



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-094 - TERRAS ÚMIDAS CONSTRUÍDAS: INFLUÊNCIA DO TIPO DE LEITO E DA VEGETAÇÃO NA RETENÇÃO DE FORMAS DE NITROGÊNIO, NA ELIMINAÇÃO DE BACTÉRIAS FECAIS E NA BIODEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Ana Cleide Arrais de Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental (AES/DEC/CCT/UFCG).

Kátia Iro Dias Altidis

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba. Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental (AES/DEC/CCT/UFCG).

Beatriz Suzana Ovruski de Ceballos

Dr^a. em Microbiologia Ambiental (USP-SP). Mestre em Microbiologia (EPM-SP). Bioquímica (Universidade Nacional de Tucumán – Argentina). Prof^a. Adjunta (DEC/CCT/UFCG). Vice-Coordenadora da Área de Saneamento Ambiental (AES). Chefe do Laboratório de Saneamento (AES/DEC/CCT).  ceballosbo@aol.com

Annemarie Konig

Dr^a. em Botânica (Universidade de Liverpool – UK). Graduada em Biologia (UFSCar). Prof^a. Adjunta (DEC/CCT/UFCG). Coordenadora da Área de Saneamento Ambiental (AES/DEC/CCT).

Celeide Maria Belmont Sabino Meira

Arquiteta e Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Prof^a. Adjunta do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Deputado José Mariz, 1040, apto. 307 - Tambauzinho - João Pessoa - PB - CEP: 58042-020 - Brasil - Tel: (83) 225-4882

 anaoliveira@bol.com.br

RESUMO

O aproveitamento das águas residuárias, principalmente para a irrigação, proporciona a economia de água de boa qualidade que pode ser utilizada para fins mais nobres, além de evitar que os esgotos sejam lançados indiscriminadamente em corpos receptores. Os nutrientes contidos nas águas residuárias podem ser utilizados como fertilizantes para determinadas culturas, o que constitui vantagem econômica importante. Portanto, o aproveitamento das águas residuárias na agricultura irrigada, é uma necessidade que se impõe como alternativa sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

As terras úmidas construídas são sistemas artificialmente projetados e construídos pelo homem, utilizando os princípios básicos do sistema terras úmidas naturais. Entre os componentes fundamentais das terras úmidas, têm-se o substrato, o biofilme formado por bactérias, fungos e metazoários, responsáveis por importantes mecanismos de remoção de poluentes, as macrófitas aquáticas e a zona das raízes ou rizosfera e o fluxo hidráulico.

Neste trabalho se objetivou avaliar a influência de dois tipos de substrato (areia e brita) e dois tipos de vegetação (arroz e *Typha* spp) na remoção de formas de nitrogênio, de bactérias e na biodegradação da matéria orgânica, em terras úmidas de fluxo subsuperficial com tempo de detenção hidráulica de 10 dias, alimentadas com água contaminada com esgotos domésticos. Foi também considerada a absorção de formas de nitrogênio pela biomassa vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Terras Úmidas, Macrófitas, Substratos, Esgotos, Tratamento, Baixo custo.

INTRODUÇÃO

A demanda crescente por água de boa qualidade e a preservação dos recursos hídricos torna necessário o desenvolvimento de sistemas simples de tratamento de águas residuárias, baratos, fáceis de construir e operar e que possam ser incorporados de forma harmônica à paisagem local.

As terras úmidas podem funcionar como uma alternativa para o tratamento de esgotos sanitários, o que se torna uma prática de manejo sustentável ao diminuir os impactos no corpo receptor e favorecer o desenvolvimento da biodiversidade. Os sistemas de terras úmidas mantêm a paisagem e a diversidade das populações que ali habitam e das atividades microbiológicas do ecossistema (DENNY, 1997).

A concepção de tratamento de esgotos por terras úmidas construídas foi desenvolvida na Alemanha em 1970, com escoamento subsuperficial de fluxo horizontal. O primeiro sistema entrou em operação em 1974 em Othfresen e o processo foi chamado de "Root Zone Method". Na Europa, de um modo geral, é conhecido como "Reed Bed Treatment System", e nos Estados Unidos como "Vegetated Submerged Bed". Depois de quase trinta anos de uso, ainda estão em operação na Europa, cerca de 500 unidades de tratamento e 600 na América do Norte. O uso de terras úmidas para o tratamento de águas tem crescido em todo mundo e já se encontram sistemas em operação no Sudeste da Ásia, Índia, China e América do Sul.

