

| | | | |
|----------------------|---------|---------|------|
| Acta Limnol. Brasil. | Vol. 11 | 447-468 | 1988 |
|----------------------|---------|---------|------|

ESTUDO COMPARATIVO DE COMUNIDADES FITOPLANCTÔNICAS E O USO DE DIVERSIDADE COMO DISCRIMINADOR AMBIENTAL

FERREIRA, C.J.A.* e ROCHA, A.J.A.**

RESUMO

O estudo objetivou caracterizar e comparar as comunidades fitoplanctônicas de três reservatórios (Lago Paranoá, Santa Maria e Descoberto) e de uma lagoa de estabilização, localizados em Brasília (DF). Índices bióticos e curvas de valor de importância foram aplicados para cada área. O emprego de análise discriminante, utilizando os métodos de Wilks, Mahal e Rao, permitiu uma ordenação dos índices como discriminadores ambientais. Aqueles relacionados à riqueza de espécies foram os mais importantes.

ABSTRACT - A COMPARATIVE STUDY OF PHYTOPLANKTON COMMUNITIES AND THE USE OF SPECIES DIVERSITY AS AN ENVIRONMENTAL QUALITY INDICATOR.

The objectives of this study were to characterize and compare the phytoplankton communities in three reservoirs

* Laboratório de Recursos Aquáticos, CPAP

** Laboratório de Ecologia, UnB

(Lago Paranoá, Santa Maria and Descoberto) and a stabilization pond, all located within the Federal District of Brazil. Values of several diversity indexes as well as importance value curves were calculated for each area. A discriminant analysis technique, using Wilks, Mahal and Rao Methods permitted an ordination of these indexes as environmental quality indicators. The results showed that species richness indices were the most important.

INTRODUÇÃO

A comunidade fitoplanctônica já há muito é utilizada como indicadora de qualidade ambiental (RAWSON, 1956; HUTCHINSON, 1967; PALMER, 1969; MARGALEF e MIR, 1977; BERLLINGER, 1979 e MARGALEF et al., 1982). Riqueza de espécies e modo como os indivíduos estão distribuídos entre elas, ou seja, índices de ou que infiram diversidade (relação de espécies e/ou indivíduos distribuídos entre táxons superiores); curvas de valor de importância e de distribuição de organismos, são meios para avaliar e caracterizar as comunidades (PRESTON, 1962; HUTCHINSON, 1967; DIEKMAN, 1968; SAGER & HASLER, 1969; CAIRNS et al., 1972; WHITTAKER, 1972; MARGALEF, 1983 e ROBINSON & SANDGREN, 1984).

Estudos com a comunidade fitoplanctônica foram desenvolvidos no Lago Paranoá, principalmente por OLIVEIRA & KRAU (1970), CRONBERG (1977), MOURA et al. (1979), PINTO-COELHO (1983), GIANI (1984) e TOLEDO (1986); nos reservatórios de Santa Maria e do Descoberto por CRONBERG (1977), MOURA et al. (1979) e FERNANDES (1981).

Este trabalho objetiva comparar e caracterizar as comunidades fitoplanctônicas dos três reservatórios já citados, mais a comunidade de uma lagoa de estabilização, e além disso, avaliar dentre os diversos índices bióticos utilizados, aquele(s) que melhor funciona como discriminador ambiental.

DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS COMPARADOS

A Fig. 1 apresenta os sistemas estudados e as estações amostradas. O reservatório Lago do Paranoá, com cota máxima alcançada em 1959, tem 40 km^2 de área e $56 \times 10^7 \text{ m}^3$ de volume. Associado aos seus tributários drena uma área de 1010 km^2 , apresentando profundidade média de 14 m e máxima de 38 m (MOURA et al., 1979). Possui uma área central e quatro braços alongados, correspondendo aos antigos vales dos principais tributários: Ribeirões do Gama, do Bananal, do Torto e Riacho Fundo. O reservatório foi construído com os objetivos de recreação, lazer e melhoria do clima, mas desde a sua construção vem sofrendo um progressivo processo de eutrofização (PEREIRA, 1984 e BJORK, 1979), decorrente de: efluentes finais de estações de tratamento de esgoto, efluentes domésticos clandestinos, águas derivadas de atividades agropastoris e carga orgânica trazida pelos tributários, resultante de despejos domésticos mais à montante dos mesmos.

