



IV-062 - MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM ECOSISTEMAS NATURAIS: AGENTES FILTRADORES E DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA, NUTRIENTES E DE BACTÉRIAS INDICADORAS DE POLUIÇÃO FECAL

Célia Regina Diniz ⁽¹⁾

Engenheira Química – Universidade Federal da Paraíba/ UFPB - Brasil. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFPB. Doutora em Recursos Naturais - Universidade Federal de Campina Grande/UFCG. Professora Titular da Universidade Estadual da Paraíba/UEPB. Tel: 0(xx) 8333334301; 0(xx) 83 99654588. Email: c.r.diniz@bol.com.br

Beatriz Susana O. de Ceballos

Bioquímica – Universidade Nacional de Tucumán/Argentina. Mestre em Microbiologia e Imunologia – Escola Paulista de Medicina/SP. Doutora em Ciências - Área de Concentração Microbiologia Ambiental/ USP. Professora UFCG/CCT/DEC/AESA. Consultora da UNESCO/BID. Tel:0(xx) 8332470149 - Fax:0(xx) 8333101011. Email: bso@superig.com.br

Annemarie Konig

Bióloga - Universidade Federal de São Carlos/Brasil. Doutora em Botânica - Universidade de Liverpool/Inglaterra. Professora Adjunta UFCG/CCT/DEC/AESA Coordenadora da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental do DEC. Tel: 0(xx) 8333101154; 0 (xx) 8333311041- Email: akonig@dec.ufpb.br

José Etham de Lucena Barbosa

Biólogo – Universidade Estadual da Paraíba/UEPB – Brasil. Mestre em Botânica – Universidade Federal de Pernambuco/UFPE. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais/UFSCar. Professor Titular da Universidade Estadual da Paraíba/UEPB. Tel: 0(xx) 8332355340. Email: ethambarbosa@hotmail.com

Alysson Oliveira Guimarães

Engenheiro Civil – Universidade Federal de Campina Grande/UFCG. Mestrando em Engenharia de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Campina Grande/UFCG. Tel: 0(xx) 8333225294. Email: alysson.o@bol.com.br

Endereço⁽¹⁾: Rua Antônio José Santiago, 115, Bloco C, Aptº 402, Condomínio Santa Bárbara II, Centenário, Campina Grande - PB, Brasil, CEP: 58.105.125. Tel.: 0xx8333341147.

RESUMO

O açude de Bodocongó apresenta cerca de um terço (124.000m²) de seu espelho d'água colonizado por macrófitas, especialmente *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Typha spp* nos extremos leste e oeste destas nas margens (Figura 4.45). A *Eichhornia crassipes* é uma macrófita com grande habilidade de adaptação e possui alto potencial de propagação e crescimento vegetativo, de maneira que pode interferir no funcionamento de sistemas aquáticos (OLIVEIRA; BARBOSA; SOARES, 1998). Os objetivos deste estudo foram avaliar o efeito das macrófitas aquáticas no açude de Bodocongó – PB, na redução das concentrações de nutrientes, de matéria orgânica e de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais, nas épocas de seca e de chuvas. Foram feitos estudos mensais durante o período de abril/01 a dezembro/02, em quatro estações de coleta: dois pontos de entrada de afluentes: um na zona leste e outro na oeste, e em dois pontos nas mesmas áreas dentro do açude, após a passagem da água pelo banco de macrófitas. As variáveis químicas e microbiológicas analisadas seguiram APHA (1995). Verificaram-se reduções acentuadas dos parâmetros dos pontos monitorados ao longo de todo o período, após a passagem dos afluentes pelas duas áreas com macrófitas. Houve maior remoção de N-amoniaco na margem leste (> 78%) para todas as épocas. O percentual de remoção de N-nítrico foi mais elevado na oeste (42%). Houve remoção de P_{tot} nos períodos estudados (de 23 a 86%) e de PO₄³⁻ (de 8 a 76%). O percentual de remoção de DBO₅ foi elevado para todas as épocas climáticas (89 a 95%). As remoções de CTerm variaram entre 35 e 98% e as de EF entre 35 e 88%, após passagem pelas macrófitas.

PALAVRAS-CHAVE: Macrófitas aquáticas, Terras úmidas naturais, *Eichhornia crassipes*.



