



Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água

Célia R. Diniz¹; Beatriz S. O. de Ceballos¹; José E. de L. Barbosa¹ & Annemarie König²

¹UEPB/CCBS, Av. das Baraúnas, 351. Bodocongó, CEP 58109-753, Campina Grande, PB. Fone: 83.3315.3303, Fax: 83.3315.3378. E-mail: c.r.diniz@bol.com.br; bso@superig.com.br; ethambarbosa@hotmail.com

²UFCG/CCT/DEC/AESA, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-900, Campina Grande, PB. Fone: 83.33101154, E-mail: akonig@dec.ufcg.edu.br

Protocolo 176

Resumo: Um estudo no açude de Bodocongó, em Campina Grande, PB, Brasil, foi realizado com o propósito de avaliar a eficiência de macrófitas aquáticas na redução das concentrações de nutrientes, matéria orgânica e indicadores microbiológicos de poluição. O monitoramento foi feito 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, no período de estiagem e de chuvas. Verificaram-se reduções acentuadas dos parâmetros nos pontos monitorados após a passagem dos afluentes pelas duas áreas com macrófitas. A maior redução de N-amoniaco ocorreu na margem leste (> 78%) e de N-nítrico, na oeste (42%). A redução de P_{tot} esteve entre 23 e 86% e de PO₄⁻³ entre 8 e 76%. A redução de DBO₅ (89 a 95%) foi elevada e as reduções de C_{Term} variaram entre 35 e 98% e de EF entre 35 e 88%.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, corpos aquáticos eutrofizados, qualidade de água

Use of aquatic macrophytes as ecological solution for improvement of the water quality

Abstract: A study was conducted at the Bodocongó lake, in Campina Grande city, Paraíba state, Brazil, to analyse the efficiency of aquatic macrophytes in the reduction of nutrient concentrations, organic matter and microbiological pollution indicators. Monitoring, was done at four collecting stations situated at two stream entrance points (one on the eastern side and the other one on the western side) and two points in the same areas inside the lake after water had passed through the macrophytes bank in the dry and rainy seasons. Accentuated reductions in the parameters were verified at the monitored points after the passage of the streams through the two macrophytes areas. The greatest reduction of N-NH₃ happened at the eastern side (> 78%) and N-NO₃ at the western (42%). P_{tot} reduction was between 23 and 86% and PO₄⁻³ between 8 and 76%. High BOD (89 to 95%) reduction was noticed, and C_{Term} reductions varied between 35 and 98% while EF, between 35 and 88%.

Key words: aquatic macrophytes, eutrophicated aquatic bodies, water quality

INTRODUÇÃO

As regiões com macrófitas aquáticas têm papel significativo em processar nutrientes, adsorver e absorver substâncias tóxicas, e em regular o fluxo hidráulico (Marques, 1999).

A maioria dos ecossistemas aquáticos continentais de pouca profundidade, apresenta áreas colonizadas por plantas aquáticas (Boschilia & Thomas, 2001). Os contornos irregulares dos reservatórios dendríticos permitem a formação de regiões de remanso, nas quais as condições limnológicas geralmente diferem das áreas centrais. Grande parte das macrófitas se

limita a ocupar essas regiões marginais, onde encontram condições adequadas para sua fixação e nutrição, como escassa profundidade, acúmulo de nutrientes e maior proteção dos ventos (Bianchini Jr., 1999).

As regiões de transição solo/água com macrófitas aquáticas, também chamadas “wetlands naturais” ou terras úmidas (Marques, 1999), são ecótonos, isto é, constituem zonas de fronteiras entre a água dos ambientes lênticos (lagos, açudes e represas) e os ambientes terrestres adjacentes e aí se desenvolve uma biota altamente diversificada (Henry, 2003). Constituem-se em locais de recepção e de atenuação dos impactos terrestres,

em que 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 das macrófitas na melhoria da qualidade da água; os primeiros estudos foram desenvolvidos por Manfrinato (1989), que verificou a eficiência da *Eichhornia crassipes* na descontaminação das águas do Rio Piracicaba, SP. Figueroa (1996) avaliou as funções ecológicas das macrófitas na represa do Lobo, SP; Luciano (1996) analisou sua importância nos processos de retenção e liberação de nutrientes na represa 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) e a ETE “La Estrella”, na cidade do México, que possui tanques de polimento dos efluentes com *E. crassipes*, reduzindo DBO₅ a valores inferiores a 2 mg L⁻¹ e a turbidez a 1-2 uT, sendo usado no reúso irrestrito para irrigação de jardins e pastos (Cisneros, 2001).

