

FASES DA REABILITAÇÃO NATURAL DE LAGOS ORIGINADOS POR EXTRAÇÃO DE AREIA: MACRÓFITAS E ORGANISMOS ASSOCIADOS

BEYRUTH, Z.*, CALEFFI, S.** & FERRAGUT, C.***

* Instituto de Pesca
Av. Francisco Matarazzo, 445
05001-300 São Paulo, SP, Brasil
e-mail: zbeiruth@usp.br

** Faculdades Integradas de Guarulhos
Guarulhos, SP, Brasil

*** Instituto de Botânica, Seção de Ficologia
Caixa postal 4005
01061-970 São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO: Fases da reabilitação natural de lagos originados por extração de areia: macrófitas e organismos associados. Supondo-se que os diferentes estágios envolvendo desde a degradação antrópica até a reabilitação natural de cavas submersas originadas pela extração de areia são determinados pelo período de inatividade extrativa, quanto maior o período de inatividade maior o potencial biogênico (densidade e riqueza de espécies) esperado. Para investigar esta hipótese, realizou-se a determinação quali e quantitativa da flora e fauna associadas à raízes de macrófitas aquáticas livre-flutuantes, provenientes de quatro cavas situadas ao longo do rio Paraíba do Sul, Jacareí, SP: uma inativa durante 22 anos, uma inativa durante 6 anos; uma esporadicamente ativa e uma em atividade mineradora. Identificou-se um total de 162 espécies de algas associadas às macrófitas encontradas: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Salvinia auriculata* Aubl. e *Pistia stratiotes* L. e um total de 15 taxa de micro- e macro-invertebrados aquáticos associados a *E. crassipes* e *S. auriculata*. Os resultados obtidos demonstraram a validade da suposição inicial. O tempo de inatividade extrativa relacionou-se positivamente com as características biogênicas estudadas: riqueza de táxons e densidade dos organismos associados às macrófitas. Entretanto estes resultados demonstraram, também, que a reabilitação natural destes ecossistemas é lenta, havendo necessidade de investigar medidas artificiais para a reabilitação destes ambientes degradados, possibilitando outros usos após o término de sua exploração mineral, conforme determina a legislação atual.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, perifiton, fauna e flora associada, mineração de areia, reabilitação.

ABSTRACT: Natural rehabilitation phases of pits originated by sandmining: Macrophytes and associated organisms. We supposed that different phases of the natural environmental rehabilitation of sandmining pits could be determined by the period of sandmining inactivity. Furthermore, the longer this period the higher the biogenic potential and species richness could be expected. A quali- and quantitative analyses of the flora and fauna attached to macrophytes, derived from four sandmining pits of Paraíba do Sul river basin, SP, Brazil, initiated a study in order to investigate this hypothesis. One of those pits had been inactive for 22 years, one 6 years, one had sporadic activity and the last one active. A total of 162 algae species have been identified associated to the free-floating macrophytes found: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* and *Pistia stratiotes*. A total of 15 taxa of micro and macroinvertebrates have been identified associated to *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. The results showed that inactivity period determined significant differences among the biogenic characteristics of these environments, and was positively correlated to the species richness and density. The natural rehabilitation might take decades, so artificial measures of rehabilitation have to be investigated, in order to allow other uses to these environments as demanded by the environmental law.

Key-words: free-floating macrophytes, attached organisms, periphyton, sandmining pits, rehabilitation.

INTRODUÇÃO

A areia e o cascalho constituem os produtos minerais de maior tonelagem de consumo no mundo inteiro, sendo a maior parte utilizada na construção civil: edificações, pavimentação, enchimento, balastro e outros usos (Chaves, 1972). Na periferia de áreas urbanas em expansão, prevalece a exploração dos minerais destinados à construção, basicamente areia e brita (Fornasari Filho et al., 1984). Um levantamento realizado em 1982 sobre o mercado consumidor mineral do Estado de São Paulo, possibilita concluir que 1.886.440 toneladas.ano⁻¹ de areia são consumidas, perfazendo 4,3 % do valor monetário dos bens minerados neste Estado. Dentre os bens minerais consumidos, a areia é o quinto item na participação em valor monetário no Estado de São Paulo (Dias, 1983).

A exploração de areia e cascalho implicam na devastação de áreas localizadas, incluindo o desmatamento e a remoção e perda do solo superficial, capaz de sustentar a vegetação. Após o esgotamento da jazida, o abandono de cavas profundas, ocasiona a instabilidade das áreas adjacentes, acentuada quando em encostas de terrenos elevados (Fornasari Filho et al., 1984). A atividade dos portos de areia, além de causar modificações no relevo das áreas marginais aos corpos d'água (curso principal, córregos e ribeirões afluentes, bem como lagos marginais), também contribui para o assoreamento do corpo d'água receptor. Uma vez destruído o relevo, os produtos de desgaste são levados encosta abaixo para as depressões do terreno e os rios passam a ser os agentes mais importantes no transporte de materiais intemperizados (Gandolfi, 1981).

No processo de lavagem e peneiramento da areia são liberadas, como rejeito, as frações finas que podem ser lançadas diretamente em corpos d'água ou em cavas abandonadas e bacias de decantação a elas associadas, provocando a poluição da água através das frações menores em suspensão. A este tipo de rejeito somam-se os resultantes da remoção do solo superficial e de argilas e siltes que geralmente são lançados nas águas ou depositados em pilhas de bota-fora, ficando expostos à erosão. Ambas as formas conduzem ao assoreamento dos vales e cursos d'água, ligando-se, na origem, aos problemas de enchentes. Além disto, o

caráter predatório, característico desta exploração mineral tão lucrativa, faz com que esta atividade interfira com a exploração agrícola através da invasão e inutilização de grandes extensões de terras férteis, reduzindo as áreas de cultivo e limitando a exploração agrícola. Outro fato relevante a considerar, é a redução das áreas verdes próximas aos centros urbanos, que contribui para a degradação da qualidade de vida de seus habitantes. Apesar disto, até 1991 havia apenas um registro, na literatura paulista, de um plano de recuperação para área degradada por esta atividade, na bacia hidrográfica do Guarapiranga (Srishendruder et al., 1984). Este plano não foi aplicado até o momento e investigações posteriores constataram que o impacto da mineração de areia contribui acentuadamente para o assoreamento da represa do Guarapiranga (Beyruth, 1994a; b). Este exemplo e os fatos mencionados demonstram a necessidade urgente, de providências efetivas, para estancar e minimizar os processos de erosão nas bacias de drenagem em que há mineração de areia, para que no futuro seja possível reverter os efeitos destes processos.

Atendendo a esta necessidade o Decreto Federal 97632 (1989 apud CETESB, 1993) vem obrigar a apresentação de um plano de recuperação da área degradada (PRAD), para todos os empreendimentos destinados à exploração de recursos minerais, inclusive os que estavam em funcionamento desde 1989. A resolução n.º 18 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, sistematiza a elaboração do PRAD e a responsabilidade dos empresários na recuperação das áreas degradadas pela mineração (CETESB, 1992). Entretanto, embora seja obrigatória a recuperação destas áreas, há carência de subsídios científicos, necessários para viabilizar a reabilitação-recuperação das regiões degradadas e a aplicação da lei.

A alta qualidade da areia encontrada na região de Jacareí, SP, aliada à proximidade de grandes centros urbanos e ao sistema viário favorável nas margens do rio Paraíba do Sul, resultaram na concentração de inúmeros portos de areia que realizam a extração mineral em cavas submersas, muitas das quais em áreas protegidas pelo Código Florestal (1963 apud CETESB, 1993).