INTRODUÇÃO

A maioria dos ecossistemas aquáticos continentais de regiões tropicais de pouca profundidade apresenta áreas costeiras colonizadas por macrófitas aquáticas, cujos detritos ficam em parte dissolvidos na água e parte no sedimento, sendo descompostos através dos processos biológicos de mineralização.

As regiões de transição solo/água com macrófitas aquáticas, também chamadas de “wetlands naturais” ou terras úmidas (MARQUES, 1999), são ecótonos que constituem zonas de fronteiras entre a água dos ambientes lênticos (lagos, açudes e represas) e os ambientes terrestres adjacentes e onde se desenvolve uma biota altamente diversificada (HENRY, 2003). Constituem-se em locais de recepção e de atenuação dos impactos terrestres, onde as plantas exercem atividade filtradora e ocorrem transformações bioquímicas, químicas e físicas que modificam a qualidade da água.

No Brasil, diversos estudos têm sido realizados para examinar o papel dos “wetlands naturais” na melhoria da qualidade da água, entre os mais recentes, Manfrinato (1989) verificou a eficiência da *Eichhornia crassipes* na descontaminação das águas do Rio Piracicaba – SP e Figueroa (1996) avaliaram as funções ecológicas das macrófitas na represa do Lobo-SP; Luciano (1996) avaliou a importância das macrófitas nos processos de retenção e liberação de nutrientes na represa de Jurumirim-SP; Moraes (1999) estimou o estoque de elementos químicos na vegetação do reservatório de Salto Grande-SP e Lopes-Ferreira (2001) avaliou sua eficiência na redução de coliformes e de nutrientes durante um ciclo hidrológico. Entre os exemplos de “wetlands construídos” que funcionam melhorando a qualidade da água, está o projeto “Des Plaines River Wetland Demonstration” próximo a Chicago (USA), que controla a poluição difusa numa área da bacia hidrográfica (RHOADS; MILLER, 1990; KADLEC; HEY, 1994).

Em escala real, a ETE “La Estrella”, na cidade do México, possui tanques de polimento dos efluentes com *E. crassipes*, que reduzem DBO₅ a valores inferiores a 2mg/l e a turbidez a 1-2uT, sendo usado no reuso irrestrito para irrigação de jardins e pastos (CISNEROS, 2001).

No Brasil, vários pesquisadores também estudam o potencial dos “wetlands construídos” no tratamento alternativo de esgotos sanitários, a exemplo de Ceballos *et al.* (2000), Meira *et al.* (2001), e Meira (2004), Marques (1999).

No município de Campina Grande - PB, diversos açudes eutrofizados ou em fase de eutrofização apresentam áreas com abundantes macrófitas. O açude de Bodocongó, usado como ambiente experimental pela UFCG, e onde comunidades ribeirinhas pescam, lavam roupa e usam para lazer, apresenta cerca de um terço de seu espelho d'água coberto por macrófitas. Nesse corpo aquático foi estudado o efeito da vegetação das margens na remoção de nutrientes, de matéria orgânica e de bactérias indicadoras de poluição fecal, em pontos com descargas de esgotos.

Este estudo teve como objetivos: avaliar o efeito das macrófitas aquáticas em um ambiente lêntico tropical que recebe alta carga poluidora, na redução das concentrações de nutrientes (compostos de nitrogênio e fósforo), de matéria orgânica e de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais, considerando-se as variáveis climáticas regionais (regime de chuvas). Este estudo, de caráter preliminar, busca subsídios para propostas de gestão e alternativas de manejo de ambientes lênticos da região, submetidos a pulsos eutrofizantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O açude de Bodocongó (7°13'11"S e 35°52'31"W - bacia hidráulica de 371.897 m², capacidade máxima de 1.020.000m³, volume de água armazenado no momento da pesquisa: 873.308m³, profundidade média de 2,40m e máxima de 5,60m - LMRS/SEMAHR, 2002), situado no médio curso do rio Paraíba, a uma altitude de 548m, na cidade de Campina Grande – PB, foi objeto deste estudo.