Nas terras úmidas, o tratamento da água residuária é resultado de interações físicas, químicas e biológicas que ocorrem no meio suporte (substratos), das macrófitas que ali crescem e, principalmente, do biofilme de bactérias, fungos e metazóários que se desenvolve nas zonas das raízes e no substrato. Uma vantagem adicional é que sistemas de terras úmidas construídas bem operados permitem, de forma simultânea ao tratamento, o cultivo de plantas úteis ao ser humano ou aos animais, que podem ser utilizadas em sua alimentação.

Neste trabalho optou-se pelo sistema de terras úmidas de fluxo subsuperficial horizontal por se mostrar eficiente no tratamento de águas superficiais poluídas com esgotos domésticos, por não oferecer condições para o desenvolvimento de odores e proliferação de mosquitos, assim como impossibilitar o contato de pessoas e animais com a lâmina d'água contaminada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido numa área próxima ao córrego que atravessa na direção leste-oeste a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande, PB (35° 88'W e 7° 23'S; 550m acima do nível do mar). O córrego recebe águas de drenagem urbana contaminadas com esgotos domésticos e é um dos tributários do açude de Bodocongó, que forma parte do sistema de macrodrenagem urbana da cidade citada.

O período experimental foi de outubro de 2002 a junho de 2003. O sistema foi construído utilizando-se 18 tanques cilíndricos, em cimento amianto, com capacidade aproximada de 250 litros cada um e área interna de 0,413m². Destes, 6 tanques foram cultivados com arroz (*Oryza sativa*), 6 com *Typha* spp e os outros 6 sem vegetação, foram usados como controles. Os substratos utilizados foram brita 19mm e areia (Tabela 3.1). O experimento foi montado para um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 10 dias.

Tabela 3.1: Composição do sistema de terras úmidas (UFCG – PB)

Substrato	Cultura		Tanques Controles
	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	<i>Typha</i> spp	
Areia	3	3	3
Brita N° 19	3	3	3
Total de tanques			18

O sistema foi conduzido em batelada. A alimentação era realizada de forma subsuperficial, diariamente, no mesmo horário (17:00 h) com água proveniente do córrego. O sistema de alimentação foi formado por um balde plástico, com capacidade para 20 litros, colocado acima de cada tanque num suporte de madeira e na sua parte inferior foi colocada uma torneira. A plataforma de madeira tem altura de 1,0 m de forma que o dispositivo de saída do afluyente ao sistema situa-se a 40cm do nível do tanque correspondente. A torneira foi conectada a uma mangueira plástica flexível de 25mm de diâmetro, que deságua em um tubo de PVC de 75mm de diâmetro e 15cm de altura o qual foi colocado dentro da camada do substrato, a uma profundidade de 20cm. O efluente deslocava-se lentamente desde os baldes para os tanques, através das mangueiras, a fim de se evitar a ruptura da estrutura substrato/rizoma/raízes e assegurar um tempo de contato suficiente entre o líquido e o biofilme, para o tratamento (Figura 1).

O dispositivo de saída do efluente do sistema, constituído por uma tubulação de PVC de 25cm de diâmetro e 10cm de comprimento, foi localizado no lado oposto à entrada, a 5cm da base do tanque e constituído por uma tubulação de PVC de 25mm de diâmetro e 10cm de comprimento. Este estava conectado a um tubo vertical de 25mm de diâmetro e 45cm de altura que funcionava como extravasor. A 15cm de altura dessa tubulação colocou-se uma torneira, que servia para a coleta dos efluentes.



Figura 1: Detalhe da alimentação do sistema experimental de terras úmidas construídas.

Ao longo da fase experimental foram realizadas no afluyente e nos efluentes do sistema, determinações das variáveis: DQO, amônia, NTK, coliformes fecais e estreptococos fecais (APHA, 1995). Na biomassa vegetal: NTK foi quantificado nas raízes, na parte aérea e nos grãos do arroz e na parte aérea da *Typha* spp. O experimento foi programado para a obtenção de 2 ciclos do arroz tendo cada ciclo 4 meses de duração e 1 ciclo de *Typha* spp, com duração de 9 meses. As culturas estiveram livres de ervas indesejáveis durante a pesquisa em virtude do constante monitoramento e dos tratos de capina manual.

