

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA
E PLANCTÔNICA DE UM VIVEIRO COBERTO POR
MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PARA AQUICULTURA**

Samuel Generoso Dias

Biólogo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA
E PLANCTÔNICA DE UM VIVEIRO COBERTO POR
MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PARA AQUICULTURA**

Samuel Generoso Dias

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Helena Sipaúba-Tavares

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia Agropecuária.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

D541c Dias, Samuel Generoso
Caracterização físico-química, microbiológica e planctônica de um viveiro coberto por macrófitas usado no abastecimento de água para aquicultura / Samuel Generoso Dias. -- Jaboticabal, 2012
VIII, 81 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientadora: Lúcia Helena Sipaúba-Tavares
Banca examinadora: Irineu Bianchini Junior, Maria Stela Maioli Castilho Noll
Bibliografia

1. Microbiologia. 2. Plâncton. 3. Macrófitas. 4. Limnologia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 556.55



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

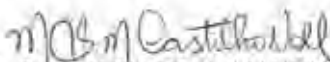
TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E PLANCTÔNICA DE UM VIVEIRO COBERTO POR MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA

AUTOR: SAMUEL GENEROSO DIAS

ORIENTADORA: Profa. Dra. LUCIA HELENA SIPAUBA TAVARES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM MICROBIOLOGIA AGROPECUÁRIA , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. LUCIA HELENA SIPAUBA TAVARES
Centro de Aquicultura da Unesp / Jaboticabal/SP


Profa. Dra. MARIA STELA MAIOLI CASTILHO NOLL
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. IRINEU BIANCHINI JUNIOR
Departamento Hidrobiologia / Universidade Federal de São Carlos

Data da realização: 24 de fevereiro de 2012.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SAMUEL GENEROSO DIAS – nascido em 18 de dezembro de 1986, em Jaboticabal, São Paulo, é filho de João Carlos Dias e Maria Elisabete Generoso Dias. Formou-se em Ciências Biológicas na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – UNESP, campus de Jaboticabal, SP, em janeiro de 2010. Foi bolsista de iniciação científica pela FAPESP no período de outubro de 2008 a setembro de 2009. Ingressou em março de 2010 no curso de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, onde foi bolsista da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Agradecimentos

Agradeço a Profa. Dra. Lúcia Helena Sipaúba-Tavares, pela orientação, incentivo, amizade e confiança.

Ao pessoal do Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton do CAUNESP, em especial: Rodrigo, Fernanda Lima, Cecília, Flávia, Paula, Fernanda Borges, Iara e Bruno e, as várias pessoas que passaram pelo laboratório durante o período de desenvolvimento deste projeto e, até mesmo antes, que direta ou indiretamente deram sua contribuição.

Aos funcionários do CAUNESP pelo auxílio nas coletas de barco.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, ao Centro de Aquicultura, a seus funcionários e docentes.

À FAPESP pelo apoio financeiro através da bolsa de iniciação científica (processo nº 2008/54954-7) que gerou este projeto de mestrado e pelo apoio aos vários projetos que auxiliam na manutenção do laboratório.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha família, pelo apoio incondicional nesta difícil carreira que escolhi.

À Bruna, por todo carinho e incentivo.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	V
RESUMO.....	VII
SUMMARY.....	VIII
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
Importância da qualidade da água na aquicultura.....	2
Importância das macrófitas na qualidade da água.....	4
Importância do plâncton na qualidade da água.....	6
LOCAL DE ESTUDO.....	9
COLETA DAS COMUNIDADES ASSOCIADAS AS MACRÓFITAS.....	13
OBJETIVOS GERAIS.....	14
REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMUNIDADES ASSOCIADAS DE MACRÓFITAS EM VIVEIRO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Local de estudo.....	21
Coleta das macrófitas e das comunidades associadas.....	22
Parâmetros físicos e químicos.....	23
Análise estatística.....	23
RESULTADOS.....	24
DISCUSSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	36
CAPÍTULO 3 - ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DE UM VIVEIRO COBERTO POR MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Área de estudo e período de coleta.....	44
Variáveis limnológicas.....	45
Índice de estado trófico.....	46
Análise estatística.....	47
RESULTADOS.....	51
DISCUSSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	55

CAPÍTULO 4 - DINÂMICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA RELACIONADA À QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE ABASTECIMENTO PARA AQUICULTURA.....	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
Área de estudo e período de coleta.....	62
Variáveis limnológicas.....	62
Amostragem do plâncton.....	63
Análise estatística.....	64
RESULTADOS.....	65
DISCUSSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	77
CONCLUSÕES FINAIS.....	81

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Média, mínimo e máximo (entre parênteses), da temperatura, pH, transparência, condutividade, clorofila-a, nutrientes, massa seca, massa fresca das macrófitas e matéria orgânica nas macrófitas, fósforo total e nitrogênio total na planta (% MS = porcentagem em relação à massa seca). Resultado do teste-U de Mann-Whitney (Z) entre pontos de coleta e ao longo do tempo.....	25
Tabela 2	Valores de r da correlação de Pearson entre as variáveis físico-químicas da água e das macrófitas e, entre as macrófitas e os parâmetros bióticos ($p < 0,05$), onde: MS = massa seca, MF = massa fresca, MO = matéria orgânica, PT = fósforo total e NT = nitrogênio total.....	26
Tabela 3	Abundância e diversidade dos organismos encontrados associados às macrófitas (%)......	30
Tabela 4	Média e desvio padrão das variáveis analisadas, onde: Temp = temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, Transp= transparência (cm), OD = oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), Cond = condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), Clo a = clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato, nitrito, amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$), Orto= ortofosfato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), P total = fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), CT = coliformes totais (NMP.100mL^{-1}), <i>E. coli</i> (NMP.100mL^{-1}), MOsed = matéria orgânica no sedimento (% do peso seco), Psed = fósforo no sedimento (mg.g^{-1}), DBO_5 = demanda bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}), STD = sólidos totais dissolvidos (mg.L^{-1}) e STS = sólidos totais suspensos (mg.L^{-1})..	50
Tabela 5	Estado trófico nos pontos de coleta (P_1 - P_6) nos períodos de seca e chuva.....	52
Tabela 6	Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas analisadas, onde: Per = período, Temp = temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Cond = condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), CO_2 = dióxido de carbono livre (mg.L^{-1}), OD = oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), P total = fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), Orto = ortofosfato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato, nitrito e amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clo a = clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e ST = sólidos totais (mg.L^{-1}).....	65

Tabela 7	Resultados do teste-U de Mann-Whitney, onde: Z^1 = comparação entre entradas e saídas na seca ($n = 18$); Z^2 = comparação entre entradas e saídas na chuva ($n = 18$); Z^3 = comparação de médias entre seca e chuva ($n = 36$) * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$ e ^{ns} = não significativo.....	65
Tabela 8	Composição, abundância relativa e frequência das espécies fitoplanctônicas nos períodos de seca (S) e chuva (C), onde: - = ausente, r = raro, c = comum, C = constante, M = pontos com macrófitas e L = pontos sem macrófitas.....	71
Tabela 9	Composição, abundância relativa e frequência das espécies zooplanctônicas nos períodos de seca (S) e chuva (C), onde: - = ausente, r = raro, c = comum, C = constante, M = pontos com macrófitas e L = pontos sem macrófitas.....	72

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Imagem de satélite da área estudada com os respectivos pontos de coleta.....	11
Figura 2	Indicação dos diferentes pontos de amostragem ($P_1 - P_6$) no viveiro de abastecimento estudado.....	12
Figura 3	Esquema representando as coletas das comunidades associadas, onde: (1) processo de coleta, (2) transporte das macrófitas, (3) lavagem para separação das comunidades associadas às plantas, (4) concentração das amostras obtidas e (5) armazenamento em frascos de vidro.....	13
Figura 4	Valores das variáveis limnológicas mensuradas nas macrófitas ao longo das coletas, onde: A = massa seca ($g.m^{-2}$), B = massa fresca ($g.m^{-2}$), C = porcentagem de matéria orgânica em relação à massa seca, D = porcentagem de fósforo em relação à massa seca, E = porcentagem de nitrogênio em relação à massa seca e r Pearson = correlação de Pearson para o parâmetro entre as macrófitas.....	27
Figura 5	Abundância dos grupos fitoplanctônicos ao longo das coletas nas macrófitas analisadas.....	28
Figura 6	Abundância dos organismos encontrados na fauna associada as macrófitas ao longo do período experimental, onde: outros = Insecta, Ostracoda e Oligochaeta.....	29
Figura 7	Desenho morfométrico do viveiro de abastecimento evidenciando os pontos amostrais (P_1-P_6) no viveiro de abastecimento, onde: (1) setor de bovinocultura e (2) setor de ovinocultura (adaptado de SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991) e a área hachurada representa a mata ciliar ao redor do viveiro.....	45
Figura 8	Análise de componentes principais (ACP) das variáveis limnológicas amostradas no viveiro, onde: A = representação dos dois primeiros componentes, B = representação do primeiro e terceiro componente, S = seca; C = chuva; OD = oxigênio dissolvido, Prec = precipitação, Orto = ortofosfato, Cond = condutividade, MOs = matéria orgânica no sedimento, Ps = fósforo no sedimento, Prec = Precipitação, CT =	48

	coliformes totais, <i>E. coli</i> = <i>Escherichia coli</i> , STS = sólidos totais suspensos, STD = sólidos totais dissolvidos, Temp = temperatura, Clo a = clorofila-a e P total = fósforo total.....	
Figura 9	Desenho morfométrico do viveiro de abastecimento evidenciando os pontos amostrais (P ₁ -P ₆) no viveiro de abastecimento, separando também os pontos com presença e ausência de macrófitas, onde: (1) setor de bovinocultura e (2) setor de ovinocultura (adaptado de SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991) e a área hachurada representa a mata ciliar ao redor do viveiro.....	63
Figura 10	Biplot da análise de componentes principais (ACP) das variáveis limnológicas amostradas no viveiro, onde: S = seca, C = chuva, ST = sólidos totais, P total = fósforo total, CO ₂ = dióxido de carbono e OD = oxigênio dissolvido.....	66
Figura 11	Médias e erro padrão da densidade de organismos encontrados no viveiro, onde: SM = estação seca e pontos com macrófitas, SL = estação seca e pontos sem macrófitas, CM = estação chuvosa e pontos com macrófitas e CL = estação chuvosa e pontos sem macrófitas.....	67
Figura 12	Ordenação da análise de correspondência canônica, onde: A = ordenação com as 8 famílias fitoplanctônicas encontradas durante o período de monitoramento e B ordenação com os 4 grupos zooplanctônicos, onde: S= seca, C = chuva, Cya = Cyanobacteria, Chl = Chlorophyceae, Zyg = Zygnematophyceae, Eug = Euglenophyceae, Bac = Bacillariophyceae, Chla = Chlamidophyceae, Oedo = Oedogoniophyceae, Micros = Microsporaceae, Rot = Rotifera, Clad = Cladocera, Ost = Ostracoda e Cop = Copepoda dos 6 pontos coletados (n = 6).....	68
Figura 13	Abundância relativa das famílias fitoplanctônicas encontradas ao longo do monitoramento, onde: Micros = Microsporaceae, Oedo = Oedogoniaceae, Chla = Chlamydoephyceae, Bac= Bacillariophyceae, Eug = Euglenophyceae, Zyg = Zynematophyceae, Chl = Chlorophyceae e Cya = Cyanobacteria.....	69
Figura 14	Abundância relativa dos grupos zooplanctônicos encontrados ao longo do monitoramento, onde: Ost = Ostracoda, Cop = Copepoda, Clad = Cladocera e Rot = Rotifera.....	72

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E PLANCTÔNICA DE UM VIVEIRO COBERTO POR MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA

RESUMO – Nessa dissertação avaliou-se o efeito das macrófitas *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Salvinia auriculata* Aublet na comunidade planctônica e na qualidade da água do viveiro usado para abastecimento de água para aquicultura. Foram estabelecidos 6 pontos de coleta no viveiro, 3 próximos as entradas de água e laterais, um na região central e dois nas saídas, onde foram analisadas variáveis físicas, químicas, microbiológicas e planctônicas da água. Para análise das macrófitas e das comunidades associadas foram estabelecidos 2 pontos próximos as saídas de água. *E. azurea* apresentou maior aplicabilidade como filtro biológico neste sistema de abastecimento. O sistema estudado sofre influência direta da precipitação, da fauna local e da ausência de manejo no entorno do viveiro. Na estação seca a qualidade da água foi adequada ao abastecimento, porém, durante a estação chuvosa a água ficou comprometida. O maior desenvolvimento do plâncton ocorreu durante a estação seca, na qual o baixo fluxo de água permitiu maior colonização por algumas espécies, sobressaindo em abundância e frequência organismos que caracterizam água adequada para o abastecimento, todavia, alguns grupos evidenciam que o viveiro está em processo de eutrofização. Recomenda-se o controle do material alóctone proveniente da área de produção agropecuária e dos animais do entorno deste viveiro que comprometem a qualidade da água e, a manutenção das macrófitas neste local.

Palavras-chave: plâncton, macrófitas, viveiro, qualidade da água, manejo.

**CHARACTERISTICS PHYSICO-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND
PLANKTONIC OF A POND COVERED BY MACROPHYTE USED IN WATER
SUPPLY FOR AQUACULTURE**

SUMMARY - Current dissertation evaluated the effect of the macrophytes *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth and *Salvinia auriculata* Aublet within the plankton community and in the water quality of the pond used for the water supply to aquaculture. Six collection sites were established in the pond, or rather, three were close to the water entry and its sides: one at the central region and two at the outlets, where physical, chemical, microbiological and planktonic parameters of the water were analyzed. Two sites at the water outlet were established for the analysis of macrophytes and of associated communities. *E. azurea* was a highly efficient biological filter within the supply system. Analyzed system was directly affected by rainfall, local fauna and lack of management around the pond. Although water quality during the dry season was adequate for supply, during the rainy season water worsened. The highest plankton development occurred during the dry season: a low water flow favored higher colonization of some species, with special reference to the abundance and frequency of organisms that characterize adequate supply water. However, the presence of other groups evidence that the pond was in a process of eutrophication. Control of allochthonous material originating from the area, featuring animal, agricultural and cattle-raising production around the pond and introduced in it with the subsequent deterioration of water quality and the maintenance of macrophytes, is recommended.

Keywords: plankton, macrophytes, pond, water quality, management.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

A qualidade das águas continentais é um assunto de grande importância tanto para a ecologia como para outras áreas de estudo, visto que o ambiente pode afetar a sociedade de diversas maneiras.

Nos últimos anos houve crescimento produção de organismos aquáticos no Brasil, refletido na criação do Ministério da Pesca e Aquicultura em resposta a alta demanda por organismos aquáticos no mundo. Neste tipo de sistema de produção a entrada de água adequada em tanques e viveiros, é fundamental para a qualidade do animal criado. O ambiente de produção deve ser livre de contaminantes para os organismos aquáticos e para os consumidores.

Atualmente um dos grandes problemas na aquicultura é a qualidade da água que abastece os sistemas de criação de organismos aquáticos, pois a entrada de água comprometida levará a perda da produção ou mesmo à morte dos organismos aquáticos criados nos viveiros. Muitos trabalhos enfocam a dinâmica de sistemas de criação de peixes, mas pouca importância tem sido dada à entrada de água que abastece os sistemas de criação de organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES, 2006).

O monitoramento das variáveis físicas, químicas e biológicas dos ambientes aquáticos, pode contribuir para redução do impacto da ação antrópica sobre a qualidade da água, possibilitando a identificação dos fatores que causam efeitos negativos sobre o sistema e dos componentes que possuem efeitos positivos (TUNDISI, 2003).

Neste contexto, estudos limnológicos são essenciais para compreender e estabelecer a dinâmica dos ambientes aquáticos, fundamentando o uso adequado da água, propiciando conhecimentos que poderão gerar técnicas adequadas de manejo, garantindo o abastecimento de água em condições ideais para aquicultura.

Técnicas adequadas de manejo podem melhorar a qualidade da água levando ao menor estresse dos organismos produzidos, aumentando a sobrevivência e o crescimento. Desta forma, este estudo visa avaliar a dinâmica do viveiro de abastecimento do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (21°15’S e 48°18’O - Campus de Jaboticabal, SP, Brasil), na estação seca e chuvosa, relacionando o efeito dos diferentes bancos de macrófitas (flutuantes e emergentes) sobre o plâncton e a água, ressaltando o efeito destas comunidades e da precipitação na qualidade da água. Este trabalho é constituído de quatro capítulos: o capítulo 1 contém considerações gerais sobre a qualidade da água para aquicultura, incluindo o papel das macrófitas e do plâncton na água, local de estudo, coleta das comunidades associadas e objetivos gerais, do capítulo 2 ao 4 são os artigos científicos com os seguintes temas: 2 - o papel das macrófitas neste ambiente, 3 - aspectos físicos, químicos e microbiológicos do viveiro e 4 - a dinâmica do plâncton no viveiro.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância da qualidade da água na aquicultura

A aquicultura tem crescido rapidamente no setor de produção de alimentos, sendo responsável por cerca de 40% dos organismos aquáticos consumidos no mundo. Apesar da percepção pública de que a aquicultura produz alimentos tidos como mais saudáveis do que os organismos selvagens, as águas usadas podem apresentar contaminantes biológicos e químicos, tornando-se fonte de preocupação para consumidores. Desse fato, deriva as recomendações para melhoria da aquicultura através da proteção ambiental e do monitoramento constante da água (COLE et al, 2009).

A demanda por organismos aquáticos vêm aumentando nos últimos anos, impulsionada pela tendência mundial na procura de alimentos saudáveis e indicados para a saúde humana. Na busca por mais alimentos a ação antrópica levou a

degradação ambiental, afetando o equilíbrio de populações e desse modo as águas continentais. A crescente demanda por alimento gerou a necessidade encontrar alternativas a produtividade natural, com capacidade de saciar a demanda mundial, buscando a sustentabilidade econômica e ambiental. Todavia, para o domínio do processo de criação de organismos aquáticos é evidente a importância da adequação e manejo do ambiente de cultivo das espécies produzidas (ANDRADE & YASUI, 2003).

O funcionamento da aquicultura depende em grande parte da localização, água de abastecimento, tipo de cultivo, quantidade e qualidade do alimento, dinâmica do sedimento, tempo de retenção da água, qualidade da água e tecnologia de produção empregada (BOYD et al., 2005).

A aquicultura, sendo o setor, que visa à produção de organismos aquáticos em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento, tem como objetivo final, gerar renda ao produtor. Assim, a aplicação de técnicas ultrapassadas e costumes regionais sem qualquer orientação correta, estão direta ou indiretamente relacionados com a eutrofização, levando seguramente a alta mortalidade dos organismos e baixa produção (BOYD & QUEIROZ, 2001; SIPAÚBA-TAVARES, 2005).

A água de abastecimento para sistemas de produção de alimento vivo deve ser bem monitorada e preferencialmente, longe de áreas de inundação, local onde não ocorra risco de poluição e/ou contaminação e se possível, drenada individualmente assegurando condições adequadas de abastecimento (TEMPLETON, 1995).

O monitoramento da água exige cuidados especiais, pois, se espera que os dados representem adequadamente a situação do ecossistema. As variáveis envolvidas são muitas e a resposta da qualidade da água aos diversos componentes do ambiente, possui um grau de aleatoriedade bastante expressivo. O planejamento correto dos locais de coleta, dos procedimentos a serem realizados e a análise das informações requerem conhecimentos técnicos bastante específicos. É muito comum no estudo das águas continentais coletar-se uma série de dados, mas as informações que podem ser aproveitadas são poucas (BRAGA et al., 2005).

Vários fatores como fonte de abastecimento, tipo de solo, vegetação circundante, manejo, forma e tamanho do viveiro influenciam a qualidade da água de um sistema de

criação de peixes. Esse conjunto de fatores irá afetar diretamente as variáveis bióticas e abióticas do viveiro e, conseqüentemente, o grau de trofia. Em um sistema de abastecimento para viveiros e tanques de criação de organismos aquáticos é de fundamental importância o controle do grau de trofia, que influencia diretamente nos processos biológicos que ocorrem nos viveiros e tanques, levando a resultados negativos no sistema de produção (SIPAÚBA-TAVARES, 2006).

Importância das macrófitas na qualidade da água

Macrófitas aquáticas são grandes produtoras de biomassa no ecossistema aquático e componentes de extrema importância para manutenção das diversas formas de vida presentes neste ambiente. As plantas aquáticas oxigenam a água, participam da ciclagem de vários nutrientes desse ambiente, servem de esconderijo, são fonte de alimento para diversos animais aquáticos como crustáceos, peixes, larvas de insetos, dentre outros, servem de suporte para desova de várias espécies de moluscos, anfíbios e pássaros e, possibilitam o desenvolvimento de algas perifíticas (SCREMIN-DIAS, 1999).

Estudos envolvendo plantas aquáticas cresceram substancialmente nos últimos anos, devido as suas grandes implicações como alta produtividade e importante papel na estruturação dos ambientes aquáticos. Boa parte destes estudos foca as influências das macrófitas nos organismos e nas características abióticas do ambiente, sendo o Brasil considerado um dos países mais ativos no estudo das macrófitas (PADIAL et al., 2008).

As macrófitas aquáticas representam grande grupo de organismos, tendo como referência algas talóides, musgos, hepáticas, filicíneas, coníferas e plantas com flores que crescem em águas interiores, salobras, estuários e águas costeiras. Macrófitas aquáticas flutuantes, emergentes ou submersas são substratos extremamente ativos e importantes para o perifíton, invertebrados aquáticos e, competem com fitoplâncton e o perifíton na absorção de nutrientes e na busca por radiação solar. Por outro lado, tem

papel fundamental no metabolismo de lagos rasos, em função da elevada decomposição, servindo como alimento para muitos animais aquáticos (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008).

A relevância da comunidade de macrófitas na ecologia dos ambientes aquáticos continentais é reconhecida há muito tempo. No Brasil, há um enorme potencial tanto de estudos taxonômicos como estudos de distribuição desse grupo tão diversificado. Esse tipo de informação é de grande importância, pois, permite o monitoramento de espécies invasoras à medida que os ambientes aquáticos são alterados pela atividade antrópica (SANTOS, 2004).

O uso de plantas aquáticas no tratamento de águas residuais e no reaproveitamento de nutrientes originados pela atividade aquícola tem sido objeto de grande interesse no Brasil nos últimos anos (SIPAÚBA-TAVARES & BOYD, 2005). As plantas aquáticas na aquicultura se bem monitoradas podem ter múltiplos usos como: biofiltro, alimento para peixes, agentes despoluidores, agentes redutores da turbidez e desde que apresentem competição com algas por nutrientes, podem ajudar na redução do florescimento de algas (SIPAÚBA-TAVARES, 2000).

O papel de bombeador de fósforo pelas macrófitas aquáticas está ligado diretamente à capacidade de manutenção temporal deste fósforo na biomassa viva e nos detritos, sendo que a decomposição libera os nutrientes para a coluna d'água. Estas características marcantes estão presentes no ciclo de vida das macrófitas aquáticas emersas (BENTO et al., 2007).

Estudos de manejo e gerenciamento de macrófitas (experimentais e monitoramentos) permitem o conhecimento dos limites ecológicos das espécies (potencial de crescimento, resistência, limites de ocorrência, entre outros), facilitando a tomada de decisões sobre o manejo dessas plantas. Vários fatores afetam de formas diferentes a produtividade primária e o conhecimento desses fatores ainda é bastante escasso no nosso país (SANTOS, 2004).

Técnicas adequadas de manejo podem melhorar a qualidade da água, levando ao menor estresse dos organismos cultivados, promovendo melhor sobrevivência e

crescimento dos peixes, com descarga de água em condições ambientais aceitáveis (MACEDO & SIPAÚBA-TAVARES, 2005).

Os inconvenientes apresentados por plantas aquáticas estão associados com o crescimento excessivo e a morte natural, acelerando o assoreamento e elevando os teores de nutrientes durante a decomposição. Porém, se manejadas adequadamente as macrófitas mantem seu poder de filtração, absorção e biodegradação no biofilme associado às raízes, com atividades viáveis ou paliativas para a melhoria da qualidade da água de corpos aquáticos em processo de eutrofização (DINIZ et al., 2005). Segundo TAKAMURA et al. (2003) ambientes aquáticos com presença de macrófitas tendem a apresentar menores valores de condutividade, clorofila-a, fósforo total e nitrogênio total, do que ambientes com ausência de vegetação.

Macrófitas aquáticas possibilitam grande riqueza, abundância e diversidade de organismos associados, atraindo outros organismos, que passam a se relacionar entre si, enquanto utilizam as plantas como abrigo ou locais de forrageamento. Apesar disso, as macrófitas podem aumentar a complexidade do habitat em certos ecossistemas, possibilitando o crescimento da assembléia de organismos associados em atributos como abundância e riqueza, dessa forma, as macrófitas podem ser usadas como ferramenta de gestão ambiental, levando em conta sua biodiversidade e capacidade de restauração da qualidade da água (THOMAZ & CUNHA, 2010).