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

No município de Campina Grande, PB, vários açudes eutrofizados ou em fase de eutrofização, apresentam áreas com abundantes macrófitas. As águas do açude de Bodocongó são utilizadas por uma indústria de reciclagem de papel, na lavagem de carros e pela população ribeirinha, na lavagem de roupas, utensílios domésticos, recreação e pesca; apresenta cerca de um terço (124.000 m²) de seu espelho d’água coberto por *Eichhornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratiotes* e *Typha spp.*, espécies que predominam nas margens leste e oeste.

Neste corpo aquático estudou-se o efeito das macrófitas das margens na redução de nutrientes (compostos de

nitrogênio e fósforo), de matéria orgânica (DBO₅) e de bactérias indicadoras de poluição fecal (coliformes termotolerantes e estreptococos fecais), em pontos com descargas de esgotos, considerando-se as variáveis climáticas regionais (regime de chuvas). Neste estudo, buscam subsídios para propostas de gestão e alternativas de manejo de ambientes lânticos da região, submetidos a pulsos eutrofizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O açude de Bodocongó (7° 13' 11" S e 35° 52' 31" W), está situado no médio curso do rio Paraíba, a uma altitude de 548m, na cidade de Campina Grande – PB. Possui área da bacia hidráulica de 371.897 m², capacidade máxima de 1.020.000 m³, profundidade média de 2,40 m e máxima de 5,60 m (LMRS/ SEMARH, 2002).

Realizaram-se coletas mensais durante o período de abril/01 a dezembro/02, abrangendo dois períodos de estiagem e dois de chuva, denominados chuva 1: abr- ago/01; chuva 2: mar-ago/02; seca 1: set/01- fev/02 e seca 2: set-dez/02, 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-amoniacal, N-nítrico, Fósforo total (Ptot) e Ortofosfato solúvel (PO₄³⁻) e microbiológicas (coliformes termotolerantes (CTerm) e estreptococos fecais (EF) seguiram APHA (1995)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram acentuadas as reduções dos nutrientes, matéria orgânica e de bactérias indicadoras de poluição fecal, após a passagem dos afluentes pelas duas áreas com macrófitas (Tabela 1); elas exerceram efeito filtrador significativo, ficando suas raízes, por tempo mais ou menos longo, cobertas com material orgânico e mucilaginoso (biofilme microbiano).

Verificou-se uma redução menor das formas de nitrogênio e de fósforo, em 2002, associadas à reurbanização da orla do

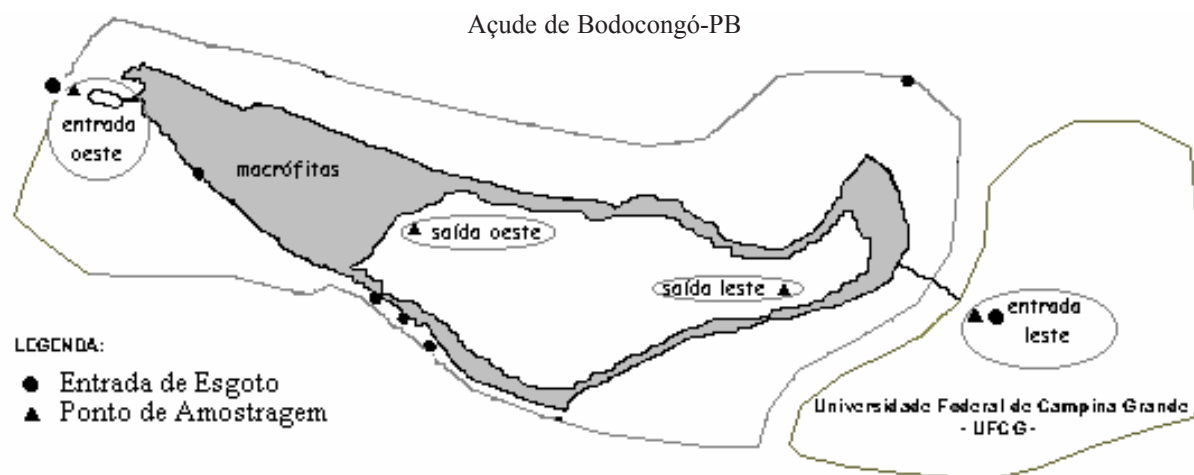


Figura 1. Pontos de amostragem, no açude Bodocongó (Campina Grande, PB), antes e após a passagem dos principais afluentes pelas áreas de macrófitas