Foram realizados estudos mensais durante o período de abril/01 a dezembro/02 (abrangendo dois períodos de estiagem e dois de chuvas), em quatro estações de coleta (situadas em dois pontos de entrada de afluentes: um na zona leste e outro na oeste, e em dois pontos nas mesmas áreas dentro do açude, após a passagem da água pelo banco de macrófitas (Figura 1). As análises laboratoriais de DBO₅, N-amoniaco, N-nítrico, Fósforo total (Ptot) e Ortofosfato solúvel (PO₄³⁻) e microbiológicas (coliformes termotolerantes (CTerm) e estreptococos fecais (EF) seguiram APHA (1995)).

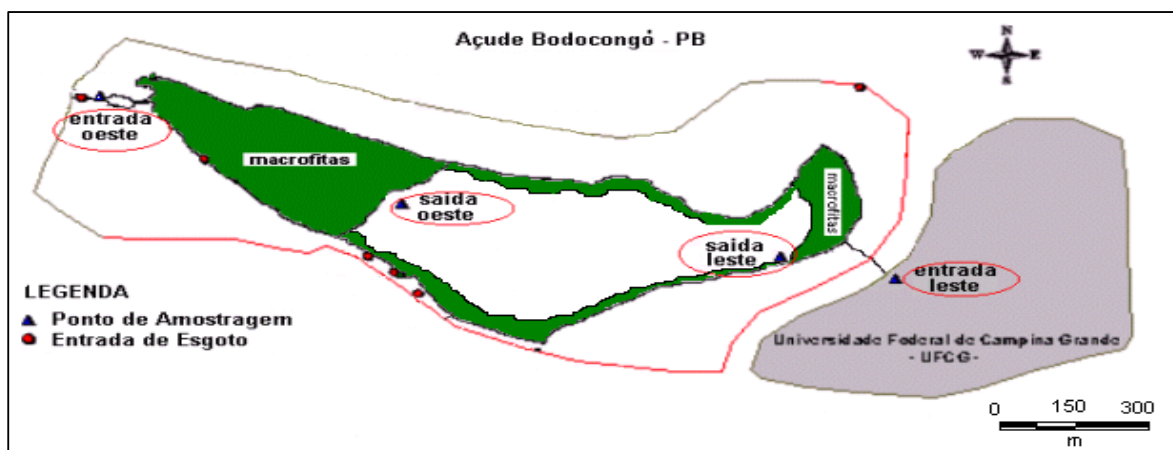


Figura 1: Pontos de amostragem, no açude Bodocongô (Campina Grande – PB), antes e após a passagem dos principais afluentes pelas áreas de macrófitas.

RESULTADOS

As macrófitas mais abundantes nos açudes nordestinos e no aqui estudado são: *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Typha spp.* No açude de Bodocongô, estas espécies predominam nas margens leste e oeste.

Houve reduções acentuadas dos parâmetros analisados nos pontos monitorados ao longo de todo o período, após a passagem dos afluentes pelas duas áreas com macrófitas (Tabela 1 e 2). Estas exercem um efeito filtrador significativo, ficando suas raízes por tempos mais ou menos longos cobertas com material orgânico e mucilaginoso (biofilme microbiano).

De modo geral, verificou-se menor redução das formas de nitrogênio e de fósforo em 2002, associadas à reurbanização da orla do açude que teve como consequência abundante mortandade dessas plantas, seu acúmulo nas margens e no sedimento e sua posterior biodegradação, com liberação de nutrientes para a coluna d'água. Houve incremento nas entradas de P e N devido às novas descargas de esgoto nessa época. Esse impacto se refletiu em ambas as áreas sob estudo e de forma mais acentuada na área oeste, que apresentou plantas de aguapé com folhas menores, menos viçosas e de raízes mais curtas que nas outras áreas do açude, por estar mais próxima às descargas mais fortes, verificando-se nesse local menor capacidade de retenção de poluentes, devido ao maior fluxo hidráulico e menor capacidade de filtração, de sedimentação, à manutenção das taxas de absorção de nutrientes pelas raízes e de biodegradação do biofilme e, portanto, dos microrganismos que ali habitam, entre outras causas. Em consequência, observa-se que sob condições extremas de sobrecarga orgânica e de fluxos hidráulicos, ocorre perda da eficiência do sistema de “terras úmidas naturais” na retenção alguns componentes eutrofizantes e de microrganismos. Não houve variações na capacidade de retenção/transformação de nutrientes em relação às épocas climáticas (secas ou chuvosas). No geral, nas regiões tropicais o nascimento, crescimento e morte das macrófitas ocorrem em um processo contínuo durante todo o ano, uma vez que as condições climáticas, especialmente a temperatura, não é limitante (ESTEVEZ, 1998).