Importância do plâncton na qualidade da água

As comunidades planctônicas refletem os efeitos da influência antrópica nos ambientes aquáticos através da dinâmica dos táxons, com a alternância de dominância e populações, fato que na maioria das vezes indica alterações ambientais (PEREIRA et al., 2005). TRIPATHI & SHUKLA (1991) observaram grande redução das concentrações de nitrogênio, fósforo, sólidos suspensos, alcalinidade, amônia, dureza, carbono orgânico dissolvido e coliformes fecais em águas residuais, através tratamentos com macrófitas e fitoplâncton associados.

A importância da abundância e da composição do fitoplâncton na estruturação da comunidade zooplanctônica é bastante conhecida (ROTHHAUPT, 1990), bem como o efeito da herbivoria do zooplâncton sobre o fitoplâncton (GLIWICZ, 1975). Algas e bactérias têm importantíssimo papel na biosfera, sendo as responsáveis pela maior parte da produção primária na maioria dos ecossistemas aquáticos, formando a base da cadeia alimentar desses ecossistemas (BONACELLA & MAGOSSO, 1990).

Ajudar a manter o equilíbrio ecológico do ecossistema e indicar a qualidade ambiental é importante papel desempenhado pelas algas de água doce, onde os ambientes aquáticos eutrofizados geralmente propiciam florações, modificando o odor e sabor da água (BRANCO, 1986). Entre as espécies de algas bioindicadoras, destacam-se Chlorophyceae e Bacillariophyceae. A produção orgânica dos ecossistemas aquáticos depende dos seres fotossintetizantes representados pelo fitoplâncton e bactérias fotossintetizantes (ESTEVEZ, 1998).

A sucessão do fitoplâncton é controlada, principalmente, pela disponibilidade de nutrientes na água, sendo estes parâmetros também determinantes na dominância e na biomassa do fitoplâncton. As populações fitoplanctônicas também podem ser reguladas pela competitividade e pelas interações entre as espécies dominantes (GLIGORA et al., 2007).

Devido à introdução de novas técnicas como a microscopia eletrônica e a biologia molecular, abordagens e critérios para classificação taxonômica, a família Cyanophyceae passou a ser classificada dentro do reino Monera, no filo Cyanobacteria (HOFFMANN et al., 2005).

O filo Cyanobacteria possui uma grande importância ecológica, pois participa do ciclo global do carbono e disponibiliza o nitrogênio atmosférico, um gás inerte, aos organismos que não têm a capacidade de fixá-lo (SCREMIN-DIAS, 1999). Em ambientes aquáticos mudanças nas condições hidrológicas, na disponibilidade de nutrientes e alterações na cadeia alimentar podem levar ao desenvolvimento exagerado de Cyanobacteria, afetando outras populações fitoplanctônicas e também macrófitas (DONABAUM et al., 1999).

O zooplâncton é um grupo bastante afetado pela ação antrópica, estudos mostram que o grupo responde ao impacto de fatores ambientais naturais e antrópicos, principalmente em ambientes aquáticos fechados que são mais sensíveis a eutrofização (KIDEYS et al., 2000; SUSANA et al., 2008).

A riqueza de espécies depende de uma série de fatores de controle, no zooplâncton o declínio da riqueza de espécies pode ocorrer devido à mudança na composição fitoplantônica, já em viveiros ou tanques de criação de peixes, a predação afeta a estrutura da comunidade zooplanctônica (HOBÆK et al., 2002).

A maior riqueza e abundância do grupo Rotifera em viveiros e tanques de criação de peixes deve-se ao manejo alimentar, que promove o aumento de nutrientes na água, sendo favorável a dinâmica deste grupo de organismos (MACEDO & SIPAÚBA-TAVARES, 2005).

A tolerância às condições ambientais dos diferentes grupos que compõem a comunidade zooplanctônica (Rotifera, Copepoda e Cladocera), é outra forma do uso desta comunidade como indicadora das condições tróficas, sendo a dominância de Rotifera frequentemente associada ao aumento da eutrofização. Atualmente, sabe-se que embora os ambientes eutróficos-hipereutróficos favoreçam a dominância de Rotifera, na maioria dos ambientes aquáticos do Brasil, independentemente do estado trófico, é frequente a dominância de Rotifera tanto em densidade como em número de espécies (ROCHA et al., 1995).

Os grupos Cladocera, Rotifera e Copepoda merecem destaque nos ambientes aquáticos, pois, contribuem com 90% da biomassa total do zooplâncton. Estes grupos constituem a principal fonte de alimento para diferentes espécies de peixes, sendo o elo entre produtores e consumidores de nível superior na cadeia trófica. Exercem papel fundamental na reciclagem de nutrientes e são sensíveis às mudanças ambientais, apresentando respostas imediatas a qualquer alteração ambiental, servindo como indicadores de qualidade da água e do grau de trofia dos sistemas aquáticos (CARDOSO et al., 2008).

Na comunidade associada as macrófitas, o grupo Cladocera sofre mudanças em sua composição dependendo do tamanho do banco vegetal, da dominância de espécies predadoras e da migração de espécies entre áreas com e sem cobertura vegetal (LIMA et al., 1996). Cladocera, Copepoda e Rotifera de maior tamanho são organismos classificados como macrofiltradores e alimentam-se de partículas maiores, principalmente das algas nanoplanctônicas (SIPAÚBA-TAVARES & ROCHA, 2001).

A importância das macrófitas aquáticas como locais de permanência de organismos aquáticos tem sido reconhecida e amplamente enfatizada por numerosos autores, reconhecendo a importância da vegetação como habitat particular de numerosos invertebrados (DORNFELD & FONSECA-GESSNER, 2005). Compostos alelopáticos produzidos pelas macrófitas pode dificultar a colonização em sua superfície pelo plâncton, e às plantas concorrem diretamente pela luz e carbono com o fitoplâncton (GOPAL & GOEL, 1993).

LOCAL DE ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada em um viveiro do CAUNESP (21°15'S e 48°18'O) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Jaboticabal, SP) com fluxo contínuo de água, apresentando área de 3.800 m² e tempo de residência ao redor de 14 dias (SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991). O clima da região, segundo a classificação de Köpen é do tipo Cwc (PEEL et al., 2007), subtropical, seco no inverno e com chuvas no verão, a precipitação média anual é de 1200 a 1700 mm (CARVALHO & ASSAD, 2005), 590 metros de altitude, temperatura média anual de 22°C (SACRAMENTO & PEREIRA, 2003) e o solo é classificado como latossolo vermelho escuro franco argiloso-arenoso (MONTANARI et al., 2010).

O viveiro estudado recebe água diretamente de nascentes próxima à região de produção agrícola do campus, sofrendo influência direta no período de fertilização, todo o viveiro, inclusive as nascentes são protegidos por uma pequena mata ciliar (Figura 1). Outro agravante deste viveiro de abastecimento é que anteriormente foi utilizado como

sistema de criação de peixes. Porém, 15 anos atrás passou a funcionar como armazenador de água para o abastecimento de diversos viveiros e tanques de criação de peixes, camarões e rãs do CAUNESP, permanecendo ainda neste viveiro as espécies de peixes *Oreochromis niloticus* e *Astyanax* sp. que sobrevivem da própria biota aquática (SIPAÚBA-TAVARES, 2006).

Foram estabelecidos 6 pontos para as coletas das amostras de água na superfície do viveiro de abastecimento (0,10 m de profundidade), sendo: P₁= localizado próxima às nascentes (entrada de água); P₂ – P₃= laterais do viveiro (P₃ local de entrada de capivaras no viveiro), próximos ao ponto P₁; P₄ = no ponto mais profundo e central do viveiro e P₅ – P₆= nas caixas de saída de água (Figura 1 e 2). Em todos os pontos, as amostras de água foram coletadas mensalmente entre 8:00h e 10:00 h da manhã, entre junho de 2008 e maio de 2009. As metodologias utilizadas para identificação/contagem e na quantificação das variáveis físico-químicas estão explicadas com maiores detalhes nos próximos capítulos.



Figura 1. Imagem de satélite da área estudada com os respectivos pontos de coleta.



Figura 2. Indicação dos diferentes pontos de amostragem (P₁ – P₆) no viveiro de abastecimento estudado.

COLETAS DAS COMUNIDADES ASSOCIADAS AS MACRÓFITAS

Para as coletas de comunidades associadas foram estabelecidos 2 pontos para a amostragem, sendo: P_A = localizado próximo ao ponto de coleta P_5 , para a coleta de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e P_B = próximo ao ponto P_6 , para a coleta de *Salvinia auriculata* Aublet (Figura 3). O diagrama apresenta o procedimento de coleta das plantas com diversas lavagens para obtenção das comunidades associadas.

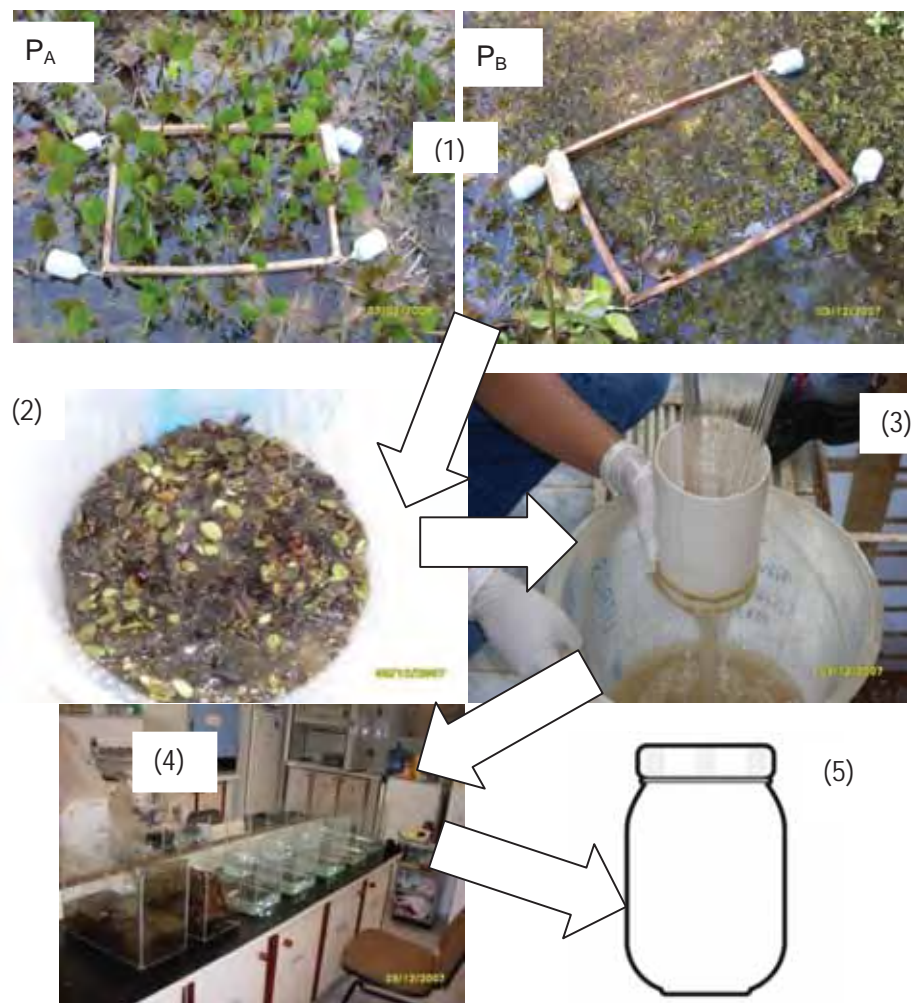


Figura 3. Esquema representando as coletas de comunidades associadas, onde: (1) coleta com o quadrante de 0,5 m², (2) transporte das macrófitas, (3) lavagem para separação das comunidades associadas das plantas, (4) concentração das amostras obtidas e (5) armazenamento em frascos de vidro.

OBJETIVOS GERAIS

- Verificar o efeito das macrófitas *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Salvinia auriculata* Aublet nas variáveis físicas, químicas e microbiológicas da água para abastecimento da aquicultura;
- Verificar o efeito das macrófitas *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Salvinia auriculata* Aublet sobre comunidade planctônica;
- Verificar o efeito da precipitação e da fauna local sobre a qualidade da água, sobre as macrófitas e nas comunidades planctônicas do viveiro;
- Sugerir manejos para melhoria da qualidade da água em sistema de abastecimento para aquicultura;

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S. O. Manejo da Reprodução Natural e Artificial e sua Importância na Produção de Peixes no Brasil. **Rev. Bras. Reprod. Animal**, vol.27, n.2, p.166-172, 2003.
- BENTO, L.; MAROTTA, H.; ENRICH-PRAST A. O Papel das Macrófitas Aquáticas Emersas o Ciclo do Fósforo em Lagos Rasos. **Oecol. Bras.**, vol.11, n.4, p.582-589, 2007.
- BONACELLA, P. H; MAGOSSO, L. R. **A Poluição das Águas**. São Paulo: Ed. Moderna, 1990.
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. Feasibility of retention structures settling basins, and best management practices in effluent regulation for Alabama channel catfish farming. **Rev. Fish Sci.**, vol.9, n.1, p.43-67, 2001.
- BOYD, C.E.; et al. Certification issues for some common aquaculture species. **Rev. Fish Sci.**, vol.13, n.1, p.231-279, 2005.
- BRAGA, B., et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Prentice Hall. São Paulo, 2005. 328 p.

- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª ed. – São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640 p.
- CARDOSO, L. S.; RAMOS, J. D.; MELLO, H. O. O. Composição, densidade e abundância das populações de Cladocera, Copepoda e Rotífera de áreas de proteção permanente do rio Uberabinha. **Em Extensão**, vol.7, n.2, p.95- 106, 2008.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Eng. Agríc.**, vol.25, n.2, p.377-384, 2005.
- COLE, D.W.; et al. Aquaculture: environmental, toxicological, and health issues. **Int. J. Hyg. Envir. Heal.**, vol.212, n.4, p.369-377, 2009.
- DINIZ, C. R.; et al. A. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. **Ver. Bras. Eng. Agr. Ambient**, vol.9, suplem., n.226-230, 2005.
- DONABAUM, K.; SCHAGERL, M.; DOKULIL, M. T. Integrated management to restore macrophyte domination. **Hydrobiologia**, vol. 395/396, n.0, p.87-97, 1999.
- DORNFELD, C. B.; FONSECA-GESSNER, A. A. Fauna de Chironomidae (Diptera) associada à *Salvinia* sp. e *Myriophyllum* sp. num reservatório do córrego do espraído, São Carlos, São Paulo, Brasil. **Entomol. Vectores**, vol.12, n.2, p.181-192, 2005.
- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 2 ed., 1998. 602p.
- GLIGORA, M.; et al. The relationship between phytoplankton species dominance and environmental variables in a shallow lake (Lake Vrana, Croatia). **Hydrobiologia**, vol.584, n.1, p. 337-346, 2007.
- GLIWICZ, Z. M. Effect of zooplankton grazing on photosynthetic activity and composition of phytoplankton. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, vol.19, p.1490-1497, 1975.
- GOPAL, B.; GOEL, U. Competition and allelopathy in aquatic plant communities. **Bot. Rev.**, vol.59, n.1, p.155-210, 1993.
- HOBBAEK, A.; MANCA, M.; ANDERSEN, T. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. **Acta Oecologica**, vol.23, n.3, p.155-163, 2002.

- HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J.; KASTOVSKY, J. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) - state in 2004. **Algological Studies**, vol.117, n.1, p.95-115, 2005.
- KIDEYS, A. E.; et al. A review of zooplankton investigations of the Black Sea over the last decade. **J. Marine Syst.**, vol.24, n.3-4, p.355-371, 2000.
- LIMA, A. F.; LANSAC-TÔHA, F. A.; BONECKER, C. C. The microcrustacean fauna of a floodplain lake and a tributary of the high River Paraná, in Mato Grosso do Sul, Brasil. **Stud. Neotrop. Fauna Environm.**, vol.31, n.1, p.112-116, 1996.
- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Morfometria e qualidade de água em viveiros sequenciais de criação de peixes: Centro de Aquicultura, Jaboticabal, SP. **BIOS**, vol.12, n.12, p.25-36, 2005.
- MONTANARI, R.; et al. Caracterização mineralógica de latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Rev. Ciência Agron.**, vol.41, n.2, 191-199, 2010.
- PADIAL, A. A.; BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. **Braz. J. Biol.**, vol.68, n.4, p.1051-1059, 2008.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sc.**, vol.11, p.1633-1644, 2007.
- PEREIRA, L. C. C.; et al. Effect of coastline properties and wastewater on plankton composition and distribution in a stressed environment on the North Coast of Olinda – PE (Brazil). **Braz. Arch. Biol. Tech.**, vol.48, n.6, p.1013-1026, 2005.
- ROCHA, O.; SENDACZ, S.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Composition, Biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnology in Brazil**. pp. 151-166. Rio de Janeiro : ABC/SBL, 1995
- ROTHHAUPT, K. O. Resource competition of herbivorous zooplankton: a review of approaches and perspectives. **Arch. Hydrobiol.**, vol.118, p.1-29, 1990.
- SACRAMENTO, C. K.; PEREIRA, F. M. Fenologia da floração da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, vol.25, n.1, p.19-22, 2003.

- SANTOS, A. M. Produtividade Primária de Macrófitas Aquáticas. **Limnotemas**, vol.4, n.1, p.3-35, 2004.
- SCREMIN-DIAS, E. Adaptações das plantas: O retorno à origem aquática. In: SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V. J.; HORA, R. C.; SOUZA, P. R. **Nos Jardins Submersos da Bodoquena: Guia para Identificação de Plantas Aquáticas de Bonito e Região**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 1999.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Utilização de biofiltros em sistema de cultivo de peixes. **Informe Agropecuário**, vol.21, n.203, p.38-43, 2000.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Uso racional da água: limnologia e plâncton**. f.217. Tese (Livre Docência em Aqüicultura – Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Aspectos limnológicos de um viveiro utilizado como abastecimento de água para sistemas de aqüicultura. **Bol. Téc. CEPTA**, vol.19, p.59-64, 2006.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; et al. Estudo batimétrico e morfométrico em represas. **Ciência Zootécnica**, vol.6, n.1, p.10-12, 1991.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BOYD, C. E. Macrophyte Biofilter For Treating Effluent From Aquaculture. **Twenty-Second Annual Technical Report. Aquaculture CRSP**, Oregon State University, Corvallis, Oregon, (pp.195-199.), 2005.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. **Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentação de Organismos Aquáticos**. São Carlos, ed. Rima, 2001. 106 p.
- SUSANA, J. P.; et al. Water quality and zooplankton composition in a receiving pond of the stormwater runoff from an urban catchment. **J. Environ. Biol.**, vol.28, n.5, p.693-700, 2008.
- TAKAMURA, N., et al. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. **Ecol. Res.**, vol.18, n.4, p.381-395, 2003.
- TEMPLETON, R. **Freshwater Fisheries Management**. Fishing News Books, Oxford, 1995. 241 p.

THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. **Acta Limno. Bras.**, vol.22, n.2, p.218-236, 2010.

TRIPATHI, B. D.; SHUKLA, S. C. Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants. **Environ. Poll.**, vol.69, n.1, p.69-78, 1991.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. Rima: São Carlos, 2003. 248 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. 632 p.

CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMUNIDADES ASSOCIADAS DE MACRÓFITAS EM VIVEIRO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

RESUMO: Este estudo busca analisar as interações das macrófitas *Salvinia auriculata* e *Eichhornia azurea*, com os parâmetros físico-químicos da água e a comunidade planctônica, de modo a determinar a influência destas macrófitas em um viveiro subtropical (21°15'S e 48°18'O), usado no abastecimento de água para aquicultura. Foram estabelecidos 2 pontos de coleta, sendo: P_A = para a coleta de *E. azurea* e P_B = para a coleta de *S. auriculata*, utilizando um quadrante de 0,5 m². Para separar as comunidades associadas às plantas foi realizada a lavagem das macrófitas e os organismos obtidos foram concentrados em redes de plâncton. *Salvinia auriculata* e *E. azurea* apresentaram diversidade semelhante de espécies e diferiram na abundância de organismos associados. *Eichhornia azurea* apresentou as maiores médias de massa seca e fresca, fósforo total, nitrogênio total e matéria orgânica. As algas planctônicas estiveram correlacionadas diretamente à biomassa de *E. azurea*. No zooplâncton associado, Rotifera e Protozoa foram dominantes nas duas macrófitas. *Eichhornia azurea* apresentou maiores concentrações de nutrientes e correlação direta com a comunidade fitoplanctônica, denotando maior aplicabilidade dessa espécie como filtro biológico na água.

Palavras-chave: *Eichhornia azurea*, *Salvinia auriculata*, fauna e flora associadas, biofiltro, aquicultura

ABSTRACT: Current study analyzes the interaction between the macrophytes *Salvinia auriculata* and *Eichhornia azurea* with physical-chemical parameters of water and the planktonic community for the adequate management of these plants in a water supply pond subtropical (21°15'S and 48°18'O). Two collection sites were established, namely, P_A = collection of *E.* and P_B = collection of *S. auriculata* by means of a 0.5 m²

quadrant. So that plant-associated communities could be separated, macrophytes were washed and the organisms obtained were placed in plankton nets. *S. auriculata* and *E. azurea* had a diversity similar to the species and differed ($p < 0.05$) in the abundance of associated organisms. *E. azurea* had the highest rates in dry and fresh mass, total phosphorus, total nitrogen and organic matter. Planktonic algae were directly correlated with the biomass of *E. azurea*. Rotifers and Protozoa among the associated zooplankton organisms had prevalent in the two macrophytes. *E. azurea* presented the highest concentration rate of nutrients and direct correlation with the phytoplankton community. The above fact denotes a high applicability of the species as a biological filter in water.

Keywords: *Eichhornia azurea*, *Salvinia auriculata*, associated fauna and flora, biofilter, aquaculture.

INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são produtoras primárias, frequentemente constituem as bases estruturais para os complexos ecossistemas aquáticos. Todavia, existe uma relação inversa entre diversidade da comunidade e a ação antrópica, sugerindo que as teias alimentares dos ecossistemas aquáticos podem também ser negativamente afetadas pelo desenvolvimento humano (HICKS & FROST, 2011).

As macrófitas formam estruturas perenes para fauna e flora, entretanto, muitas variáveis abióticas podem causar impacto negativo na comunidade associada às plantas, dentre elas estão os diferentes níveis de nutrientes na água, profundidade e temperatura (RABERG & KAUTSKY, 2007). Existem poucas informações disponíveis a respeito das algas que vivem associadas às macrófitas, porém, desempenham importante papel na organização energética e trófica (RUNDLE & SCHMID-ARAYA, 2002).

Geralmente as macrófitas apresentam mais organismos associados e maior diversidade em função do aumento substancial na superfície para a colonização e

alimento disponível, fornecendo também abrigo aos predadores, destacando-se organismos como bactérias, fungos, algas e protozoários (CARPENTER & LODGE, 1986).

A vegetação aquática absorve da água nutrientes essenciais para o crescimento. Talvez essa seja a razão para que um grande número de nichos e uma grande diversidade de espécies estejam associados às raízes das macrófitas. A matéria orgânica retida pelas plantas aquáticas pode ser diretamente utilizada como alimento pela macrofauna associada, com rápido retorno a cadeia trófica (SIPAÚBA-TAVARES & BRAGA, 2007).

A composição de macrófitas depende da disponibilidade de muitos recursos, como: luz, dióxido de carbono e nutrientes minerais (RONZHINA et al., 2010), sua constituição esta relacionada as características limnológicas do ambiente. Dessa forma, quanto menor o conteúdo mineral de uma espécie, maior será a sua contribuição em termos de matéria orgânica. Já espécies que armazenam maior quantidade de minerais tendem a contribuir mais diretamente para a ciclagem de nutrientes (HENRY-SILVA et al., 2001).

Pesquisas sobre a composição química de macrófitas são de grande importância, devido à necessidade de informações sobre a sua capacidade de estocar nutrientes (CIURLI et al., 2009), sua capacidade de absorver nutrientes (DEMARS & EDWARDS, 2009) e sobre o valor nutricional das plantas (SHEARER et al., 2007; LETERME et al., 2009).