Nesta situação, no período compreendido entre 1991 e 1995, a equipe técnica do setor de recuperação ambiental da CETESB associada a outros órgãos de pesquisa do Estado de São Paulo, iniciou investigações na região, destinadas a prover os subsídios necessários à criação de tecnologia de reabilitação ou de recuperação das áreas degradadas (Beyruth & Lemos, 1993; Shimizu et al., 1995; CETESB, 1997).

A mineração de areia causa impactos muito acentuados no desenvolvimento dos organismos aquáticos ao longo de toda a cadeia trófica. A restrição da iluminação, promovida pela alta turbidez mineral, impede a produção primária (Beyruth, 1994) e em consequência a produção secundária planctônica (Shimizu et al., 1995). A destruição do habitat e o soterramento causam grandes perdas nas comunidades bentônicas (García et al., no prelo).

As cavas de areia da mesma região de Jacareí, uma inativa desde 1985 (Rio Abaixo) e outra em atividade extrativa (Porto Seguro A), estudadas por Shimizu et al. (1995), apresentaram comunidade zooplancônica constituída por poucas espécies e maiores densidades apenas de espécies resistentes à escassez de alimento e tolerantes a ambientes com altos teores de material em suspensão; relatam também que a comunidade bentônica era extremamente pobre e de ocorrência esparsa, em ambas as cavas estudadas. Beyruth (dados inéditos) estudando estes mesmos ambientes encontrou, na cava ativa, escassez de organismos fitoplanctônicos e apenas organismos resistentes aos impactos da mineração, como espécies do gênero *Peridinium*; na cava inativa, Rio Abaixo, foram observadas densidades elevadas de organismos fitoplanctônicos com predominância de gêneros favorecidos pela eutrofização resultante de aportes de esgoto. Estudos realizados por Beyruth & Lemos (1993), em cavas de areia da região (Porto Seguro A - ativa e Porto Seguro B - inativa), mostraram riqueza de

espécies variando entre 1 e 14, com predomínio de dinoflagelados do gênero *Peridinium* na água aberta da cava ativa; riqueza variando entre 9 e 48 e menor concentração de dominância (mediana=0,14 n=14) na cava inativa que na cava ativa (mediana=0,51 n=14). A destruição dos elos anteriores, além de outros fatores relacionados aos impactos desta atividade mineradora (Beyruth & Lemos, 1993; Beyruth, 1994a; Shimizu et al. 1995), inibe o desenvolvimento dos elos superiores da cadeia trófica, inclusive da fauna ictífica. Estas restrições dificultam comparações conclusivas a partir do estudo destas comunidades.

A proteção conferida pelas raízes das macrófitas livre-flutuantes e a permanência nas camadas mais superficiais da água, aumentam a probabilidade de sobrevivência dos organismos aquáticos associados a estes vegetais, que poderiam servir como inóculo para iniciar a colonização dos ambientes impactados pela mineração. A densidade e a riqueza de táxons destes organismos, podem ser utilizadas como indicadores, quantitativo e qualitativo, da possibilidade de produção e geração originada de organismos vivos preexistentes, ou seja, do potencial biogênico. Diante disto, elegeram-se como objeto de comparação os microrganismos associados às macrófitas, considerados os melhores representantes do potencial biogênico nestes ambientes, por apresentarem maior probabilidade de resistir ao impacto resultante da mineração do que os organismos da água aberta ou da fauna bentônica.

Os lagos originados pela extração de areia, também chamados de cavas de areia, em geral são pequenos e rasos, situando-se nas áreas de várzea ou de inundação de rios, onde ao longo de eras geológicas, ocorreu deposição e acúmulo de sedimentos provenientes da decomposição de rochas das partes mais elevadas dos terrenos adjacentes aos rios. Estes lagos, assim como os lagos marginais naturais, podem conter grande quantidade de macrófitas aquáticas livre flutuantes tais como: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms., *Salvinia auriculata* Aubl. e *Pistia stratiotes* L., provenientes de outros corpos d'água durante as cheias. A produção primária destes ambientes, quando muito impactados, deve-se quase que exclusivamente a estes vegetais, uma vez que o elevado teor de material em suspensão, promovendo a elevação da cor e da turbidez, impede o desenvolvimento dos vegetais submersos, como algas e macrófitas aquáticas não emergentes (Beyruth, 1994a; Beyruth & Lemos, 1993; Shimizu et al., 1995).

É importante considerar que as macrófitas livre flutuantes podem prover ambiente favorável a proliferação de inúmeros organismos, alguns de importância sanitária, cuja presença pode causar desde simples incômodo até a propagação de doenças (Beyruth, 1992). *P. stratiotes* e *E. crassipes* também podem servir como meio de transporte para larvas de *Anopheles darlingi*, durante o período das cheias (Forattini, 1962).

Os trabalhos anteriores, mencionados, indicam a existência de um gradiente de condições ambientais características, desde o impacto até as fases mais adiantadas da reabilitação natural de cavas originadas pela mineração de areia, associado ao período de inatividade extrativa. Este trabalho tem por objetivo verificar se a densidade e número de táxons da flora e fauna associadas a macrófitas livre-flutuantes variam com o período de inatividade extrativa em cavas originadas pela mineração de areia.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o propósito de avaliar o potencial biogênico em diferentes situações de degradação antrópica - reabilitação natural, foram identificados e quantificados os táxons dos organismos associados às espécies das macrófitas mais abundantes: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*, de 4 lagoas marginais ao rio Paraíba do Sul, originadas pela extração de areia (fig. 1).

As cavas foram selecionadas considerando-se diferentes períodos de inatividade extrativa: a cava em atividade extrativa (Navegantes II) mostra o resultado do impacto total, imediato, da mineração de areia; a cava com atividade extrativa esporádica (Albuquerque) mostra o resultado do impacto atenuado e a influência da comunicação permanente com o rio Paraíba do Sul; a cava inativa há 6 anos (Porto Seguro B) mostra o resultado do impacto mais atenuado; a cava inativa há 22 anos (Quirino) mostra o maior grau de reabilitação natural encontrado na região (Beyruth & Lemos, 1993; CETESB, 1997).

As macrófitas foram coletadas com auxílio de um puçá de área conhecida, de forma a padronizar o tamanho inicial das amostras e abertura de malha esticada de 1 cm, portanto, o método utilizado avalia apenas os organismos estreitamente aderidos às macrófitas. As raízes foram então lavadas com ácido acético 30% para desprendimento do material aderido (com. pessoal Dra. G.Y. Shimizu). O líquido obtido foi concentrado em rede com abertura de malha de 20 mm e preservado com formalina 4%. O peso fresco das macrófitas foi estimado com auxílio de balança analítica, após eliminado o excesso de água. Os vegetais foram secos em estufa ventilada até peso constante, obtendo-se o peso seco de cada lote, utilizado como referência para quantificar a flora e a fauna associada, em número de organismos por quilograma de macrófita. Estas análises foram realizadas nos laboratórios da CETESB.

As algas foram identificadas com auxílio de microscópio óptico e câmara clara e as análises quantitativas, realizadas sob microscópio invertido, através do método de Uthermöhl. A fauna associada foi identificada e quantificada com auxílio de microscópios óptico e estereoscópico. Estas análises foram realizadas nos laboratórios de limnologia do Instituto de Pesca e de hidrobiologia do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP.