Tabela 1 - Concentrações e remoções (%) de N-amoniaco, N-nítrico, P_{tot}, PO₄³⁻, DBO₅, CTerm e EF antes e após passagem pela área de macrófitas (margem oeste), açude de Bodocongó – PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 – chuva 1; março a agosto/02 – chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 – seca 1; setembro a dezembro/02 – seca 2).

período	N-amoniaco (mg/l)			N-nítrico (mg/l)			P _{tot} (mg/l)			PO ₄ ³⁻ (mg/l)		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
chuva1	5,8	3,8	34,8	1,6	0,9	42,1	0,9	0,7	22,7	0,6	0,5	7,6
chuva2	1,7	5,0	-200,9	0,6	1,2	-96,9	0,6	2,1	-259,6	0,0	1,0	-2819,9
seca 1	2,1	1,7	19,6	2,2	1,8	19,0	1,2	0,9	22,5	0,3	0,6	-73,8
seca 2	4,8	5,4	-12,9	1,6	2,4	-46,4	0,8	1,0	-23,5	0,0	0,9	-3519,5

período	DBO ₅ (mg/l)			CTerm (UFC/100ml)			EF (UFC/100ml)		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
chuva 1	42	5	89	3,36E+04	1,37E+04	59	5,04E+03	1,92E+03	62
chuva 2	33	3	92	1,06E+04	1,07E+04	-1	4,41E+03	1,51E+03	66
seca 1	47	3	94	3,35E+03	4,10E+03	-22	2,68E+03	8,28E+02	69
seca 2	88	4	95	2,43E+05	4,13E+03	98	6,58E+03	1,35E+03	79

Tabela 2. Concentrações e remoções (%) de N-amoniaco, N-nítrico, P_{tot}, PO₄³⁻, DBO₅, CTerm e EF antes e após passagem pela área de macrófitas (margem leste), açude de Bodocongó – PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 – chuva 1; março a agosto/02 – chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 – seca 1; setembro a dezembro/02 – seca 2).

período	N-amoniaco (mg/l)			N-nítrico (mg/l)			P _{tot} (mg/l)			PO ₄ ³⁻ (mg/l)		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
chuva1	27,1	3,3	87,7	1,0	0,8	24,2	1,8	0,9	48,6	1,0	0,6	40,5
chuva2	45,9	6,8	85,2	0,9	1,0	-14,8	2,6	1,3	50,5	1,5	1,0	31,1
seca 1	40,4	1,6	96,1	1,2	1,3	-10,0	5,3	0,7	86,3	2,1	0,5	76,2
seca 2	18,3	3,9	78,4	1,3	1,3	-2,7	1,9	1,1	41,7	0,8	0,7	8,1

período	DBO ₅ (mg/l)			CTerm (UFC/100ml)			EF (UFC/100ml)		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
chuva 1	44	2	94	2,00E+04	4,80E+03	76	1,16E+04	1,44E+03	88
chuva 2	29	2	92	1,29E+05	3,39E+04	74	5,44E+03	3,54E+03	35
seca 1	37	3	91	1,94E+04	1,97E+04	-2	1,18E+04	1,88E+03	84
seca 2	95	5	94	2,54E+05	3,13E+04	88	2,18E+04	3,35E+03	85

Houve maior remoção de N-amoniaco na margem leste (> 78%) para todas as épocas, onde se mantiveram bastante constantes o fluxo hidráulico e as cargas poluidoras. A maior matéria orgânica na margem oeste, com entrada de novos esgotos, foi à causa do decréscimo da remoção dessa variável (20 – 35%).

O percentual de remoção de N-nítrico foi de 24% no primeiro período de chuvas (entre abril/01 e julho/01) na margem leste e mais elevado (42%) na oeste no mesmo período (Tabelas 1 e 2; Figura 2).