O uso de macrófitas como filtro biológico pode contribuir para a melhoria da qualidade da água em sistemas de aquicultura. Assim, este estudo analisou como as macrófitas *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata* influenciam as variáveis físicas, químicas da água e as comunidades planctônicas associadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

A presente pesquisa foi conduzida em um viveiro usado no abastecimento de água para aquicultura (21°15'S e 48°18'O), o ambiente é abastecido por nascentes, tem fluxo contínuo de água, área de 3.800 m², tempo de residência ao redor de 14 dias, temperatura média de 24°C, pH 6,6, condutividade 32,5 µS.cm⁻¹ e fica próximo a uma área de produção agropecuária, foi usado anteriormente como sistema de criação de peixes, atualmente, funciona como reservatório de água para abastecer diversos viveiros e tanques de um sistema de aquicultura (SIPAÚBA-TAVARES, 2006). O ambiente é dominado por duas espécies de macrófitas, uma emergente *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e outra flutuante *Salvinia auriculata* Aublet, que cresceram naturalmente neste sistema. O clima da região, segundo classificação de Köpen é do tipo Cwc (PEEL et al., 2007), subtropical, seco no inverno e com chuvas no verão, a precipitação média anual é de 1200 a 1700 mm (CARVALHO & ASSAD, 2005), 590 metros de altitude, temperatura média anual de 22°C (SACRAMENTO & PEREIRA, 2003) e o solo é classificado como latossolo vermelho escuro franco argiloso-arenoso (MONTANARI et al., 2010).

Coleta das macrófitas e das comunidades associadas

Foram realizadas 4 coletas: agosto e dezembro de 2008 e, março e junho de 2009. Para a coleta das macrófitas foram estabelecidos 2 pontos, sendo: P_A para a coleta de *Eichhornia azurea* e P_B para a coleta de *Salvinia auriculata*. As amostras foram coletadas com quadrante de 0,5 m², e transportadas para o laboratório, onde procedeu-se a lavagem das plantas. A lavagem foi realizada com água filtrada, em aquários de 10 litros, as amostras foram lavadas sequencialmente, até que a água de lavagem apresentasse coloração clara. Em seguida, os organismos na água de lavagem foram concentrados em redes de plâncton progressivamente mais finas (200 µm, 58 µm e 25 µm de abertura de malha) e o sedimento depositado no fundo dos aquários foi lavado várias vezes até não aparentar nenhum organismo. As amostras de

organismos associados obtidas foram conservadas em frascos de vidro âmbar e fixadas em formol à 4 % e lugol.

Após a separação das comunidades associadas às plantas, estas foram pesadas para obtenção da massa fresca colocadas em estufa a 60°C, até peso constante obtendo-se, assim, a massa seca das macrófitas. A matéria orgânica foi obtida por incineração em mufla a 550°C durante quatro horas, o fósforo total na macrófita pelo método de ANDERSEN (1976) e o nitrogênio total utilizando o método de Kjeldahl, segundo ALLEN et al. (1974).

A quantificação do fitoplâncton, Rotífera e Protozoa foi realizada através da sedimentação e contagem em câmara de Sedgewick-Rafter através de sub-amostragens, sob microscópio binocular Leitz DMRB, com aumento de 100x, a identificação foi ao nível de gênero. A contagem de Inseto, Oligochaeta, Cladocera, Copepoda e Ostracoda foi realizada através de câmara reticulada em estereoscópio WILD em aumento de 50x. Insecta, Oligochaeta e Ostracoda foram identificados como grupo taxonômico, neste caso Classe, Subclasse e Classe, respectivamente. Copepoda e Cladodera foram identificados até nível de gênero.

Parâmetros físicos e químicos

As variáveis foram amostradas a 10 cm de profundidade. Temperatura, pH e condutividade foram analisados com uma sonda multiparâmetros HORIBA U-10; fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato e amônia foram determinados de acordo com GOLTERMAN et al. (1978) e KOROLEFF (1983). Clorofila-a foi avaliada por NUSCH (1980) e a transparência da água foi determinada com disco de Secchi.

Análise estatística

O teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste-U) foi utilizado para comparação entre períodos climáticos e entre as duas macrófitas, agrupando-se os dois pontos de coleta para comparação entre seca e chuva e, agrupando-se todas as coletas das macrófitas para comparação entre as espécies, caracterizando pseudo-réplicas ($n = 4$) (SIEGEL, 1975). A correlação de Pearson foi usada para encontrar níveis de correlação entre as variáveis limnológicas da água e das comunidades associadas aos parâmetros analisados nas macrófitas.

RESULTADOS

Em P_A a transparência da água apresentou menor e maior valor com 90 cm e 130 cm respectivamente, sendo também o ponto com maior média de transparência na água, não apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois pontos ou ao longo do tempo (Tabela 1).

O pH apresentou valores bastante próximos, sendo a média 7,65 no P_A e 7,60 em P_B (Tabela 1), este parâmetro correlacionou-se diretamente com a massa fresca de *E. azurea* e inversamente com a de *S. auriculata* (Tabela 2). O maior e menor valor de condutividade elétrica na água foram observados no término da estação chuvosa (mar/09) em P_A com $55 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $47 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no início da seca (jun/09), estes parâmetros não apresentaram diferença estatística significativa ($p > 0,05$) ao longo do tempo ou entre as plantas estudadas (Tabela 1).

A temperatura da água não diferiu ($p > 0,05$) entre os pontos de coleta e nem ao longo do tempo (Tabela 1), correlacionando-se inversamente com a biomassa e o fósforo de *S. auriculata* e, diretamente com a biomassa de *E. azurea* (Tabela 2). A condutividade da água, não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre as duas espécies, mas variou significativamente ao longo do tempo ($p < 0,05$) (Tabela 1), apresentando correlação direta com a massa seca de *E. azurea* e correlação inversa com a massa seca de *S. auriculata* (Tabela 2).

Tabela 1. Média, mínimo e máximo (entre parênteses), da temperatura, pH, transparência, condutividade, clorofila-a, nutrientes, massa seca, massa fresca das macrófitas e matéria orgânica nas macrófitas, fósforo total e nitrogênio total na planta (% MS = porcentagem em relação à massa seca). Resultado do teste-U de Mann-Whitney (Z) entre pontos de coleta e ao longo do tempo:

Váriáveis limnológicas	P _A	P _B	Z entre pontos	Z entre estações
Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,84 (nd-11,16)	4,19 (1,4-11,16)	-0,28 ^{ns}	1,58 ^{ns}
pH	7,65 (7,04-8,03)	7,6 (7,16-8,01)	0,00 ^{ns}	-2,31*
Transparência (cm)	111,25 (90-130)	106,25 (95-110)	0,72 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	49,5 (47-55)	48,25 (47-49)	-0,14 ^{ns}	-2,02*
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	21,35 (18,8-23,8)	21,45 (18,7-23,8)	0,72 ^{ns}	-1,15 ^{ns}
Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	35,78 (10,89-103,01)	39,21 (7,48-106,3)	-0,58 ^{ns}	-1,44 ^{ns}
Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	3,92 (2,16-5,61)	1,9 (2,68-4,81)	0,58 ^{ns}	-2,31*
Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	542,29 (473,5-729,9)	535,18 (429,0-627,4)	-0,29 ^{ns}	1,44 ^{ns}
Ortofosfato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	4,1 (nd-14,99)	3,32 (nd-10,3)	0,00 ^{ns}	-2,31*
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	30,27 (11,65-44,4)	30,34 (11,65-50,92)	-0,29 ^{ns}	-2,31*
Massa seca (g.m^{-2})	318,93 (241,6-414,8)	122,7 (87,96-177)	2,31*	-0,28 ^{ns}
Massa fresca (g.m^{-2})	3327,8 (2173-4159)	2393 (1713-3285)	1,44 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Matéria Orgânica (%MS)	84,75 (84-85,24)	79,05 (74,28-82,22)	2,31*	-0,58 ^{ns}
Fósforo total (%MS)	0,88 (0,82-0,94)	0,8 (0,73-0,89)	1,44 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Nitrogênio total (%MS)	1,61 (1,57-1,65)	0,99 (0,97-1,01)	2,31*	-0,58 ^{ns}

$n = 4$; Z = Teste U de Mann-Whitney, onde: * $p < 0,05$; ns - não significativo
nd - não detectável pela metodologia

A amônia apresentou maior valor médio ($39,21 \mu\text{g.L}^{-1}$), oscilando de $7,48 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $106,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P_B, mas não chegou a diferir estatisticamente de P_A ou entre as estações ($p > 0,05$). Tanto nitrito quanto o nitrato apresentaram maior valor médio em P_A, $3,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $542,29 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente. Somente o nitrito variou significativamente de acordo com a estação ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Tanto o ortofosfato como o fósforo total na água apresentaram baixas concentrações ao longo do estudo, sendo que o ortofosfato apresentou o maior valor $14,99 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P_A e o fósforo total $50,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P_B. Ambos os nutrientes apresentaram diferenças significativa ($p < 0,05$) somente entre as estações no período amostrado (Tabela 1) e relacionaram-se diretamente com o desenvolvimento em massa da *E. azurea* (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de r da correlação de Pearson entre as variáveis físicas e químicas da água e das macrófitas e, entre as variáveis das macrófitas e os parâmetros bióticos ($p < 0,05$), onde: MS = massa seca, MF = massa fresca, MO = matéria orgânica, PT = fósforo total e NT = nitrogênio total.

Físicos e Químicos	<i>E. azurea</i>	<i>S. auriculata</i>	Biológicos	<i>E. azurea</i>	<i>S. auriculata</i>
Temperatura e MS	0,99	-0,74	Cyanobacteria e MF	0,86	0,89
pH e MS	0,99	-0,71	Cyanobactéria e PT	-	0,89
Condutividade e MS	0,78	-0,88	Chlorophyceae e MF	0,80	-0,72
Condutividade e PT	0,85	-0,88	Chlorophyceae e PT	-	-0,72
Condutividade e NT	-	0,73	Chlorophyceae e NT	-	1,00
Transparência e PT	-0,95	-	Zygnematophyceae e MF	0,81	-
Fósforo Total e MS	0,86	-	Zygnematophyceae e NT	-	0,95
Fósforo Total e MO	-	0,83	Microsporaceae e MF	0,68	-
Fósforo Total e PT	-	-0,76	Bacillariophyceae e MF	0,90	0,64
Ortofosfato e MS	0,79	-0,51	Oedogoniaceae e PF	0,79	-
Ortofosfato e PT	0,82	-	Oedogoniaceae e NT	-	0,93
Amônia e MO	-0,48	0,73	Rotífera e MO	-0,90	-
Amônia e NT	-	0,95	Rotífera e PT	-0,73	-
Nitrato e MS	-0,70	0,86	Protozoa e MO	-	0,95
Nitrato e MO	0,70	-	Calanoida e MO	-0,81	-
Nitrato e NT	0,76	-	Cyclopoida e MO	-0,85	-
Nitrito e MS	0,98	-0,78	Ostracoda e MF	0,94	-0,83
Nitrito e NT	-	0,83	Ostracoda e MO	-	0,73
Clorofila-a e MS	0,85	-	Ostracoda e PT	-	-0,87
Clorofila-a e PT	0,73	-	Insecta e MO	-0,70	-

E. azurea apresentou a maior massa seca e fresca com médias de $318,93 \text{ g.m}^{-2}$ e $3.327,77 \text{ g.m}^{-2}$ respectivamente, a redução de peso da macrófita coincidiu com o término da estação chuvosa no fim do período de estudo (jun/09) (Figura 1). A massa seca entre as espécies variou significativamente ($p < 0,05$), sendo também observada correlação inversa entre a biomassa das duas espécies, sugerindo a competição entre as macrófitas por espaço físico para seu crescimento e obtenção de nutrientes (Figura 4).

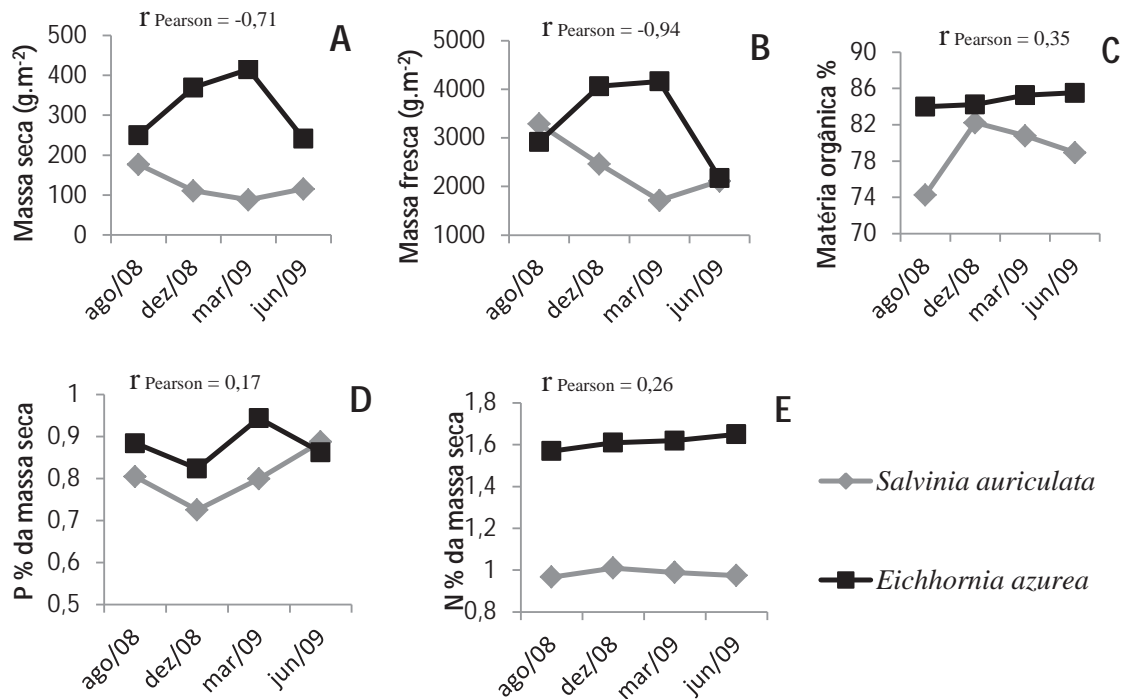


Figura 4. Valores das variáveis limnológicas mensuradas nas macrófitas ao longo das coletas, onde: A = massa seca (g.m^{-2}), B = massa fresca (g.m^{-2}), C = matéria orgânica %, D = porcentagem de fósforo em relação à massa seca, E = porcentagem de nitrogênio em relação à massa seca e r Pearson = correlação de Pearson para o parâmetro entre as macrófitas.

A macrófita *E. azurea* apresentou maiores valores de nitrogênio com média de 1,61% da massa seca, diferindo significativamente ($p < 0,05$) de *S. auriculata* que apresentou em média 0,99%. Em *S. auriculata* o nitrogênio da macrófita esteve inversamente correlacionado ao nitrito e a amônia presentes na água e, em *E. azurea* esteve relacionado positivamente ao nitrato, também em *S. auriculata* houve correlação direta da biomassa com o nitrogênio, fósforo e matéria orgânica das plantas (Tabelas 1 e 2).

No que concerne a concentração de clorofila-a na água, observou-se maior valor em P_B com $4,19 \text{ mg.L}^{-1}$, não diferindo ($p > 0,05$) temporalmente ou espacialmente (Tabela 1), apresentando correlação positivamente com a massa seca e o fósforo em *E. azurea* (Tabela 2).

Em relação as comunidades associadas foram encontrados 24 gêneros fitoplanctônicos sendo: 2 gêneros de Cyanobacteria, 5 de Chlorophyceae, 1 de Oedogoniophyceae, 10 de Zygnematophyceae, 1 de Microsporaceae e 5 de Bacillariophyceae (Figura 5 e Tabela 3).

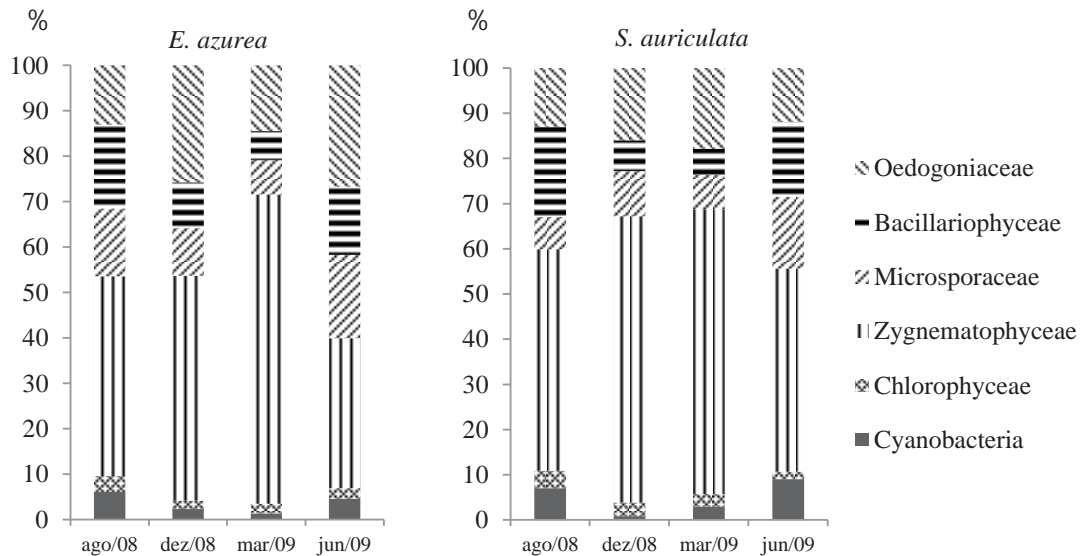


Figura 5. Abundância relativa dos grupos fitoplanctônicos associados às macrófitas analisadas.

No zooplâncton foram identificados 2 gêneros de Copepoda, 2 de Cyclopoida, 3 de Cladocera, 10 de Rotifera e 3 de Protozoa; Insecta foram identificados como adultos ou formas larvais, Oligochaeta e Ostracoda identificados apenas a nível de Classe (Figura 6 e Tabela 3).

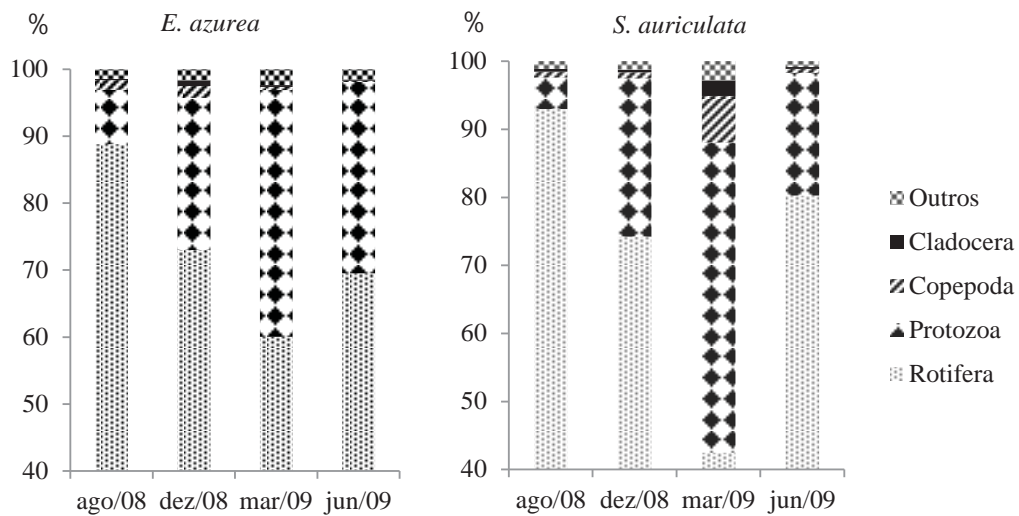


Figura 6. Abundância relativa dos organismos encontrados na fauna associada às macrófitas ao longo do período experimental, onde: Outros = Insecta, Ostracoda e Oligochaeta.

As algas planctônicas estiveram correlacionadas diretamente à biomassa em ambas as macrófitas. Os grupos Chlorophyceae, Zygnematophyceae e Oedogoniaceae apresentaram correlação direta com a matéria orgânica e o nitrogênio total de *S. auriculata*, todavia, Chlorophyceae correlacionou-se inversamente a massa fresca e ao fósforo na planta (Tabela 2).

Entre os organismos zooplanctônicos presentes somente Rotifera e Protozoa apresentam gêneros dominantes, com destaque para *Lecane* sp., *Proales* sp., *Prolanopsis* sp., *Colurella* sp. *Diffugia* sp. e *Vorticella* sp. que foram dominantes na fauna associada em ambas macrófitas. Rotifera apresentou a maior dominância chegando a 88,8% dos indivíduos em *E. azurea* e 92,96% dos indivíduos observados em *S. auriculata* (Figura 3). Entre os demais componentes da fauna associada, o grupo que apresentou maior dominância foram os insetos em formas larvais (Figura 3).

Na fauna associada apenas Ostracoda correlacionou-se positivamente a massa fresca de *E. azurea*. O aumento da densidade de Protozoa relacionou-se positivamente a matéria orgânica em *S. auriculata* (Tabela 2).

Tabela 3. Abundância e diversidade dos organismos associados às macrófitas (%).

Organismos	<i>E. azurea</i>	<i>S. auriculata</i>	Organismos	<i>E. azurea</i>	<i>S. auriculata</i>
Cyanobacteria			Calanoida		
<i>Microcystis</i> sp.	2,5	4,7	<i>Argyrodiaptomus</i>		
<i>Oscillatoria</i> sp.	1,1	0,3	<i>furcatus</i>	0,1	0,3
Chlorophyceae			<i>Nauplius</i>	0,1	0,2
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	0,5	0,7	Cyclopoida		
<i>Binuclearia</i> sp.	0,2	0,4	<i>Termocyclops decipiens</i>	0,6	1,3
<i>Coelastrum</i> sp.	1,3	0,9	<i>Nauplius</i>	0,2	0,6
<i>Pediastrum</i> sp.	0,2	0,5	Ostracoda	0,4	0,4
<i>Scenedesmus</i> sp.	0,2	0,3	Cladocera		
Zygnematoephyceae			<i>Alona</i> sp.	0,2	0,5
<i>Closterium</i> sp.	0,5	0,4	<i>Diaphanosoma birgei</i>	0,1	0,2
<i>Cosmarium</i> spp.	1,0	1,6	<i>Bosmina</i> sp.	0,1	0,1
<i>Desmidium</i> sp.	0,4	0,4	Inseto		
<i>Micrasterias</i> spp.	0,9	0,5	Adulto	0,2	0,1
<i>Netrium</i> sp.	1,2	1,9	Larval	0,9	0,8
<i>Pleurotaenium</i> sp.	1,2	0,9	Oligochaeta	0,2	0,1
<i>Spirogyra</i> sp.	1,7	1,0	Rotifera		
<i>Spondylosium</i> sp.	14,9	20,4	<i>Anuraeopsis</i> sp.	5,2	2,6
<i>Staurastrum</i> spp.	1,1	0,6	<i>Asplanchna</i> sp.	6,2	9,6
<i>Zygnema</i> sp.	25,6	27,5	<i>Brachionus</i> sp.	3,0	8,0
Microsporaceae			<i>Lecane</i> sp.	18,0	12,4
<i>Microspora</i> sp.	12,8	10,2	<i>Monnomata</i> sp.	10,7	4,5
Bacillariophyceae			<i>Proales</i> sp.	12,4	11,9
<i>Eunotia</i> spp.	2,1	4,2	<i>Prolanopsis</i> sp.	5,2	9,8
<i>Melosira</i> sp.	9,1	6,8	<i>Trichocerca</i> sp.	4,1	8,0
<i>Nitzschia</i> sp.	0,2	0,1	<i>Colurella</i> sp.	6,2	5,0
<i>Pinnularia</i> sp.	0,9	1,0	<i>Keratella</i> sp.	1,6	0,6
<i>Surirella</i> sp.	0,2	0,2	Protozoa		
Oedogoniaceae			<i>Arcella</i> sp.	4,1	10,0
<i>Oedogonium</i> sp.	20,0	14,7	<i>Diffugia</i> sp.	15,7	7,0
			<i>Vorticella</i> sp.	4,2	5,9

DISCUSSÃO

Os dados revelam que *S. auriculata* e *E. azurea* neste ambiente apresentaram diversidade semelhante, mas diferiram nas proporções de organismos associados. Para

ambas espécies, a biomassa e a área superficial foram os fatores que mais influenciaram no número de organismos associados.

Neste sistema, as macrófitas atuaram de forma conjunta equilibrando o pH, pois, a massa seca de *E. azurea* apresentou correlação direta com o pH ao passo que a massa seca de *S. auriculata* apresentou correlação inversa com o pH. A interação entre as macrófitas manteve o pH da água estável, próximo a neutralidade, visto que a degradação aeróbia de *E. azurea* alcaliniza o pH (ESTEVES & SUZUKI, 2010), sugerindo que a matéria orgânica e exsudatos das plantas permitem a estabilização do pH do sistema.

As macrófitas apresentaram diferentes comportamentos no que concerne a temperatura, *E. azurea* apresentou correlação direta com este parâmetro, enquanto que em *S. auriculata* ocorreu o inverso. As macrófitas emergentes, como *E. azurea*, apresentam maior capacidade de prosperar dentro de uma ampla gama de temperaturas (MADSEN & BRIX, 1997).

Segundo SMITH et al. (2009), a diversidade de macrófitas é proporcional a redução da condutividade, apesar de algumas espécies apresentarem maior capacidade de absorção de íons. A espécie *E. azurea* apresentou a massa seca correlacionada diretamente ao aumento da condutividade na água, indicando que a macrófita responde ao incremento do parâmetro, retirando íons da água na proporção que estes aparecem.