As culturas de *Typha* spp não foram plantadas especialmente para este trabalho, e foram usadas as mesmas de um experimento anterior, efetuando-se apenas o corte da área foliar de cada planta, permanecendo a raiz. A primeira semeadura de arroz (*Oryza sativa*) ocorreu no dia 10 de setembro de 2002 e a segunda no dia 10 de fevereiro de 2003 em recipientes plásticos (copos descartáveis) com capacidade de 300ml, providos de 4 furos na base contendo o substrato de semeadura constituído por material de solo e húmus, na proporção de 3:1 (3 partes de solo e 1 parte de húmus). Em cada recipiente foram semeadas 7 sementes. Estas sementes passaram por uma criteriosa seleção, eliminando-se as defeituosas e as que apresentaram indícios de fungos, ataques de insetos e danos mecânicos. O transplântio das mudas para o sistema experimental foi efetuado nos dias 08 de outubro de 2002 (primeiro ciclo) e 20 de fevereiro de 2003 (segundo ciclo). A colheita foi efetuada aos 40 dias do início da floração.

RESULTADOS

As figuras de 02 a 07 mostram os resultados das variáveis monitoradas no afluyente e nos efluentes do sistema. As figuras 08 e 09 mostram a porcentagem de absorção de formas de nitrogênio pelas plantas (arroz e *Typha* spp). As figuras 10 e 11 mostram a eficiência de remoção de nitrogênio durante os ciclos dos dois tipos de vegetação.

As maiores remoções do nitrogênio amoniacal e NTK foram encontradas nos leitos de brita vegetados (arroz, 91% e *Typha* spp, 92%) e as menores nos controles com areia (55%). Como o ambiente das terras úmidas é predominantemente anaeróbio, as condições aeróbias e anóxicas somente são conseguidas através do fornecimento de oxigênio pelas raízes das macrófitas, onde ocorre a presença de microregiões aeróbias (com oxigênio) junto com outras anóxicas (presença de nitrato) dentro de uma grande região anaeróbia, proporcionando condições para o desenvolvimento de vários tipos de bactérias participantes do processo de nitrificação-desnitrificação (HAMMER, 1994).

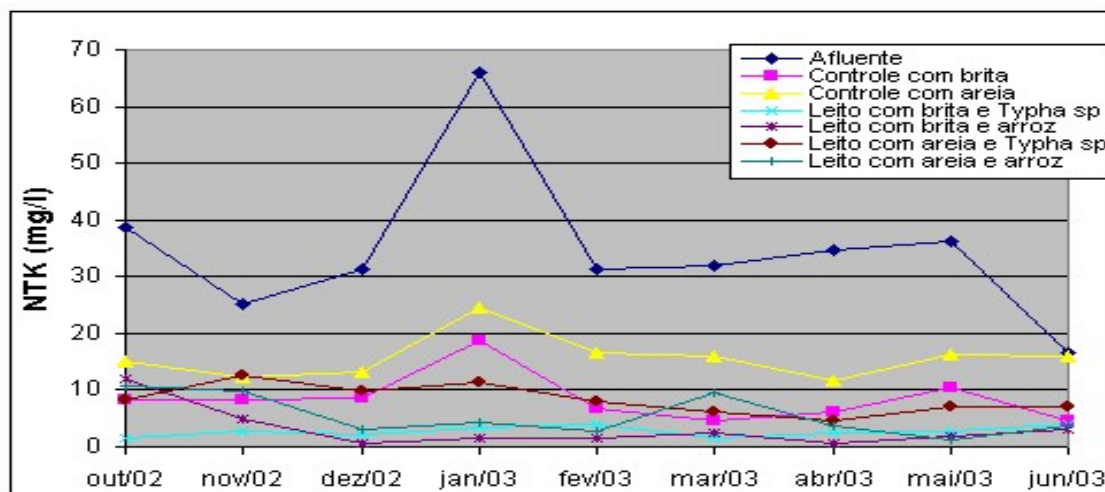


Figura 2: Distribuição do NTK em todos os sistemas no período de outubro/2002 a junho/2003.