Tabela 1. Concentrações e remoções (%) de N-amoniacal, N-nítrico, Ptot, PO_4^{3-} , DBO_5 , Cterm e EF antes e após passagem pela área de macrófitas (margem oeste e leste), açude de Bodocongó, PB, nos períodos de chuva e de seca

período	Margem Oeste											
	N-amoniacal (mg L^{-1})			N-nítrico (mg L^{-1})			Ptot (mg L^{-1})			PO_4^{3-} (mg L^{-1})		
	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^{-1})			Cterm (UFC (100 mL^{-1}))			EF (UFC (100 mL^{-1}))		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
	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

período	Margem Leste											
	N-amoniacal (mg L^{-1})			N-nítrico (mg L^{-1})			Ptot (mg L^{-1})			PO_4^{3-} (mg L^{-1})		
	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^{-1})			Cterm (UFC (100 mL^{-1}))			EF (UFC (100 mL^{-1}))		
	entrada	saída	%	entrada	saída	%	entrada	saída	%
	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

açude que teve, como consequência, abundante mortandade dessas plantas, seu acúmulo nas margens e no sedimento e posterior biodegradação, com liberação de nutrientes para a coluna d'água.

O incremento de P e N, associados às descargas de esgoto, refletiu em ambas as áreas sob estudo, de forma mais acentuada na área oeste, que apresentou plantas de aguapé com folhas menores, menos viçosas e de raízes mais curtas, verificando-se, neste local, menor capacidade de retenção de poluentes, em virtude do maior fluxo hidráulico e menor capacidade de filtração, de sedimentação, e da manutenção das taxas de absorção de nutrientes pelas raízes, de degradação do biofilme e dos microrganismos que ali habitam.

Não se constatarem variações na capacidade de retenção/transformação de nutrientes em relação às épocas climáticas (secas ou chuvosas), o que pode ser atribuído ao fato de que, 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 são limitantes (Esteves, 1998).

Foi maior a redução das concentrações de N-amoniacal na margem leste (> 78%) onde se mantiveram constantes o fluxo hidráulico e as cargas poluidoras (Tabela 1; Figura 2A). O percentual de redução de N-nítrico foi de 24% no primeiro período de chuvas (entre abril/01 e julho/01) na margem leste,

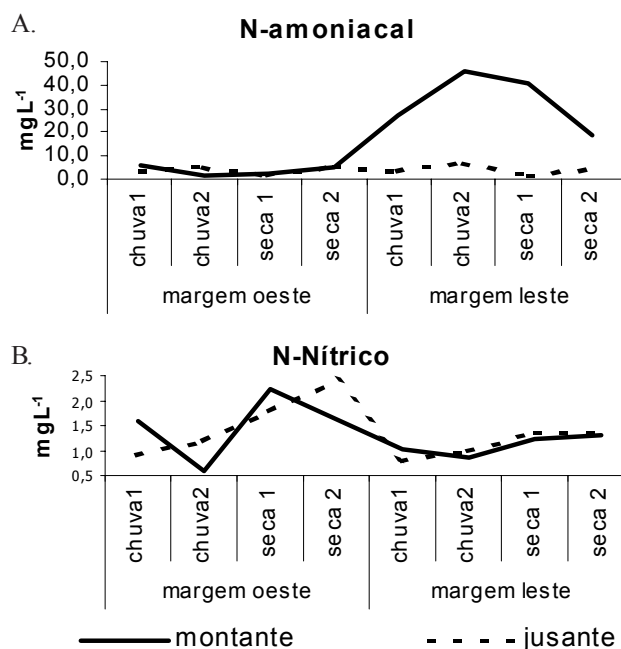


Figura 2. Concentrações de N-amoniacal (A) e N-nítrico (B) antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó, PB, nos períodos de chuva e de seca

e mais elevado (42%) na oeste, no mesmo período (Tabela 1; Figura 2B). 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 se dá 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).