Foi encontrado baixo teor de clorofila-a nos dois pontos analisados e altos valores de transparência, indicando que as plantas possuem elevada participação na produtividade do sistema, evidenciando seu uso como filtro biológico para retenção de nutrientes e partículas do meio, reduzindo a eutrofização do sistema. Os efeitos da presença da comunidade de macrófitas são evidentes na biomassa fitoplanctônica e no nitrogênio inorgânico dissolvido; as plantas mantêm baixa biomassa fitoplanctônica e aumentam a desnitrificação (RUGGIERO et al., 2003). Todavia, neste estudo a massa seca de *E. azurea* apresentou correlação direta com a clorofila-a na água, indicando que o fitoplâncton e a macrófita apresentam interações que beneficiam o crescimento de ambos.

Em *E. azurea* a massa seca esteve diretamente relacionada ao fósforo total, ortofosfato e nitrato presentes na água, ao passo que em *S. auriculata* os mesmos parâmetros apresentaram-se inversamente correlacionados. HADAD & MAINE (2007), verificaram que macrófitas com maior biomassa tendem a ser bioacumuladoras de fósforo. A macrófita *S. auriculata* em condições de competição por espaço, como alta densidade, tende a reduzir seu ciclo de vida e produzir mais esporocarpos (COELHO et al., 2005). Após a morte da planta, a maior parte dos tecidos vegetais passam a fazer parte dos detritos e os microrganismos realizam a sua mineralização, liberando nutrientes na água (SHILLA et al., 2006).

KO et al. (2011) observaram que a maior taxa de absorção nitrogênio e fósforo em macrófitas ocorre durante o período de crescimento das plantas, tendendo depois a estabilização, com a absorção de nutrientes ocorrendo simultânea a liberação destes por processos de decomposição (HU et al., 2010). Neste estudo, observou-se que *E. azurea* concentrou maior quantidade de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o mesmo foi observado por COSTA & HENRY (2010) que estudando a composição das macrófitas, detectaram maiores estoques de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica em *E. azurea*, quando comparada a outras espécies encontradas no mesmo ambiente durante o estudo.

A espécie *Salvinia natans* apresenta maior taxa de crescimento em meio contendo apenas amônia, menor com apenas nitrato e crescimento intermediário em combinação de amônia e nitrato (JAMPEETONG & BRIX, 2009). Neste trabalho, os dados obtidos de matéria orgânica, massa seca e nitrogênio em *E. azurea* correlacionaram-se diretamente com a concentração do nitrato no ambiente e, a amônia na água foi o composto nitrogenado com maior correlação direta com o nitrogênio de *S. auriculata*, que por ser uma macrófita flutuante tende a ficar mais em contato com compostos voláteis como a amônia.

Os dados obtidos neste trabalho indicam que as macrófitas analisadas apresentam correlação direta entre o teor de matéria orgânica e nitrogênio na planta e, a matéria orgânica das macrófitas não apresentou correlação significativa com o fósforo total de nenhuma das espécies analisadas. Nos ambientes aquáticos, grande parte do

nitrogênio ocorre na forma orgânica, muitas vezes acumulado nos tecidos vegetais (CHILDERS et al., 2006).

O fósforo na macrófita *E. azurea* esteve correlacionado diretamente a presença de fósforo na água, o que caracteriza maior capacidade de absorção do nutriente de acordo com a disponibilidade deste no ambiente, o mesmo não ocorreu com *S. auriculata*. Segundo REDDY et al. (1999), *S. auriculata*, por ser uma macrófita flutuante, apresenta limitada capacidade de remover o fósforo, somente nos primeiros centímetros da coluna d'água e, *E. azurea* absorve nutrientes de toda a coluna d'água.

No viveiro selecionado, as macrófitas apresentaram correlação inversa entre si para biomassa, sugerindo a competição entre as espécies. Em estudos realizados por MARQUES-SILVA & THOMAZ (2009), foi identificado que espécies livre-flutuantes apresentam crescimento mais lento com a presença de *E. azurea*, porém, esta fornece uma facilitação mecânica, "ancorando" as plantas livre-flutuantes em ambientes mais expostos.

Neste trabalho os resultados obtidos mostram que a matéria orgânica foi superior em *E. azurea*, e segundo COSTA & HENRY (2010) espécies como *E. azurea*, *E. polystachya*, *Cyperus esculentus*, *Brachiaria arrecta*, *Polygonum spectabile* e *Ludwigia octovalvis* apresentam maiores concentrações de carbono quando comparadas com *Salvinia auriculata*, uma planta livre-flutuante. Os autores ainda afirmam que plantas emergentes possuem maiores concentrações de carbono que plantas flutuantes, tendo em vista que este elemento é o principal componente do sistema de suporte da planta.

No presente estudo foi encontrada grande densidade de organismos associados às plantas. BOGUT et al. (2009) detectaram um número de organismos significativamente superior nas macrófitas do que na água ou no sedimento e concluíram que vários tipos de macrófitas possuem variações nas comunidades associadas tanto na composição quanto na abundância da comunidade. Além disso, o sistema rizóide das macrófitas fornece alimento, oxigênio e um habitat para muitas espécies de animais (OHTAKA et al. 2011).

Entre os organismos planctônicos associados às macrófitas, o fitoplâncton foi dominante chegando a perfazer um total de 99% dos organismos observados

(SIPAÚBA-TAVARES et al., 2002). A mesma dominância foi obtida neste estudo, os altos índices de correlação direta observados entre a biomassa das macrófitas e as comunidades fitoplanctônicas associadas, confirmam esta relação.

Foi observado neste estudo, maior dominância de Zygnematophyceae, Microsporaceae e Oedogoniaceae. Alguns estudos demonstram que a matéria orgânica das plantas pode favorecer as populações fitoplanctônicas (AKÉ-CASILLO & VÁZQUEZ, 2008), outros estudos realizados por FRANKOVICH et al. (2006) e PHIRI et al. (2007) destacaram a dominância de Diatomácea associada a macrófitas.

Neste estudo, Chlorophyceae relacionou-se inversamente ao aumento da massa fresca de *S. auriculata*. MULDERIJ et al. (2005) verificaram que macrófitas podem afetar as populações fitoplanctônicas diferencialmente, assim, como baixas concentrações de fósforo no ambiente podem inviabilizar o desenvolvimento de macrófitas, permitindo a dominância de algas epifíticas (JOHNSON et al., 2006).

Neste estudo, nas quantificações realizadas foi observada a dominância e maior número de espécies em Rotifera, é comum o grupo ser dominante em ambientes que sofreram ação antrópica, por apresentarem rápida reprodução e adaptação às mudanças ambientais (DAHMS et al., 2011). Protozoa foi o segundo em número de indivíduos, correlacionando-se diretamente com a matéria orgânica de *S. auriculata*. Segundo MIECZAN (2007), as populações de Protozoa em ambientes aquáticos estão diretamente relacionadas à presença de sólidos suspensos, gerados por macrófitas de rápido ciclo de vida como *S. auriculata*.

A migração do zooplâncton entre os bancos de macrófitas depende do risco de predação e das condições alimentares, tendo em vista que as macrófitas podem produzir exsudados que suprimem alguns grupos zooplanctônicos (LAURIDSEN et al., 1996). Neste trabalho, Ostracoda foi o único grupo zooplanctônico a correlacionar-se diretamente a massa fresca de *E. azurea* e inversamente a este parâmetro em *S. auriculata*, sendo este grupo considerado eficiente indicador de qualidade da água (PIERI et al. 2010).

A comunidade de Insecta, apesar de ocorrer em uma densidade bastante inferior a de Protozoa e Rotifera, o grupo apresenta grande influência no ambiente, devido a

maior biomassa e capacidade de limitar o crescimento de *Eichhornia* sp., sem eliminá-la do ambiente, através da herbivoria (COETZEE et al., 2007). Neste estudo, houve correlação inversa entre as populações de insetos e a matéria orgânica das macrófitas, sugerindo a redução da matéria orgânica nas macrófitas pela herbivoria dos insetos no sistema.

As duas macrófitas que dominam o sistema contribuem para a manutenção da boa qualidade de água para abastecimento, removendo nutrientes da água e os estocando, permitindo o estabelecimento de uma grande comunidade associada, com dominância do fitoplâncton, principalmente: *Spondylosium* sp., *Zygnema* sp., *Microspora* sp. e *Oedogonium* sp. No zooplâncton destacou-se a presença de grupos herbívoros com baixa biomassa, como Rotífera e Protozoa. Todavia, a macrófita *E. azurea* apresentou fósforo e nitrogênio correlacionados a disponibilidade de nutrientes na água e, a massa seca apresentou correlação direta com a biomassa fitoplanctônica, que atua removendo constantemente nutrientes da água, denotando maior aplicabilidade desta macrófita como filtro biológico neste sistema de abastecimento. Ao passo que a macrófita *S. auriculata*, apresentou maior competição com os grupos fitoplanctônicos e sua biomassa não acompanhou a variação da quantidade de nutrientes na água.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo nº2008/54954-7) e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro autor. Agradecemos também aos colegas do Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton do CAUNESP pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

- AKÉ-CASTILLO, J. A.; VÁSQUEZ, G. Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. **Est. Coast. Shelf S.**, vol.78, n.4, p.705-714, 2008.
- ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. **Chemical Analysis of Ecological Materials**. Oxford, Blackwell, 1974. 565 p.
- ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Res.**, vol.10, p.329-331, 1976.
- BOGUT, I.; et al. Epiphytic meiofauna in stands of different submerged macrophytes. **Ekoloji**, vol.18, n.70, p.1-9, 2009.
- CARPENTER, S. R.; LODGE, D. M. Effect of submersed macrophytes on ecosystem processes. **Aquat. Bot.**, vol.26, p.341-370, 1986.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Eng. Agríc.**, vol.25, n.2, p.377-384, 2005.
- CHILDERS, D. L.; et al. Relating precipitation and water management to nutrient concentrations in the oligotrophic “upside-down” estuaries of the Florida Everglades. **Limnol. Oceanogr.**, vol.51, n.1, p.602-616, 2006.
- CIURLI, A.; ZUCCARINI, P.; ALPI, A. Growth and nutrient absorption of two submerged aquatic macrophytes in mesocosms, for reinsertion in a eutrophicated shallow lake. **Wetl. Ecol. Manag.**, vol.17, n.2, p.107-115, 2009.
- COELHO, F.F.; LOPES, F. S.; SPERBER, C. F. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. **Aquat. Bot.**, vol.81, n.4, p.343-352, 2005.
- COETZEE, J. A.; BYRNE, M. J.; HILL, M. P. Impact of nutrients and herbivory by *Eccritotarsus catarinensis* on the biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. **Aquat. Bot.**, vol.86, n.2, p.179-186, 2007.

- COSTA, M. L. R.; HENRY, R. Phosphorus, nitrogen, and carbon contents of macrophyte in lakes lateral to a tropical river (Paranapanema River, São Paulo, Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, vol.22, n.2, p.122-132, 2010.
- DAHMS, H. U.; HAGIWARA, A.; LEE, J. S. Ecotoxicology, Ecophysiology, and Mechanistic studies with rotifers. **Aquat. Toxicol.**, vol.101, n.1, p.1-12, 2011.
- DEMARS, B. O. L.; EDWARDS, A. C. Distribution of aquatic macrophytes in contrasting river systems: A critique of compositional-based assessment of water quality. **Sci. Total Environ.**, vol.407, n.2, p.975-990, 2009.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Limnological variables and nutritional content of submerged aquatic macrophytes in a tropical lagoon. **Acta Limnol Bras**, vol.22, n.2, p.187-198, 2010.
- FRANKOVICH, T. A.; et al. Spatial and temporal distributions of epiphytic diatoms growing on *Thalassia testudinum* Banks ex König: relationships to water quality. **Hydrobiologia**, vol.569, n.1, p.259-271, 2006.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater**. London, Blackwell Sci. Publ, 1978. 213 p.
- HADAD, H. R.; MAINE, M. A. Phosphorus amount in floating and rooted macrophytes growing in wetlands from the Middle Paraná River floodplain (Argentina). **Ecol. Eng.**, vol.31, n.4, p.251-258, 2007.
- HENRY-SILVA, G. G.; et al. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, vol.13, n.2 p.11-17, 2001.
- HICKS, A. L.; FROST, P. C. Shifts in aquatic macrophyte abundance and community composition in cottage developed lakes of the Canadian Shield. **Aquat. Bot.**, vol.94, n.1, p.9-16, 2011.
- HU, L.; et al. Nutrient removal in wetlands with different macrophyte structures in eastern Lake Taihu, China. **Ecol. Eng.**, vol.36, n.12, p.1725-1732, 2010.
- JAMPEETONG, A.; BRIX, H. Nitrogen nutrition of *Salvinia natans*: Effects of inorganic nitrogen form on growth, morphology, nitrate reductase activity and uptake kinetics of ammonium and nitrate. **Aquat. Bot.**, vol.90, n.1, p.67-73, 2009.

- JOHNSON, M. W.; HECK JR, K. L.; FOURQUREAN, J. W. Nutrient content of seagrasses and epiphytes in the northern Gulf of Mexico: Evidence of phosphorus and nitrogen limitation. **Aquat. Bot.**, vol.85, n.2, p.103-111, 2006.
- KO, C. H.; et al. The correlations between system treatment efficiencies and aboveground emergent macrophyte nutrient removal for the Hsin-Hai Bridge phase II constructed wetland. **Bioresource Technol.**, vol.102, n.9, p.5431-5437, 2011.
- KOROLEFF, F. Determination of ammonia. In: Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K, **Methods of Seawater Analysis: Second, Revised and Extended Edition**. Verlag Chemie Weinheim, New York. p. 150-157, 1983.
- LAURIDSEN, T.; PERSERSEN, L. J.; JEPPESEN, E. The importance of macrophyte bed size for cladoceran composition and horizontal migration in a shallow lake. **J Plankton Res.**, vol.18, n.12, p.2283-2294, 1996.
- LETERME, P.; et al. Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. **Anim. Feed Sci. and Tech.**, vol.149, n.1-2, p.135-148, 2009.
- MADSEN, T. V.; BRIX, H. Growth, photosynthesis and acclimation by two submerged macrophytes in relation to temperature. **Oecologia**, vol.110, n.3, p.320-327, 1997.
- MARQUES-SILVA, G. G.; THOMAZ, S. M. Biological interactions in the co-occurrence of *Eichhornia azurea* and free-floating macrophytes. **Acta Sci. Biol. Sci.**, vol.31, n.4, p.355-361, 2009.
- MIECZAN, T. Size spectra and abundance of planktonic ciliates within various habitats in a macrophyte-dominated lake (Eastern Poland). **Biologia**, vol.62, n.2, p.189-194, 2007.
- MONTANARI, R.; et al. Caracterização mineralógica de latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Rev. Ciência Agron.**, vol.41, n.2, 191-199, 2010.
- MULDERIJ, G.; et al. Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from *Stratiotes aloides*. **Aquat. Bot.**, vol.82, n.1, p.284-296, 2005.
- NUSCH, E. A. Comparison of different method for chlorophyll and pheopigments determination. **Arch. Hydrobiol.**, vol.14, p.14-36, 1980.

- OHTAKA, A.; et al. Composition of aquatic invertebrates associated with macrophytes in Lake Tonle Sap, Cambodia. **Limnology**, vol.12, n.2, p.137-144, 2011.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sc.**, vol.11, p.1633-1644, 2007.
- PHIRI, C., et al. Epiphytic diatoms associated with a submerged macrophyte, *Vallisneria aethiopica*, in the shallowmarginal areas of Sanyati Basin (Lake Kariba): a preliminary assessment of their use as biomonitoring tools. **Aquat. Ecol.**, vol.41, n.2, p.169-181, 2007.
- PIERI, V.; VANDEKERKHOVE, J.; GOI, D. Ostracoda (Crustacea) as indicators for surface water quality: a case study from the Ledra River Basin (NE Italy). **Hydrobiologia**, Ostracoda – Biostratigraphy and Applied Ecology, 2010.
- RABERG, S.; KAUTSKY, L. Consumers affect prey biomass and diversity through resource partitioning. **Ecology**, vol.88, n.10, p.2468-2473, 2007.
- REDDY, K. R. R.; et al. Phosphorus retention in streams and wetlands: A Review. **Critical Rev. Environ. Sci. Tech.**, vol.29, n.1, p.83-146, 1999.
- RONZHINA D. A.; IVANOVA, L. A.; P'YANKOVB, V. I. Chemical Composition of Leaves and Structure of Photosynthetic Apparatus in Aquatic Higher Plants. **Russ. J. Plant. Physiol+**, vol.57, n.3, p.368-375, 2010.
- RUGGIERO, A.; SOLIMINI, A. G.; CARCHINI, G. Nutrient and chlorophyll α temporal patterns in eutrophic mountain ponds with contrasting macrophyte coverage. **Hydrobiologia**, vol.506, n.1-3, p.657-663, 2003.
- RUNDLE, S. D.; SCHMID-ARAYA, J. M. **Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology**. Backhuys Publishers, Leiden, 2002. 620 p.
- SACRAMENTO, C. K.; PEREIRA, F. M. Fenologia da floração da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, vol.25, n.1, p.19-22, 2003.
- SHEARER, J. F.; GRODOWITZ, M. J.; MCFARLAND, D. G. Nutritional quality of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and its effects on a fungal pathogen *Mycoleptodiscus terrestris* (Gerd.) Ostazeski. **Biol. Control**, vol.41, n.2, p.175-183, 2007.

- SHILLA, D.; et al. Decomposition of dominant submerged macrophyte: implications for nutrient release in Myall Lake, NSW, Australia. **Wetl. Ecol. Manag.**, vol.14, n.5, p.427-433, 2006.
- SIEGEL, S. **Non-Parametric Statistics for the behavioral sciences**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Limnological aspects of a pond used as water supply for aquaculture systems. **BOL. TÉC. CEPTA**, vol.19, p.59-64, 2006.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. S. The feeding activity of *Colossoma macroporum* larvae (tambaqui) in fishponds with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fertilizer. **Braz. J. Biol.**, vol.67, n.3, p.459-466, 2007.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plant. **Braz. J. Biol.**, vol.62, n.4a, p.713-723, 2002.
- SMITH, M. J; et al. Assessing changes in macrophyte assemblages with salinity in non-riverine wetlands: A Bayesian approach. **Aquat. Bot.**, vol.90, n.2, p.137-142, 2009.

CAPÍTULO 3 - ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DE UM VIVEIRO COBERTO POR MACRÓFITAS USADO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar, durante a estação seca e estação chuvosa, os fatores que influenciam a qualidade da água de um viveiro, coberto por macrófitas, utilizado como sistema de abastecimento de água para aquicultura, evidenciando o efeito das plantas como filtro biológico. Foram estabelecidos 6 pontos para a coleta das amostras de água na superfície do viveiro, envolvendo entradas e saídas da água. As coletas foram realizadas mensalmente entre junho de 2008 e maio de 2009. Os pontos de entrada de água no viveiro apresentaram maiores concentrações de nutrientes com elevado estado trófico e, a entrada de capivaras nestes locais promoveu a suspensão do sedimento e aumento de coliformes fecais. Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) nas concentrações de nutrientes na água entre seca e chuva, com o escoamento de água, gerado pela precipitação, carreando material do entorno do viveiro para a água. O sistema estudado sofre influência direta da precipitação e da ausência de manejo adequado da área do entorno. Durante a estação chuvosa, houve aumento da concentração de nutrientes, coliformes fecais e redução do oxigênio dissolvido na água, devido a precipitação que trouxe material alóctone da área ao redor do viveiro e da presença de capivaras (*Hidrochoerus hidrochoeris*), afetando negativamente as variáveis do sistema de abastecimento.

Palavras-chave: limnologia, qualidade de água, estado trófico, precipitação, coliformes fecais.

ABSTRACT: The factors influencing water quality of a macrophyte-covered pond used as a water supply for aquaculture was evaluated during the dry and rainy seasons. Six sites for the collection of water samples placed at the water inflows and outflows

were established. Collections were carried out monthly between June 2008 and May 2009. Sites at water inflow in the pond had greater nutrient concentrations and high trophic rates. Moreover, capybaras in the area caused sediment suspension and an increase in fecal coliforms. There are significant differences ($p < 0.05$) in the concentrations of nutrients in water between the dry and rainy seasons. The outflow of water caused by rain carried the material around the pond directly into the water. The above-mentioned system was directly influenced by rain and lack of adequate management of the surrounding area. During the rainy season water quality deteriorated by an increase in nutrient concentrations, fecal coliforms and reduction of dissolved oxygen in the water. This was due to allochthonous material from the area surrounding the pond which affected negatively the supply system.

Keywords: limnology, water quality, trophic state, rainfall, fecal coliforms.

INTRODUÇÃO

Estudos limnológicos são essenciais para compreender os ambientes aquáticos, fundamentando o uso adequado da água, propiciando assim, conhecimentos que poderão gerar técnicas adequadas de manejo, garantindo o abastecimento de água em condições adequadas para aquicultura. Considerando que os recursos aquáticos têm significativa importância ecológica, econômica e social, a qualidade dos ecossistemas aquáticos afetam toda a sociedade (CALIJURI et al., 2008).

A proteção de corpos aquáticos envolve três aspectos básicos: proteção das nascentes, tratamento da água e manutenção da integridade dos ambientes aquáticos (PLUMMER & LONG, 2007). Em geral, a principal fonte de água para a manutenção de tanques e viveiros de aquicultura são as nascentes, que podem ser negativamente afetadas pela enxurrada de água provenientes de áreas próximas (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2007).

A atividade agropecuária nas áreas próximas aos sistemas de aquicultura pode afetar a qualidade da água, modificando a quantidade de nutrientes na água e no sedimento, ressaltando a necessidade de matas ciliares que protejam efetivamente o ambiente do escoamento de águas provenientes de áreas agrícolas e pastagens (MEADOR & GOLDSTEIN, 2003). A precipitação, através do escoamento superficial, também contribui com material alóctone carreando substâncias do entorno da bacia, promovendo alterações na qualidade da água dos corpos receptores (NEILL et al., 2004).

Ambientes que recebem o escoamento de água de áreas agrícolas têm elevados níveis de nutrientes, altos teores de clorofila-a e grande quantidade de partículas em suspensão (SILVA & SACOMANI, 2001; BRAINWOOD & MAHESHWARI, 2004). A eutrofização de corpos d'água muitas vezes deriva do fornecimento de nutrientes oriundos do ambiente terrestre (TAGUCHI & NAKATA, 2009). Apesar de todos os progressos na compreensão da eutrofização, a reversão do processo ainda representa um desafio, indicando que a melhor estratégia é a conservação, ao invés da restauração de ambientes (SUDING et al., 2004).

No que concerne às plantas aquáticas, alguns inconvenientes são o crescimento excessivo e morte natural, elevando os teores de nutrientes durante a decomposição, porém, com manejo adequado, mantem-se o poder de filtração, absorção e biodegradação, contribuindo para a melhoria da qualidade da água de ambientes em processo de eutrofização (RUGGIERO et al., 2003; JONIAK et al., 2007; LISHAWA et al., 2010).

Este estudo avaliou os fatores que influenciam a qualidade da água em viveiro de abastecimento de água para sistema de criação de organismos aquáticos nas estações seca e chuvosa, determinando o efeito das macrófitas existentes sobre as variáveis físicas, químicas e microbiológicas, através da comparação entre as entradas e saídas de água. Indicando, assim, se o viveiro possui condições adequadas para servir de abastecimento para os tanques e viveiros de aquicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e período de coleta

A presente pesquisa foi conduzida em um viveiro dominado pelas macrófitas *Salvinia auriculata* Aublet e *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e é usado no abastecimento de água para aquicultura (21°15'S e 48°18'O). O ambiente é abastecido por nascentes, tem fluxo contínuo de água, área de 3.800 m², tempo de residência ao redor de 14 dias, temperatura média de 24°C, pH 6,6, condutividade 32,5 µS.cm⁻¹ e fica próximo a uma área de produção agropecuária, foi usado anteriormente como sistema de criação de peixes, permanecendo ainda neste viveiro as espécies de peixes *Oreochromis niloticus* e *Astyanax* sp., atualmente, funciona como reservatório de água para abastecer diversos viveiros e tanques de um sistema de aquicultura (SIPAÚBA-TAVARES, 2006). O clima da região, segundo classificação de Köpen é do tipo Cwc (PEEL et al., 2007), subtropical, seco no inverno e com chuvas no verão, a precipitação média anual é de 1200 a 1700 mm (CARVALHO & ASSAD, 2005), 590 metros de altitude, temperatura média anual de 22°C (SACRAMENTO & PEREIRA, 2003) e o solo é classificado como latossolo vermelho escuro franco argiloso-arenoso (MONTANARI et al., 2010).

