

## II-280 - DESEMPENHO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE MACRÓFITAS NO DESAGUAMENTO DE LODO ANAERÓBIO EM FILTROS PLANTADOS DE FLUXO VERTICAL

**Maria Elisa Magri**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Engenharia Ambiental da UFSC (PPGEA). Doutoranda em Engenharia Ambiental PPGEA/UFSC. Bolsista CNPq.

**Carla Suntti**

Engenheira Ambiental pela Universidade do Contestado (UnC). Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Engenharia Ambiental da UFSC (PPGEA).

**Joceli Gorrezen Zaguini Francisco**

Formada em ciências contábeis pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALE). Técnica Ambiental pelo Centro Educacional Professor Padre Quirino (POSITEC). Bolsista DTI-III – CNPq – UFSC.

**Ricardo Regi**

Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Bolsista PIBIC/CNPq.

**Luiz Sérgio Philippi**

Engenheiro Civil pela UFSC. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Saneamento Ambiental pela Université de Montpellier I (França). Coordenador do GESAD. Professor Voluntário do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Campus Universitário, Trindade - UFSC. Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental – Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – GESAD. Florianópolis – SC. CEP: 88040-970 Brasil - Tel: + 55 (48) 3721.7696 e-mail: mariamagri@ens.ufsc.br

### RESUMO

O desaguamento e mineralização de lodos de esgotos em filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical é uma alternativa que vem sendo pesquisada há alguns anos em vários países. As pesquisas no Brasil visando adaptar esta tecnologia ao tratamento do lodo ainda são muito incipientes, apesar de a mesma ser considerada uma opção sustentável, caracterizando-se pelo baixo consumo energético, baixo custo de operação e baixo potencial de produção de gases do efeito estufa. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi a avaliação do desempenho de filtros plantados com macrófitas no desaguamento de lodo anaeróbico, com foco no desempenho de diferentes espécies de macrófitas e diferentes taxas de aplicação superficiais. A pesquisa foi conduzida em seis filtros em escala piloto, constituindo seis tratamentos. Cada filtro possuía 0.8m<sup>2</sup> de área superficial, e em cada par foi plantado uma espécie de macrófita (FZ 1 e FZ 2 - *Zizaniopsis bonarienses* - tratamentos 1 e 2; FP 1 e FP 2 - *Cyperus Papyrus* - tratamentos 3 e 4; e FT 1 e FT 2 - *Thypha domingensis* - tratamentos 5 e 6). O que diferiu os filtros plantados com a mesma espécie de macrófita foi a taxa de aplicação superficial. Nos filtros 1 foi aplicada uma taxa de 200 Kg ST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>, e nos filtros 2 - 125 Kg ST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>. O desempenho foi avaliado pelos parâmetros físico-químicos do lodo (afluente) e dos líquidos percolados dos filtros (efluentes). Os dados foram avaliados comparativamente por meio de análise estatística de variância com relação às duas taxas aplicadas (tratamentos 1x2; 3x4 e 5x6), e com relação às três espécies de macrófitas (tratamentos 1x3x5 e 2x4x6). As plantas não apresentaram papel diferenciado na retenção de sólidos no leito e na remoção de DQO, apresentando neste último parâmetro uma remoção média entre 98 e 99%. A mesma tendência ocorreu na avaliação das taxas, não houve diferença estatística na remoção de sólidos e DQO. A principal diferença entre os tratamentos foi obtida no processo de nitrificação. Comparando-se as plantas, a maior eficiência foi obtida nos filtros plantados com *Thypha* (tratamentos 6 - 100% e 5 - 74%), seguido dos filtros com *Zizaniopsis* (tratamentos 2 - 67% e 1 - 47%) e *Papyrus* (tratamentos 4 - 39% e 5 - 21%). Pôde-se concluir que a dinâmica de retenção de sólidos e remoção de DQO do lodo é regulada principalmente pelo leito dos filtros, e que o processo de nitrificação, e consequentemente a difusão de oxigênio no leito, é fortemente influenciada pela espécie de macrófita utilizada. A melhor combinação dentre os tratamentos avaliados foi a estabelecida no tratamento 6, com a macrófita *Thypha* e a taxa de 125KgST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, Desaguamento, Filtros Plantados com Macrófitas, Macrófitas.