Na margem leste do açude de Bodocongó deu-se redução de Ptot nos quatro períodos, com percentuais de 42 a 86%. Na margem oeste, houve redução apenas no primeiro período de chuva (23%) e de estiagem (23%) (Tabela 1; Figura 3A). A redução de fósforo semelhantemente a de nitrogênio, se deve principalmente à sua assimilação pelas macrófitas, pelo perifíton e plâncton e pelo biofilme, sendo convertido em material celular; parte do fósforo também é precipitada sob diferentes formas químicas, dependendo do pH. A maior redução na estiagem está associada a temperatura ($\bar{x} = 25,1 - 25,5^\circ\text{C}$) e ao 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 em uma época) e superior na margem leste (nas quatro épocas estudadas - de 8 a 76%) (Tabela 1; Figura 3B); esta menor eficiência para PO_4^{3-} se deve ao seu balanço entre as quantidades assimiladas, às liberadas na biodegradação, lise celular e na decomposição da matéria orgânica dos esgotos.

A retirada do excesso de macrófitas é importante para manter o efeito de filtro e as eficiências de redução de componentes poluentes e para evitar que sua decomposição contribua com a elevação das formas de nitrogênio e fósforo e com o assoreamento.

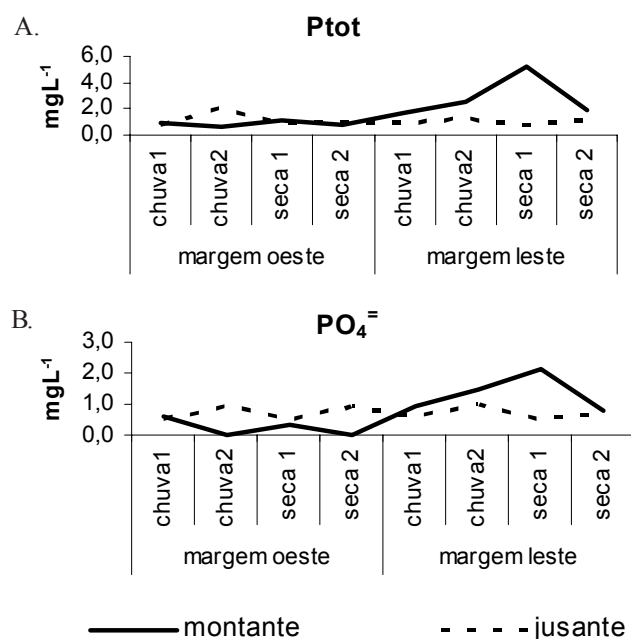


Figura 3. Concentrações de Ptot (A) e PO_4^{3-} (B) antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó, PB, nos períodos de chuva e de seca

No presente estudo, o percentual de redução de DBO_5 foi elevado para todas as épocas climáticas, variando de 89 a 95%, mostrando-se eficiente no tratamento das águas poluídas (Tabela 1; Figura 4).

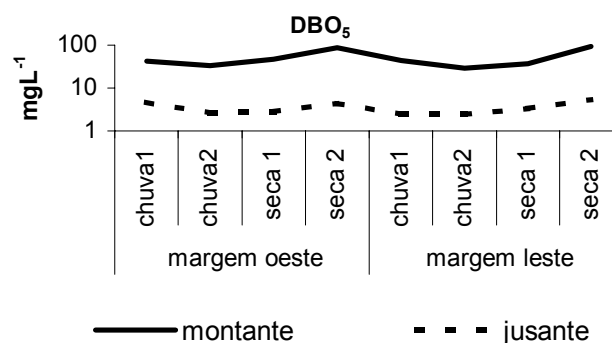


Figura 4. Concentrações DBO_5 antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó, PB, nos períodos de chuva e de seca

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 redução foi mais elevada (74 a 88%). EF foram reduzidos nas duas margens com macrófitas e em todas as épocas climáticas (35 a 88%) (Tabela 1; Figura 5).

O elevado percentual de redução dos indicadores microbiológicos está associado à 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 à ação lítica e à morte natural de bactérias de origem fecal, nos ambientes agressivos.

