alagados naturais, sendo a diferença a introdução de tecnologia com objetivo de fazer com que o processo de depuração se desenvolva em condições controladas e em taxas mais elevadas (MATOS et al., 2011 b).

Os SACs (também conhecidos como *wetlands*) utilizam o sistema substrato-planta-microrganismos e a radiação solar como reatores para a depuração dos resíduos. Em geral, os principais mecanismos envolvidos na remoção de poluentes em SACs são: filtração pelo meio suporte e pelo biofilme aderido nele e nas raízes das plantas; degradação microbiana da matéria carbonácea e nitrogenada; absorção de nutrientes pelas plantas, e adsorção no meio suporte, entre outros (KADLEC & WALLACE, 2008). Esse sistema de tratamento tem sido usado com bons resultados no tratamento de diversas águas residuárias com, inclusive, a possibilidade de uso agrícola do efluente tratado (BORGES et al., 2009).

A escolha da espécie vegetal, juntamente com outras variáveis de dimensionamento, é de fundamental importância para o sucesso do tratamento de águas residuárias em SACs. Entre as funções das macrófitas aquáticas, estão incluídas: absorção de nutrientes da água residuária; aumento da área superficial disponível para crescimento de microrganismos; redução da velocidade do escoamento, o que promove maior sedimentação e adsorção; excreção de substâncias, as quais podem ser tóxicas a microrganismos patogênicos, além da melhoria na permeabilidade do substrato e na estética do sistema de tratamento (MATOS et al., 2011 b; EUSTÁQUIO JÚNIOR et al., 2012). No Brasil, diversas espécies vegetais já foram empregadas no tratamento de águas residuárias em SACs, tais como: taboa, alternanthera e capim-tifton-85 (MATOS et al., 2010), azevém e aveia-preta (FIA et al., 2010 b), lírio-amarelo (CHAGAS et al., 2011), entre outras.

A eficiência na remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, em SACs, é bastante variável e depende do tipo de planta cultivada. A capacidade de remoção de nutrientes por macrófitas emergentes está, normalmente, entre 1.000 e 2.500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio e 50 a 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fósforo, sendo que macrófitas submersas possuem menores capacidades de remoção, provavelmente por apresentarem menores produtividades, quando comparadas às demais macrófitas (KADLEC & WALLACE, 2008). A capacidade de remoção anual do capim Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivado em SACs com aplicação de água residuária de laticínios foi estimada em 1.236 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de P, 894 kg ha⁻¹ de K e 5,5 kg ha⁻¹ de Na (MATOS et al., 2011 a). Remoções de até 1.297 kg ha⁻¹ de N, 209 kg ha⁻¹ de P, 1.776 kg ha⁻¹ de K e 161 kg ha⁻¹ de Na foram obtidas por MATOS et al. (2009), em apenas um corte (produção relativa ao período de 3 meses) da alternanthera (*Alternanthera philoxeroides*) cultivada em SAC utilizado no tratamento de água residuária da suinocultura.

A espécie *Mentha aquatica*, conhecida como hortelã-da-água, é uma planta herbácea, perene e de crescimento rápido e fácil (FERREIRA, 2008). A espécie pode ser útil na redução de contaminantes da água, principalmente de microrganismos. Segundo SEIDEL (1971), citado por TODD & JOSEPHSON (1996), essa espécie produz compostos ou antibióticos que podem reduzir alguns patógenos humanos presentes na água residuária. O interesse nessa espécie também está relacionado à importância econômica de seu óleo essencial, que encontra aplicações em indústrias de perfumaria, cosmética, higiene pessoal, produtos medicinais, entre outras.

Diante da carência de informações sobre o comportamento dessa espécie quando cultivada sob condições de alagamento e altas concentrações orgânicas, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o efeito de diferentes taxas de carregamento orgânico sobre a produtividade e o estado nutricional da espécie *Mentha aquatica* cultivada em sistemas alagados construídos (SACs) de escoamento horizontal subsuperficial, utilizados no tratamento de efluente primário de esgoto sanitário.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Área Experimental de Tratamento de Resíduos Urbanos do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, Minas Gerais, tendo como coordenadas geográficas: latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 53" W e altitude média de 650 m.