## INTRODUÇÃO

O problema da falta de tratamento para os esgotos domésticos gerados hoje, seja individualmente ou em coletividades, não pode ser tratado de forma isolada, culminando na adoção de soluções unitárias como a instalação de plantas de tratamento de esgotos. Sabemos que vários problemas estão associados à praticamente todos os processos de tratamento, destacando-se a geração de lodos anaeróbios e/ou aeróbios.

O gerenciamento de lodos de esgoto tem se tornado uma importante questão no saneamento, representando de 20 a 60% do total dos custos operacionais de estações de tratamento de esgotos convencionais. A elevada concentração de água no lodo resulta em grandes volumes diários que devem ser gerenciados, ou seja, tratados e dispostos adequadamente. Assim, a pesquisa de sistemas de tratamento que produzam menos lodo, a adoção de sistemas descentralizados, e novas tecnologias que se adaptem às novas demandas é de grande interesse. A utilização de sistemas de filtros plantados para o desaguamento de lodo vem sendo pesquisada em diversos países desde 1980. No entanto no Brasil, a utilização desta tecnologia para este fim é ainda incipiente. As maiores vantagens de sua utilização são o baixo requerimento energético, baixos custos de operação e manutenção e a integração com o ambiente (UGGETI et al., 2010).

Somada a estas vantagens está o potencial de aproveitamento do lodo desaguado e mineralizado nos filtros plantados com macrófitas. Kenge et al. (2009) apresentam uma completa caracterização do lodo produzido nestas unidades, e cessada a alimentação, após 6 meses o lodo possuía características semelhantes às de um composto maturado, com elevado índice de humificação e polimerização. Quanto à questão parasitológica, os 6 meses sem alimentação foram suficientes para a redução de ovos viáveis de *áscaris lumbricóides* em 90% ( $t_{90}$  = 5-6 meses).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é a avaliação do desempenho de filtros plantados com macrófitas no desaguamento de lodo anaeróbio, com foco no desempenho de diferentes espécies de macrófitas e taxas de aplicação superficial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Unidade experimental

A pesquisa foi conduzida em seis filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical em escala piloto, constituindo seis tratamentos, implantados nas dependências do Centro de Treinamento da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina, em Florianópolis.

Cada filtro plantado possuía  $0.8\text{m}^2$  de área superficial, e em cada dois filtros foi plantada uma espécie de macrófita na densidade de  $15\text{ plantas.m}^{-2}$  (FZ 1 e FZ 2 - *Zizaniopsis bonarienses*, FP 1 e FP 2 - *Cyperus Papyrus* e FT 1 e FT 2 - *Thypha domingensis*). O que diferiu os filtros plantados com a mesma espécie de macrófita foi a taxa de aplicação superficial de lodo. As espécies de macrófitas estudadas neste trabalho vêm sendo bastante utilizadas em diversas pesquisas (KENGNE et al. 2008; MELIDIS, et al. 2010; SUNTTI et al., 2011). A tabela 01 apresenta um resumo dos tratamentos avaliados.

**Tabela 01: Resumo das principais características dos seis tratamentos avaliados.**

Tratamento	Características	Nomenclatura utilizada
1	Macrófita: <i>Zizaniopsis bonarienses</i> ; Taxa: $200\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FZ1
2	Macrófita: <i>Zizaniopsis bonarienses</i> ; Taxa: $125\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FZ2
3	Macrófita: <i>Cyperus Papyrus</i> ; Taxa: $200\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FP1
4	Macrófita: <i>Cyperus Papyrus</i> ; Taxa: $125\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FP2
5	Macrófita: <i>Thypha domingensis</i> ; Taxa: $200\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FT1
6	Macrófita: <i>Thypha domingensis</i> ; Taxa: $125\text{ Kg ST.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$	FT2

O meio suporte dos filtros consistia em uma camada de 0,10m de areia grossa (na superfície), 0,15m de brita nº ¾ e 0,35m de brita nº 2. Uma borda livre de 0,20m foi projetada para permitir a acumulação de lodo. Os filtros possuíam colunas de ventilação (45 mm de diâmetro) posicionadas verticalmente sobre as tubulações de drenagem, estendendo-se 1,0m acima da superfície dos filtros. A figura 01 apresenta os filtros pilotos estudados.