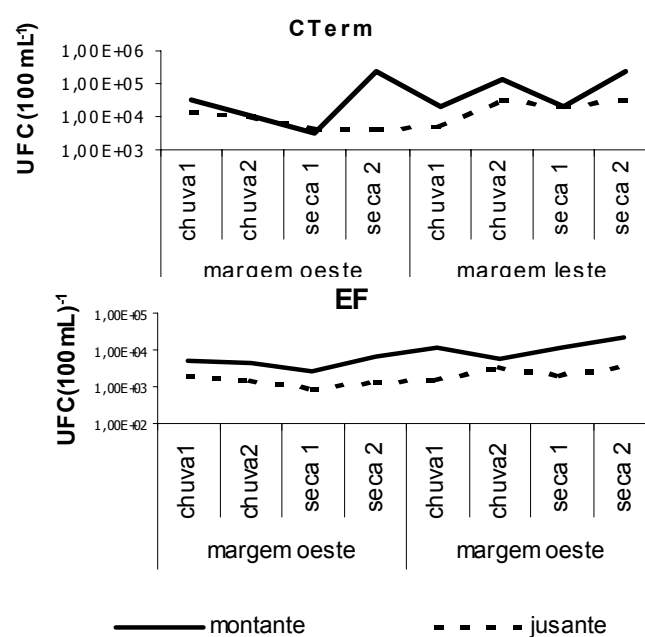


Figura 5. Concentrações de Cterm (A) e EF (B) antes (montante) e após (jusante) passagem pela área de macrófitas, açude de Bodocongó, PB, nos períodos de chuva e de seca

Os inconvenientes apresentados por essas plantas estão associados ao seu crescimento excessivo e morte natural, visto que aceleram o assoreamento e elevam os teores de nutrientes durante sua decomposição. O manejo adequado é importante para evitar o assoreamento e manter seu poder de filtração, absorção e degradação 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.

CONCLUSÕES

1. As densas massas de macrófitas desenvolvidas nas áreas próximas as entradas dos tributários do açude de Bodocongó se mostraram eficientes e exerceram efeitos purificadores significativos frente aos impactos poluidores exógenos.

2. Seus efeitos foram mais intensos na margem leste, onde uma grande área com vegetação aquática viçosa cobre parte do espelho de água.

3. Na margem oeste observou-se condições extremas de sobrecarga orgânica; em consequência, ocorreu perda da eficiência do sistema.

LITERATURA CITADA

- APHA -.American Public Health Association - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19th ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 1995, 1600p.
- Bianchini Jr, I.A.A decomposição da vegetação e o consumo de oxigênio nos reservatórios: implicações ecológicas. In: Henry, R. Ecologia de reservatórios: estrutura, funcionamento e aspectos sociais. Botocatu: FUNDBIO; FAPESP, 1999, p. 627-650.
- Boschilia, S.M.; Thomas, S.M. Decomposição de *Egeria najas* no reservatório de Itaipu. In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 8., 2001, João Pessoa. Resumos... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Limnologia, 2001, p.257.
- Ceballos, B.S.O.; Meira, C.M.B.S.; Sousa, J.T.; Oliveira, H.; Guimarães, A.O.; 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.
- 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 Ingenieria de La UNAM y FEMISCA, 2001, 962p.
- Esteves, F.A. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: Esteves, F.A. Fundamentos da Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p. 316-373.
- Figueroa, F.E.V. Avaliação econômica de ambientes naturais; o caso das áreas alagadas: uma proposta para a represa do Lobo (Broa). São Carlos: UFSCar, 1996. 143p. Dissertação Mestrado
- 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: Henry, R. Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: RiMa, 2003, p.1-28.
- Kladec, R.H.; Hey, D.L. Constructed wetlands for river water quality improvement. Water Science Technology, v.29, n.4, p.159-168, 1994.
- LMRS/SEMARH - Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto. Batimetria apoiada por GPS: açude Bodocongó. Relatório Técnico. Campina Grande: UFPB, 2002, 13p.
- Lopes-Ferreira, C.M. Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando à elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP). São Carlos: USP, 2000. 145f. Tese Doutorado
- Luciano, S.C. Macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* (Kunth) e *Brachiaria arrecta* (Stent). São Carlos: EESC, 1996. 155f. Dissertação Mestrado
- Manfrinato, E. S. Avaliação do Método Edafo-Fitodepuração para tratamento preliminar de águas. Piracicaba: ESALQ, 1989. 98f. Dissertação Mestrado.
- 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.
- 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
- Moraes, A.R. Estimativa do estoque de elementos químicos em macrófitas aquáticas do reservatório de Salto Grande (Americana-SP). São Carlos: EESC, 1999. 94f. Dissertação Mestrado
- Rhoads, K.R.; Miller, M.V. Impact of riverine wetlands construction and operation on stream channel stability. Environm. Management, v. 14, p.799-807, 1990.