As coletas foram realizadas mensalmente entre junho de 2008 e maio de 2009. As amostras de água foram coletadas na superfície (0,10 m de profundidade) em 6 pontos, sendo: P₁= localizado próximo às nascentes (entrada de água das nascentes e da enxurrada do entorno); P₂ – P₃= laterais do viveiro e locais de entrada de enxurrada de água durante a estação chuvosa; P₄ = no ponto mais profundo e central do viveiro; e P₅ – P₆= nas saídas de água. Os pontos P₁, P₂ e P₃ são locais de entrada de capivaras (*Hydrochoerus hydrochoeris*, Linnaeus 1766) no viveiro de abastecimento e o ambiente é protegido por uma pequena mata ciliar, como indicado na figura 7.

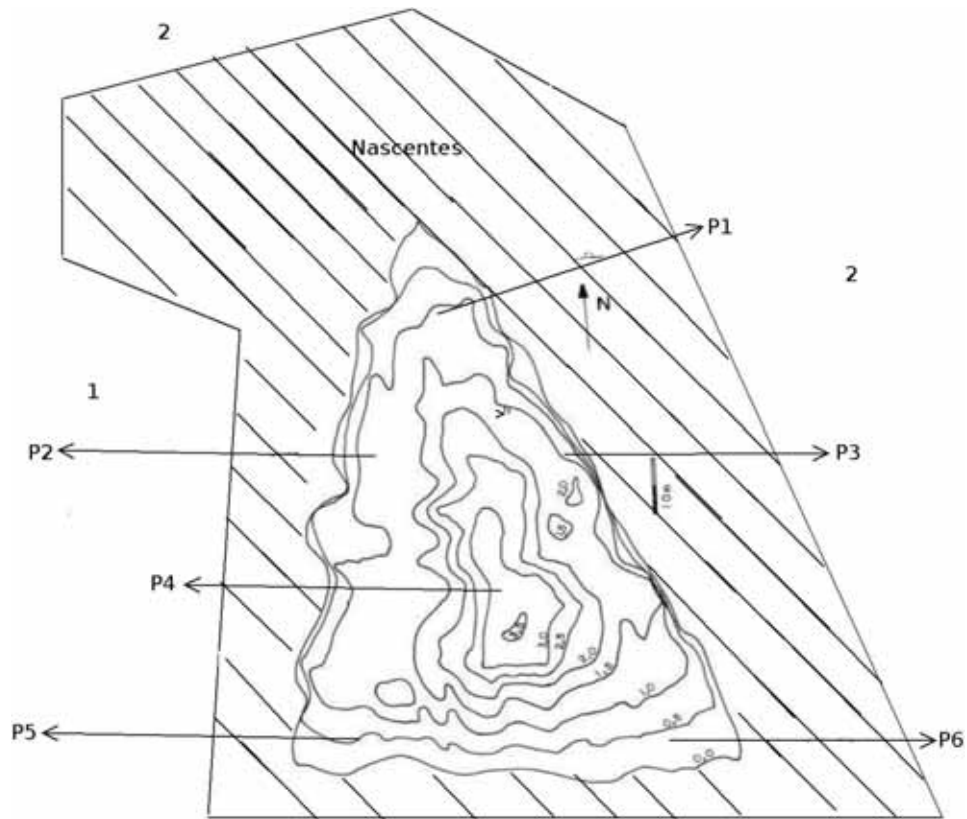


Figura 7. Desenho morfométrico do viveiro de abastecimento evidenciando os pontos amostrais (P_1 – P_6) no viveiro de abastecimento, onde: (1) setor de bovinocultura, (2) setor de ovinocultura (adaptado de SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991) e a área hachurada representa a mata ciliar ao redor do viveiro.

Variáveis limnológicas

As variáveis limnológicas temperatura, condutividade e pH foram medidas com sonda multiparâmetros HORIBA U-10. O oxigênio dissolvido foi medido com oxímetro YSI-55. Os nutrientes nitrito, nitrato, ortofosfato e fósforo total foram determinados de acordo com GOLTERMAN et al. (1978) e a amônia de acordo com KOROLEFF (1983). A clorofila-a foi determinado pelo método de NUSCH (1980); a DBO_5 e sólidos em suspensão de acordo com BOYD & TUCKER (1992); fósforo e matéria orgânica no sedimento segundo metodologia de ANDERSEN (1976) e coliformes fecais e

Escherichia coli de acordo com GREENBERG et al. (1992). A transparência da água foi medida através do disco de Secchi. Os valores de precipitação (média mensal) foram obtidos junto a Estação Agroclimatológica da UNESP de Jaboticabal.

Índice de estado trófico

Para avaliar o nível de trofia, foi aplicado o índice de estado trófico (IET) desenvolvido por Carlson, modificado por TOLEDO et al. (1983). O IET é composto pela média obtida da somatória do índice de estado trófico da clorofila-a (IETCI) com o índice de estado trófico do fósforo (IETP).

Análise estatística

Os dados coletados mensalmente foram agrupados em seca e chuva, sendo que de novembro a abril foram os meses da estação chuvosa e de junho a outubro mais maio os meses da estação seca. Para os fatores ambientais e coliformes, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste-U) para comparação entre períodos climáticos, como também para comparar o agrupamento dos pontos P₁, P₂ e P₃ que são cobertos por macrófitas, com entrada de água e de animais, em relação aos pontos P₄, P₅ e P₆ que envolvem locais de transição entre o centro do viveiro e as saídas de água, dentro de cada estação. O teste de Kruskal-Wallis também foi utilizado para comparação entre pontos de coletas em cada estação (SIEGEL, 1975). A avaliação dos resultados limnológicos foi feita através da análise multivariada dos dados. A Análise dos Componentes Principais (ACP) determinou a variabilidade dos dados ambientais no período seco e no chuvoso, de modo a determinar as relações entre as variáveis e os pontos de coleta (MANLY, 1986). Foi utilizada matriz de covariância, sendo os dados

transformados pela amplitude de variação “ranging”. Todas as análises foram realizadas no software Statistica 8.0.

RESULTADOS

Na análise de componentes principais conduzida com as variáveis limnológicas obtidas durante todo período de monitoramento, os três primeiros componentes resumiram 87% das informações originais disponíveis (Figura 8).

No eixo 1 (45%) ocorre uma nítida oposição entre os pontos P₁, P₂ e P₃ na estação chuvosa com os pontos P₄, P₅ e P₆ na estação seca, evidenciando pontos de maior e menor carga de nutrientes, matéria orgânica e coliformes fecais no ambiente (Figura 8-A). No eixo 1 os pontos P₄, P₅ e P₆ na seca estão fortemente relacionados a transparência e ao oxigênio dissolvido e, os pontos P₁, P₂ e P₃ durante o período chuvoso estiveram relacionados ao nitrito, pH, precipitação, temperatura, ortofosfato, amônia, fósforo total, clorofila-a, DBO₅, matéria orgânica Chuva nento, fósforo no sedimento, STS, coliformes totais e *Escherichia coli* (Figura 8-A).

No eixo 1 observa-se forte correlação entre a matéria orgânica e o fósforo no sedimento, sendo também esses fatores relacionados com o fósforo total dissolvido na água e outros nutrientes (Figura 8-A).

No eixo 2 (29%) foi observado uma nítida oposição entre os pontos P₄, P₅ e P₆ na estação chuvosa com P₁, P₂ e P₃ na seca, sendo que estes pontos da seca estiveram relacionados ao nitrato e STD (Figura 8-A). No eixo 3 (13%) o ponto P₃ na seca esteve fortemente relacionado a condutividade (Figura 8-B).

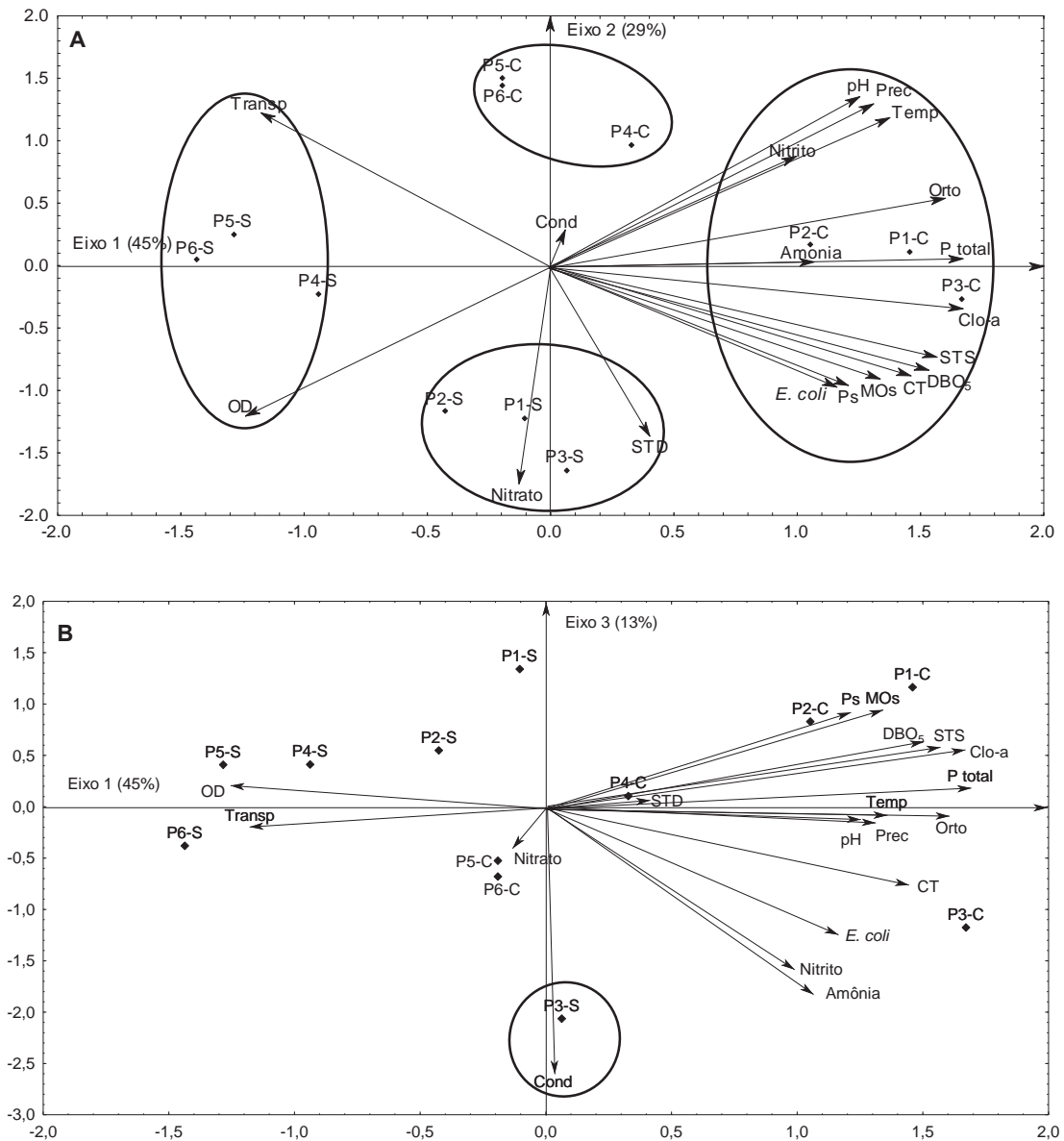


Figura 8. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis limnológicas amostradas no viveiro, onde: A = representação dos dois primeiros componentes, B = representação do primeiro e terceiro componente, S = seca, C = chuva, OD = oxigênio dissolvido, Prec = precipitação, Orto = ortofosfato, Cond = condutividade, MOs = matéria orgânica no sedimento, Ps = fósforo no sedimento, Prec = Precipitação, CT = coliformes totais, *E. coli* = *Escherichia coli*, STS = sólidos totais suspensos, STD = sólidos totais dissolvidos, Temp = temperatura, Clo a = clorofila-a e P total = fósforo total.

Devido às condições climáticas locais, a temperatura da água e a média de precipitação mensal foram mais elevadas durante o período chuvoso, evidenciando diferença significativa ($p < 0,05$) entre os períodos de seca e chuva (Z^3) (Tabela 4).

Os pontos de entrada formados por P₁, P₂ e P₃ diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais durante a seca (Z¹), apresentando maiores valores de nitrato, coliformes fecais, *E. coli*, clorofila-a, DBO₅, STD e STS, (Tabela 4).

Na estação chuvosa houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os pontos de entrada e saída (Z²) para os seguintes parâmetros: condutividade, nitrato, fósforo total, ortofosfato, *E. coli*, coliformes totais, DBO₅, STD e STS (Tabela 4), com maiores concentrações nos pontos de entrada.

Entre os períodos de seca e chuva (Z³), as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, pH, nitrato, nitrito, fósforo e ortofosfato apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 1). A temperatura, o pH, a concentração de nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato na água apresentaram maiores valores na estação chuvosa e, o teor de oxigênio dissolvido foi maior na estação seca ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Na estação seca houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as concentrações de nitrato entre P₁ e P₅, com concentrações médias de 806,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 582,9 $\mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente e, na estação chuvosa entre P₃ e P₅, com concentrações médias 659,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 498,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$. O fósforo total dissolvido diferiu na seca entre P₁ e P₆, com concentrações médias de 52 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 22,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente, na chuva entre P₁ e P₅, com médias de 66,9 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 38,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ respectivamente. Para o ortofosfato não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre pontos (Tabela 4).

Na seca foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para *E. coli* de P₁ para P₅ e P₆ (6,6 NMP.100mL⁻¹, 0,4 NMP.100mL⁻¹ e 0,3 NMP.100mL⁻¹, respectivamente); para coliformes fecais P₁ diferiu ($p < 0,05$) de P₆ (6,8 NMP.100mL⁻¹ e 0,2 NMP.100mL⁻¹ respectivamente) e P₃ diferiu ($p < 0,05$) de P₅ e P₆, (12,3 NMP.100mL⁻¹, 0,3 NMP.100mL⁻¹ e 0,2 NMP.100mL⁻¹, respectivamente) (Tabela 4). Na chuva tanto para *E. coli* quanto para coliformes fecais, foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) de P₃ (24,8 NMP.100mL⁻¹ e 21,1 NMP.100mL⁻¹) para P₅ e P₆ (0,4 NMP.100mL⁻¹ e 0,5 NMP.100mL⁻¹ e de 0,5 NMP.100mL⁻¹ e 0,5 NMP.100mL⁻¹), respectivamente (Tabela 5).

Tabela 4. Média e desvio padrão das variáveis analisadas, onde: Temp = temperatura (°C), pH, Transp = transparência (cm), OD = oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), Cond = condutividade (µS.cm⁻¹), Clo a = clorofila-a (µg.L⁻¹), nitrato, nitrito e amônia (µg.L⁻¹), Orto= ortofosfato (µg.L⁻¹), P total = fósforo total (µg.L⁻¹), CT = coliformes totais (NMP.100mL⁻¹), *E. coli* (NMP.100mL⁻¹), MOsed = matéria orgânica no sedimento (% da massa seca), P sed = fósforo no sedimento (mg.g⁻¹), DBO₅ = demanda bioquímica de oxigênio (mg.L⁻¹), STD = sólidos totais dissolvidos (mg.L⁻¹) e STS = sólidos totais suspensos (mg.L⁻¹).

Variáveis (n = 6)	Seca							Chuva						Z ²	Z ³
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	Z ¹	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆		
Prec	18,9±20,7	18,9±20,7	18,9±20,7	18,9±20,7	18,9±20,7	18,9±20,7	-	179,7±85,2	179,7±85,2	179,7±85,2	179,7±85,2	179,7±85,2	179,7±85,2	-	-
Temp	20,1 ^{ns} ±1,1	19,9 ^{ns} ±1,3	19,8 ^{ns} ±1,4	19,8 ^{ns} ±1,5	19,5 ^{ns} ±1,5	19,7 ^{ns} ±1,5	0,5 ^{ns}	23,3 ^{ns} ±1,5	23,5 ^{ns} ±1,4	23,4 ^{ns} ±1,5	23,4 ^{ns} ±1,5	23,3 ^{ns} ±1,5	23,5 ^{ns} ±1,5	0,0 ^{ns}	2,9 ^{**}
Cond	45,2 ^A ±2,8	46,0 ^{ns} ±3	51,0 ^A ±2,2	45,5 ^{ns} ±2,7	46,0 ^{ns} ±2	48,0 ^{ns} ±0,9	0,2 ^{ns}	45,3 ^{ns} ±1,8	45,2 ^{ns} ±2,2	49,0 ^{ns} ±2,3	47,3 ^{ns} ±1,8	49,2 ^{ns} ±3,6	49,3 ^{ns} ±1,4	-2,1 [*]	0,4 ^{ns}
pH	7,5 ^{ns} ±0,4	7,4 ^{ns} ±0,4	7,5 ^{ns} ±0,4	7,5 ^{ns} ±0,4	7,5 ^{ns} ±0,4	7,5 ^{ns} ±0,4	-	7,9 ^{ns} ±0,2	8,0 ^{ns} ±0,2	7,9 ^{ns} ±0,1	8,0 ^{ns} ±0,2	8,0 ^{ns} ±0,2	7,9 ^{ns} ±0,2	0,2 ^{ns}	2,9 ^{**}
OD	3,4 ^{ns} ±0,6	3,3 ^{ns} ±1,2	3,0 ^{ns} ±1,3	3,4 ^{ns} ±1,3	3,3 ^{ns} ±1,2	3,4 ^{ns} ±1,1	-	2,0 ^{ns} ±0,8	1,9 ^{ns} ±1	2,5 ^{ns} ±0,7	2,3 ^{ns} ±0,4	2,1 ^{ns} ±0,8	1,9 ^{ns} ±0,8	0,6 ^{ns}	2,9 ^{**}
Nitrato	807 ^A ±220,5	714 ^{ns} ±186,5	905,7 ^{ns} ±203	773 ^{ns} ±203,6	583 ^A ±139	611,3 ^{ns} ±98	1,9 [*]	634,3 ^{ns} ±33	557,6 ^{ns} ±70,4	659 ^A ±144	507,3 ^{ns} ±139	498,5 ^A ±111	525 ^{ns} ±77	2,2 [*]	2,2 [*]
Nitrito	3,4 ^{ns} ±1,5	3,8 ^{ns} ±1,4	4,7 ^{ns} ±1,8	4,7 ^{ns} ±1,7	4,1 ^{ns} ±2,5	3,8 ^{ns} ±2	0,3 ^{ns}	4,1 ^{ns} ±1,1	5,3 ^{ns} ±1,6	7,2 ^{ns} ±2,3	5,4 ^{ns} ±1,7	5,5 ^{ns} ±1	5,6 ^{ns} ±0,7	0,0 ^{ns}	-2,4 [*]
Amônia	38,6 ^{ns} ±19,3	43,7 ^{ns} ±37,4	103,5 ^{ns} ±125,1	58,4 ^{ns} ±63,9	39,5 ^{ns} ±36,3	54,0 ^{ns} ±68,4	1,4 ^{ns}	73,2 ^{ns} ±35,4	75,1 ^{ns} ±34,5	81,0 ^{ns} ±44,6	82,5 ^{ns} ±48,1	61,8 ^{ns} ±41,8	66±36,7	0,6 ^{ns}	-1,9 ^{ns}
P total	52,0 ^A ±23,4	35,4 ^{ns} ±11,4	43,7 ^{ns} ±8,5	33,5 ^{ns} ±17,1	29,5 ^{ns} ±12,8	22,7 ^A ±14,3	1,8 ^{ns}	66,9 ^A ±8,7	47,2 ^{ns} ±5,3	66,4 ^{ns} ±19,3	54,5 ^{ns} ±11,3	38,3 ^A ±6,2	47,6 ^{ns} ±9,1	2,9 ^{**}	-2,2 [*]
Orto	4,1 ^{ns} ±6,5	2,2 ^{ns} ±4,4	4,1 ^{ns} ±6,5	4,1 ^{ns} ±7,7	2,8 ^{ns} ±4,4	1,8 ^{ns} ±4,3	0,6 ^{ns}	9,6 ^{ns} ±3,8	6,2 ^{ns} ±4,8	10,2 ^{ns} ±5,5	6,3 ^{ns} ±5,3	7,3 ^{ns} ±5,8	4,0 ^{ns} ±3,2	1,9 [*]	-2,4 [*]
<i>E. coli</i>	6,6 ^{AB} ±5,6	6,7 ^{ns} ±6,6	14,2 ^{ns} ±9,8	0,8 ^{ns} ±0,2	0,4 ^A ±0,4	0,3 ^B ±0,1	2,9 ^{**}	6,0 ^{ns} ±5,2	5,1 ^{ns} ±3,4	24,8 ^{AB} ±16,4	0,8 ^{ns} ±0,4	0,4 ^A ±0,2	0,5 ^B ±0,2	2,9 ^{**}	0,2 ^{ns}
CT	6,8 ^A ±5,3	5,1 ^{ns} ±5,9	12,3 ^{BC} ±11,8	0,8 ^{ns} ±0,2	0,3 ^B ±0,3	0,2 ^{AC} ±0,2	2,9 ^{**}	11,4 ^{ns} ±17,8	7,4 ^{ns} ±8,7	21,1 ^{AB} ±19,6	0,9 ^{ns} ±0,6	0,5 ^B ±0,3	0,5 ^B ±0,3	2,9 ^{**}	0,8 ^{ns}
MOsed	17,9 ^{ns} ±2,6	12,8 ^{ns} ±7,5	15,1 ^{ns} ±5,7	9,9 ^{ns} ±6,2	-	-	NM	20,4 ^{ns} ±3,7	23,6 ^{ns} ±8,8	15,8 ^{ns} ±6,7	15,6 ^{ns} ±3,9	-	-	NM	-1,0 ^{ns}
P sed	0,9 ^{ns} ±0,2	0,7 ^{ns} ±0,3	0,7 ^{ns} ±0,3	0,6 ^{ns} ±0,3	-	-	NM	0,9 ^{ns} ±0,2	0,8 ^{ns} ±0,2	0,7 ^{ns} ±0,2	0,9 ^{ns} ±0,1	-	-	NM	-1,0 ^{ns}
Clo a	11,2 ^A ±5,6	11,6 ^{ns} ±10,8	9,9 ^{ns} ±6,3	5,6 ^{ns} ±3,5	4,0 ^{ns} ±4	2,6 ^A ±3,1	2,2 [*]	29,3 ^A ±12,2	20,0 ^{ns} ±10,9	25,6 ^{ns} ±13,8	7,9 ^{ns} ±5,4	6,7 ^{ns} ±4,2	5,3 ^A ±4,9	2,9 ^{**}	1,3 ^{ns}
Transp	-	-	-	149 ^{ns} ±32	113 ^{ns} ±12	111 ^{ns} ±11	NM	-	-	-	124 ^{ns} ±13	113 ^{ns} ±14	102 ^{ns} ±10	NM	0,2 ^{ns}
DBO ₅	2,9 ^A ±0,7	2,2 ^{ns} ±0,8	2,5 ^{ns} ±1,5	1,0 ^{ns} ±0,7	0,9 ^A ±0,6	0,9 ^{ns} ±0,6	2,7 ^{**}	3,4 ^{ns} ±0,7	3,4 ^{ns} ±1	3,0 ^{ns} ±0,7	1,3 ^{ns} ±0,6	1,2 ^{ns} ±0,5	1,2 ^{ns} ±0,5	2,9 ^{**}	-1,4 ^{ns}
STS	153,3 ^A ±127,9	105,0 ^{ns} ±90,5	143,3 ^B ±113,1	56,7 ^{ns} ±46,8	23,3 ^{AB} ±16,3	25,0 ^{ns} ±10,5	2,7 ^{**}	253,3 ^A ±161,9	181,7 ^{ns} ±118,7	205,0 ^{ns} ±110,4	71,7 ^{ns} ±29,3	31,7 ^{ns} ±19,4	30,0 ^A ±11	2,9 ^{**}	1,1 ^{ns}
STD	2441,7 ^{ns} ±2484	3516,7 ^{ns} ±2963	2325,0 ^{ns} ±1666	1176,7 ^{ns} ±1029	613,3 ^{ns} ±288	436,7 ^{ns} ±278	2,7 ^{**}	3088,3 ^A ±2308	2121,7 ^B ±715	2193,3 ^{ns} ±698	1501,7 ^{ns} ±338	713,3 ^{ns} ±481	435,0 ^{ns} ±176	2,9 ^{**}	1,1 ^{ns}

Z = teste-U de Mann-Whitney; Z¹ = comparação entre entradas e saídas na seca (n= 18); Z² = comparação entre entradas e saídas na chuva (n = 18); Z³ = comparação de médias entre seca e chuva (n =36); teste estatístico de Kruskal-Wallis, pontos com a mesma letra diferem entre si (n = 6), * = p<0,05, ** = p<0,01; - = não mensurado e ^{ns} = não significativo.