O experimento foi constituído por dois SACs, cujos leitos foram formados por canais escavados no solo, estando dispostos em paralelo, nas dimensões de 0,35 m de altura x 1,0 m de largura x 24 m de comprimento. Os canais escavados foram impermeabilizados com geomembrana de policloreto de vinila (PVC), com espessura de 0,50 mm. Como meio-suporte, foi utilizada a brita "zero" (diâmetro = 7,0 mm). A profundidade preenchida de brita nos leitos foi de 0,20 m, para se obter profundidade molhada (de escoamento) de 0,15 m, deixando-se permanecer uma borda livre, não molhada, de 0,05 m.

O esgoto sanitário bruto, proveniente do Condomínio Bosque Acamari, foi conduzido até a Estação Elevatória de Esgoto, sendo, então, bombeado para a área experimental. Na entrada da área, o esgoto recebeu tratamento preliminar (gradeamento, desarenação e caixa de gordura) e primário (tanque séptico), antes de ser conduzido para o reservatório de distribuição, disposto anteriormente aos SACs.

Material vegetal (estacas da parte aérea e estolões) da espécie *Mentha aquatica*, variedade "Lime Mint", foi cedido pelo Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), EMBRAPA, Brasília-DF. Este material foi multiplicado mediante propagação vegetativa, em casa de vegetação, utilizando-se de estacas homogêneas com, aproximadamente, 50 mm de comprimento, retiradas na extremidade apical das plantas-matrizes. As estacas foram colocadas na areia e irrigadas diariamente, durante 2 semanas, tempo necessário para o aparecimento de raízes. Em seguida, as mudas formadas foram transplantadas para os SACs, com espaçamento triangular de 0,30 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas, resultando na densidade de 11,6 propágulos por metro quadrado. Após o transplântio, os SACs foram saturados com água e assim mantidos durante quatro meses para aclimação e desenvolvimento inicial das mudas, sendo realizadas aplicações mensais de adubo foliar Nutriverde (formulação 06N-06P-08K e micronutrientes) para a manutenção das plantas até seu estabelecimento. Subsequentemente, a água foi gradativamente substituída pelo esgoto sanitário. Ao final de 2 semanas, procedeu-se ao corte das plantas na altura de 5 cm acima do meio-suporte e iniciou-se a aplicação das taxas de carregamento orgânico (TCO) estabelecidas.

O experimento foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, avaliaram-se as TCOs de 40,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ e 53,80 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO₅, aplicando-se vazão de 0,39 m³ d⁻¹ no SAC 1 e 0,52 m³ d⁻¹ no SAC 2, sendo estes sistemas denominados de SAC 1A e SAC 2A, respectivamente. Na segunda etapa, avaliaram-se as TCOs de 79,66 kg ha⁻¹ d⁻¹ e 160,35 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO₅, aplicando-se vazão de 0,77 m³ d⁻¹ no SAC 1 e 1,55 m³ d⁻¹ no SAC 2, os quais foram denominados SAC 1B e SAC 2B, respectivamente. Os valores das TCOs e dos tempos de detenção hidráulica (TDH) correspondentes, nas duas etapas experimentais, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Valores nominais de tempo de retenção hidráulica (TDH), vazão afluyente e taxas de carregamento orgânico (TCO), expressa em termos de DBO₅, aplicada em cada SAC. **Nominal values of hydraulic retention time (HRT), influent flow and organic loading rates (OLR), expressed in terms of BOD₅, applied in each CW.**

Tratamentos	TDH (d)	Vazão (m ³ d ⁻¹)	TCO (kg ha ⁻¹ d ⁻¹ de DBO ₅)
SAC 1A	6	0,39	40,35
SAC 2A	4,5	0,52	53,80
SAC 1B	3	0,77	79,66
SAC 2B	1,5	1,55	160,35

A primeira etapa do experimento transcorreu de 20 de junho a 24 de agosto; e a segunda, de 31 de agosto a 09 de novembro de 2011. A vazão aplicada em cada SAC foi controlada, diariamente, por meio de aferição manual (uso de cronômetro e proveta).

Para a caracterização físico-química do esgoto sanitário afluente (Tabela 2), análises foram realizadas semanalmente durante cada etapa experimental, em conformidade com recomendações do *Standard Methods for the Wastewater Examination* (APHA et al., 2005).