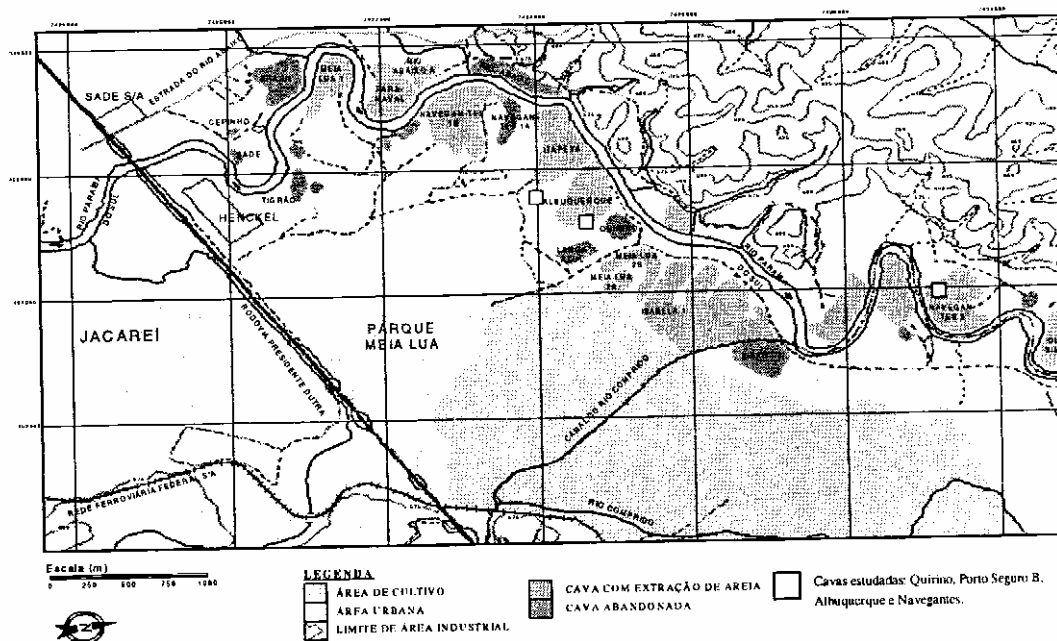


Figura 1. Mapa da Área de estudo com a localização das cavas submersas amostradas.

Exemplares de macrófitas destes lagos foram enviados ao Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da USP, aos cuidados do Prof. Dr. Osvaldo Paulo Forattini, para verificação da presença de organismos potencialmente vetores de doenças.

Utilizaram-se densidade, número de táxons, diversidade e uniformidade no estudo dos organismos aderidos (Odum, 1971 e Margalef, 1974). Consideraram-se como dominantes os organismos que apresentaram os dois valores mais elevados de abundância relativa, para cada amostra (Beyruth, 1996).

Aplicou-se a análise de agrupamento (Legendre & Legendre, 1983) para verificar o grau de associação entre os resultados dos diferentes ambientes, utilizando-se uma matriz com os dados das densidades relativas dos organismos. O coeficiente aplicado foi o de Bray-Curtis e o agrupamento foi realizado utilizando-se a média ponderada (WPGMA).

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão expressos os períodos de inatividade mineradora das cavas e os dados sobre as macrófitas amostradas: peso fresco e peso seco.

O método utilizado avalia apenas os organismos estreitamente aderidos, cujo comprimento ultrapassa 20 mm, subestimando assim tanto a riqueza como a densidade. Apesar desta limitação do método, identificou-se 178 taxa de organismos associados às macrófitas.

A análise qualitativa dos organismos associados às macrófitas livre-flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Salvinia auriculata* Aubl. e *Pistia stratiotes* L. mostrou a presença das seguintes classes de algas: Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Oedogoniophyceae, Xanthophyceae e Zygnemaphyceae, com um total 163 taxa infragenéricos e a presença de 15 taxa de micro e macroinvertebrados (Tabelas 2 e 3).

Houve nítida dominância das classes Zygnemaphyceae e Bacillariophyceae sobre as demais, tanto em densidade como em número de táxons, em todas as cavas e macrófitas livres-flutuantes estudadas, exceto na Navegantes II, que apresentou apenas uma espécie de cada uma das seguintes classes Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae e Dinophyceae.

Na cava de areia Albuquerque dominaram os taxa pertencentes a classe Bacillariophyceae (85%) associados à *E. crassipes*, (51%) à *S. auriculata* e (55%) à *P. stratiotes*. O segundo grupo em ordem de dominância nesta cava foi Zygnemaphyceae, com um total de 3% de taxa associado à *E. crassipes*, 18% associado à *S. auriculata* e 15% associado à *P. stratiotes*.

Tabela 1: Macrófitas provenientes de lagoas originadas pela extração de areia.

Lagoa	Atividade Mineradora	Macrófita	Peso fresco (Kg)	Peso seco (Kg)	Volume da amostra
Quirino	inativa: 22 anos	<i>Salvinia auriculata</i>	0,263	0,037	45
Porto Seguro B	inativa: 6 anos	<i>E. crassipes</i> +Graminac	0,658	0,064	49
Porto Seguro B	inativa: 6 anos	<i>Salvinia auriculata</i>	0,081	0,033	46
Albuquerque	atividade esporádica	<i>Eichhornia crassipes</i>	1,138	0,119	47
Albuquerque	atividade esporádica	<i>Salvinia auriculata</i>	0,413	0,043	47
Albuquerque	atividade esporádica	<i>Pistia stratiotes</i>	1,042	0,126	50
Navegantes II	ativa	<i>Eichhornia crassipes</i>	1,295	0,057	50

Tabela 2. Análises qualitativas e quantitativas das algas associadas a macrófitas de lagoas originadas pela mineração de areia da bacia do rio Paraíba do Sul. Organismos por quilograma de macrófita (peso seco). Lagoas Quirino (QUI); Porto Seguro B (PSB); Albuquerque (ALB) e Navegantes II (NAVII). *Salvinia auriculata* (Saur); *Eichhornia crassipes* (Ecra); *Pistia stratiotes* (Pstr); graminac (Gra).

ZYGNEMAPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Actinotaenium curcubitinum</i> fo. minus	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Actinotaenium</i> sp.	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Arthrodesmus mucronulatus</i> v. <i>mucronulatus</i>	0	21267	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i> sp1	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Closterium leibleinii</i>	0	0	0	0	0	0	788
<i>Closterium kuetzingii</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Closterium tumidum</i> var. <i>nylandicum</i>	0	0	0	0	30362	0	0
<i>Cosmarium pachydermum</i>	33784	21267	0	0	30362	0	0
<i>Cosmarium pseudobroomei</i>	101351	680556	851852	0	0	0	0
<i>Cosmarium quadrum</i>	371622	63802	271044	0	30362	11023	0
<i>Cosmarium paradoxum</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium amoenum</i>	33784	106337	77441	0	0	0	0
<i>Cosmarium ovale</i>	0	63802	38721	0	0	0	0
<i>Cosmarium pseudoconnatum</i>	67568	21267	309764	0	0	0	0
<i>Cosmarium regnellii</i>	33784	0	154882	0	0	0	0
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i>	135135	42535	116162	0	0	0	0
<i>Cosmarium minutum</i>	67568	42535	77441	0	0	11023	0
<i>Cosmarium pusillum</i>	33784	21267	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium candianum</i> v. <i>candianum</i>	0	0	77441	0	30362	11023	0
<i>Cosmarium candianum</i> fo. <i>minutum</i>	0	0	77441	0	121447	0	0
<i>Cosmarium trilobulatum</i> v. <i>trilobulatum</i>	33784	0	0	0	0	11023	0
<i>Cosmarium</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> sp2	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> sp3	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> sp4	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> sp5	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> sp6	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Desmidiium aptogonum</i>	101351	0	0	0	0	0	0
<i>Euastrum subintegrum</i> var. <i>brasiliense</i>	0	0	38721	0	30362	0	0
<i>Euastrum abruptum</i> var. <i>verrucosum</i>	0	21267	38721	0	0	0	0
<i>Euastrum</i> sp.	101351	0	0	0	0	0	0
<i>Micraterias radiosa</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>M. mahabulenswarensis</i> var. <i>ampullacea</i>	33784	786892	658249	0	0	0	0
<i>M. laticeps</i> var. <i>acuminata</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>M. laticeps</i> var. <i>laticeps</i>	33784	63802	38721	0	30362	22046	0
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> v. <i>ehrenbergii</i>	33784	0	38721	0	60724	0	0
<i>Pleurotaenium clavatum</i> v. <i>elongatum</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> sp1	574324	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> sp2	33784	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> sp3	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> sp4	168919	0	0	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> sp5	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum curvumarginatum</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Staurastrum tetracerum</i>	168919	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum quadrangulare</i> v. <i>conlectum</i>	67568	0	0	0	0	0	0
<i>S. quadrangulare</i> v. <i>longispinum</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurastrum bieneanum</i> v. <i>brasiliense</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Staurastrum</i> cf. <i>rotula</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurodemus</i> sp1	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Staurodemus</i> sp2	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Staurodemus</i> sp3	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Staurodemus cuspidatus</i> v. <i>subexcavatus</i>	67568	0	38721	0	0	0	0
<i>Sphaeroszoma laeve</i>	506757	382813	696970	0	0	0	0
<i>Spirogyra</i> sp.	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Spondylium planum</i>	2533784	0	0	0	0	0	0
<i>Xanthidium variabile</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Xanthidium</i> sp.	33784	0	0	0	0	0	0

Tabela 2. (cont.)

BACILLARIOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	10971	0	0	0
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	10971	0	0	0
<i>Cymbella ventricosa</i>	1250000	148872	425926	10971	364341	77160	0
<i>Cymbella turgida</i>	810811	531684	542088	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0	0	151809	0	0
<i>Cymbella</i> sp1	67568	212674	116162	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> sp2	0	0	0	0	30362	0	0
<i>Eunotia didyma</i>	0	0	0	10971	0	33069	0
<i>Eunotia naegeli</i> var. <i>naegeli</i>	33784	0	38721	0	60724	0	0
<i>Eunotia monodon</i> v. <i>maior</i> fo. <i>bidens</i>	0	0	0	142624	303618	385802	0
<i>Eunotia pectinalis</i>	0	0	0	21942	0	11023	0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>undulata</i>	0	0	0	10971	30362	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>minor</i>	810811	127604	154882	142624	1548450	231481	0
<i>Eunotia robusta</i>	33784	0	0	10971	0	0	0
<i>Eunotia papilio</i>	0	0	0	0	0	11023	0
<i>Eunotia</i> sp1	33784	0	38721	65826	242894	110229	0
<i>Eunotia</i> sp2	101351	85069	0	10971	121447	0	0
<i>Fragilaria pinnata</i>	1790541	0	774411	570495	2216408	330688	0
<i>Fragilaria</i> sp1	506757	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria</i> sp2	1182432	0	0	43884	182171	110229	0
<i>Gomphonema angustatum</i>	4864865	191406	580808	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	127604	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Gomphonema acuminatum</i> v. <i>turris</i>	0	0	38721	32913	60724	0	0
<i>Gomphonema subtile</i>	0	21267	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	777027	170139	464646	65826	607235	22046	0
<i>Gomphonema brasiliense</i>	304054	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp1	371622	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp2	0	0	77441	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp3	0	21267	38721	0	0	0	0
<i>Melosira italica</i>	0	0	0	2797619	3370155	2810847	0
<i>Melosira</i> sp.	0	212674	0	76797	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i> v. <i>sumatrana</i>	0	0	0	21942	0	0	0
<i>Navicula</i> sp1	0	63802	154882	65826	303618	55115	0
<i>Navicula</i> sp2	0	0	0	21942	0	22046	0
<i>Navicula</i> sp3	0	0	0	21942	0	0	0
<i>Navicula</i> sp4	0	21267	0	0	0	0	0
<i>Navicula grimmei</i>	33784	63802	154882	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa</i>	0	0	0	43884	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp1	0	21267	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp2	0	63802	77441	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp3	33784	0	0	10971	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp4	0	0	0	21942	0	0	0
<i>Pinnularia tabellaria</i>	135135	0	0	32913	910853	286596	0
<i>Pinnularia biceps</i>	33784	0	0	32913	30362	0	0
<i>Pinnularia nobilis</i>	67568	85069	38721	10971	91085	33069	877
<i>Pinnularia gibba</i>	0	0	0	43884	30362	11023	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	33784	0	116162	0	151809	0	0
<i>Stauroneis nobilis</i>	101351	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis pygmaea</i>	67568	0	0	0	30362	11023	0
<i>Stauroneis</i> sp1	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i> sp2	0	0	0	0	60724	0	0
<i>Surirella lineares</i> v. <i>constricta</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella robusta</i> v. <i>splendida</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	1722973	106337	38721	32913	91085	33069	0
<i>Synedra</i> cf. <i>minuscule</i>	1756757	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra rumpens</i>	67568	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp1	0	21267	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp2	1182432	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp3	0	0	116162	0	0	0	0

EUGLENOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Euglena acus</i>	0	0	0	0	60724	11023	0
<i>Phacus pleuronectes</i>	0	0	0	0	91085	0	0
<i>Trachelomonas armata</i> v. <i>armata</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas armata</i> v. <i>steinii</i>	0	0	38721	0	30362	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp1	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp2	0	0	0	0	30362	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp3	0	21267	0	0	0	0	0
CYANOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Anabaena</i> cf. <i>cylindrica</i>	0	0	0	21942	151809	88183	0
<i>Anabaena</i> sp1	371622	0	0	0	0	0	0
<i>Anabaena</i> sp2	304054	404080	116162	0	0	0	0
<i>Aphanothece stagnina</i>	67568	0	0	0	151809	209436	0
<i>Fischerella</i> sp1	0	233941	38721	0	0	0	0
<i>Lynghya major</i>	0	21267	154882	0	0	0	0
<i>Microcystis</i> sp1	67568	21267	38721	0	0	0	0
<i>Microcystis</i> sp2	168919	0	0	0	30362	0	0
<i>Microcystis</i> sp3	0	0	0	0	0	22046	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Microchaeta</i> sp.	168919	0	0	0	0	0	0
<i>Nostoc carneum</i>	0	0	77441	0	0	0	0
<i>Nostoc</i> sp1	337838	63802	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria princeps</i>	33784	127604	542088	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp1	67568	0	0	0	30362	11023	0
<i>Oscillatoria</i> sp2	0	0	38721	0	0	0	0
<i>Spirulina major</i>	0	0	0	21942	30362	11023	0
CHLOROPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	608108	170139	348485	0	0	0	0
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	0	0	0	30362	0	0
<i>Coelastrum cambricum</i> v. <i>cambricum</i>	135135	0	0	0	0	0	0
<i>Dictiosphaerium ehrenbergianum</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	270270	680556	3910774	0	0	0	0
<i>Nephrocystium obesum</i>	33784	42535	38721	21942	30362	11023	0
<i>Oocystis elliptica</i>	0	106337	38721	0	0	0	0
<i>Oocystis</i> sp.	67568	425347	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum duplex</i> fo. <i>duplex</i>	33784	0	0	0	0	11023	0
<i>Pediastrum tetras</i>	67568	0	0	0	0	0	0
<i>Sorastrum americanum</i>	0	21267	38721	0	0	0	0
<i>Scenedesmus acutus</i> v. <i>tetrademiformis</i>	33784	0	38721	0	30362	0	0
<i>S. quadricauda</i> v. <i>quadrispina</i>	33784	0	38721	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus obliquus</i>	33784	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron trigonum</i> v. <i>gracile</i>	67568	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae filamentosa	0	0	0	120682	0	0	0
XANTHOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Centritractus</i> cf. <i>africanus</i>	0	42535	38721	0	0	0	0
DINOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Peridinium</i> sp1	33784	21267	0	0	0	11023	877
<i>Peridinium</i> sp2	0	0	154882	0	0	0	0
OEDOGONOPHYCEAE	QUI Saur	PSB Ecra+Gra	PSB Saur	ALB Ecra	ALB Saur	ALB Pstra	NAVII Ecra
<i>Oedogonium</i> sp.	3547297	659288	2478114	76797	2003876	0	0
<i>Bulbochaeta</i> sp.	0	0	0	142624	667959	143298	0