Figura 01: Filtros plantados com macrófitas estudados na pesquisa.

### Condições operacionais

Para avaliação do desaguamento de lodo nos filtros o sistema foi operado então com a aplicação de duas taxas superficiais em termos de sólidos totais, como evidenciado na tabela 01. Nos filtros 1 foi aplicada uma taxa de 125 Kg ST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>, e nos filtros 2 a taxa 200 Kg ST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>, correspondentes à 140 e 225L de lodo por aplicação, respectivamente. A operação do sistema nestas condições teve a duração total de 8 meses. A alimentação dos filtros era realizada em batelada, sendo que o tempo de detenção hidráulica de cada batelada era de seis dias, o que é chamado aqui de ciclo de alimentação. Ao todo foram realizados então 21 ciclos de alimentação.

### Monitoramento do sistema

Para coleta de dados foi realizado o monitoramento do desempenho dos filtros no desaguamento do lodo. O desempenho foi avaliado pelos parâmetros físico-químicos do lodo (afluente) e dos líquidos percolados dos seis filtros (efluentes). Os parâmetros avaliados apresentados neste trabalho são: demanda química de oxigênio total, nitrogênio inorgânico (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), fósforo ortofosfato, potencial hidrogeniônico, alcalinidade total e sólidos em suspensão. Para o lodo, além dos parâmetros acima descritos, foram avaliados sólidos totais, voláteis e fixos. As análises foram realizadas segundo recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os dados foram avaliados comparativamente com relação às duas taxas aplicadas (tratamentos 1x2; 3x4 e 5x6), e com relação às três espécies de macrófitas (tratamentos 1x3x5 e 2x4x6). Para comparação destes dados, os mesmos foram submetidos à análise estatística de variância ANOVA (*one way*) com nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ). O software utilizado foi o Statistics® 7.0.

## RESULTADOS

A tabela 02 apresenta as concentrações médias e desvios padrão do lodo anaeróbio utilizado na alimentação dos filtros.

**Tabela 02: Características do lodo anaeróbio utilizado na alimentação dos filtros plantados - afluente.**

Parâmetro	Unidade	Média	Desvio padrão
pH	-	7,4	0,2
Alcalinidade	mg.L <sup>-1</sup>	645	177
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	14.403	8.972
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	72	28
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	7	4
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	151	104
ST	mg.L <sup>-1</sup>	18.018	10.210
STV	mg.L <sup>-1</sup>	7.923	4.663
STF	mg.L <sup>-1</sup>	10.095	5.863

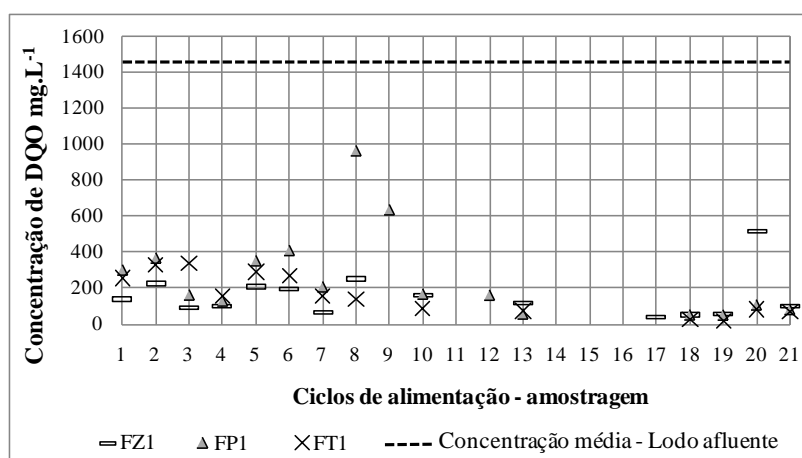
### Remoção da matéria carbonácea

A Tabela 03 apresenta os resultados médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos DQO total e série de sólidos no lodo afluente e líquidos percolados dos seis tratamentos avaliados.