A maior absorção de amônio pelas macrófitas ocorre por ser esta a forma de nitrogênio, energeticamente mais viável para o metabolismo celular, não havendo necessidade de sua transformação para ser incorporado à biomassa, como ocorre com o nitrato, que precisa ser reduzido pela enzima nitrato-redutase até amônio. Entretanto, a presença do íon amônio em altos níveis pode inibir a formação da enzima nitrato-redutase e conseqüentemente sua própria assimilação (ESTEVES, 1998).

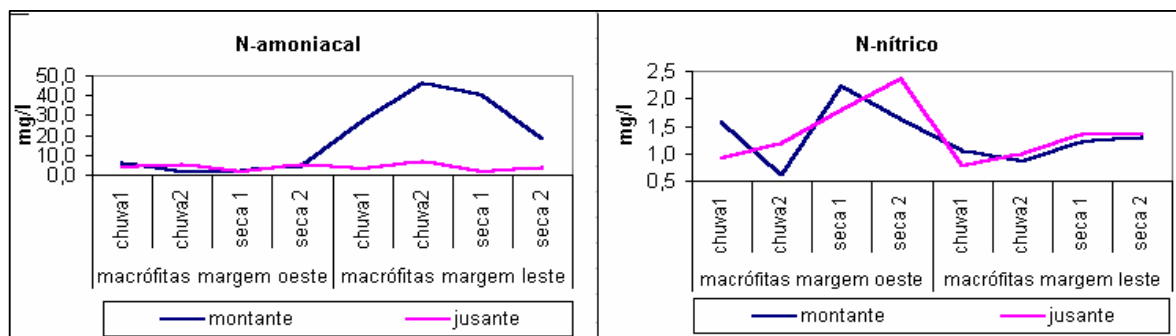


Figura 2 - Concentrações de N-amoniacoal e N-nítrico antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó - PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 - chuva 1; março a agosto/02 - chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 - seca 1; setembro a dezembro/02 - seca 2).

As menores remoções das formas de nitrogênio na área alagada do açude de Bodocongó, no ano de 2002, podem estar associadas à reurbanização da orla do açude, já citada, pois este evento, gerou a mortandade das macrófitas aquáticas, e estas ao se acumularem no sedimento, após decomposição, incrementaram a concentração dos nutrientes na água.

Na margem leste do açude de Bodocongó houve remoção de P_{tot} nos quatro períodos com percentuais de 42 a 86%. Na margem oeste somente houve remoção no primeiro período de chuvas (23%) e no primeiro de estiagem (23%) (Tabela 1; Figura 3). A remoção de fósforo a igual que a de nitrogênio, deve-se principalmente à sua assimilação pelas macrófitas, pelo perifiton e plâncton e pelo biofilme, sendo convertido em material celular. Parte também é precipitada sob diferentes formas químicas, dependendo do pH. A maior remoção ocorreu no período de estiagem, época com temperaturas ($\bar{x} = 25,1 - 25,5^{\circ}\text{C}$) e fotoperíodo ($\bar{x} = 8 - 9\text{h}$) mais altos, que favoreceram o desenvolvimento das plantas.

O ortofosfato solúvel (PO_4^{3-}) foi pouco reduzido na margem oeste (8%, apenas numa época) e superior na margem leste (nas quatro épocas estudadas - de 8 a 76%) (Tabela 1; Figura 3). A menor eficiência para PO_4^{3-} deve-se a seu balanço entre as quantidades assimiladas, as liberadas na biodegradação e por lise celular e da decomposição da matéria orgânica dos esgotos. Esse comportamento se verifica especialmente na margem oeste do açude. A retirada do excesso de macrófitas é importante para manter o efeito de filtro e as eficiências de remoção de componentes poluentes e para evitar que sua decomposição contribua com a elevação das formas de nitrogênio e fósforo e com o assoreamento.