Tabela 2. (cont.)

TOTAL	QUI	PSB	PSB	ALB	ALB	ALB	NAVII
	Saur	Ecra+Gra	Saur	Ecra	Saur	Pstra	Ecra
Densidade Total (D)	30777027	7698785	16378788	4805322	14725452	5180776	2542
Número de Taxa (S)	100	55	76	41	51	38	3
Diversidade (H') base 2	4.80	4.73	4.49	2.70	3.85	2.81	1.58
Uniformidade (U)	0.72	0.82	0.72	0.50	0.68	0.53	1.00
H' máxima	6.64	5.78	6.25	5.36	5.67	5.25	1.58
Concentração de Dominância (CD)	0.06	0.05	0.10	0.36	0.11	0.31	0.33

Tabela 3. Análises quantitativas e qualitativas de micro e macroinvertebrados associados a macrófitas de lagoas originadas pela mineração de areia da bacia do rio Paraíba do Sul. Organismos por quilograma de macrófita (peso seco). Lagoas Quirino (QUI); Porto Seguro B (PSB); Albuquerque (ALB) e Navegantes II (NAVII). *Salvinia auriculata* (Saur); *Eichhornia crassipes* (Ecra); *Pistia stratiotes* (Pstr); graminæ (gra).

	QUI	PSB	PSB	ALB	ALB	ALB	NAVII
	Saur	Ecra+Gra	Saur	Ecra	Saur	Pstra	Ecra
Lecane (<i>Monostyla</i>) <i>lunaris</i>	0	31	0	0	0	0	0
Família Tubificidae sp.1	0	63	121	0	0	0	0
Família Tanypodinae sp.1	1568	313	818	0	0	0	0
Tribo Chironomini sp.1	432	63	182	0	0	0	0
Família Ceratopogonidae sp.1	351	0	0	0	0	0	0
Ordem Odonata sp.1	54	0	0	0	0	0	0
Ordem Plecoptera sp.1	135	47	152	0	0	0	0
Ordem Colcoptera sp.1	27	0	0	0	0	0	0
Ordem Hemiptera sp.1	27	124	273	0	0	0	0
Ordem Tricoptera sp.1	0	16	0	0	0	0	0
Família Hidracarina sp.1	0	31	61	0	0	0	0
Sub-classe Ostracoda sp.1	2784	188	0	0	23	0	0
Ordem Cyclopoida sp.1 nauplio	0	17	0	0	0	0	0
Ordem Cyclopoida sp.1 copepodito	54	0	91	0	0	0	0
Ordem Harpaticoida sp.1	81	0	0	42	0	0	0
Ordem Cladocera sp.1	0	0	61	0	0	0	0
TOTAL	QUI	PSB	PSB	ALB	ALB	ALB	NAVII
	Saur	Ecra+Gra	Saur	Ecra	Saur	Pstra	Ecra
Densidade Total	5513	893	1759	42	23	0	0
Número de Taxa	10	10	8	1	1	0	0
Diversidade (log base 2)	1.98	2.71	2.40	-	-	-	-
Uniformidade	0.60	0.82	0.80	-	-	-	-
Diversidade máxima	3.32	3.32	3.00	-	-	-	-
Concentração de Dominância	0.35	0.20	0.27	1.00	1.00	-	-

Na cava de areia Porto Seguro B constatou-se a dominância da classe Zygnemaphyceae, sendo 30% associado à *E. crassipes* e gramíneas e 45% associado à *S. auriculata*; o segundo grupo em ordem de dominância foi Bacillariophyceae, apresentando um total de 40% associado à *E. crassipes* e gramíneas e 29% associado à *S. auriculata*. Na cava Quirino também observou-se a dominância das classes Zygnemaphyceae e Bacillariophyceae associada à *S. auriculata*, com 40% e 32%, respectivamente.

Na cava inativa, Bacillariophyceae foi responsável pela maior densidade total (75%), seguida por Zygnemaphyceae (14%), assim como na cava com atividade esporádica (95% em *E. crassipes*, 85% em *S. auriculata* e 84% em *P. stratiotes*). Na cava inativa por 6 anos, Porto Seguro B, Bacillariophyceae (34% em *E. crassipes* e 27% em *S. auriculata*) compartilhou a dominância com Zygnemaphyceae (34% em *E. crassipes* e 27% em *S. auriculata*, também) e Chlorophyceae (21% em *E. crassipes* e 30% em *S. auriculata*).

Os taxa comuns às três cavas de areia inativas foram *Synedra ulna* var. *danica*, *Eunotia pectinalis* var. *minor*, *Cymbella ventricosa*, *Gomphonema gracile*, *Pinnularia nobilis* e *Nephrocytium obesum*. O único táxon que ocorreu em todas as cavas, inclusive na cava ativa, foi *Pinnularia nobilis*.

A análise qualitativa da flora associada à *S. auriculata* nas cavas de areia de Quirino, Albuquerque e Porto Seguro B, mostrou a presença de algumas espécies comuns à essa macrófita: *Rhopalodia gibba* var. *ventricosa*, *Eunotia naegelli* var. *naegelli*, *Eunotia* sp1, *Fragillaria brevistriata*, *Scenedesmus acutus* var. *tetrademiformis*, *Oedogonium* sp., *Cosmarium quadrum*, *Micrasterias laticeps* var. *laticeps* e *Pleurotaenium ehrenbergii* var. *ehrenbergii*, indicando especificidade de organismos associados e raízes de macrófitas.

A maior densidade total e riqueza de taxa de algas, ocorreu na cava Quirino, há 22 anos inativa, seguida de Porto Seguro B e de Albuquerque, a primeira inativa há 6 anos e a segunda com atividade esporádica e comunicação permanente com o rio Paraíba do Sul. Os menores valores para estes parâmetros ocorreram na cava Navegantes II. As diferenças foram acentuadas, especialmente entre as cavas em situações extremas: 100 taxa na Quirino e apenas 3 na Navegantes II.