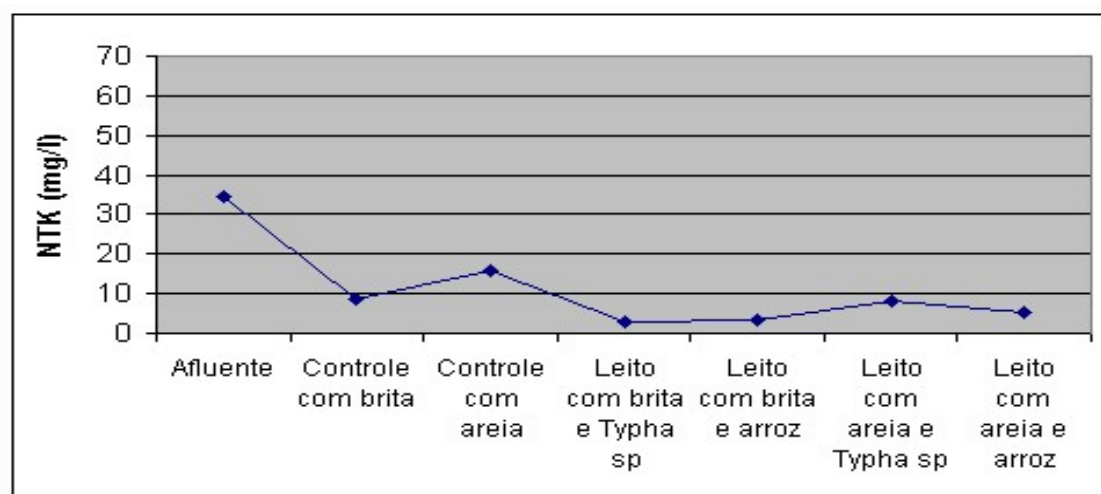


Figura 3: Médias gerais do NTK no afluente, nos tanques controles e nas terras úmidas vegetadas durante o experimento.

Todos os sistemas apresentaram altas remoções de coliformes fecais (CF) e de estreptococos fecais (EF) (Figuras 04 e 05). Porém, os tanques com leito de areia tiveram remoções ligeiramente maiores: a mais elevada para CF foi observada nos leitos com *Typha* spp (99,92%) enquanto os tanques com arroz e os controles obtiveram o mesmo percentual (99,86%). Comportamento semelhante ocorreu nas terras úmidas com brita: a *Typha* spp removeu 99,81%; nos vegetados com arroz e nos controles a remoção foi de 99,55%.

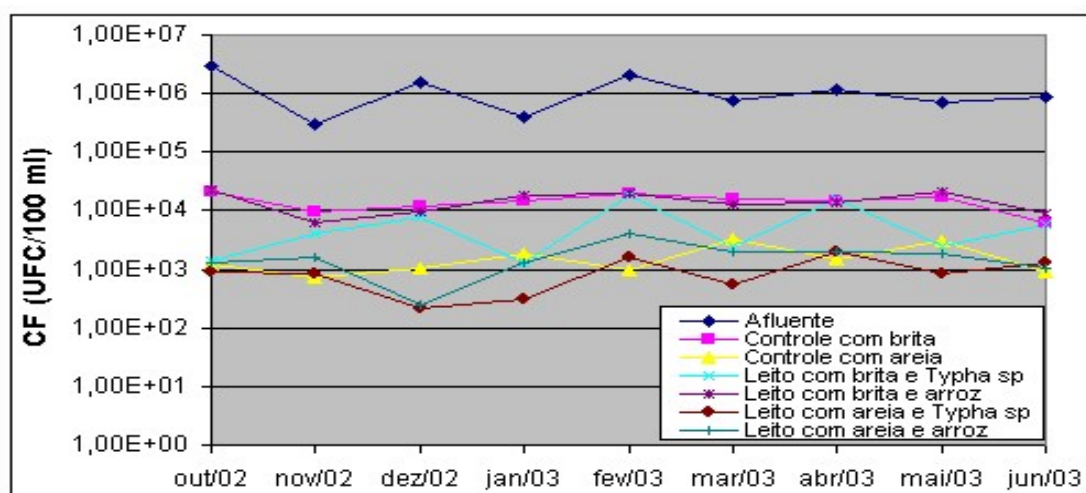


Figura 4: Comportamento dos sistemas na eliminação de Coliformes Fecais no período de outubro/2002 a junho/2003.