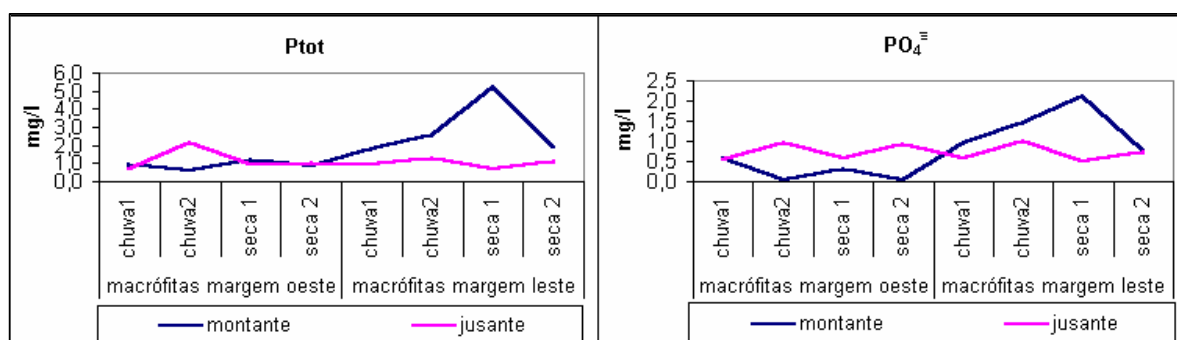


Figura 3 - Concentrações de P_{tot} e PO_4^{3-} antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó – PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 – chuva 1; março a agosto/02 – chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 – seca 1; setembro a dezembro/02 – seca 2).

O percentual de remoção de DBO_5 no presente estudo foi elevado para todas as épocas climáticas, variando de 89 a 95%, mostraram eficientes na redução das cargas poluidoras, agindo como “wetlands” ou terras úmidas naturais no tratamento das águas poluídas (Tabelas 1 e 2; Figura 4).

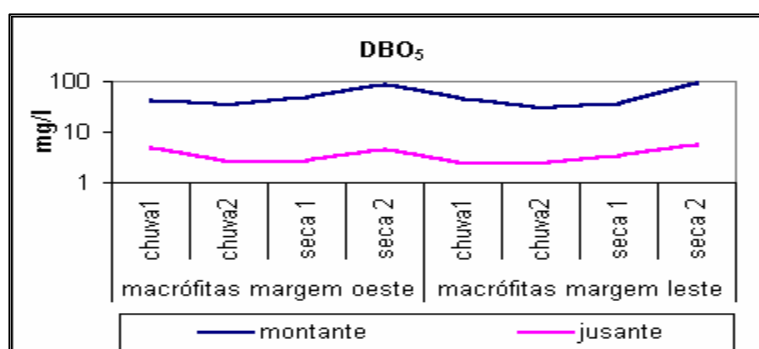


Figura 4 - Concentrações de DBO_5 antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó – PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 – chuva 1; março a agosto/02 – chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 – seca 1; setembro a dezembro/02 – seca 2).

As concentrações de CTerm afluentes foram reduzidas em 59% (primeiro período chuvoso) e 98% (segunda época de estiagem) após passagem pelas macrófitas do extremo oeste. Na margem leste, a remoção foi mais elevada (74 a 88%). EF foram reduzidos nas duas margens com macrófitas e em todas as épocas climáticas (35 a 88%) (Tabelas 1 e 2; Figura 5). O elevado percentual de redução dos indicadores microbiológicos está associado a rica biota do biofilme que tem efeito de competição com os coliformes e estreptococos, e, ainda, a um provável efeito tóxico/bactericida de substâncias excretadas pelas raízes, aliado a ação lítica e a morte natural de bactérias de origem fecal nos ambientes agressivos.

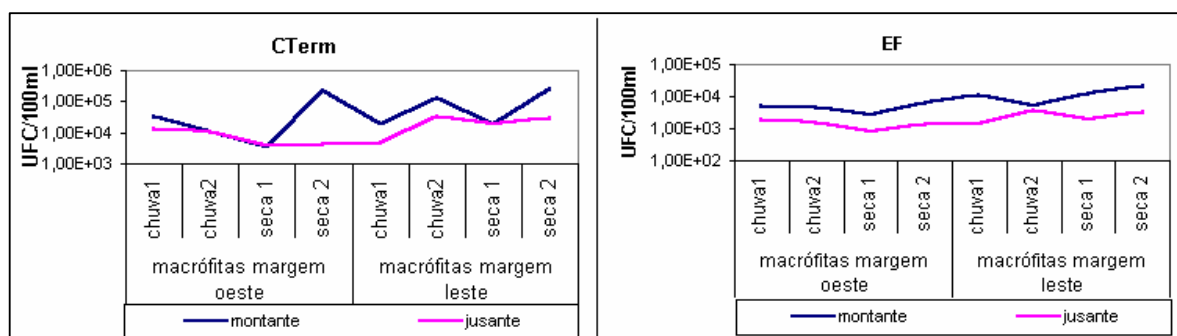


Figura 5 - Concentrações de CTerm e EF antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó – PB, nos períodos de chuvas (abril a agosto/01 – chuva 1; março a agosto/02 – chuva 2) e de seca (setembro/01 a fevereiro/02 – seca 1; setembro a dezembro/02 – seca 2).