Os invertebrados associados às macrófitas aquáticas apresentaram baixa riqueza e densidade numérica (Tabela 3). A maior densidade destes organismos ocorreu na cava Quirino, inativa há 22 anos, associado a *S. auriculata*. Na cava Porto Seguro B, inativa há seis anos, observou-se também alguns organismos associados a *S. auriculata* e a *E. crassipes* mais Gramineae, porém em densidades inferiores às encontradas em Quirino. A cava Albuquerque apresentou número reduzido e Navegantes II ausência de fauna associada às macrófitas, evidenciando o grande impacto resultante da atividade mineradora, sobre a fauna associada.

A Tabela 3 mostra que Ostracoda alcançou 50% da abundância relativa em Quirino, associado a *S. auriculata*; 21% em Porto Seguro B, associado a *E. crassipes* e Gramineae; 100% em Albuquerque, associado a *S. auriculata*. As larvas de Diptera também foram bem representadas quanto à abundância relativa. Em Quirino, Tanypodinea alcançou 28% associada a *S. auriculata*; em Porto Seguro B atingiram 47% associada a *S. auriculata* e 35% associada a *E. crassipes* e Gramineae. Os demais taxa encontrados apresentaram densidade relativa reduzida.

Os organismos com maior abundância foram representantes da Sub-Classe Ostracoda (Crustacea), seguidos por larvas de insetos da Ordem Diptera representados, principalmente, pela Família Chironomidae e Ceratopogonidae, além de poucos exemplares (adultos e formas imaturas) das Ordens Odonata, Plecoptera, Hemiptera e Tricoptera. Apenas alguns exemplares da Família Tubificidae (Annelida; Oligochaeta) foram encontrados na Cava Porto Seguro B, na qual também foram observados exemplares de copépodos ciclopóida e harpaticóida, além de cladóceros.

O resultado da análise de agrupamento, apresentado na Figura 2, mostra que a cava ativa (Navegantes II) separa-se das demais; a cava inativa há 6 anos (Porto Seguro B) e a cava inativa há 22 anos (Quirino) formam um grupo, e a cava com atividade mineradora esporádica e comunicação permanente com o rio (Albuquerque), forma um terceiro grupo, todos bem diferenciados.

Não foram encontrados organismos vetores de doenças nas macrófitas analisadas, indicando a viabilidade de seu uso quanto a este aspecto.

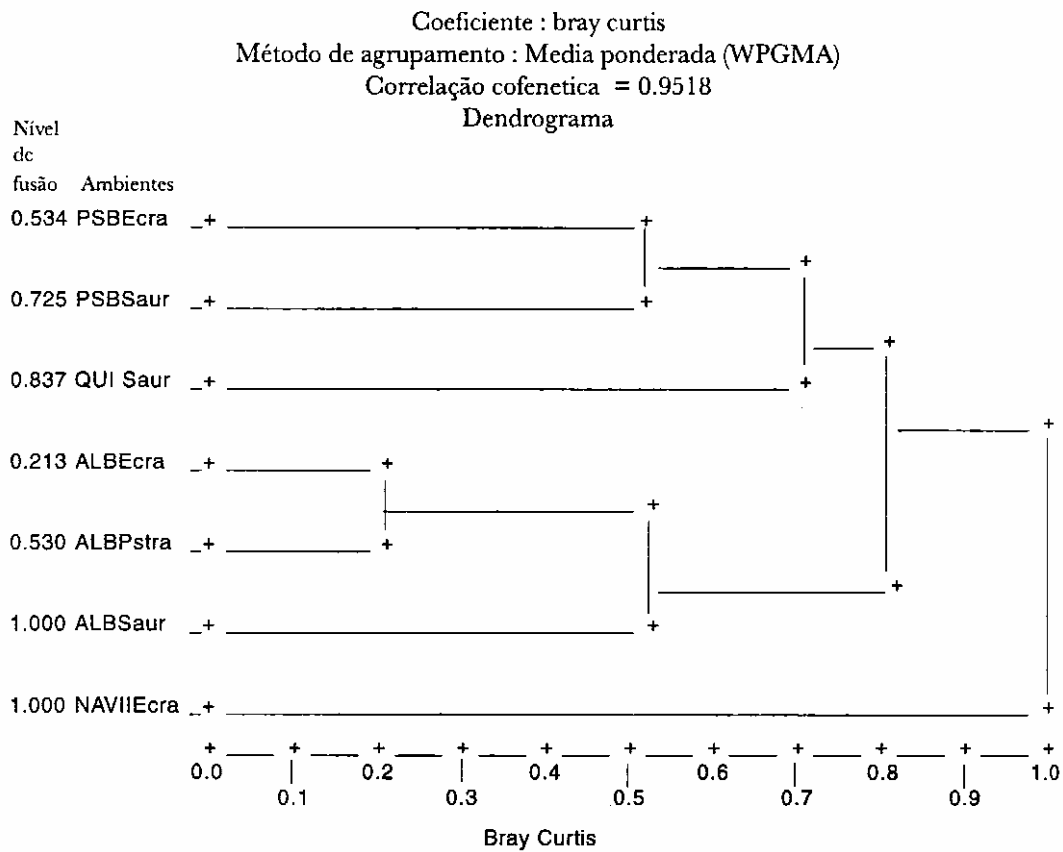


Figura 2 - Representação gráfica da análise de agrupamento - Coeficiente de Bray-Curtis, método da média ponderada.

DISCUSSÃO

As macrófitas aquáticas desempenham um papel importante nos ecossistemas aquáticos, especialmente quando rasos e de baixa turbulência, tais como os sistemas das áreas periodicamente inundadas (Camargo & Esteves, 1995), caso da maioria dos lagos formados por extração de areia no Estado de São Paulo. Estes vegetais podem exercer influência física, química e biológica na qualidade da água, servem de substrato para o perifiton, provêm condições favoráveis, como áreas de sustentação, superfície para deposição de ovos, fonte de alimento, etc., para muitos animais, formando a base de uma extensa cadeia alimentar herbívora e detritívora, funcionando também como reservatório de nutrientes (Esteves, 1988). As raízes das macrófitas livre flutuantes, atuando como agregadoras de sedimento, bem como seus rizomas e estolões, auxiliam a reduzir a erosão e facilitam a colonização por algas e invertebrados bentônicos. Sua folhagem oferece abrigo, suporte e, durante o dia, locais com elevados teores de oxigênio dissolvido. As macrófitas freqüentemente abrigam uma rica micro-flora e -fauna epífita, por apresentarem ampla área disponível para a colonização por microrganismos.

A colonização das macrófitas pelos organismos associados é influenciada pela sazonalidade, pois a área disponível para a colonização aumenta com o crescimento das macrófitas, que por sua vez é função da sazonalidade. Estudos realizados num lago da bacia do Guarapiranga, relatam que *E. crassipes* atinge o ápice de seu desenvolvimento vegetativo na primavera, e o máximo desenvolvimento reprodutivo no verão, com abundância de plantas floradas; no outono, iniciam a senescência que atinge o máximo no inverno (Beyruth, 1992). Mazzeo et al. (1993) encontraram biomassa mais elevada para *P. stratiotes* na primavera e outono do que no verão. *S. auriculata*, sendo mais resistente às baixas temperaturas do inverno, pode também aproveitar os nutrientes liberados por *E. crassipes* e *P. stratiotes*, cujo desenvolvimento diminui no inverno (Beyruth, 1992; Reddy et al., 1983 apud Mazzeo et al., 1993, respectivamente). Durante a realização deste trabalho observou-se que as macrófitas mais velhas, com maior quantidade de material senescente, que estiveram por maior período expostas à colonização, contêm geralmente maior quantidade de organismos aderidos. As partes senescentes das macrófitas, ao se depositarem, contribuem para iniciar a colonização do substrato sólido do fundo. Eminson (1978) ressalta a importância das macrófitas e de sua flora associada na manutenção da densidade populacional do fitoplâncton e em consequência, na manutenção da produtividade do ecossistema aquático. Desta forma, as macrófitas e seus microrganismos associados podem exercer influência importante na dinâmica trófica dos ecossistemas lacustres (Beyruth, 1992), especialmente nas fases iniciais da colonização de ambientes degradados. A comunicação com o curso d'água principal, neste caso o rio Paraíba do Sul, também pode influenciar a colonização das raízes das macrófitas livre-flutuantes, por haver maior potencial de trocas de microrganismos com o rio.