TABELA 2. Características físico-químicas do esgoto sanitário afluente aos SACs. **Physico-chemical characteristics of the sewage influent to CWs.**

Características	Valores
Potencial hidrogeniônico (pH)	7,2 ± 0,1
Condutividade elétrica (CE)	750,3 ± 61,6 (µS cm ⁻¹)
Turbidez	169,8 ± 82,8 (UNT)
Demanda química de oxigênio (DQO)	416,1 ± 87,3 (mg L ⁻¹)
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	248,3 ± 104,4 (mg L ⁻¹)
Nitrogênio Total (N)	45,5 ± 8,5 (mg L ⁻¹)
Fósforo (P)	5,5 ± 2,1 (mg L ⁻¹)
Potássio (K)	12,3 ± 1,6 (mg L ⁻¹)
Sódio (Na)	59,0 ± 8,5 (mg L ⁻¹)

Amostras da parte aérea das plantas foram coletadas nos SACs, ao final de cada etapa experimental. Em cada área de 4 m² de SAC, coletaram-se quatro amostras de plantas contidas numa área de 0,0625 m², sendo duas amostras centrais e uma de cada extremidade lateral, totalizando, assim, 24 amostras por SAC. As amostras foram secas em estufa com recirculação de ar, sob temperatura de 65 °C, por 72 horas, e posterior trituração em moinho tipo Wiley, segundo recomendações de SILVA (2009), para quantificação de rendimento de matéria seca e análises dos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio. A quantificação de N-total foi feita pelo método semimicro Kjeldhal; a de P-total, por espectrofotometria, e a de K e Na, por fotometria de chama, todas realizadas no Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

O experimento foi instalado no Delineamento Inteiramente Casualizado, com 4 tratamentos (SAC 1A - TCO de 40,35 kg ha⁻¹ d⁻¹, SAC 2A- TCO de 53,80 kg ha⁻¹ d⁻¹, SAC 1B- TCO de 79,66 kg ha⁻¹ d⁻¹ e SAC 2B- TCO de 160,35 kg ha⁻¹ d⁻¹) e 24 repetições (24 amostras por SAC). As variáveis dependentes foram matéria seca, concentrações de N, P, K e Na na parte aérea das plantas.

A análise estatística foi realizada utilizando-se do programa estatístico SAEG/UFV. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo as eficiências médias dos fatores qualitativos (SACs) comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade de matéria seca

O aumento na taxa de carregamento orgânico (TCO) aplicado aos SACs, e o consequente aumento na quantidade de nutrientes aportados proporcionaram aumento na produtividade de matéria seca da espécie *Mentha aquatica*, como pode ser verificado nos resultados apresentados na Tabela 3. Ressalta-se que a matéria seca avaliada nos SACs 1A e 2A foi produzida em um período de 65 dias, enquanto a matéria seca quantificada nos SACs 1B e 2B foi produzida em um período de 71 dias, que foi a duração de cada etapa experimental. Porém, quando se estima a produção de matéria seca diária, dividindo-se a produção total pela duração do período experimental, comprova-se que maiores TCOs favoreceram maiores produtividades, demonstrando a importância na disponibilização de nutrientes do efluente primário de esgoto sanitário para se potencializar a produção. GRACINDO et al. (2006) obtiveram produtividade de matéria seca dessa espécie de

3.053 kg ha⁻¹, cultivada em solo de baixa fertilidade e em período seco, durante 75 dias. Portanto, observa-se que, mesmo sendo cultivada sob condições de alagamento, a espécie apresentou elevada produtividade.

TABELA 3. Produtividade média de matéria seca das plantas cultivadas nos SACs para diferentes taxas de carregamento orgânico (TCO). **Average productivity of dry matter of cultivated plants in the CWs for different organic loading rates (OLR).**

SAC	TCO (kg ha ⁻¹ d ⁻¹ de DBO ₅)	MS (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)
SAC 1A	40,35	28,58	1858,00 c*
SAC 2A	53,80	38,16	2480,47 bc*
SAC 1B	79,66	59,46	4221,87 ab**
SAC 2B	160,35	75,01	5325,87 a**

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* 65 dias de cultivo; ** 70 dias de cultivo.