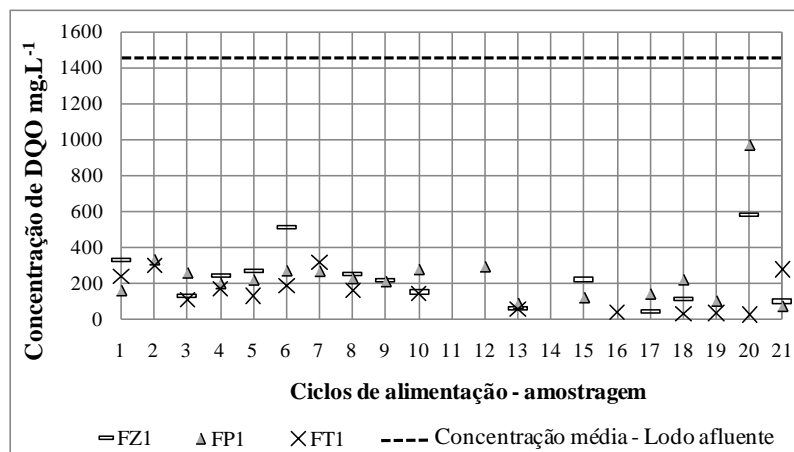
**Tabela 03: DQO e série de sólidos do lodo afluente e dos líquidos percolados dos seis tratamentos avaliados.**

Parâmetro	Dados	Lodo afluente	FZ1	FZ2	FP1	FP2	FT1	FT2
<b>DQO total (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	Média	14403	154,4	232,0	263,0	246,7	163,4	149,5
	DP	8972	120,5	158,5	245,2	194,7	112,0	101,0
<b>ST (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	Média	17805	1097	793	1086	775	1124	1018
	DP	10428	231	141	511	306	328	393
<b>SS (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	Média	14651	33	87	79	124	25	33
	DP	10324	28	50	81	52	14	44

As concentrações de DQO total dos líquidos percolados dos seis tratamentos durante os 21 ciclos de alimentação estão apresentadas nas Figuras 02 e 03, bem como a concentração média de DQO total do lodo afluente. A Figura 02 apresenta os três filtros alimentados com a taxa de 200kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, e a Figura 03 apresenta os três filtros alimentados com a taxa de 125kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>.



**Figura 02: Concentrações de DQO nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de 200kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> e concentração média de DQO do lodo afluente.**



**Figura 03:** Concentrações de DQO nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de  $125\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  e concentração média de DQO do lodo afluente.

Os seis filtros obtiveram boas eficiências na remoção de DQO, principalmente se consideradas as elevadas concentrações no lodo afluente (média de  $14.403\text{mg.L}^{-1}$ ).

Os filtros alimentados com a taxa 1 ( $200\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ) e taxa 2 ( $125\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ), tratamentos 1x2, 3x4 e 4x5, apresentaram desempenho muito semelhante na remoção de DQO tanto em termos percentuais quanto em termos de concentrações efluentes nos líquidos percolados, o que foi confirmado com análise estatística de variância a qual não confirmou diferença estatística entre o desempenho dos mesmos.

Ambos os filtros plantados com *Zizaniopsis* e *Typha* obtiveram uma remoção de 99% de DQO, e o filtro plantado com *Papyrus* uma remoção de 98%, todos alimentados com a taxa 1. As concentrações médias dos líquidos percolados produzidos foram respectivamente 154, 263 e  $163\text{mg.L}^{-1}$ . No entanto, ressalta-se que estas diferenças nas concentrações não foram confirmadas nas análises estatísticas, assim, o desempenho dos três filtros alimentados com a taxa 1 pode ser considerado igual ( $p>0,05$ ), ou seja, as diferentes espécies de macrófitas atuaram da mesma forma no sistema.