Para transparência, matéria orgânica e fósforo no sedimento não foram detectadas diferenças significativas ($p > 0,05$), entre as estações ou entre os pontos. No ponto P_2 houve maior teor de matéria orgânica (23,6%) e menor em P_4 (9,9%) (Tabela 5). O fósforo total no sedimento apresentou maior concentração em P_1 ($0,9 \text{ mg.g}^{-1}$) e menor em P_4 ($0,6 \text{ mg.g}^{-1}$) (Tabela 4). A transparência em P_1 , P_2 e P_3 foi inviabilizada pela presença de macrófitas em ambas as estações, a variável apresentou a maior média em P_4 (149 cm) e menor em P_6 (101 cm) (Tabela 4).

A concentração de clorofila-a diferiu significativamente ($p < 0,05$) para Z^1 e Z^2 , indicando maior associação do fitoplâncton com a entrada de nutrientes. Entre os pontos foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) entre P_1 e P_6 em ambas as estações, com $11,2 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ e $2,6 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na seca e, $29,3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ e $5,3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na chuva, com P_1 apresentando maiores concentrações (Tabela 4).

Os valores de DBO_5 , STD e STS apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para Z^1 e Z^2 , indicando que as macrófitas e a entrada de animais são responsáveis pela matéria orgânica no ambiente. Para DBO_5 , entre os pontos ocorreu diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas entre P_1 ($2,9 \text{ mg.L}^{-1}$) e P_5 ($0,9 \text{ mg.L}^{-1}$) na seca. Quanto ao STS ocorreu diferenças significativas ($p < 0,05$) de P_1 ($153,3 \text{ mg.L}^{-1}$) e P_3 ($143,3 \text{ mg.L}^{-1}$) para P_5 ($23,3 \text{ mg.L}^{-1}$) na seca; entre P_1 ($253,3 \text{ mg.L}^{-1}$) e P_6 (30 mg.L^{-1}) na chuva. Na estação chuvosa o STS diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre P_1 ($3088,3 \text{ mg.L}^{-1}$) e P_2 ($2121,7 \text{ mg.L}^{-1}$) com o P_6 (435 mg.L^{-1}) (Tabela 4).

Os altos índices de estado trófico observados (Tabela 5), foram encontrados nos pontos de entrada da enxurrada de água no viveiro. A mata ciliar presente não reteve devidamente a enxurrada de água proveniente das pastagens ao redor do viveiro, culminando no aumento da concentração de fósforo e de outros nutrientes que propiciaram o desenvolvimento vegetal, destacando-se os pontos P_1 e P_3 como supereutróficos nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Na estação chuvosa o maior fluxo de água e entrada de nutrientes, inviabilizou o efeito redutor da carga de nutrientes da comunidade vegetal, elevando os pontos de saída de água nesta estação a categoria de mesotróficos, ao passo que na estação

seca foram classificados como oligotróficos (Tabela 5). O P₄ apresentou-se ao longo do estudo como mesotrófico, por ser uma área de transição entre entrada e saída de água.

Tabela 5. Estado trófico nos pontos de coleta (P₁-P₆) nos períodos de seca e chuva.

Estação	Local	IET	Estação	Local	IET
Seca	P ₁	Supereutrófico	Chuva	P ₁	Eutrófico
	P ₂	Eutrófico		P ₂	Eutrófico
	P ₃	Eutrófico		P ₃	Supereutrófico
	P ₄	Mesotrófico		P ₄	Mesotrófico
	P ₅	Oligotrófico		P ₅	Mesotrófico
	P ₆	Oligotrófico		P ₆	Mesotrófico

DISCUSSÃO

O sistema apresentou variação entre os pontos de coleta e entre as estações seca e chuvosa. As capivaras influenciaram os valores de material suspenso, DBO₅ e coliformes fecais neste sistema e, a precipitação foi determinante nas concentrações de nutrientes, pH e oxigênio dissolvido no viveiro, influenciando diretamente no estado trófico.

Viveiros e tanques de criação de peixes, em geral são mesotróficos para eutróficos e qualquer alteração por menor que seja, pode acarretar condições adversas no meio (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2002). A entrada de água comprometida pode prejudicar todo o sistema de produção, elevando rapidamente a eutrofização da água.

As condições distintas, entre os períodos seco e chuvoso, determinam mudanças na área foliar, biomassa e sobrevivência das macrófitas (TOUCHETTE et al., 2010). Neste estudo, a precipitação determinou a entrada de nutrientes no sistema, aumentando a carga trófica do ambiente e prejudicando a qualidade da água de abastecimento para aquicultura.

Em pequenos viveiros com presença de macrófitas, é comum ocorrerem pequenas flutuações no pH na água, a presença de sedimento e plantas determinam

menores valores de oxigênio dissolvido e condutividade elétrica que tendem a acidificar ligeiramente a água (CRISPIM et al., 2009). Todavia, neste estudo o principal fator responsável pelo aumento do pH no meio foi a precipitação, que por lixiviação, carreou elementos alcalinos de correção de solo da área de produção do entorno do viveiro.

O oxigênio dissolvido em média esteve abaixo de $3,4 \text{ mg.L}^{-1}$ na seca e $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ na chuva, confirmando os dados obtidos por TAKAMURA et al. (2003), no qual altas densidades de macrófitas reduziram a penetração de luz e a entrada de material alóctone na estação chuvosa, aumentando a turbidez da água e prejudicando a atividade fotossintética do fitoplâncton.

Muitas vezes as bactérias fecais são encontradas em ambientes que possuem altas concentrações de nutrientes, todavia, o carbono orgânico é o fator determinante no desenvolvimento de bactérias no ambiente aquático (WILCOCK et al., 2011). Neste estudo, a análise de componentes principais evidenciou a relação dos coliformes fecais com os parâmetros: precipitação, material suspenso, nutrientes na água, matéria orgânica e fósforo no sedimento.

A grande eficiência na remoção de coliformes pelas plantas aquáticas sugere o seu uso, simplificando e barateando o tratamento da água (KACAR & GUNGOR, 2010), reduzindo o risco à saúde pública, como recomendado por diversos órgãos internacionais (AGATEMOR & OKOLO, 2007).

Os dados obtidos neste trabalho demonstraram que a fauna local influenciou os valores de bactérias fecais, DBO_5 , sólidos suspensos e condutividade, no caso elevação da condutividade com a suspensão do sedimento. As capivaras presentes no ambiente deterioraram a qualidade da água através da contaminação por coliformes fecais e suspensão do sedimento, alguns modelos estão sendo estudados para determinar o impacto destes animais no ambiente aquático (LOISELLE et al., 2001).

Os pontos P_1 , P_2 e P_3 apresentam forte relação com a clorofila-a, fósforo total na água e condutividade que pode ser explicado pela entrada de nutrientes com o escoamento superficial das pastagens próximas ao viveiro como também, pela presença de animais, que em ambientes rasos promovem a suspensão do sedimento. A

suspensão do sedimento pode acarretar o aumento do fósforo na água, promovendo o florescimento fitoplanctônico em muitos ambientes aquáticos (THOMAZ et al., 2007).

Enquanto um moderado estado trófico em reservatórios de água pode beneficiar a população de organismos aquáticos, por aumento na disponibilidade de nutrientes para comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica, também pode ser um problema, fornecendo nutrientes para microrganismos nocivos ao ambiente (TAKENAKA et al., 2006). Neste estudo as saídas de água apresentaram-se oligotróficas e mesotróficas, porém, se não houver um manejo das capivaras e do entorno do viveiro, futuramente pode vir a ocorrer uma forte elevação do estado trófico nestes pontos (P₅-P₆).

As plantas aquáticas durante seu processo de decomposição podem contribuir para o aumento da eutrofização (THOMAZ & BINI, 2003). Mas, neste estudo, o efeito das macrófitas foi de filtro biológico, melhorando as condições ambientais dos pontos de entrada de água no viveiro (P₁, P₂ e P₃) para as saídas de água (P₅-P₆) que abastecem os diversos tanques e viveiros deste sistema de aquicultura.

O sistema estudado sofre influência direta da precipitação, da fauna local e da ausência de manejo adequado no entorno do viveiro. Na estação seca a qualidade da água foi adequada ao abastecimento, porém, durante a estação chuvosa a qualidade da água ficou comprometida com aumento da quantidade de nutrientes, coliformes fecais e do índice de estado trófico, com redução do oxigênio na água, devido a grande carga de material alóctone proveniente da área ao redor do viveiro. A deterioração da água pode afetar a capacidade produtiva e a qualidade dos organismos do sistema de aquicultura. Assim, recomenda-se o controle do material alóctone proveniente da área de produção agropecuária (bovinocultura e ovinocultura) que entra no sistema através da lixiviação, isolamento do viveiro de animais que comprometem a qualidade da água e a manutenção das macrófitas neste sistema.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: Processo nº 2008/54954-7) e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro autor. Agradecemos também aos colegas do Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton do CAUNESP pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

- AGATEMOR, C.; OKOLO, P. O. University of Benin water supply system: Microbiological and physical-chemical assessments. **Environmentalist**, vol.27, n.2, p.227-239, 2007.
- ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Res.**, vol.10, p.329-331, 1976.
- BRAINWOOD, M. A.; MAHESHWARI, S. B. S. Temporal variations in water quality of farm dams: impacts of land use and water source. **Agr. Water Manage.**, vol.70, n.2, p. 151-175, 2004.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Agricultural Experiment Station: Alabama, 1992. 183 p.
- CALIJURI, M. C.; et al. Nutrients and chlorophyll- α concentrations in tropical rivers of Ribeira de Iguape Basin, SP, Brazil. **Acta Limnol. Bras.**, vol.20, n.2, p.131-138, 2008.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Eng. Agríc.**, vol.25, n.2, p.377-384, 2005.
- CRISPIM, M. C.; et al. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. **Acta Limnol. Bras.**, vol.21, n.4, p. 387-391, 2009.

- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater**. London: Blackwell Sci. Publ., 1978. 213 p.
- GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **Standard Methods for Examination of Water Wastewater**. 18^o Ed. Washington: American Public Health Association, Cap. 9: Microbiological examination, p. 32-39, 1992.
- JONIAK, T.; KUCZYNSKA-KIPPEN, N.; NAGENGAST, B. The role of aquatic macrophytes in microhabitat transformation of physical-chemical features of small water bodies. **Hydrobiologia**, vol.584, n.1, p.101-109, 2007.
- KACAR, A.; GUNGOR, F. Comparison of fecal coliform bacteria before and after wastewater treatment plant in the Izmir Bay (Eastern Aegean Sea). **Environ. Monit. Assess.**, vol.162, n.1-4, p.355-363, 2010.
- KOROLEFF, F. Determination of ammonia. In: Grasshoff, K., M.Ehrhardt, and K. Kremling, editors. **Methods of Seawater Analysis: Second, Revised and Extended Edition**. Verlag Chemie, Weinheim, pp. 150-157, 1983.
- LISHAWA, S. C.; ALBERT, D. A.; TUCHMAN, N. C. Water level decline promotes *Typha x glauca* establishment and vegetation change in great lakes coastal wetlands. **Wetlands**, vol.30, n.6, p.1085-1096, 2010.
- LOISELLE, S.; et al. The use of system analysis methods in the sustainable management of wetlands. **Hydrobiologia**, vol.458, p.191-200, 2001.
- MANLY, B. F. J. **Multivariate Statistical Methods**. London: Chapman Hall, 1986. 208 p.
- MEADOR, M. R.; GOLDSTEIN, R. M. Assessing water quality at large geographic scales: Relations among land use, water physicochemistry, riparian condition and fish community structure. **Environ. Manage.**, vol.31, n.4, p.504-517, 2003.
- MONTANARI, R.; et al. Caracterização mineralógica de latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Rev. Ciência Agron.**, vol.41, n.2, 191-199, 2010.
- NEILL, H.; GUTIERREZ, M.; ALEY, T. Influences of agricultural practices on water quality of Tumbling Creek cave stream in Taney County, Missouri. **Environ. Geol.**, vol.45, n.4, p.550-559, 2004.

- NUSCH, E. A. Comparison of different method for chlorophyll and pheopigments determination. **Arch. Hydrobiol.**, vol.14, p.14-36, 1980.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiser climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, vol.11, p.1633-1644, 2007.
- PLUMMER, J. D.; LONG, S. C. Monitoring source water for microbial contamination: evaluation of water quality measures. **Water Res.**, vol.41, n.16, p.3716-3728, 2007.
- RUGGIERO, A.; SOLIMINI, A. G.; CARCHINI, G. Nutrient and chlorophyll a temporal patterns in eutrophic mountain ponds with contrasting macrophyte coverage. **Hydrobiologia**, vol.506-509, n.1-3, p.657-663, 2003.
- SACRAMENTO, C. K.; PEREIRA, F. M. Fenologia da floração da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, vol.25, n.1, p.19-22, 2003.
- SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). **Water Res.**, vol.35, n.6, p.1609-1616, 2001.
- SIEGEL, S. **Non-Parametric Statistics for the Behavioral Sciences**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, v.1, 1975. 350 p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Aspectos limnológicos de um viveiro utilizado como abastecimento de água para sistemas de aquicultura. **Bol. Tec. CEPTA**, vol.19, p.59-64, 2006.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; et al. Estudo batimétrico e morfométrico em represas. **Ciência Zootécnica**, vol.6, n.1, p.10-12, 1991.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluente from aquaculture: I. floating plant. **Braz. J. Biol.**, vol.62, n.4A, p.713-723, 2002.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GUARIGLIA, C. S. T.; BRAGA, F. M. S. Effects of rainfall on water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. **Braz. J. Biol.**, vol.67, n.4, p.643-649, 2007.
- SUDING, K. N.; GROSS, K. L.; HOUSEMAN, G. R. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. **Trends Ecol. Evolut.**, vol.19, n.1, p.46-53, 2004.

- TAGUCHI, K.; NAKATA, K. Evaluation of biological water purification functions of inland lakes using an aquatic ecosystem model. **Ecol. Model.**, vol.220, n.18, p.2255-2271, 2009.
- TAKAMURA, N.; et al. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. **Ecol. Res.**, vol. 18, n.4, p.381-395., 2003.
- TAKENAKA, R. A.; SOTERO-SANTOS, R. B.; ROCHA, O. Water quality assessment by Ecotoxicological and Limnological Methods in Water Supplies, Southeast Brazil. **Ecotoxicology**, vol.15, n.7, p.73-82, 2006.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. 341 p.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R. L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. **Hydrobiologia**, vol.579, n.1, p.1-13, 2007.
- TOLEDO Jr., A. P.; et al. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: **12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Camburiú, Anais, 1983. 34p.
- TOUCHETTE, B. W.; et al. Ecophysiological responses of five emergent-wetlands plants to diminished water supply: an experimental microcosm study. **Aquat. Ecol.**, vol.44, n.1, p.101-112, 2010.
- WILCOCK, R. J.; et al. Inputs of nutrients and fecal bacteria to freshwaters from irrigated agriculture: Cases studies in Australia and New Zealand. **Environ. Manage.**, vol.48, n.1, p.198-211, 2011.

CAPÍTULO 4 - DINÂMICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA RELACIONADA À QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE ABASTECIMENTO PARA AQUICULTURA

RESUMO: Este estudo descreve a estrutura e a dinâmica das comunidades planctônicas em um viveiro usado para o abastecimento de água para aquicultura, sua relação com as variáveis da água e com a comunidade de macrófitas existente, nas estações seca e chuvosa. As coletas foram realizadas mensalmente em 6 pontos, em P₁, P₂, P₃ (entradas de água com presença de macrófitas), P₄, P₅ e P₆ (área central e saídas da água sem macrófitas). Os pontos P₁, P₂ e P₃ na estação chuvosa estiveram associados à amônia, ao fósforo total, ortofosfato, sólidos totais, clorofila-a e dióxido de carbono livre, na seca estiveram associados ao nitrato e ao oxigênio dissolvido. Os pontos P₄, P₅ e P₆ na chuva estiveram relacionados à condutividade, ao nitrito, pH, precipitação e temperatura. Os pontos P₁, P₂ e P₃, apresentaram maior interação com os grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos. Os grupos zooplânctônicos apresentaram maior correlação com Oedogoniaceae e Chlorophyceae. Chlamydomonada esteve inversamente relacionada a presença de Cyanobacteria e diretamente relacionada a Oedogoniaceae. As maiores densidades de zooplâncton e fitoplâncton ocorreram nos pontos com macrófitas na seca e, as menores concentrações na chuva nos pontos sem macrófitas, isso se deve a proteção física das plantas e ao menor fluxo de água na seca. Em todos os pontos sobressaíram em abundância e frequência organismos que caracterizaram boa qualidade da água. Nas saídas de água houve aumento das populações de Cyanobacteria devido à ausência de macrófitas, mas pouco significativo e, no zooplâncton aumento nas populações de Copepoda.

Palavras-chave: macrófitas, fitoplâncton, zooplâncton, estações seca e chuvosa.

ABSTRACT: Current analysis describes the structure and dynamic of planktonic communities in a pond for water supply in aquaculture. Collections were carried out

monthly between June 2008 and May 2009 at 6 different sites, or rather, in P₁, P₂ and P₃ with macrophytes, and in P₄, P₅ and P₆ without macrophytes. During the rainy season, sites P₁, P₂ and P₃ were associated with ammonia, total phosphorus, orthophosphate, total solids, chlorophyll *a* and free carbon dioxide; during the dry season they were associated with nitrate and dissolved oxygen. During the rainy season the site P₄, P₅ and P₆ were related to conductivity, nitrite, pH, rainfall and temperature. Sites P₁, P₂ and P₃, had a higher interaction with phytoplankton and zooplankton groups. The zooplankton groups had a higher relationship with Oedogoniaceae and Chlorophyceae. Chlamydomonadales was inversely related to Cyanobacteria and directly related to Oedogoniaceae. Highest densities of zooplankton and phytoplankton occurred in sites with macrophytes during the dry period, whereas the lowest concentrations occurred in the rainy period at sites without macrophytes. This was due to the physical protection of the plants and to a lower water flow during the dry period. Organisms which characterize good water quality were prevalent in all sampled sites with regard to abundance and frequency. There was an increase, albeit only slightly significant, in Cyanobacteria populations in the water outlets; an increase in Copepod populations occurred in zooplankton.

Keywords: macrophytes, phytoplankton, zooplankton, dry and rainy seasons.

INTRODUÇÃO

Os componentes físicos, químicos e biológicos podem influenciar de muitas formas os organismos na região limnética (SAMPAIO et al., 2002), fatores ambientais, como a concentração de nutrientes, luz solar, turbidez, pH, condutividade, carbono disponível e a estagnação ou o baixo fluxo de água afetam diretamente a dinâmica da população (VAN APELDOORN et al., 2007).

A importância da abundância e da composição do fitoplâncton na estruturação da comunidade zooplanctônica é bastante conhecida, ocorrendo um balanço dinâmico

entre a pressão de herbivoria do zooplâncton sobre o fitoplâncton e a taxa de crescimento do fitoplâncton (LIU et al., 2006). Todavia, a gestão dos ecossistemas aquáticos só pode ocorrer se as interações da flora e fauna são bem compreendidas e se este conhecimento pode ser aplicado com soluções práticas (GRIFFIN et al., 2001).

As interações entre os fatores bióticos e abióticos são melhores aplicados segundo os métodos estatísticos pela clorofila-a e o fósforo total na água (WANG et al., 2007). Outras variáveis como a entrada de água rica em nutrientes (como as enxurradas), a temperatura e a condutividade são variáveis críticas na determinação do aumento da densidade fitoplanctônica em lagos rasos (ÇELIK & ONGUM, 2007). Nos ambientes aquáticos outro fator climático que desempenha um importante papel na composição e dinâmica do plâncton é a precipitação, com impacto direto e indireto na produtividade fitoplanctônica (PHILLIPS et al., 2010).

Em viveiros de aquicultura grupos como Chlorophyceae e Euglenophyceae no fitoplâncton e, Rotifera e Copepoda no zooplâncton estão relacionados a melhor qualidade de água. Cyanobacteria está relacionada à deterioração da qualidade da água e ao excesso de matéria orgânica (SIPAÚBA-TAVARES, et al., 2010).

Muitas espécies fitoplanctônicas mostram como as influências ambientais determinam o comportamento dos componentes bióticos da água. Cladocera e Copepoda são, geralmente, os mais importantes crustáceos no zooplâncton contribuindo significativamente na pressão de herbivoria do fitoplâncton (SOMMER et al., 2003). Alguns elementos do fitoplâncton podem ser usados como bioindicadores, relacionando as mudanças na qualidade da água, com as variações nas comunidades aquáticas, inclusive podendo antecipar a presença de toxinas na água, antes que constituam um risco potencial para a saúde pública e para o meio ambiente (FUNARI & TESTAI, 2008).

O objetivo deste estudo foi descrever a estrutura e a dinâmica das comunidades planctônicas em um viveiro usado para o abastecimento de água para aquicultura, suas relações com a comunidade de macrófitas existente, e com as variáveis físicas e químicas da água, durante as estações seca e chuvosa.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e período de coleta

A presente pesquisa foi conduzida em um viveiro dominado pelas macrófitas *Salvinia auriculata* Aublet e *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e é usado no abastecimento de água para aquicultura (21°15'S e 48°18'O). O ambiente é abastecido por nascentes, tem fluxo contínuo de água, área de 3.800 m², tempo de residência ao redor de 14 dias, temperatura média de 24°C, pH 6,6, condutividade 32,5 µS.cm⁻¹ e fica próximo a uma área de produção agropecuária, foi usado anteriormente como sistema de criação de peixes, permanecendo ainda neste viveiro as espécies de peixes *Oreochromis niloticus* e *Astyanax* sp., atualmente, funciona como reservatório de água para abastecer diversos viveiros e tanques de um sistema de aquicultura (SIPAÚBA-TAVARES, 2006). O clima da região, segundo classificação de Köpen é do tipo Cwc (PEEL et al., 2007), subtropical, seco no inverno e com chuvas no verão, a precipitação média anual é de 1200 a 1700 mm (CARVALHO & ASSAD, 2005), 590 metros de altitude, temperatura média anual de 22°C (SACRAMENTO & PEREIRA, 2003) e o solo é classificado como latossolo vermelho escuro franco argiloso-arenoso (MONTANARI et al., 2010). O viveiro possui uma pequena área de mata ciliar como indicado na figura 9.

As coletas foram realizadas mensalmente entre junho de 2008 e maio de 2009. As amostras de água foram coletadas na superfície (0,10 m de profundidade) em 6 pontos, sendo: P₁= localizado próximo às nascentes (entrada de água das nascentes e da enxurrada do entorno); P₂ – P₃= laterais do viveiro, sendo locais de entrada de enxurrada de água durante a estação chuvosa; P₄ = no ponto mais profundo e central do viveiro e P₅ – P₆= nas saída de água (Figura 9).

Variáveis limnológicas

As variáveis limnológicas temperatura, condutividade e pH foram determinadas com sonda multiparâmetros HORIBA U-10. O oxigênio dissolvido foi determinado com

oxímetro YSI-55. Os nutrientes nitrito, nitrato, ortofosfato e fósforo total foram determinados de acordo com GOLTERMAN et al. (1978) e a amônia de acordo com KOROLEFF (1983). O dióxido de carbono livre foi calculado de acordo com a metodologia de MACKERETH et al. (1978), a clorofila-a foi quantificada pelo método de NUSCH (1980). Os valores de precipitação foram obtidos junto a Estação Agroclimatológica da UNESP de Jaboticabal.

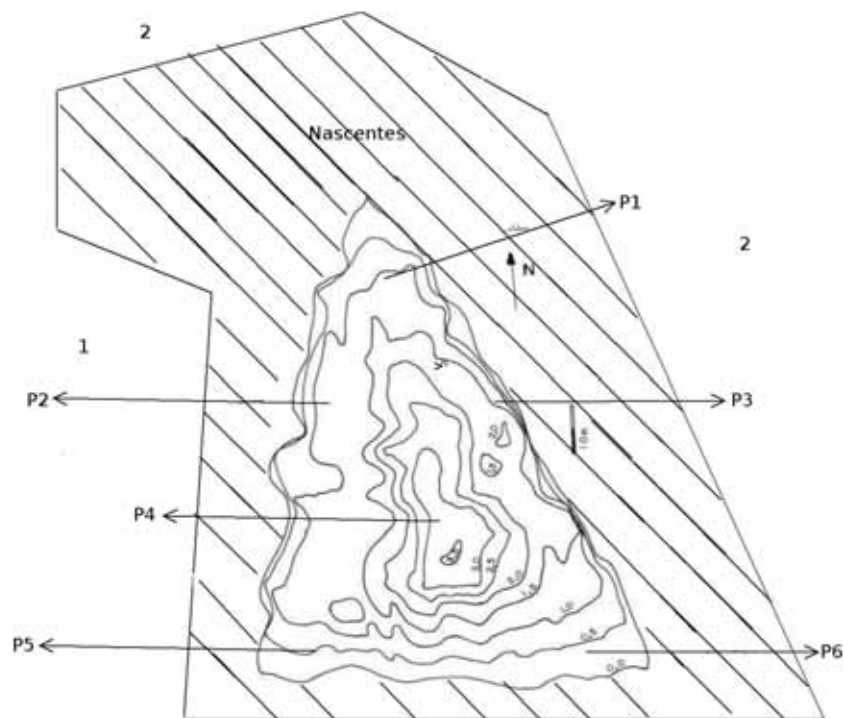


Figura 9. Desenho morfométrico do viveiro de abastecimento, evidenciando os pontos amostrais (P₁–P₆) no viveiro de abastecimento, separando também os pontos com presença e ausência de macrófitas, onde: (1) setor de bovinocultura, (2) setor de ovinocultura (adaptado de SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991) e a área hachurada representa a mata ciliar ao redor do viveiro.