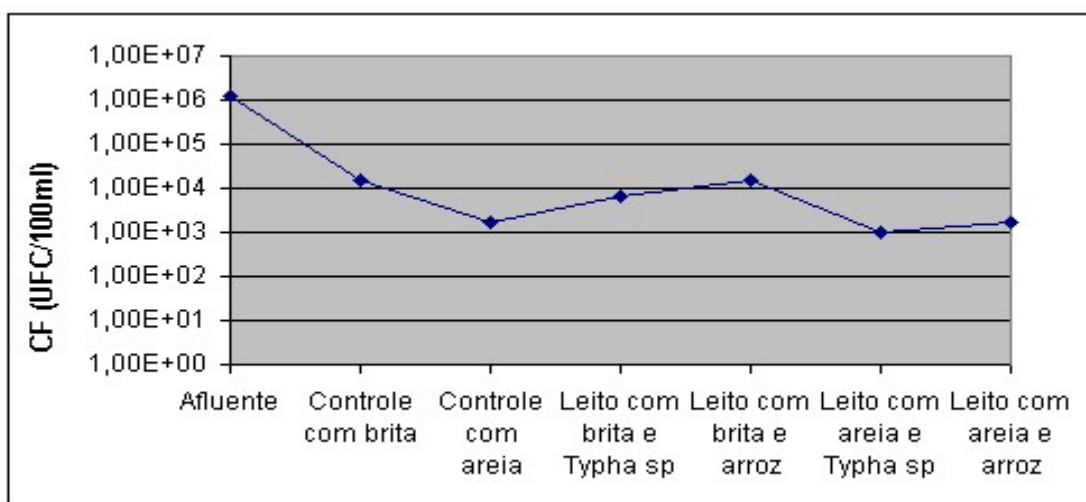


Figura 5: Médias gerais de CF no afluente, nos tanques controles e nas terras úmidas vegetadas durante o experimento.

Em relação à matéria orgânica (Figuras 6 e 7), nos controles com areia houve uma redução de 86% e nos de brita 89%. Nos leitos vegetados com arroz houve acréscimo de matéria orgânica, comparados aos tanques controles e aos vegetados com *Typha* spp, associado com o metabolismo da zona radicular e com o desprendimento aleatório de fragmentos de biofilmes e de raízes.

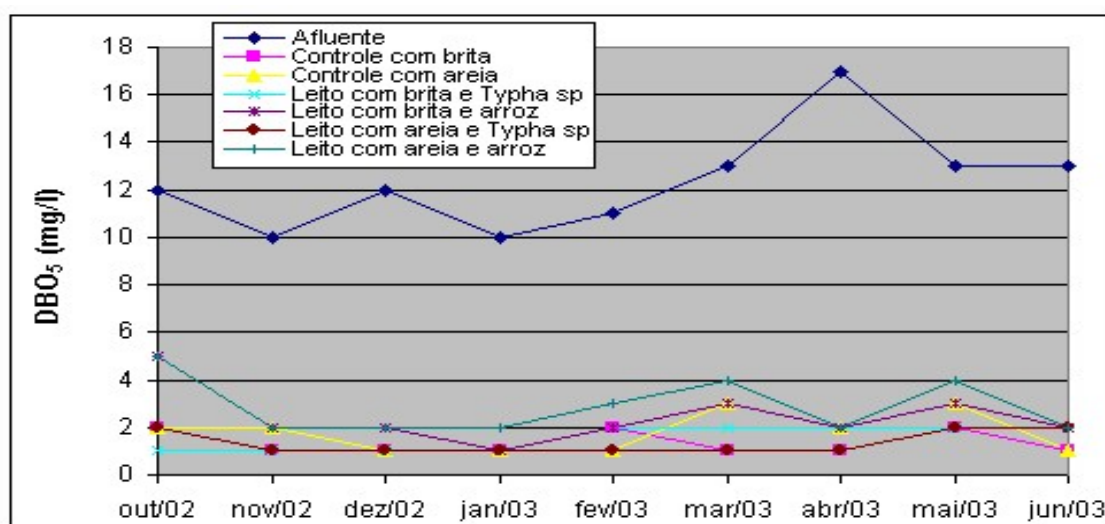


Figura 6: Comportamento dos sistemas na biodegradação da matéria orgânica no período de outubro/2002 a junho/2003.