Para avaliar o comportamento da produtividade de matéria seca nos SACs em função da TCO aplicada, ajustou-se uma equação matemática, apresentada na Figura 1, considerada como modelo adequado para a explicação do fenômeno biológico. Observa-se que houve tendência de redução na produtividade com valores de TCO acima de 135 kg ha⁻¹ d⁻¹ (ponto de máxima produtividade). Portanto, suspeita-se que a aplicação de TCO muito acima de 160 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO₅ (valor máximo aplicado neste trabalho) poderá prejudicar a produtividade de *Mentha aquatica*, quando cultivada em SACs, sob condições a que foi desenvolvido este experimento. As TCOs utilizadas no presente trabalho estão dentro da faixa de aplicação sugerida pela U.S. EPA (2000), que recomenda que a taxa máxima de DBO a ser aplicada seja de 133 kg ha⁻¹ d⁻¹. No entanto, outros autores recomendam a aplicação de TCOs bem mais elevadas, tais como FIA et al. (2011) que, no tratamento de água residuária da suinocultura, utilizaram TCO de até 560 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO em SACs cultivados com taboa e capim-tifton-85 e MATOS et al. (2012), que aplicaram TCO de até 570 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO no tratamento da água residuária de laticínios, em SACs cultivados com capim-elefante e capim-tifton-85.

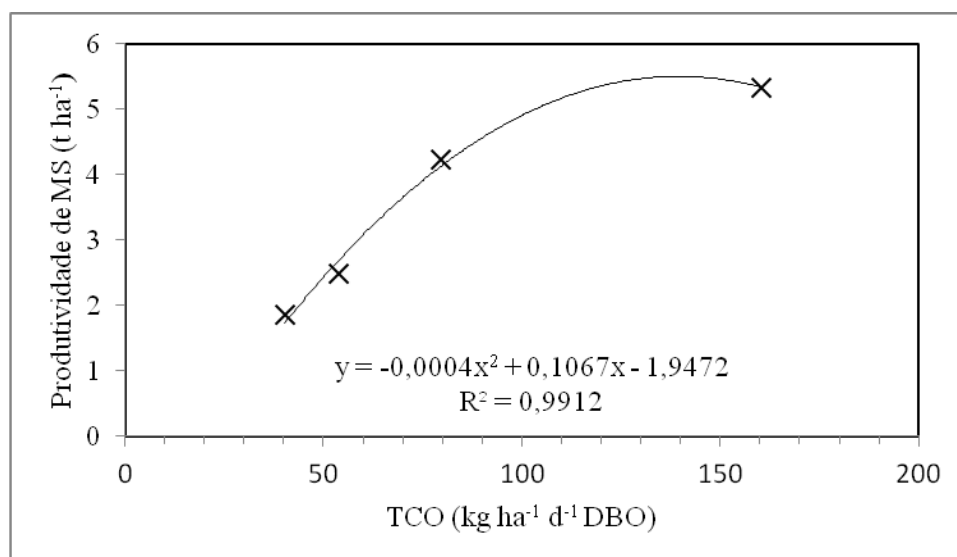


FIGURA 1. Produtividade de matéria seca nos SACs em função da taxa de carregamento orgânico. **Dry matter yield in the CWs as a function of organic loading rate.**

Verificou-se que a produção de matéria seca ao longo do comprimento dos SACs (Figura 2) está relacionada à TCO e, provavelmente, ao estágio de degradação/decomposição do material orgânico ao longo dos sistemas. Na zona de entrada dos SACs (4 metros iniciais), a produção de matéria seca foi semelhante em todos os tratamentos. Entretanto, nos sistemas em que foram aplicadas maiores TCOs (SAC 1B e 2B), observaram-se maiores produtividades na zona

intermediária e de saída dos SACs, o que pode ser justificado pela degradação do material orgânico ao longo do sistema, possibilitando a disponibilização de nutrientes com a passagem da água residuária através do meio-suporte. Nos SACs 1A e 2A, que receberam menores TCOs, o aporte de matéria orgânica na zona de entrada foi menor, o que, provavelmente, pode ter possibilitado sua degradação mais rápida e maior disponibilização de nutrientes às plantas na parte inicial do sistema, favorecendo maior produtividade na primeira metade do SAC, quando comparada às áreas próximas à saída do sistema. Comportamento semelhante foi observado por MATOS et al. (2008), em SACs cultivados com capim-tifton-85, no tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios.