A elevada riqueza e densidade encontradas para as Bacillariophyceae associadas às macrófitas, indicam que este grupo pode ser bem representado na comunidade perifítica, ainda que aparentemente seja pouco representado no plâncton de águas do Estado de São Paulo, quando comparado com as classes Chlorophyceae e Cyanophyceae (Xavier et al., 1985; Sant'Anna, 1989; Beyruth, 1996, entre outros autores).

A classe Zygnemaphyceae foi bem representada, quantitativamente pela ordem Desmidiaceae, nas cavas de areia Quirino e Porto Seguro B, as cavas há mais tempo inativas. Segundo Coesel (1982) as desmídias exibem um grande desenvolvimento em águas claras, com muitas plantas aquáticas superiores. Este autor relata que as desmídias são encontradas

em ambientes pobres em nutrientes, pois em ambientes eutróficos elas são rapidamente superadas pelas algas que apresentam estratégias de competição mais eficientes, como as Chlorococcales e Cyanophyceae.

Segundo Wetzel (1983a) há uma forte interação entre as macrófitas e sua flora associada e vários trabalhos têm mostrado a existência de uma população distinta de epífitas conforme a espécie de macrófita colonizada (Prouse, 1959; Eminson, 1978; Eminson & Moss, 1980; Brown, 1976; Cattaneo & Kalff, 1979). Os resultados obtidos neste trabalho, para as algas associadas a *S. auriculata*, confirmam estas afirmações.

Dentre a fauna associada, os ostracodas foram os mais abundantes. Segundo Wetzel (1983b) eles estão dispersos praticamente em todos os habitats aquáticos, principalmente na superfície dos sedimentos, havendo poucas espécies planctônicas e sua importância tem sido sub-valorizada. Os ostracodas são onívoros alimentando-se por filtração, principalmente de bactérias, algas e detritos. Os fatores que mais influenciam a sua distribuição são salinidade e substrato, além disto, pode-se encontrar esses organismos associados às macrófitas, em ambientes rasos (Würdig et al., 1990). Os ostracodas constituem uma fonte alimentar significativa para peixes (Adalsteinsson, 1979 apud Kuhlmann, 1993).

A Ordem de insetos com maior número de indivíduos foi Diptera. Estes insetos constituem um grupo complexo, abundante e amplamente distribuído em todo mundo. Seu habitat é muito variado, sendo encontrados em rios e lagos, associados às plantas aquáticas e seu hábito alimentar é diverso. Os dípteros foram representados principalmente pela Família Chironomidae, que apresenta a maioria de suas larvas aquáticas. Frequentemente, esse grupo é o mais abundante dentre a macrofauna dos ambientes lacustres. São muito importantes na comunidade aquática como conversores da matéria orgânica disponível, para outros seres vivos, sendo também responsáveis por parte da decomposição da matéria orgânica, liberação e circulação de materiais inorgânicos no corpo d'água (Pinder, 1986; Albuquerque, 1989). Apenas duas Sub-Famílias de Diptera, Chironominae (Tribo Chironomini) e Tanypodinae foram encontradas nos ambientes estudados.

Os organismos da tribo Chironomini são principalmente detritívoros e muitas espécies estão adaptadas às águas quentes e estagnadas, podendo resistir a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, devido à presença de hemoglobina que lhes confere uma coloração avermelhada (Oliver, 1971 apud Albuquerque, 1989).

Os Tanypodinae, que neste trabalho apresentaram elevado número de indivíduos, são carnívoros, alimentando-se de pequenos crustáceos, outros insetos, oligoquetas, dos próprios quironomídeos e eventualmente de algas e detritos (Oliver, 1971 apud Albuquerque, 1989; Pinder, 1986). Segundo Petr (1972 apud Brandimarte, 1991) este hábito alimentar não é obrigatório e sua dieta pode variar de acordo com a disponibilidade do alimento, sendo que a distribuição destes organismos parece relacionar-se com a abundância de presas. O mesmo autor ainda ressalta que os Tanypodinae podem ser abundantes quando associados às raízes de plantas e nas áreas rasas da zona litoral, que oferecem alimento em quantidade. Kuhlmann (1993) salienta que Tanypodinae podem utilizar os ostracodas como alimento, o que pode ter ocorrido na cava Quirino, onde Ostracoda e Tanypodinae estavam presentes.

As características mencionadas, sobre os organismos da macrofauna encontrados nas macrófitas estudadas, mostram que sua presença é importante para estabelecer uma cadeia trófica capaz de sustentar a fauna ictílica, além de suprir funções metabólicas importantes para o ecossistema, como a decomposição.

A avaliação da flora associada a *Salvinia auriculata* indicou associações específicas entre algumas espécies de algas e esta espécie de macrófita colonizada.

Navegantes II apresentou densidade e riqueza totais reduzidas; Albuquerque apresentou características intermediárias, para o que contribuem a atividade esporádica da mineração e as possíveis trocas com o rio. Porto Seguro B e Quirino apresentaram densidades e riquezas totais mais elevadas, constituindo ambientes mais favoráveis aos organismos associados às macrófitas livre-flutuantes. Estes resultados confirmam a hipótese inicial de que diferentes estágios, desde a degradação antrópica até a reabilitação natural, de cavas submersas originadas pela extração de areia, são determinados pelo período de inatividade extrativa e quanto maior o período de inatividade, maior a densidade e riqueza de táxons dos organismos associados às macrófitas livre-flutuantes.

CONCLUSÕES

Os ambientes menos degradados, dentre os estudados, mostraram-se favoráveis ao desenvolvimento de Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae, Ostracoda e Tanypodinae. O desenvolvimento de Bacillariophyceae pode ser favorecido pela disponibilidade de sílica, teoricamente abundante neste tipo de ambiente e pela associação com macrófitas livre-flutuantes, conforme relatado na literatura. Zygnemaphyceae, também abundante nas cavas menos degradadas, têm seu desenvolvimento favorecido pelas macrófitas, o mesmo podendo ser afirmado para Ostracoda. Tanypodinae, por ser predador, pode ter seu desenvolvimento favorecido nas raízes das macrófitas, por utilizar outros organismos a elas associados, como fonte de alimento.

O tempo de inatividade extrativa contribuiu para diferenças significativas nas características biogênicas estudadas, sendo positivamente relacionado a riqueza e densidade das espécies associadas às macrófitas livre-flutuantes.

Entretanto estes resultados demonstraram que a reabilitação natural destes ecossistemas é lenta, havendo necessidade de investigar medidas artificiais, para acelerar a reabilitação destes ambientes degradados, possibilitando outros usos logo após o término de sua exploração mineral, conforme determina a legislação atual.