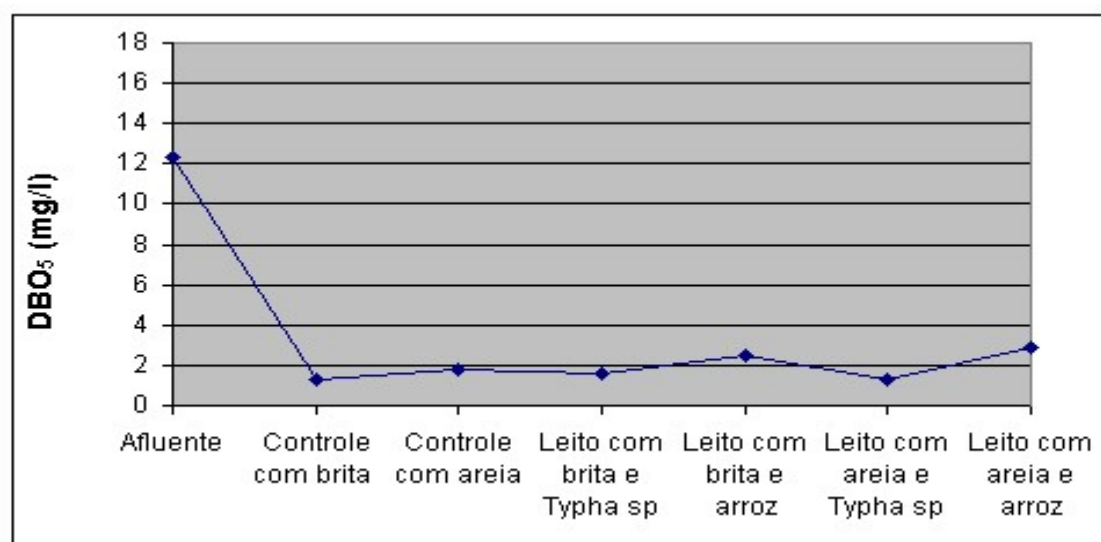
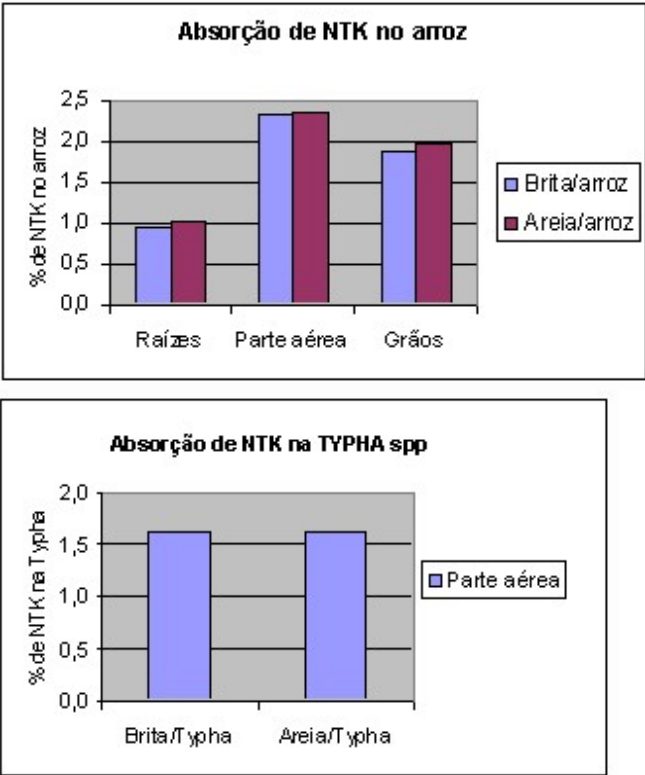


Figura 7: Médias gerais de DBO₅ no afluente, nos tanques controles e nas terras úmidas vegetadas durante o experimento.

Comparando-se a parte aérea dos dois tipos de vegetação, o arroz teve maior capacidade para absorver nitrogênio (NTK) em relação à *Typha* spp, pois este, por possuir um ciclo menor (4 meses), consome nitrogênio numa taxa mais acelerada durante o seu crescimento e maturação; por outro lado a *Typha* spp possui um ciclo maior (9 meses) e uma taxa mais lenta de absorção de nitrogênio. Nos tanques vegetados e com brita a eficiência de remoção de nitrogênio foi mais elevada comparada aos vegetados e com areia.



Figuras 8 e 9: Absorção de nitrogênio nos dois tipos de vegetação.