Com relação aos filtros alimentados com a taxa 2 ( $125\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ), os mesmos plantados com *Zizaniopsis* e *Papyrus* obtiveram uma remoção de 98% de DQO, e o filtro com *Typha* uma remoção de 99%. Em termos de concentrações efluentes, os filtros apresentaram respectivamente, 232, 247 e  $149\text{mg.L}^{-1}$ , sendo que estas diferenças também não foram confirmadas estatisticamente.

Observando-se o perfil de sólidos no lodo e nos líquidos percolados, apresentado na Tabela 02, pode-se aferir que os filtros apresentaram uma boa retenção dos sólidos, e da mesma forma que a DQO, os mesmos não apresentaram diferença estatística entre si.

Pode-se concluir que as plantas não apresentaram papel diferenciado na retenção de sólidos no leito e na remoção de DQO total, assim, pode-se atribuir esta função principalmente ao leito filtrante. Como o leito dos seis filtros eram idênticos, justifica-se a não confirmação de diferença estatística entre os mesmos.

Outras pesquisas avaliaram filtros plantados na remoção de carga orgânica. Kengne et al. (2008) pesquisaram o potencial dos filtros plantados com *Echinochloa pyramidalis* para o desaguamento de lodo em uma planta experimental em Yaounde (Cameron). O desempenho do sistema e a qualidade dos sub-produtos gerados foram avaliados por mais de 6 meses com a aplicação de taxas de sólidos constantes de 100 a  $200\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . O sistema desempenhou com eficiência a separação entre o líquido e o sólido no leito, com as eficiências de remoção maiores do que 95% para DQO, o que foi muito similar aos resultados encontrados na presente avaliação, enfatizando-se as taxas de aplicação similares.

Nas Figuras 02 e 03, também pode ser observado que o líquido percolado não foi produzido em todos os ciclos de alimentação. Isto pode ser atribuído aos processos de evaporação e transpiração das plantas.



Comparando-se os filtros alimentados com a taxa 1, o filtro plantado com *Typha* apresentou a maior perda de água, considerando que em 33% das alimentações nenhum líquido percolado foi produzido. No filtro com *Zizaniopsis* 29% das alimentações não produziram líquido percolado e no filtro com *Papyrus* este percentual foi de 24%.

Comparando-se os filtros alimentados com a taxa 2, o filtro plantado com *Zizaniopsis* apresentou a maior perda de água, considerando que em 33% das alimentações nenhum líquido percolado foi produzido. No filtro com *Typha* 29% das alimentações não produziram líquido percolado e no filtro com *Papyrus* este percentual foi de 14%.

A maior taxa aplicada permitiu uma maior perda de água quando comparada à menor taxa, o que pode ser relacionado diretamente ao volume de lodo disposto nos filtros, pois teoricamente, quando maior a lâmina d'água, mais água pode ser evapotranspirada. Comparando-se as plantas, o *Papyrus* foi a espécie que permitiu a menor perda de água com ambas as taxas de alimentação. Observa-se que as perdas de água coincidiram com os períodos do ano de temperaturas mais elevadas e de maior irradiação solar.

As perdas de água podem ser apontadas como uma vantagem, considerando que a menor quantidade de efluente reflete diretamente nos custos financeiros com o tratamento e a disposição final deste efluente.