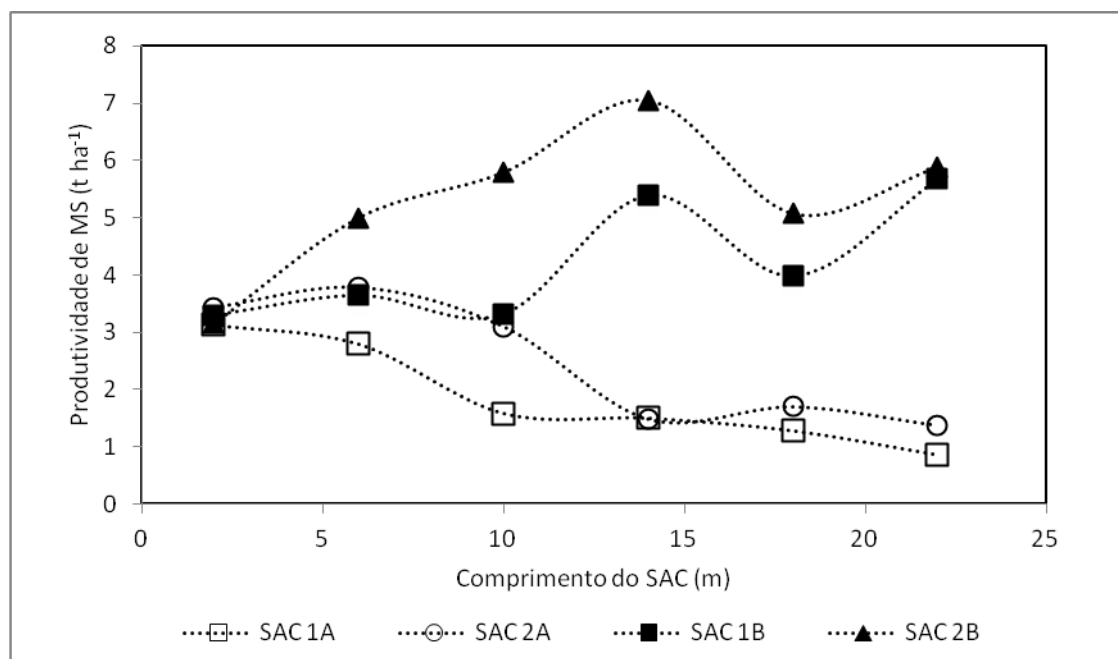


FIGURA 2. Produtividade de matéria seca de *Mentha aquatica* ao longo do comprimento dos SACs. **Dry matter yield of *Mentha aquatica* along the length of the CWs.**

Extração de macronutrientes e sódio

Na Tabela 3, estão apresentadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio no tecido foliar das plantas. As maiores concentrações de nitrogênio, potássio e sódio na parte aérea das plantas foram observadas nas plantas cultivadas nos SACs submetidos à aplicação das maiores TCOs. Quanto à concentração de fósforo, não se observou diferença significativa deste nutriente na parte aérea das plantas com o aumento na TCO. FIA et al. (2011) observaram, para a taboa, tendência de aumento nas concentrações foliares de nitrogênio, fósforo e potássio, e redução na concentração foliar de sódio, com o aumento nas TCOs aplicadas. Os mesmos autores observaram, para o capim-tifton-85, concentrações foliares de nutrientes relativamente constantes com o aumento da TCO aplicada, com exceção no que se refere ao nitrogênio, o qual apresentou tendência de aumento. MATOS et al. (2011 a) também observaram aumento nas concentrações foliares de nitrogênio do capim-Napier com o aumento das TCOs aplicadas. Os autores também verificaram pequena redução nas concentrações foliares de fósforo nas TCOs intermediárias avaliadas e teores relativamente constantes de potássio e sódio. Para a espécie ornamental *Hemerocallis flava*, quando cultivada com TCO variando de 44 a 395 kg ha⁻¹ d⁻¹, não houve alteração significativa nas concentrações foliares de nitrogênio e sódio (MATOS et al., 2013). Dessa forma, acredita-se que a acumulação de macronutrientes e sódio na parte aérea de plantas varia com o carregamento orgânico aplicado e, principalmente, com a espécie vegetal estudada.