CONCLUSÕES

As macrófitas e os ecossistemas que elas geram nas áreas de transição entre os ambientes terrestres e aquáticos exercem efeitos purificadores significativos frente aos impactos poluidores exógenos. Estes efeitos foram verificados nas áreas de macrófitas desenvolvidas próximas às entradas dos tributários do açude de Bodocongó se mostraram eficientes na redução das cargas poluidoras, agindo como “wetlands” ou terras úmidas naturais no tratamento das águas poluídas. Seus efeitos foram mais intensos na margem leste, onde uma grande área com vegetação aquática cobre parte do espelho de água. Nesta margem, as remoções em relação às concentrações no afluente foram superiores a 89% para DBO5 e a 78% para N-amoniaco, de até 86% para Ptot e entre 74 e 88% para coliformes termotolerantes.

Os inconvenientes apresentados por estas plantas estão associados com seu crescimento excessivo e morte natural, por acelerar o assoreamento e elevar os teores de nutrientes durante sua decomposição. O manejo adequado é importante para evitar o assoreamento e manter seu poder de filtração, absorção e de biodegradação do biofilme associado às raízes, podendo ser soluções ecológicas viáveis ou paliativas para a melhoria da qualidade da água de corpos aquáticos em processo de eutrofização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1995, 1600p.
2. CEBALLOS, B. S. O.; MEIRA, C. M. B. S.; SOUSA, J. T.; OLIVEIRA, H.; GUIMARÃES, A. OLIVEIRA; KONIG, A. Desempenho de um leito cultivado na melhoria da qualidade de um córrego poluído destinado à irrigação. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. CD-ROM.
3. CISNEROS, B. E. J. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C.; Instituto de Ingeniería de La UNAM y FEMISCA, 2001, 962p.
4. ESTEVES, F. A. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: _____. Fundamentos da Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p. 316-373.
5. FIGUEROA, F. E. V. Avaliação econômica de ambientes naturais; o caso das áreas alagadas: uma proposta para a represa do Lobo (Broa). 1996. 143p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ciências Biológicas – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
6. HENRY, R. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância – estudo de aplicação em marginais ao rio Paranapanema na zona de desembocadura na Represa Jurumirim. In: _____. Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: RiMa, 2003, p.1-28.
7. KLADEC, R. H.; HEY, D. L. Constructed wetlands for river water quality improvement. Water Science Technology, v. 29, n. 4, p. 159-168, 1994.
8. LOPES-FERREIRA, C. M. Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando a elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana - SP). 2000. 145f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos -Universidade de São Paulo, São Carlos.
9. LUCIANO, S. C. Macrófitas aquáticas Eichhornia azurea (Kunth) e Brachiaria arrecta (Stent). 1996. 155f. Dissertação (Mestrado) - EESC - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
10. LOPES-FERREIRA, C. M. Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando a elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP). 2000. 145p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Departamento de Ciências Biológicas – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
11. MANFRINATO, E. S. Avaliação do Método Edafo-Fitodepuração para tratamento preliminar de águas. 1989. 98f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
12. MARQUES, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo sub-superficial. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 409-435.
13. MEIRA, C. M. B. S.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, J. T.; KONIG, A. Wetlands vegetados no polimento de águas superficiais poluídas: primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. CD-ROM.



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

14. MORAES, A. R. Estimativa do estoque de elementos químicos em macrófitas aquáticas do reservatório de Salto Grande (Americana-SP). 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado) - EESC - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
15. RHOADS, K. R.; MILLER, M. V. Impact of riverine wetlands construction and operation onstream channel stability. Environm. Management, v. 14, p. 799-807, 1990.