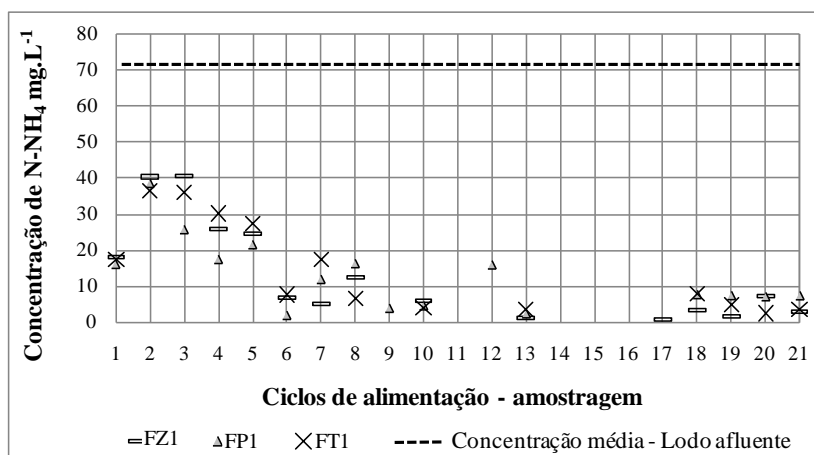
### Transformação da matéria nitrogenada

A Tabela 03 apresenta os resultados médios e desvios padrão da série de nitrogênio inorgânico (amônia e nitrato) no lodo afluente e líquidos percolados dos filtros plantados.

**Tabela 03: Série de nitrogênio inorgânico no lodo afluente e no líquido percolado dos seis tratamentos avaliados.**

Parâmetro	Dados	Lodo afluente	FZ1	FZ2	FP1	FP2	FT1	FT2
Nitrogênio amoniacal	Média	71,9	13,2	10,7	13,0	8,4	14,7	14,6
	DP	0,2	13,7	11,2	9,8	6,2	12,8	13,4
Nitrogênio nitrato	Média	7,1	33,9	40,6	14,7	24,9	55,3	72,1
	DP	3,4	24,9	37,4	17,2	29,8	35,7	47,9

As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  dos líquidos percolados dos filtros alimentados com as taxas 1 e 2, respectivamente, durante os 21 ciclos de alimentação estão apresentados nas Figuras 04 e 06, juntamente com a concentração média do lodo afluente. As figuras 05 e 07 representam o processo de nitrificação nos filtros alimentados com as taxas 1 e 2, respectivamente.



**Figura 04: Concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de  $200\text{kgST.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  e concentração média de  $\text{N-NH}_4^+$  do lodo afluente.**

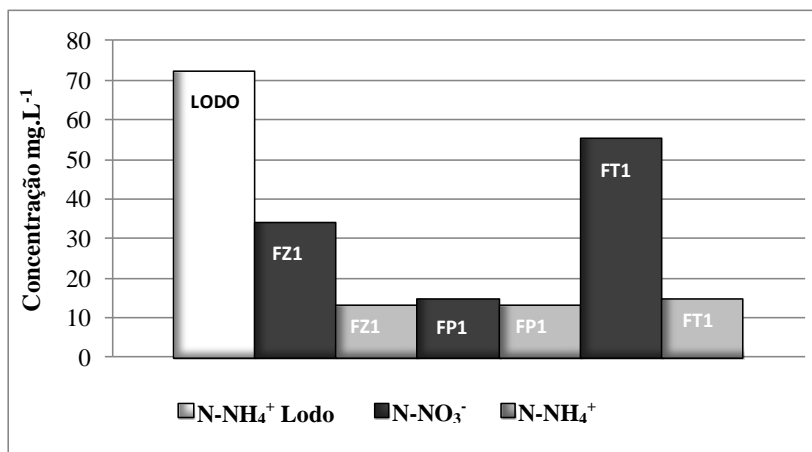


Figura 05: Concentração média de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no lodo afluente e concentrações médias de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de 200kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> - representando a nitrificação.