TABELA 3: Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio no tecido foliar das plantas cultivadas nos SACs. **Concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in the leaf tissue of cultivated plants in the CWs.**

SAC	N	P	K	Na
	----- dag kg ⁻¹ -----			
SAC 1A	3,32 b	0,36 a	1,73 b	1,16 b
SAC 2A	3,43 b	0,36 a	1,74 b	1,25 b
SAC 1B	4,09 ab	0,41 a	2,21 a	1,31 b
SAC 2B	4,48 a	0,40 a	2,22 a	1,54 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para outras espécies do gênero *Mentha* (*M. arvensis*, *M. x gracilis*, *M. x piperita* variedade *citrata*), cultivadas no sistema hidropônico, GARLET & SANTOS (2008) obtiveram teores foliares de 3,9 a 4,3 dag kg⁻¹ de nitrogênio, 0,5 a 0,6 dag kg⁻¹ de fósforo e 1,2 a 1,6 dag kg⁻¹ de potássio. Embora as concentrações foliares de fósforo obtidas para a espécie em estudo estejam um pouco abaixo da faixa citada pelos referidos autores, pode-se constatar que o efluente primário de esgoto sanitário possibilitou resultados semelhantes aos apresentados quando se utilizam soluções nutritivas em cultivos hidropônicos das espécies do gênero *Mentha*.

As concentrações médias de macronutrientes e sódio nas plantas foram superiores às encontradas por MATOS et al. (2013) que, ao aplicarem diferentes taxas médias de carregamento orgânico (44 a 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO) em SACs cultivados com lírio-amarelo, no tratamento de esgoto doméstico, obtiveram concentrações máximas de 2,64 dag kg⁻¹ de nitrogênio, 0,21 dag kg⁻¹ de fósforo, 0,16 dag kg⁻¹ de potássio e 0,62 dag kg⁻¹ de sódio. FIA et al. (2011), ao aplicarem taxas crescentes de carregamento orgânico (164 a 607 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO), superiores às aplicadas neste trabalho, em SACs para tratamento de águas residuárias de suinocultura, obtiveram teores de macronutrientes e sódio variando de 2,99 a 3,27 dag kg⁻¹ de N, 0,20 a 0,32 dag kg⁻¹ de P, 2,29 a 3,38 dag kg⁻¹ de K e 0,75 a 0,97 dag kg⁻¹ de Na para a taboa e 4,31 a 4,68 dag kg⁻¹ de N, 0,79 a 0,97 dag kg⁻¹ de P, 1,93 a 2,11 dag kg⁻¹ de K e 0,03 dag kg⁻¹ de Na para o capim-tifton-85. Em SACs para tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro, com aplicação de diferentes TCOs (650 a 1.500 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO), as concentrações máximas de macronutrientes obtidas por FIA et al. (2010 a), na parte aérea de plantas de azevém, foram de 2,42 dag kg⁻¹ de N, 0,18 dag kg⁻¹ de P e 3,4 dag kg⁻¹ de K e 3,35 dag kg⁻¹ de N, 0,24 dag kg⁻¹ de P, 2,5 dag kg⁻¹ de K na aveia-preta.

A remoção média de nitrogênio e fósforo verificada neste trabalho corresponde a 133,0 kg ha⁻¹ de N e 13,3 kg ha⁻¹ de P em 70 dias (665 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 66,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P, considerando-se igual produtividade de matéria seca ao longo do ano), o que representa retirada de 13,55% e 6,34%, respectivamente, do que foi aportado desses nutrientes no sistema. Segundo LANGERGRABER (2005), em SAC utilizado no tratamento de esgoto do místico, a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas é estimada em 1,9% do total aportado. Portanto, a eficiência na remoção desses nutrientes pela espécie *Mentha aquatica* cultivada em SACs pode ser considerada elevada. Quanto aos cátions, observaram-se remoções médias de 71,7 kg ha⁻¹ de K e 47,5 kg ha⁻¹ de Na, em 70 dias de cultivo, correspondendo a 26,04 % e 3,58 % do total aportado, ou 358,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K e 237,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Na, caso a produtividade fosse mantida constante ao longo do ano. A remoção alcançada por MATOS et al. (2009) com o cultivo de *Alternanthera* em SACs utilizados no tratamento de água residuária da suinocultura foi de 9,5 % de N, 3,9 % de P, 23,0 % de K e 6,5 % de Na. Em comparação com a taboa, que, no trabalho de BRASIL et al. (2007), apresentou remoções de 170; 32; 273 e 90 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P, K e Na, respectivamente, quando cultivada em SACs utilizados no tratamento de efluente primário de esgoto sanitário, a espécie *Mentha aquatica* apresentou capacidade de remoção de N, P e Na, no mínimo, duas vezes superior.