Os resultados apontam para a possibilidade de utilizar macrófitas livre-flutuantes e sua flora e fauna associadas, provenientes áreas menos degradadas da região, para iniciar o processo de colonização e acelerar o povoamento de cavas de areia com baixo potencial biogênico. Tal utilização deve ser precedida pelas análises químicas e biológicas pertinentes, necessárias para prevenir possíveis contaminações químicas e biológicas indesejáveis. O aumento do potencial biogênico destas cavas pode propiciar condições favoráveis para o sustento da vida silvestre e uso destes ambientes para cultivos aquáticos.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Albuquerque, L.B. 1989. Entomofauna aquática do litoral de dois reservatórios da região de São Carlos - SP. {Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, UFSCar, SP, Brazil}. 94p.
- Beyruth, Z. 1992. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Públ., São Paulo, 26(4):272-282.
- Beyruth, Z. 1994a. Aspectos do fitoplâncton de lagos submetidos a impactos antrópicos. X Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 04 a 10 de setembro de 1994. Resumos, Santos, Gráfica da UniSantos, p.35(-1.6).

- Beyruth, Z. 1994b. Avaliação do impacto decorrente de atividade de portos de areia para o rio Embumirim. Relatório. Brasília. CNPq. Processo número 80.4531/90-0.
- Beyruth, Z., & Lemos, M.M.G. 1993. Características do fitoplâncton de lagos marginais ao rio Paraíba do Sul, S. Paulo, originadas por extração de areia. 6ª. Reunião Brasileira de Fitoplâncton. Tramandaí/Imbé, R.S. 01 a 05 de março de 1993. Resumos. Tramandaí/Imbé, SBFic. p.73.
- Brandimarte, a , L. 1991. Macrofauna bentônica da zona litoral da represa de Paraibuna, SP: a influência de diferentes ecossistemas terrestres perimetrais. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, USP, SP, Brazil. 161p.
- Brown, H.D. 1976. A comparison of the attached algal communities of a natural and artificial substrate. *Journal of Phycology*, 12:301-306.
- Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A. 1995. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems.p.137-149. In.: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Science - Brazilian Limnological Society. 376p.
- Cattaneo, A. & Kalf, J. 1979. Primary production of algae growing on natural and artificial aquatic plants: a study of interactions between epiphytes and their substrate. *Limnol. & Oceanogr.*, 24(6): 1031-1037.
- Cetesb 1992. Legislação Estadual: Controle da Poluição Ambiental - São Paulo (atualizado até março de 1992). São Paulo: Cetesb - Série Documentos da Secretaria do Meio Ambiente. 203p.
- Cetesb. 1993. Legislação Federal: Controle da Poluição Ambiental - São Paulo (atualizado até fevereiro de 1993). São Paulo: Cetesb - Série Documentos da Secretaria do Meio Ambiente. 229p.
- Cetesb, 1997. Qualidade ambiental das cavas submersas de extração de areia, Jacareí, SP: subsídios para o controle e reabilitação. Relatório técnico CETESB. 67p.
- Chaves, A.P. 1972. Usos industriais de arcias e cascalhos. *Ver. Minérios - Metais*, São Paulo, 1(2):42-48.
- Coesel, P.F.M. 1982. Structural characteristics, and adaptations of desmid communities. *Journal of Ecology*, 70:163-177.
- Dias, E.G.C. 1983. Levantamento do mercado consumidor mineral no Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da USP. 126p.
- Eminson, D.F. & Moss, B. 1980. The composition and ecology of periphyton communities in freshwater. *Br. Phycol. J.*, 15:429-446.
- Eminson, D.F. 1978. A comparison of diatom epiphytes, their diversity and density, attached to *Myriophyllum spicatum* L. in Norfolk dykes and broads. *Br. Phycol. J.*, 13:57-64.
- Esteves, F.A. 1988. Fundamentos de limnologia. Interciência- FINEP, Rio de Janeiro, 575p.
- Forattini, O P. 1962. Entomologia médica. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP. Departamento de Epidemiologia, v.1. 662p.
- Fornasari Filho, N.; Leite, C.A.G.; Prandini, F.L. & Azevedo, R.M.B. 1984. Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo. In.: Anais do IV Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. BH.MG. v.1:71-83.
- Gandolfi, N. 1981. Transporte de sedimento e sedimentação p. 139-150. In: Anais da Reunião sobre Ecologia e Proteção de Águas Continentais. 1981. São Carlos. OEA - UNESCO/MAB - USP. 278 p.
- Garcia, E.; Lemos, M.M.G.; Shimizu, G.Y.; Eysink, G.G.J. (no prelo). Limnological survey of six man-made ponds resulted from sand mining, Paraíba do Sul River basin, Southeastern Brazil. In.: Congress of International Association of Theoretical and Applied Limnology, XXVI, SBL/SIL, São Paulo, SP, Jul. 1995.
- Kuhlmann, M.L. 1993. Estudo da comunidade de invertebrados bentônicos da zona profunda da represa de Paraibuna (São Paulo). Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, USP, SP, Brazil. 158p.
- Legendre, L. & Legendre, P. 1983. Numerical ecology. *Developments in Environmental Modelling*, 3. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 419p.

- Mazzeo, N.; Crosa, D. & Sommaruga, R. 1993. Productividad y variación estacional de la biomasa de *Pistia stratiotes* L. en el reservatorio del Cisne, Uruguay. *Acta Limnologica Brasiliensia*, VVI: 186-195.
- Mitchell, D.S. 1971. Factors influencing the explosive growth of floating aquatic weeds in tropical areas. *The Rhodesia Science News*, 5(1):17-19.
- Pinder, L.C.V. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. *Ann. Ver. Entomol.*, 31:1-23.
- Prouse, G.A. 1959. Relationship between epiphyte algae species and their macrophytes hosts. *Nature*, 183:1204-1205.
- Sant'Anna, C.L.; Azevedo, M.T.P.; Sormus, L. 1989. Fitoplâncton do lago das Graças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea*, 16:89-131.
- Shimizu, G.Y.; Carvalho, M.A.J.; Sendacz, S.; Lemos, M.M.G.; Garcia, E. & Eysink, G.J. 1995. Lagoas de mineração de areia: impactos sobre os parâmetros ambientais e comunidades bióticas. p.269-274. In.: *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e II Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa*. ABRH, Recife, PE, 5-9, novembro de 1995.
- Shrishendrunder, M. T.; Leonardi, C.A; Poletto, C.; Freire, D.J.A.M.; Casadei, D.S.; Matsuo, E.; Chisca Júnior, H.; Maglio, I.C.; Chiossi, N.J.; Strauss, R. & Fontes, U.P. 1984. Projetos pilotos para recuperação de áreas degradadas pela mineração na RMSP. Região Metropolitana de São Paulo. *Anais do 4º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia*. BH.MG. vol.I:94-112.
- Wetzel, R.G. (Ed.) 1983a. *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 346p.
- Wetzel, R.G. 1983b. *Limnology*. Saunders College Publ. 767p.
- Würdig, N.L.; Freitas, S.F.; Fausto, I. Da V. 1990. Comunidade de ostracodes associada aos bentos e macrófitas aquáticas na lagoa do Gentil, Tramandaí, Rio Grande do Sul. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 3(2):807-828.
- Xavier, M.B.; Monteiro-Júnior, A.J.; Fujiara, L.P. 1985. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VII. Fitoplâncton. *B. Inst. Pesca*, 12(1):145-186.