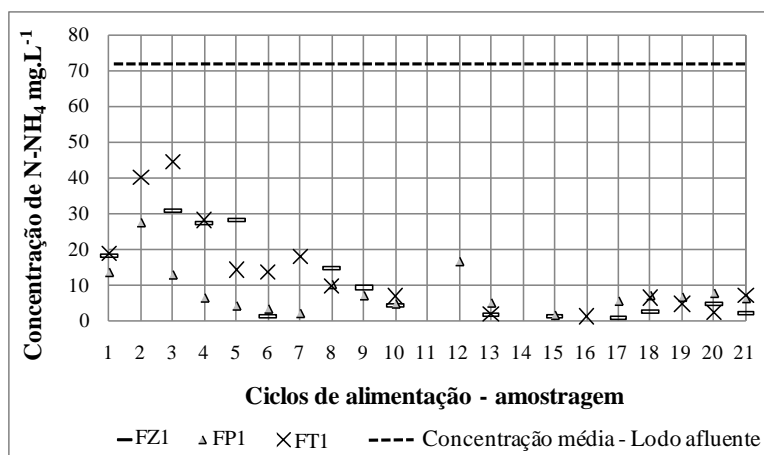


Figura 06: Concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de 125kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> e concentração média de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> do lodo afluente.

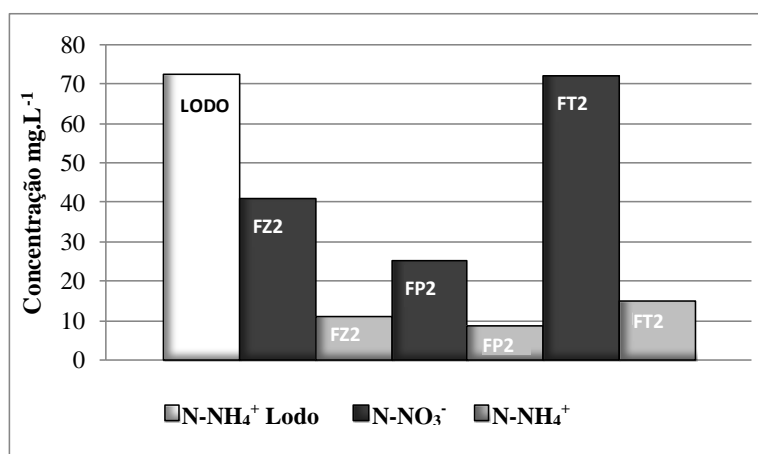


Figura 07: Concentração média de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no lodo afluente e concentrações médias de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos líquidos percolados dos filtros alimentados com a taxa de 125kgST.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> - representando a nitrificação.

Em termos percentuais de remoção de nitrogênio amoniacal os filtros alimentados com a taxa 1 obtiveram os percentuais: 82% - FZ1 e FP1, e 79% - FT1. Com relação às concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nos líquidos percolados os três filtros não apresentaram diferença estatística ( $p > 0,05$ ). No entanto, o processo principal de remoção de

amônia pode ser considerado estatisticamente diferente nos três tratamentos onde foram comparadas as macrófitas – taxa 1(1x3x5) ( $p<0,05$ ). No filtro com *Zizaniopsis* 82% da amônia foi removida e deste percentual 47% foi transformado em nitrato pelo processo de nitrificação. Com relação aos outros filtros, o FP1 alcançou 21% de nitrificação completa e o FT1 alcançou 74%. Estas diferenças na nitrificação podem ser atribuídas às macrófitas, tendo em vista que a espécie plantada era a única diferença entre os filtros. Provavelmente a *Typha*, combinada com a ventilação promovida pelas colunas promoveu a melhor transferência de oxigênio para o meio suporte, permitindo a melhor nitrificação. Ainda outra hipótese pode ser apontada, mesmo que menos provável. Os filtros, principalmente o FP1, podem ter nitrificado e desnitrificado o efluente, o que explicaria as baixas concentrações de amônia e nitrato no líquido percolado. No entanto, esta hipótese só poderia ser confirmada com a realização de análise molecular das espécies de bactérias predominantes nos filtros.

Com relação aos filtros alimentados com a taxa 2 e diferentes macrófitas (tratamentos 2x4x6), eles também não apresentaram diferenças entre si. Os percentuais de remoção de amônia foram: 85% para o FZ2, 88% para o FP2 e 79% para o FT2. No entanto, a nitrificação foi diferente nos três filtros, tendo ocorrido o mesmo fenômeno apresentado no parágrafo anterior, inclusive com o maior percentual de nitrificação ocorrendo no FT2 (100%), depois no FZ2 (67%) e por último no FP2 (39%).