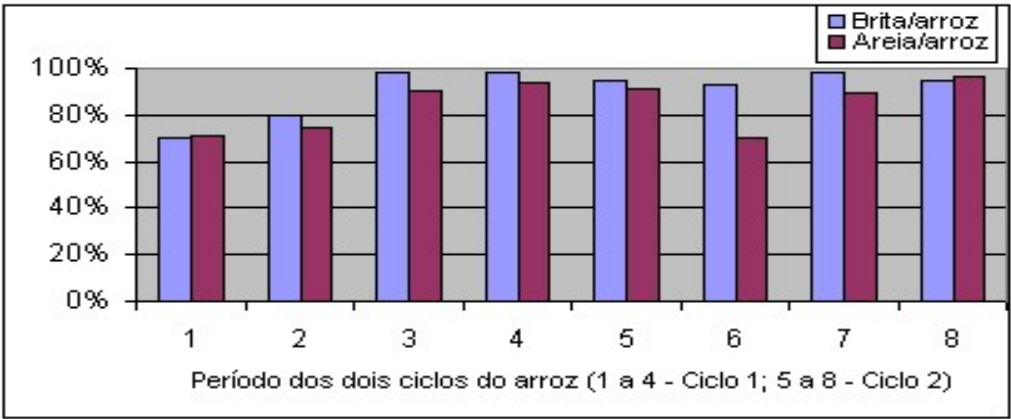


Figura 10: Eficiência de remoção de nitrogênio durante os ciclos do arroz nos dois tipos de substratos.

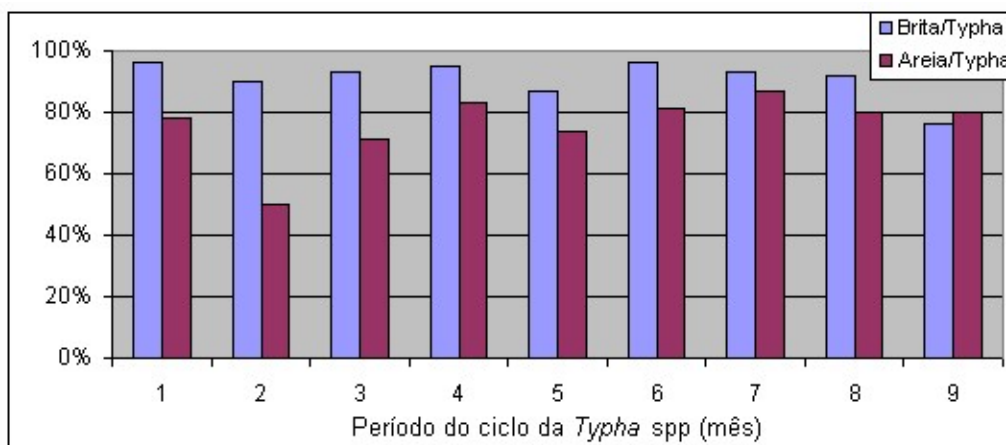


Figura 11: Eficiência de remoção de nitrogênio durante o ciclo da *Typha* sp nos dois tipos de substratos.

CONCLUSÕES

Os tanques com *Typha* spp foram mais eficientes na remoção de bactérias, muito provavelmente pelo maior comprimento das raízes desta macrófita que favorecem o crescimento em extensão e do volume do biofilme microbiano ao seu redor, melhorando o efeito filtrador de retenção de partículas assim como à sedimentação das bactérias arrastadas com as partículas que descem para o fundo dos tanques pela diminuição do fluxo hidráulico ao atravessar a rizosfera. Uma outra explicação, e complementar à anterior, refere-se ao fato do biofilme apresentar uma rica biota que tem efeito de competição com os coliformes e estreptococos, e, ainda, a um provável efeito tóxico/bactericida de metabólitos liberados pelas raízes. Une-se a estes fatores, a ação lítica e a morte natural de bactérias de origem fecal nos ambientes agressivos.

Na remoção das formas de nitrogênio nos dois tipos de vegetação, a brita mostrou-se mais eficiente que a areia (Figuras 10 e 11). Uma das possíveis explicações é o maior índice de vazios deste substrato que juntamente com as condições de oxidação, propiciadas pelas raízes das macrófitas, aumentam as zonas aeradas, permitindo o desenvolvimento de vários tipos de bactérias que participam do processo de nitrificação-desnitrificação. Pode-se constatar que os sistemas de terras úmidas possuem excelente capacidade de remoção de nitrogênio. As percentagens de redução de coliformes e de estreptococos fecais foram elevadas, porém as concentrações remanescentes ainda exigem um tratamento complementar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AWWA – WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition. Washington D.C. American Public Health Association. 1995. 953p.
2. DENNY, P. Implementation of Costructed Wetlands in Developing Counties. Water Science Technology. London, v.35, n° .5, p.27-34, 1997.