Amostragem do plâncton

As coletas de plâncton foram realizadas mensalmente de junho de 2008 a maio de 2009. Para o zooplâncton 10 litros de água foram passados por uma rede com abertura de malha de 58 μ m e armazenados em frascos transparente e fixados com formalina (4%). Para a análise de Cladocera e Copepoda utilizou-se a placa reticulada

de acrílico, contando-se toda a amostra, para Rotifera utilizou-se a câmara de Sedgewick-Rafter. As amostras de fitoplâncton foram fixadas com lugol e contadas após sedimentação na câmara de Sedgewick-Rafter, cerca de 400 indivíduos da espécie mais abundante foram contados para se obter a precisão de mais ou menos 10%, com intervalo de confiança de 95% (BICUDO & BICUDO, 2004).

Foi estimada a frequência de ocorrência dos diferentes taxa, considerando: constante (mais de 60 %), comum (entre 30 e 60%) ou raro (abaixo de 30%).

Análise estatística

Os dados coletados mensalmente foram agrupados em seca e chuva, sendo que de novembro a abril foram os meses da estação chuvosa e de junho a outubro mais maio os meses da estação seca. Nos fatores abióticos foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste-U) para comparação entre períodos climáticos, como também para comparar o agrupamento dos pontos P_1 , P_2 e P_3 que são cobertos por macrófitas com os pontos P_4 , P_5 e P_6 (SIEGEL, 1975).

A relação dos dados abióticos mais a clorofila-a foi feita através da análise multivariada dos dados. A Análise dos Componentes Principais (ACP) determinou a variabilidade dos dados ambientais e dos pontos amostrados (MANLY, 1986). Foi utilizada matriz de covariância, sendo os dados transformados pela amplitude de variação "ranging", estas análises foram realizadas no software Statistica 8.0. Foi utilizada a Análise de Correspondência Canônica para testar a hipótese de relações entre os grupos planctônicos e os dados ambientais, usando os pontos de coleta como referência para relacionar os resultados da Análise dos Componentes Principais com a Análise de Correspondência Canônica. O software PC-ORD 5.0 foi usado na análise (McCUNE & MEFFORD, 1997).

RESULTADOS

Todos os parâmetros físicos e químicos analisados, exceto a condutividade e a concentração de amônia, diferiram ($p < 0,05$) entre as estações seca e chuvosa. Sendo que apenas as concentrações de oxigênio dissolvido e nitrato apresentaram maiores concentrações na estação seca, os demais parâmetros analisados apresentaram maiores valores na estação chuvosa (Tabela 6 e 8).

Tabela 6. Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas analisadas, onde: Per = período, Temp = temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Cond = condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), CO_2 = dióxido de carbono livre ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), OD = oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), P total = fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), Orto = ortofosfato ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrato, nitrito, amônia ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), clo a = clorofila-a ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e ST = sólidos totais ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Per	Temp	Cond	pH	CO_2	OD	Nitrato	Nitrito	Amônia	P total	Orto	Clo a	ST	
Seca	P ₁	20±1	45±3	7,5±0,4	0,8±0,3	3,4±0,6	806±220	3,4±1,5	38±19	52±23	4,1±6,5	11,2±5,6	2595±2548
	P ₂	20±1	46±3	7,4±0,4	0,7±0,3	3,3±1,2	714±186	3,8±1,4	43±37	35±11	2,2±4,4	11,6±10,8	3621±3058
	P ₃	20±1	51±2	7,5±0,4	0,8±0,3	3,0±1,3	905±203	4,7±1,8	103±125	44±9	4,1±6,5	9,9±6,3	2468±723
	P ₄	20±2	45±3	7,5±0,4	0,7±0,3	3,4±1,3	773±203	4,7±1,7	58±64	34±17	4,1±7,7	5,6±3,5	1233±1052
	P ₅	19±2	46±2	7,5±0,4	0,7±0,2	3,3±1,2	582±139	4,1±2,5	40±36	30±13	2,8±4,4	4,0±4	636±296
	P ₆	20±2	48±1	7,5±0,4	0,9±0,4	3,4±1,1	611±97	3,8±2	54±68	23±14	1,8±4,3	2,6±3,1	461±283
Chuva	P ₁	23±2	45±2	7,9±0,2	3,3±1,7	2,0±0,8	634±32	4,1±1,1	73±35	67±9	9,6±3,8	29,3±12,2	3341±2389
	P ₂	23±1	45±2	8,0±0,2	3,6±1,8	1,9±1	557±70	5,3±1,6	75±34	47±5	6,2±4,8	20,0±10,9	2303±774
	P ₃	23±2	49±2	7,9±0,1	3,5±1,8	2,5±0,7	659±143	7,2±2,3	81±45	66±19	10,2±5,5	25,6±13,8	2398±753
	P ₄	23±2	47±2	8,0±0,2	3,4±1,8	2,3±0,4	507±139	5,4±1,7	83±48	55±11	6,3±5,3	7,9±5,4	1573±353
	P ₅	23±2	49±4	8,0±0,2	3,4±2,0	2,1±0,8	498±111	5,5±1	61±41	38±6	7,3±5,8	6,7±4,2	745±491
	P ₆	24±2	49±1	7,9±0,2	3,7±2,2	1,9±0,8	525±77	5,6±0,7	66±36	48±9	4,0±3,2	5,3±4,9	465±182

Tabela 7. Resultado do teste-U de Mann-Whitney, onde: Z^1 = comparação entre entradas e saídas na seca ($n = 18$); Z^2 = comparação entre entradas e saídas na chuva ($n = 18$); Z^3 = comparação de médias entre seca e chuva ($n = 36$) * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$ e ^{ns} = não significativo.

	Z^1	Z^2	Z^3		Z^1	Z^2	Z^3
Temp	0,5 ^{ns}	0,0 ^{ns}	-2,9**	Nitrito	0,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}	-2,4*
Cond	0,2 ^{ns}	-2,1*	-0,4 ^{ns}	Amônia	1,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	-1,9 ^{ns}
pH	-0,1 ^{ns}	-0,2 ^{ns}	-2,9**	P total	1,8 ^{ns}	2,9**	-2,2*
CO_2	-0,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,2*	Orto	0,6 ^{ns}	1,9*	-2,4*
OD	-0,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,9**	Clo a	2,2*	2,9**	-1,3 ^{ns}
Nitrato	1,9*	2,2*	2,2*	ST	2,7**	2,9**	1,1*

Na estação seca apenas o nitrato diferiu entre os pontos com e sem cobertura vegetal, com as maiores concentrações naqueles com macrófitas. Na estação chuvosa a condutividade, nitrato, fósforo total e ortofosfato diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre os pontos com e sem cobertura vegetal, com maiores concentrações de nutrientes nos pontos com presença de macrófitas (Tabela 7 e 9).

Na análise de componentes principais conduzida com os parâmetros abióticos e a clorofila-a, os dois primeiros componentes resumiram 82,9% da variabilidade original dos dados, sendo o primeiro componente correspondente a 60% e o segundo a 22,9%, sendo importante ressaltar que o primeiro componente separou as estações e o segundo a presença e ausência de macrófitas. Os pontos P₁, P₂ e P₃ na estação chuvosa estiveram associados à amônia, ao fósforo total, ortofosfato, sólidos totais, clorofila-a e dióxido de carbono livre, estes mesmos pontos na seca estiveram associados ao nitrato e ao oxigênio dissolvido. Os pontos P₄, P₅ e P₆ na chuva estiveram relacionados à condutividade, ao nitrito, pH, precipitação e temperatura, os mesmos pontos na seca não apresentaram associação com algum parâmetro abiótico (Figura 10).

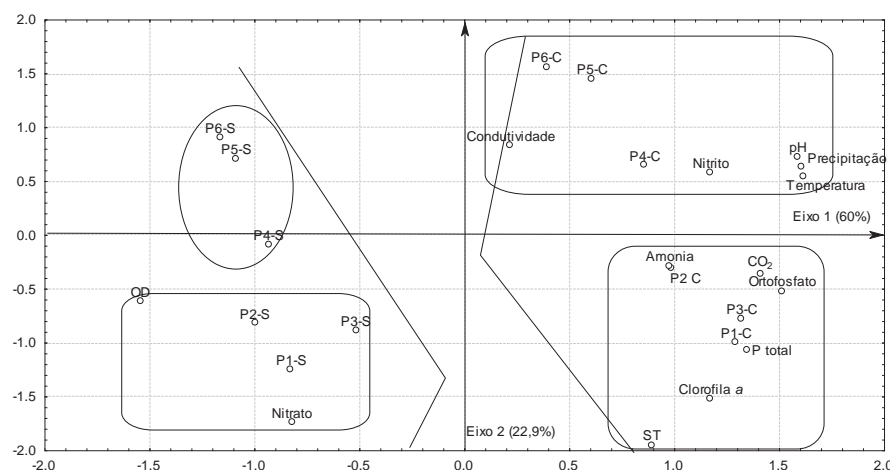


Figura 10. Biplot da análise de componentes principais (ACP) das variáveis limnológicas amostradas no viveiro, onde: S= seca, C = chuva, ST = sólidos totais, P total = fósforo total, CO₂ = dióxido de carbono e OD = oxigênio dissolvido.

As densidades tanto do zooplâncton quanto do fitoplâncton foram semelhantes neste viveiro. As maiores densidades ocorreram nos pontos cobertos com macrófitas na

estação seca e as menores concentrações na estação chuvosa nos pontos sem a presença de macrófitas (Figura 11).

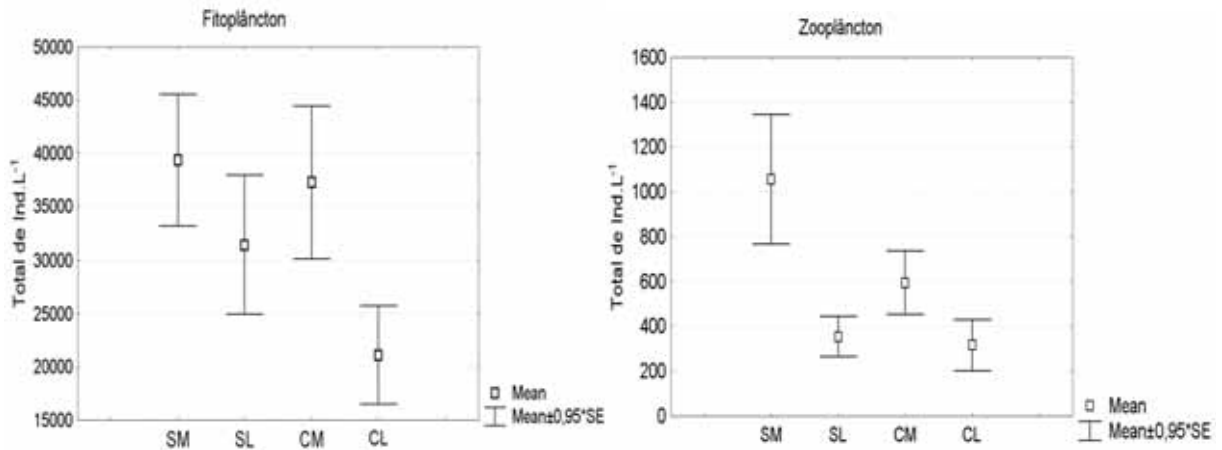


Figura 11. Médias e erro padrão da densidade de organismos encontrados no viveiro, onde: SM = estação seca e pontos com macrófitas, SL = estação seca e pontos sem macrófitas, CM = estação chuvosa e pontos com macrófitas e CL = estação chuvosa e pontos sem macrófitas.

Na análise de correspondência canônica do fitoplâncton com as 8 famílias encontradas, os autovalores dos eixos 1 e 2 foram 0,075 e 0,054, respectivamente, explorando 74,2% da variância total nos dois primeiros eixos. As famílias Zygnematophyceae e Euglenophyceae estiveram relacionadas ao eixo 1 e inversas entre si, Zygnematophyceae esteve mais relacionada aos pontos P₃ e P₄ na estação chuvosa e, Euglenophyceae, Microsporaceae e Bacillariophyceae estiveram mais relacionadas aos pontos P₁ e P₂ na estação chuvosa e ao P₃ na estação seca, Cyanobacteria apresentou alta correlação com o P₅ na estação seca e Euglenophyceae apresentou maior correlação com os pontos P₄ e P₆ em ambas as estações (Figura 12).

No eixo 2 Chlamydomonada esteve inversamente relacionada a presença de Cyanobacteria e diretamente relacionada a Oedogoniaceae e, também, aos pontos P₂ e P₄ na estação seca. Cyanobacteria esteve relacionada principalmente ao ponto P₅ na estação seca (Figura 12).

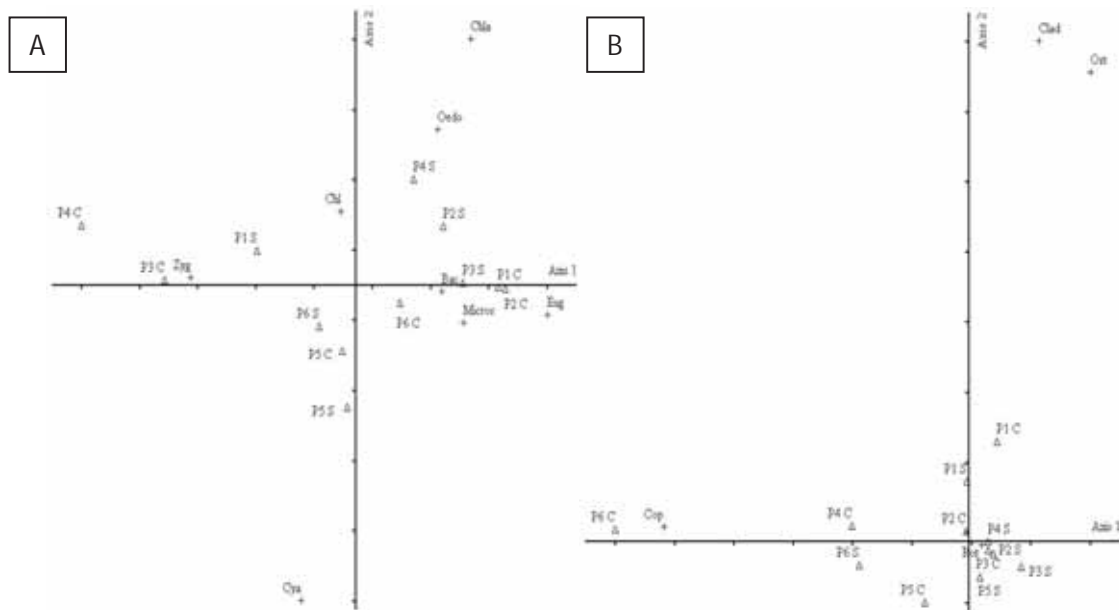


Figura 12. Ordenação da análise de correspondência canônica, onde: A = ordenação com as 8 famílias fitoplanctônicas encontradas durante o período de monitoramento e B ordenação com os 4 grupos zooplanctônicos, onde: S= seca, C = chuva, Cya = Cyanobacteria, Chl = Chlorophyceae, Zyg = Zygnematophyceae, Eug = Euglenophyceae, Bac = Bacillariophyceae, Chla = Chlamidophyceae, Oedo = Oedogoniophyceae, Micros = Microsporaceae, Rot = Rotifera, Clad = Cladocera, Ost = Ostracoda e Cop = Copepoda, dos 6 pontos coletados ($n = 6$).

Na análise de correspondência canônica com os 4 grupos zooplanctônicos encontrados os autovalores dos eixos 1 e 2, respectivamente, foram 0,013 e 0,001, explorando 99% da variância total nos dois primeiros eixos. O grupo Rotifera não apresentou uma correlação com pontos específicos, apresentando-se como um grupo cosmopolita no viveiro (Figura 12). O ponto P₁ na estação chuvosa esteve mais relacionado à Ostracoda e Copepoda e, este ponto também relacionou-se a Bacillariophyceae, Euglenophyceae e Microsporaceae. Copepoda esteve relacionado ao P₆ na seca e, este ponto esteve relacionado à presença de Bacillariophyceae e Microsporaceae (Figura 12).

No eixo 1 os pontos P₁, P₂ e P₃, cobertos com macrófitas apresentaram maior interação com os grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos. Os grupos zooplânctônicos apresentaram forte correlação com Oedogoniaceae e Chlorophyceae no ponto P₂ na estação seca e, um pouco mais distantes Microsporaceae, Bacillariophyceae,

Zygnematophyceae e Chlamydoephycae, estes três últimos táxons também estiveram relacionados ao P₁ na seca (Figura 12).

Na família Microsporaceae o único gênero encontrado em ambas as estações foi *Microspora* sp., que apresentou maior densidade nos pontos com a presença de macrófitas, aumento na abundância em P₂ e P₅ na estação seca e baixa frequência ao longo das coletas (Figura 13 e Tabela 8). Na família Oedogoniaceae foi encontrado apenas o gênero *Oedogonium* sp., em ambas as estações e os maiores valores de densidade ocorreram em P₁, P₂, P₃ e P₄. Oedogoniaceae apresentou frequência constante ao longo do tempo nestes mesmos pontos (Figura 13 e Tabela 8).

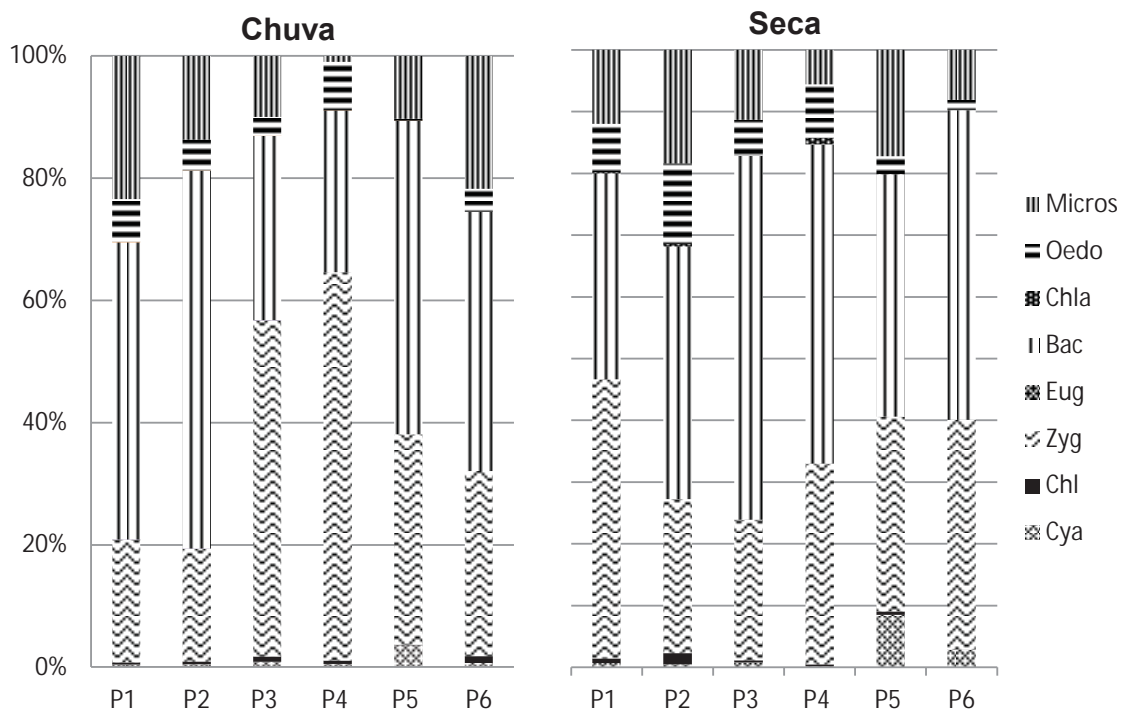


Figura 13. Abundância relativa das famílias fitoplanctônicas encontradas ao longo do monitoramento, onde: Micros = Microsporaceae, Oedo = Oedogoniaceae, Chla = Chlamydoephycae, Bac= Bacillariophyceae, Eug = Euglenophyceae, Zyg = Zygnematophyceae, Chl = Chlorophyceae e Cya = Cyanobacteria.

A família Bacillariophyceae foi a mais abundante em ambas as estações, na estação seca apresentou maior abundância em P₃, sendo dominantes em todos os demais pontos, exceto P₁. Na estação chuvosa, foi dominante nos pontos P₁, P₂, P₅ e

P₆, sendo os gêneros *Melosira* sp. e *Eunotia* sp. constantes e abundantes (Figura 13 e Tabela 8). Secundariamente, em ambas as estações, houve predomínio de Zygnematophyceae, que na estação seca foi dominante em P₁ e na estação chuvosa a família foi dominante em P₃ e P₄ (Figura 13 e Tabela 8).

Nas estações de seca e chuva, em P₅, houve aumento na densidade de Cyanobacteria, devido ao elevado número de indivíduos da espécie *Oscillatoria limosa* (Figura 13 e Tabela 8). As demais famílias fitoplanctônicas, apresentaram baixa abundância de organismos, em Chlamydomphyceae a única espécie encontrada foi *Eudorina elegans*, em Euglenophyceae também foi encontrada uma única espécie, *Phacus longicauda* e em Chlorophyceae a espécie com maior frequência foi *Chlorella* sp. (Figura 13 e Tabela 8).

No zooplâncton Rotifera foi dominante em todos os pontos coletados e apresentou o maior número de espécies, 19 no total. Todavia, Copepoda, Cladocera e Ostracoda apresentaram maior frequência. Em Rotifera, a espécie *Proales doliaris* apresentou a maior abundância e a maior frequência, outras espécies que se destacaram por sua abundância e frequência foram *Brachionus quadridentatus*, *Lecane bulla*, *Lecane quadridentata*, *Monommata longiseta* e *Trichocerca longiseta* (Figura 14 e Tabela 9).

No grupo Copepoda, foi observada maior abundância em P₆ e dentre todos os organismos zooplanctônicos encontrados, Copepoda apresentou maior frequência e foi o segundo grupo em abundância, com a espécie *Thermocyclops decipiens* (Figura 14 e Tabela 9). No grupo Cladocera ocorreram 2 espécies, com alta frequência em ambas as estações, principalmente nos pontos com presença de macrófitas (Figura 14 e Tabela 9).

Tabela 8. Composição, abundância relativa e frequência das espécies fitoplantônicas nos períodos de seca (S) e chuva (C), onde: - = ausente, r = raro, c = comum, C= constante, M = pontos com macrófitas e L = pontos sem macrófitas.