Foram realizadas análises de variância também entre os pares de filtros com a mesma espécie, mas alimentados com as taxas distintas (tratamentos 1x2; 3x4; 5x6), e o percentual de nitrificação alcançado pelos mesmos pode ser considerado diferente, sendo que todos os filtros alimentados com a taxa 2 foram mais eficientes na nitrificação dos efluentes. Isto ocorreu provavelmente em função da menor relação C:N estabelecida nos filtros, o que facilitou o estabelecimento das bactérias nitrificantes.

Melidis et al. (2010) refere-se a nitrificação como o principal processo de remoção de amônia nestes sistemas em função da ventilação construída com as colunas ligadas ao sistema de drenagem do efluente. Ainda de acordo com Ugetti et al. (2010) as plantas contribuem para a mineralização do lodo pelo transporte de oxigênio das partes aéreas para as raízes e biomassa aderida. Este oxigênio cria microcosmos aeróbios na camada de lodo e no leito o que garante condições apropriadas para a degradação aeróbia e outras reações oxigênio dependentes, como a nitrificação.

Outros processos de remoção de nitrogênio nos filtros não foram diretamente mensurados, mas podem ser apontados: incorporação à biomassa celular (principalmente no início da operação do sistema); adsorção no material suporte (principalmente na camada de areia); incorporação na biomassa das macrófitas e também o processo de desnitrificação.

## CONCLUSÕES

Por meio dos resultados apresentados conclui-se que os filtros plantados apresentam-se como uma excelente alternativa para o desaguamento de lodos de esgoto, alcançando eficiências médias na remoção de DQO entre 98 e 99%, e uma eficiente retenção de sólidos no leito. O potencial de evapotranspiração estabelecido nos filtros também pode ser apontado como uma vantagem.

Pôde-se concluir que a dinâmica de retenção de sólidos e remoção de DQO do lodo é regulada principalmente pelo leito dos filtros, e que o processo de nitrificação, e consequentemente a difusão de oxigênio no leito, é fortemente influenciada pela espécie de macrófita utilizada.

A melhor combinação dentre os tratamentos avaliados foi a estabelecida no tratamento 6, com a macrófita *Thypha* e a taxa de aplicação superficial de 125KgST.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>. Recomenda-se a adoção desta taxa como parâmetro de projeto em sistemas aplicados em condições de clima tropical, se o objetivo principal da planta de tratamento for o desaguamento do lodo com a remoção de carga orgânica concomitante ao processo de nitrificação do líquido percolado gerado.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, pelo financiamento do projeto, à Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, pela concessão do local para realização dos experimentos, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelas bolsas de pesquisa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater (1998). 20. ed. Washington: APHA.
2. KENGNE, I. M.; AKOA, A.; SOH, E. K.; TSAMA, V.; NGOUTANE, M. M.; DODANE, P. H.; KONÉ, D. (2008). Effects of faecal sludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc and Chase and *Cyperus papyrus* L. *Ecological Engineering*, 34 (3), 233-242.
3. KENGNE, I. M.; AKOA, A.; KONÉ, D. (2009). Recovery of biosolids from constructed wetlands used for faecal sludge dewatering in tropical regions. *Environmental Science and Technology*, 43, 6816-6821.
4. MELIDIS, P.; GIKAS, G.D.; AKRATOS, C.S.; TSIHRINTZIS, V.A. (2010). Dewatering of primary settled urban sludge in a vertical flow wetland. *Desalination* 250, 395-398.
5. SUNTTI, C.; MAGRI, M.E.; PHILIPPI, L.S. (2011). Filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical aplicados na mineralização e desaguamento de lodo de tanque séptico. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. 16 (1), 12p.
6. UGGETTI, E.; FERRER, I.; LLORENS, E.; GARCÍA, J. (2010). Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art. *Bioresource Technology* 101, 2905–2912.