CONCLUSÃO

A espécie *Mentha aquatica* apresentou desempenho favorável quando cultivada em SACs para o tratamento de efluente primário do esgoto sanitário. O cultivo da espécie em SACs com aplicação de maiores taxas de carregamento orgânico proporcionou maior produção de matéria seca e maior concentração foliar de nitrogênio, potássio e sódio.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), EMBRAPA, pelo fornecimento do material vegetal, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do estudo.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th ed. Washington, D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.
- BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha* sp.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p.266-272, 2007.
- BORGES, A.C.; MATOS, A.T.; CALJURI, M.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; ROLDÃO, J.S.F. Uso de traçadores para a avaliação da hidrodinâmica de sistemas alagados construídos operando sob condições climáticas tropicais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.2, p.301-310, 2009.
- CHAGAS, R. C.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; LO MONACO, P. A. V.; FRANÇA, L. G. F. Cinética de remoção de matéria orgânica em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.11, p.1186-1192, 2011.
- EUSTAQUIO JUNIOR, V.; MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V.; CAMPOS, L.C.; BORGES, A.C. Efficiency of constructed wetland systems cultivated with black oats treatment of domestic sewage. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v.34, n.4, p. 391-398, 2012.
- FERREIRA, C. P. *Caracterização química e morfológica de genótipos de Mentha* spp. 2008.79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.
- 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. *Ambi-Agua*, Taubaté, v.6, n.1, p.77-89, 2011.
- FIA, R.; MATOS, A.T.; FIA, F.R.L.; MATOS, M.P.; LAMBERT, T.F.; NASCIMENTO, F.S. Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do tratamento de águas residuárias do processamento do café. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.8, p.842-847, 2010 a.
- FIA, R.; MATOS, A.T.; LAMBERT, T.F.; FIA, F.R.L.; MATOS, M.P. Tratamento das águas do processamento dos frutos do cafeeiro em filtro anaeróbio seguido por sistema alagado construído: II- Remoção de nutrientes e compostos fenólicos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1203-1213, 2010 b.
- GARLET, T.M.B.; SANTOS, O.S. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.5, p.1233-1239, 2008.
- GRACINDO, L.A.M.B.; GRISI, M.C.M.; SILVA, D.B.; ALVES, R.B.N.; BIZZO, H.R.; VIEIRA, R.F. Chemical characterization of mint (*Mentha* spp.) germplasm at Federal District, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Botucatu, v.8, p.5-9, 2006.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S.D. *Treatment wetlands*. 2nd ed. Hoboken: Taylor & Francis, 2008. 1016 p.

LANGERGRABER, G. The role of plant uptake on the removal of organic matter and nutrients in subsurface flow constructed wetlands: a simulation study. *Water Science and Technology*, Londres, v.51, n.9, p.213-223, 2005.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; LO MONACO, P.A.V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias de indústria de laticínios. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.6, p.1144-1155, 2012.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agrônômico de capim Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivado em sistemas alagados construídos. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.19, n.5, p.469-477, 2011 a.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agrônômico de capim tifton 85 (*Cynodon spp.*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, v.3, n.1, p.43-53. 2008.

MATOS, A.T.; CHAGAS, R.C.; AZEVEDO, A.A.; LO MONACO, P.A.V.; ZAPAROLI, B.R. Desempenho agrônômico do lírio amarelo cultivado sob diferentes taxas de aplicação de esgoto doméstico em sistemas alagados construídos. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.21, n.1, p.79-88. 2013.

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. *Ambi-Água*, Taubaté, v.4, n.2, p.31-45. 2009.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; BRASIL, M.S.; BORGES, A.C. Influência da espécie vegetal cultivada nas condições redox de sistemas alagados construídos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.3, p.518-526, 2010.

MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V.; FOLLI, C.P.D.; PELLINI, S.; ARANTES, S.B. Concentração de macronutrientes e de sódio na parte aérea de espécies vegetais, cultivadas de forma consorciada e em diferentes posições em sistemas alagados construídos. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.19, n.2, p.141-151, 2011 b.

SILVA, F.C. (Ed.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.

TODD, J.; JOSEPHSON, B. The design of living technologies for waste treatment. *Ecological Engineering*, Amsterdam, v.6, n.1-3, p.109-136, 1996.

U.S. Environmental Protection Agency. *Constructed wetland treatment for municipal wastewater*. Cincinnati: Office of Research and Development, 2000. 166 p. (EPA/625.r-99/010)