	M		L			M		L	
	S	C	S	C		S	C	S	C
Cyanobacteria					<i>Euastrum subintegrum</i> Nordstedt	0,0/r	0,0/C	0,2/r	0,0/r
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	0,0/c	0,0/-	0,0/r	0,0/-	<i>Gonatozygon</i> sp.	0,0/c	0,0/r	0,0/r	0,0/-
<i>Limnothrix</i> sp.	0,0/-	0,0/C	0,0/-	0,0/-	<i>Micrasteria furcata</i> C.Agardh ex Ralfs, 1848	0,2/c	0,0/C	0,0/c	0,0/r
<i>Merismopedia</i> sp.	0,0/-	0,0/r	0,0/-	0,0/-	<i>Micrasteria laticeps</i> Nordstedt	0,1/c	0,9/C	0,0/c	0,0/c
<i>Microcystis</i> sp.	0,0/c	0,0/r	0,9/c	0,1/r	<i>Mougeotia</i> sp.	0,1/c	0,1/c	0,0/c	0,3/r
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	0,1/c	0,3/c	0,2/c	0,5/c	<i>Netrium</i> sp.	0,0/c	0,0/r	0,0/r	0,0/c
Chlamydomphyceae					<i>Pleurotaenium trabécula</i> (Ehrenberg) Nägeli, 1849	0,2/c	0,1/c	0,2/C	0,1/c
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg, 1832	0,1/c	0,0/C	0,0/c	0,0/r	<i>Spirogyra majuscula</i> Kützing, 1849	2,1/c	0,6/c	1,1/c	0,1/r
Chlorophyceae					<i>Spondylosium</i> sp.	0,6/c	4,1/C	0,8/C	1,3/c
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848	0,0/r	0,0/-	0,1/r	0,0/-	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt, 1869	0,0/C	0,0/r	0,0/c	0,1/c
<i>Binuclearia tectorum</i> (Kützing) Berger ex Wichmann, 1937	0,3/c	0,2/r	0,0/-	0,1/r	<i>Staurastrum setigerum</i> f. major Prescott, Bicudo & Vinyard	0,0/r	0,3/C	0,0/c	0,1/c
<i>Chlorella</i> sp.	0,0/c	0,0/c	0,0/r	0,0/r	<i>Staurodesmus brevispina</i> (Brébisson) Croasdale, 1957	0,0/c	0,0/r	0,0/r	0,0/-
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, 1855	0,0/-	0,0/-	0,0/-	0,0/r	<i>Staurodesmus validus</i> (West & G.S.West) Thomasson, 196?	1,9/r	0,1/c	0,9/c	0,1/r
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren, 1830	0,0/-	0,0/-	0,0/r	0,0/-	<i>Zygnema</i> sp.	2,0/c	0,5/r	2,2/C	0,8/c
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen, 1829	0,0/-	0,0/r	0,0/r	0,0/r	Bacillariophyceae				
<i>Planktosphaeria</i> sp.	0,0/-	0,0/-	0,0/r	0,0/-	<i>Asterionella formosa</i> Hassall, 1850	0,0/c	0,0/r	0,1/c	0,1/r
<i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg	0,0/-	0,0/r	0,0/r	0,0/r	<i>Eunotia anamargaritae</i> D.Metzeltin & Lange- Bertalot	0,1/C	0,1/C	0,0/c	0,0/r
Euglenophyceae					<i>Eunotia</i> sp.	0,7/C	0,6/C	4,3/C	0,2/c
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin 1841	0,0/-	0,0/r	0,0/r	0,0/-	<i>Melosira</i> sp.	14/C	11,2/C	8,9/C	7,7/c
Zygnematophyceae					<i>Navicula</i> sp.	0,1/c	0,0/c	0,0/C	0,0/c
<i>Bambusina</i> sp.	0,3/r	1,6/C	1,0/r	2,2/C	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862	0,1/C	0,1/C	0,0/c	0,0/c
<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs, 1848	0,1/C	0,0/c	0,0/c	0,0/r	<i>Pinnularia</i> sp.	0,1/C	0,2/C	0,1/C	0,1/C
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs, 1848	0,0/c	0,0/r	0,0/r	0,0/-	<i>Surirella</i> sp.	0,1/c	0,0/C	0,0/C	0,0/r
<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirchner, 1878	0,0/c	0,0/c	0,4/r	0,0/-	Oedogoniaceae				
<i>Cosmarium pyramidatum</i> Brébisson ex Ralfs, 1848	0,0/c	0,0/r	0,0/r	0,0/-	<i>Oedogonium</i> sp.	2,0/C	1,4/C	0,8/c	1,0/c
<i>Cosmarium subcostatum</i> Nordstedt, 1876	0,0/-	0,0/r	0,0/-	0,0/r	Microsporaceae				
<i>Desmidium</i> sp.	0,3/r	0,7/c	0,4/c	0,3/r	<i>Microspora</i> sp.	4,1/c	4,4/C	2,7/C	0,8/c
<i>Euastrum abruptum</i> Nordstedt, 1870	0,0/c	0,1/C	0,0/c	0,0/r					

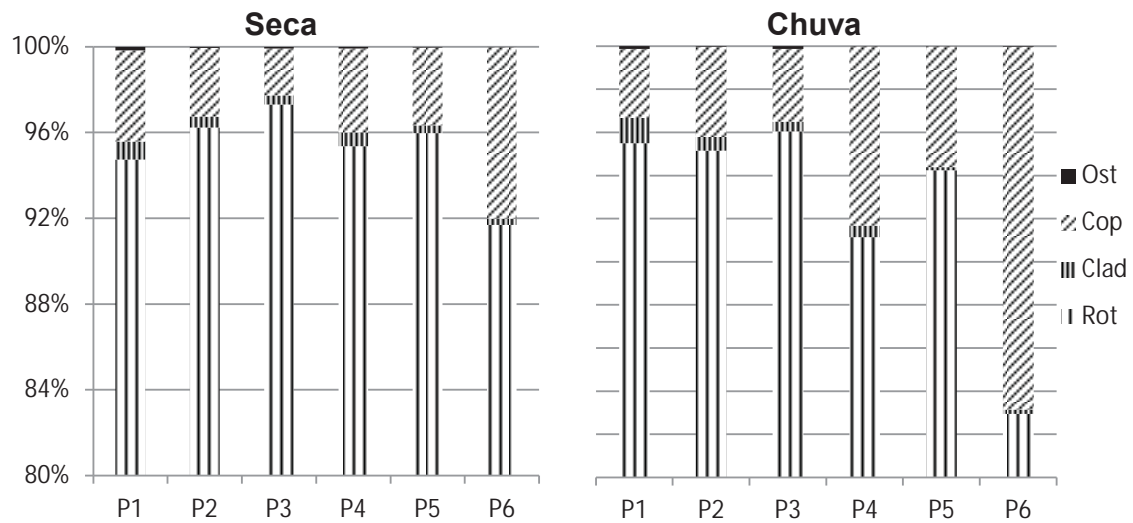


Figura 14. Abundância relativa dos grupos zooplanctônicos encontrados ao longo do monitoramento, onde: Ost = Ostracoda, Cop = Copepoda, Clad = Cladocera e Rot = Rotifera.

Tabela 9. Composição, abundância relativa e frequência das espécies zooplanctônicas nos períodos de seca (S) e chuva (C), onde: - = ausente, r = raro, c = comum, C= constante, M = pontos com macrófitas e L = pontos sem macrófitas.

Taxa	M		L			M		L	
	S	C	S	C		S	C	S	C
Copepoda					<i>Colurella</i> sp.	0,3/-	0,0/-	0,9/r	0,0/-
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i> Sars, 1901	0,1/C	0,1/C	0,1/C	0,1/C	<i>Lecane bulla</i> Gosse, 1851	3,0/c	1,0/r	0,6/r	1,7/r
Nauplius	0,4/C	0,4C	0,4/C	0,7/C	<i>Lecane curvicornis</i> Murray, 1913	0,8/r	0,0/r	0,8/r	0,5/r
<i>Thermocyclops decipiens</i> Kiefer, 1929	0,9/C	0,4/C	0,2/C	0,2/C	<i>Lecane lunaris</i>	1,2/r	0,5/-	0,7/r	0,0/-
Nauplius	0,1/c	0,1/C	0,1/C	0,1/C	<i>Lecane quadridentata</i> Ehrenberg, 1830	2,0/r	1,3/r	1,0/r	0,6/r
Cladocera					<i>Lecane</i> sp.	0,4/r	1,5/r	0,6/r	1,2/r
<i>Alona monacantha</i> Sars, 1901	0,1/c	0,1/C	0,0/C	0,0/C	<i>Lecane stichaea</i> Harring, 1913	1,1/r	1,1/r	0,0/-	1,2/r
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek, 1981	0,1/C	0,1/C	0,0/c	0,0/r	<i>Lepadella ovalis</i> Muller, 1896	0,5/r	0,7/r	0,4/r	0,2/-
Rotifera					<i>Macrochaetus altamirai</i> Arévalo, 1918	1,2/r	0,4/-	0,4/r	0,0/-
<i>Asplanchna</i> sp.	0,5/r	0,9/r	0,3/r	0,2/r	<i>Monommata longiseta</i> Müller, 1786	2,7/c	1,5/r	0,7/r	0,7/r
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	7,4/c	1,7/r	1,3/r	0,2/-	<i>Proales doliaris</i> Rousselet, 1895	13,4/c	5,2/r	3,0/c	4,8/r
<i>Cephalodella</i> sp	0,1/r	1,3/r	0,3/r	0,0/-	<i>Proales</i> sp.	2,2/-	0,7/-	1,0/r	0,0/-
<i>Colurella dicentra</i> Gosse, 1887	0,6/r	0,5/r	0,8/r	0,2/-	<i>Proalinopsis caudatus</i> Collins, 1872	1,0/-	0,6/-	0,2/r	0,0/-
<i>Colurella uncinata</i> Müller, 1773	0,1/-	0,1/-	0,0/-	0,0/-	<i>Trichocerca longiseta</i> Schrank, 1802	4,9/C	5,8/r	1,4/r	0,9/r

DISCUSSÃO

As comunidades planctônicas apresentaram grandes diferenças entre as estações de seca e chuva, com pequena redução na frequência de organismos e grande redução na densidade. É comum as comunidades planctônicas apresentarem diferenças espaciais e temporais em resposta as condições climáticas e variações físico-químicas da água (PERBICHE-NEVES et al., 2011). Na ausência de pluviosidade, na maioria das vezes, verifica-se maior crescimento do plâncton em ambientes aquáticos (GHIDINI et al., 2009).

Neste estudo, as concentrações dos nutrientes ortofosfato, fósforo total e nitrato, diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre os pontos com presença e ausência de macrófitas na estação chuvosa e, apenas o nitrato na estação seca. Os pontos com cobertura vegetal são locais de entrada de enxurrada no viveiro, proveniente das áreas do entorno e a presença das plantas não interferiu nas concentrações destes componentes da água. Estudos demonstram que a disponibilidade de nutrientes e a concentração de clorofila-a não se alteram significativamente em pontos com a presença de macrófitas (GAZULHA et al., 2011).

O aumento da turbidez, originado pela enxurrada, promove o crescimento de Cyanobacteria e o aumento de nutrientes na água, levando ao desenvolvimento de Bacillariophyceae e Chlorophyceae (PERBICHE-NEVES et al., 2011). Neste estudo, Bacillariophyceae, Microsporaceae e Euglenophyceae estiveram associados à presença de macrófitas e a precipitação nos pontos P_1 e P_2 e, Zygnematophyceae esteve relacionada à precipitação em P_3 e P_4 .

Nos ambientes aquáticos os nutrientes são os principais responsáveis pela eutrofização, com elevado impacto sobre o crescimento do fitoplâncton, fornecendo uma ferramenta para prever o desenvolvimento da comunidade, e destes o fósforo é o elemento com maior capacidade de predição (PHILLIPS et al., 2008). Neste estudo, os grupos fitoplanctônicos mais associados à concentração de fósforo total na água foram Oedogoniophyceae, Chlamydomphyceae, Microsporaceae e Bacillariophyceae, em ambas as estações.

A presença de macrófitas pode explicar boa parte da variação da dinâmica planctônica nos ambientes, observações ao longo do espaço e do tempo tem demonstrado uma tendência das macrófitas submersas a reduzir a biomassa fitoplanctônica (ROONEY & KALFF, 2003). No viveiro estudado, as macrófitas *E. azurea* e *S. auriculata* favoreceram o desenvolvimento do fitoplâncton, isso se deve ao fato deste viveiro apresentar fluxo contínuo de água, que fisicamente desloca as populações planctônicas e as macrófitas atuaram retendo estes organismos, fato que ficou bastante nítido na estação chuvosa.

Alguns dos fatores que mais contribuem para a redução das populações zooplanctônicas são as altas temperaturas, as elevadas densidades de Cyanobacteria não comestível e a predação excessiva por peixes (HAVENS et al., 2009). Neste estudo, a densidade de Cyanobacteria foi marcante em P₅, principalmente na seca, porém, não apresentou nenhuma relação com os grupos zooplanctônicos nem com a temperatura.

Neste estudo, Cyanobacteria apresentou maior densidade e frequência em P₅ na seca, destacando-se o gênero *Oscillatoria* sp., este ponto está inversamente relacionado à temperatura, pH, precipitação e nitrito. Existem fortes evidências que a temperatura, pode ser um fator limitante no desenvolvimento de *Oscillatoria* sp. (MONTEALEGRE et al., 1995) e, a presença de Cyanobacteria na saída do viveiro estudado, evidencia um alerta ao abastecimento de água para aquicultura.

A densidade dos diferentes grupos na comunidade fitoplanctônica está relacionada a vários fatores, como o nível trófico, luz, pH e herbivoria (MOURA et al., 2007). Neste estudo, o fósforo total na água e o pH estiveram correlacionados principalmente aos pontos P₁, P₂ e P₃ na estação chuvosa. Zygnematophyceae esteve relacionada à P₃ e Bacillariophyceae à P₁ e P₂ na estação chuvosa. Estas duas famílias fitoplanctônicas foram dominantes no ambiente e apresentaram relação inversa, sugerindo a competição entre elas.

Tanto as comunidades zooplanctônicas quanto as comunidades fitoplanctônicas estiveram relacionadas, principalmente, ao P₂ e, secundariamente ao P₁ e P₃ na seca. A presença de macrófitas permite maior colonização das comunidades zooplanctônicas

em função dos maiores teores de oxigênio dissolvido, contribuindo para o desenvolvimento da comunidade zooplanctônica (RAHMAN et al., 2008).

Chlorophyceae na estação seca apresentou maior relação com P₁, P₂ e P₄, sendo os gêneros que mais se destacaram *Binuclearia* sp. e *Chlorella* sp., estes pontos não apresentaram correlação com os parâmetros determinantes da eutrofização. Em locais com índices intermediários de eutrofização observa-se dominância de Chlorophyceae, principalmente os gêneros de *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp. e *Coelastrum* sp. (UNNI & PAWAR, 2000).

Cladocera apresenta características intermediárias entre os organismos tropicais e de organismos de climas temperados apresentando grande capacidade de desenvolvimento, vida longa e prolífica em águas ricas em algas (HAN et al., 2011). Neste estudo, Cladocera foi mais abundante nos pontos com a presença de macrófitas e frequência constante ao longo das estações. A maior abundância de algas nos pontos com vegetação possibilitou melhor desenvolvimento do grupo, sendo eficiente como indicador de qualidade de água (SAMPAIO et al., 2002).

Em geral, alta abundância de Rotifera reflete a disponibilidade de uma ampla gama de alimentos, a alta fecundidade e resistência às condições ambientais desfavoráveis (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2008). Por esse argumento, neste estudo, as condições ambientais favoráveis e a grande quantidade de alimento disponível, refletida nas altas concentrações clorofila-a, com presença constante de pequenas microalgas favoreceu grande crescimento da comunidade de Rotifera, tornando-a dominante em todas as coletas e pontos, porém, as espécies tiveram frequência irregular. A rápida sucessão do fitoplâncton, principalmente das espécies de menor porte, promove as oscilações na frequência das espécies de Rotifera (ARORA & MEHRA, 2003).

No período amostrado houve aumento na densidade das populações de Copepoda na estação chuvosa, principalmente na saída de água P₆ onde sobressaiu a espécie de Copepoda, *Thermocyclops decipiens*. É comum em ambientes aquáticos tropicais o aumento da densidade de Copepoda durante a estação chuvosa (SANTOS-WISNIEWSKI & ROCHA, 2007).

Durante o monitoramento na estação chuvosa, houve proporcionalmente maior número de organismos no fitoplâncton do que no zooplâncton nos pontos com cobertura vegetal. A proliferação de fitoplâncton nos pontos com cobertura vegetal em ecossistemas tropicais rasos de água doce pode ser atribuída a herbivoria ineficiente pelo zooplâncton dominante (Cladocera pequenos e Rotifera) por algas maiores (PAGANO, 2008). Este padrão foi observado no presente estudo, onde Bacillariophyceae e Zygnematophyceae foram dominantes.

O maior desenvolvimento do plâncton ocorreu durante a estação seca, na qual o baixo fluxo de água permitiu maior colonização para algumas espécies. Em todos os pontos amostrados sobressaíram em abundância e frequência organismos que caracterizam boa qualidade da água, porém, alguns grupos evidenciam que o viveiro está em processo de eutrofização, como por exemplo, a presença de Cyanobacteria e a dominância de Rotifera, característicos de ambientes ricos em fósforo e nitrogênio. Nas saídas de água houve aumento das populações de Cyanobacteria, devido à ausência de macrófitas e para o zooplâncton houve aumento no número de organismos de maior tamanho como Copepoda, que posteriormente servirão de alimento para larvas e alevinos de peixes dos viveiros e tanques, abastecidos por este viveiro.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: Processo nº2008/54954-7) e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro autor. Agradecemos também aos colegas do Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton do CAUNESP pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

- ARORA, J.; MEHRA, N. K. Seasonal dynamics of rotifers in relation to physical and chemical conditions of the river Yamuna (Delhi), India. **Hydrobiologia**, vol.491, n.1-3, p.101-109, 2003.
- BICUDO, C. M.; BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: Rima, 2004. 372 p.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Eng. Agríc.**, vol.25, n.2, p.377-384, 2005.
- ÇELIK, K.; ONGUM, T. The relationship between certain physical and chemical variables and the seasonal dynamics of phytoplankton assemblages of two inlets of a shallow hypertrophic lake with different nutrient inputs. **Environ. Monit. Asses.**, vol.124, n.1-3, p.321-330, 2007.
- FUNARI, E.; TESTAI, E. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. **Crit. Rev. Toxicol.**, vol.38, n.2, p.97-125, 2008.
- GAZULHA, V., et al. Effects of natural banks of free floating plants on zooplankton community in a shallow subtropical lake in Southern Brazil. **Braz. Arch. Biol. Tech.**, vol.54, n.4, p.745-754, 2011.
- GHIDINI, A. R.; et al. Distribution of planktonic cladocerans of shallow lake eutrophic reservoir (Paraná State, Brazil). **Pan Am. J. Aquat. Sci.**, vol.4, n.3, p.294-305, 2009.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater**. London: Blackwell Sci. Publ., 1978. 213 p.
- GRIFFIN, S. L.; HERZFELD, M.; HAMILTON, D. P. Modelling the impact of zooplankton grazing on phytoplankton biomass during a dinoflagellate bloom in the Swan River Estuary, Western Australia. **Ecol. Eng.**, vol.16, n.3, p.373-394, 2001.
- HAN, B. P.; et al. Why is Diaphanosoma (Crustacea: Ctenopoda) so common in the tropics: Influence of temperature and food on the population parameters of Diaphanosoma dubium, and a hypothesis on the nature of tropical cladocerans. **Hydrobiologia**, vol.668, n.1, p.109-115, 2011.

- HAVENS, K. E.; et al. Zooplankton-phytoplankton relationships in shallow subtropical versus temperate lakes Apopka (Florida, USA) and Trasimeno (Umbria, Italy). **Hydrobiologia**, vol.628, n.1, p.165-175, 2009.
- KOROLEFF, F. **Determination of Ammonia**. In: Grasshoff, K.; Ehrhardt, M.; Kremling, K.; editors. *Methods of seawater analysis: second, revised and extended edition*. Verlag Chemie, Weinheim, p. 150-157, 1983.
- LIU, Z.; et al. Seasonal dynamics of zooplankton and grazing impact of microzooplankton on phytoplankton in Sanmen Bay, China. **Acta Ecol. Sin.**, vol.26, n.12, p.3931-3941, 2006.
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, F. J. **Water Analyses: Some Revised Methods for Limnologists**. Freshwater Publication Association Scientific Publication, 35. Kendall Titus Wilson & Sons, 1978. 120 p.
- MANLY, B. F. J. **Multivariate Statistical Methods**. London: Chapman Hall., 1986. 208 p.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data, version 3.0**. MjM Software Design, Oregon, 1997.
- MONTANARI, R.; et al. Caracterização mineralógica de latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Rev. Ciência Agron.**, vol.41, n.2, 191-199, 2010.
- MONTEALEGRE, R. J.; et al. A dynamic simulation model for the blooming of *Oscillatoria agardhii* in a monomictic lake. **Ecol. Model.**, vol.78, n.1-2, p.17-24, 1995.
- MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Structure of the phytoplankton in a water supply system in the state of Pernambuco –Brazil. **Braz. Arch. Biol. Tech.**, vol.50, n.4, p.645-654, 2007.
- NUSCH, E. A. Comparison of different method for chlorophyll and pheopigments determination. **Arch. Hydrobiol.**, vol.14, p.14-36, 1980.
- PAGANO, M. Feeding of tropical cladocerans (*Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum*) and rotifer (*Brachionus calyciflorus*) on natural phytoplankton: effect of phytoplankton size-structure. **J. Plank. Res.**, vol.30, n.4, p.401-414, 2008.

- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, vol.11, p.1633-1644, 2007.
- PERBICHE-NEVES, G.; et al. Influence of atypical pluviosity on phytoplankton assemblages in a stretch of a large sub-tropical river (Brazil). **Biologia**, vol.66, n.1, p.22-41, 2011.
- PHILLIPS, E. J.; et al. Climatic trends and temporal patterns of phytoplankton composition, abundance, and succession in the Indian River Lagoon, Florida, USA. **Estuar. Coasts**, vol.33, n.2, p.498–512, 2010.
- PHILLIPS, G.; et al. Chlorophyll-nutrient relationships of different lake types using a large European dataset. **Aquat. Ecol.**, vol.42, n.2, p.213-226, 2008.
- RAHMAN, M. M.; et al. Relationships among water quality, food resources, fish diet and fish growth in polyculture ponds: A multivariate approach. **Aquaculture**, vol.275, n.1-4, p.108-115, 2008.
- ROONEY, N.; KALFF, J. Interactions among epilimnetic phosphorus, phytoplankton biomass and bacterioplankton metabolism in lakes of varying submerged macrophyte cover. **Hydrobiologia**, vol.501, n.1-3, p.75-81, 2003.
- SACRAMENTO, C. K.; PEREIRA, F. M. Fenologia da floração da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, vol.25, n.1, p.19-22, 2003.
- SAMPAIO, E. V.; et al. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Braz. J. Biol.**, vol.62, n.3, p.525-545, 2002.
- SANTOS-WISNIEWSKI, M. J.; ROCHA, O. Spatial distribution and secondary production of Copepoda in a tropical reservoir: Barra Bonita, SP, Brazil. **Braz. J. Biol.**, vol.67, n.2, p.223-233, 2007.
- SIEGEL, S. **Non-Parametric Statistics for the Behavioral Sciences**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975. 350p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Aspectos limnológicos de um viveiro utilizado como abastecimento de água para sistemas de aquicultura. **Bol. Téc. CEPTA**, vol.19, p.59-64, 2006.

- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; et al. Estudo batimétrico e morfométrico em represas. **Ciência Zootécnica**, vol.6, n.1, p.10-12, 1991.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ALVAREZ, E. J. S.; BRAGA, F. M. S. Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1949). **Braz. J. Biol.**, vol.68, n.1, p.77-86, 2008.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MILLAN, R. N.; AMARAL, A. A. Influence of management on plankton community of fishponds during the dry and rainy seasons. **Acta Limno. Bras.**, vol.22, n.1, p.70-79, 2010.
- SOMMER, U.; et al. PEG-model of Seasonal Succession of Planktonic Events in Fresh Waters. **Archiv. für Hydrobiologie**, vol. 106, p. 433-471, 2003.
- UNNI, K. S., PAWAR, S. The phytoplankton along a pollution gradient in the River Mahanadi (M.P. state) India – a multivariate approach. **Hydrobiologia**, vol.430, n.1-3, p.87-96, 2000.
- VAN APELDOORN, M. E., et al. Toxins of cyanobacteria. **Mol. Nutr. Food Res.**, vol.51, n.1, p.7-60, 2007.
- WANG, X.; et al. Exploration of relationships between phytoplankton biomass and related environmental variables using multivariate statistic analysis in a eutrophic shallow lake: A 5-year study. **J. Environ. Sci.**, vol.19, n.8, p.920-927, 2007.

CONCLUSÕES FINAIS

- As macrófitas *E. azurea* (Sw.) Kunth e *S. auriculata* *Salvinia auriculata* Aublet que dominam o sistema, contribuem para a manutenção da boa qualidade de água para abastecimento, removendo e estocando nutrientes da água, permitindo o estabelecimento de uma grande comunidade associada;
- *E. azurea* apresentou fósforo e nitrogênio correlacionados a disponibilidade de nutrientes na água e, a massa seca apresentou correlação direta com a biomassa fitoplanctônica, que atua removendo constantemente nutrientes da água, denotando maior aplicabilidade como filtro biológico neste sistema de abastecimento;
- *S. auriculata*, apresentou correlação inversa com os grupos fitoplanctônicos e sua biomassa não acompanhou a variação da quantidade de nutrientes na água;
- O sistema estudado sofre influência direta da precipitação, da fauna local e da ausência de manejo adequado no entorno do viveiro;
- Na estação seca a qualidade da água foi adequada ao abastecimento, porém, durante a estação chuvosa a qualidade da água fica comprometida com aumento da quantidade de nutrientes, coliformes fecais e do índice de estado trófico, com redução do oxigênio na água, devido a grande carga de material alóctone proveniente da área ao redor do viveiro;
- Recomenda-se o controle do material alóctone proveniente da área de produção agropecuária (bovinocultura e ovinocultura) que entra no sistema através da lixiviação e também o isolamento do viveiro de animais que comprometem a qualidade da água e a manutenção das macrófitas neste sistema;
- O maior desenvolvimento do plâncton ocorreu durante a estação seca, na qual o baixo fluxo de água permitiu maior colonização para algumas espécies;
- Em todos os pontos amostrados sobressaíram em abundância e frequência organismos que caracterizam água adequada para o abastecimento, porém, alguns grupos evidenciam que o viveiro está em processo de eutrofização, havendo necessidade de melhora no manejo adotado neste viveiro.