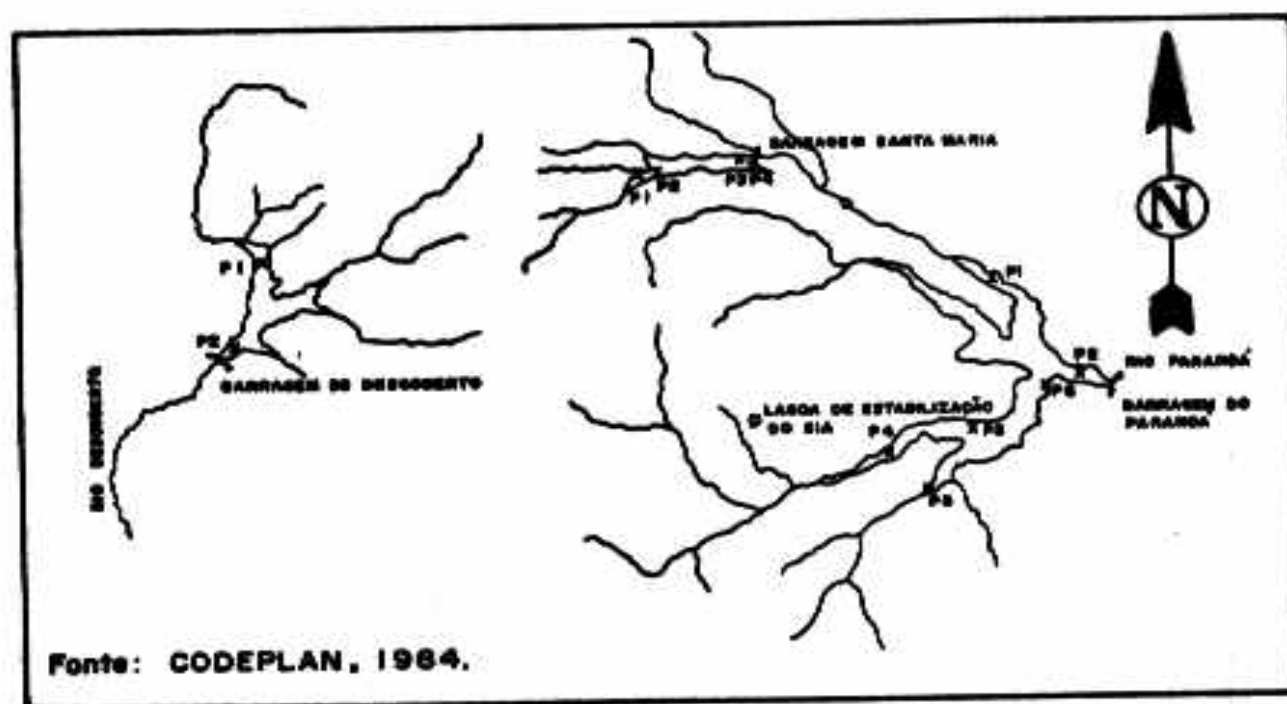


Figura 1 - Mapa apresentando as estações de amostragem nos sistemas comparados. Escala aproximada de 1:940.000.

O Reservatório de Santa Maria está situado dentro do Parque Nacional de Brasília. Possui área de $5,2 \text{ km}^2$ e sua bacia hidrográfica $107,94 \text{ km}^2$, profundidade máxima de 15 m e média de 10 m (MOURA et al., 1979). A saída da barragem é formadora do Ribeirão do Torto.

O Reservatório do Descoberto está parcialmente dentro de uma área de proteção ambiental, a APA do Descoberto, possuindo zona de preservação associada com atividades agro pastoris. Possui $14,8 \text{ km}^2$ de área e uma bacia hidrográfica com $491,96 \text{ km}^2$, profundidade máxima de 22 m e média de 8 m (MOURA et al., 1979). FERNANDES (1981) e CRONBERG (1977), já alertavam para um início de eutrofização ocorrendo devido ao aporte dos Ribeirões Olaria e Rodeador e do Rio das Pedras.

A lagoa de estabilização do Setor de Indústria e abastecimento entrou em atividade em 1971. É do tipo australiano com duas células anaeróbias com 2 m de profundidade e 11.250 m^2 de área cada uma e uma facultativa com 155.000 m^2 de área por 1 m de profundidade. Foi projetada para receber uma carga orgânica de $1.200 \text{ kg DBO/ha} \times \text{dia}$. O efluente final alcança o Córrego do Guarã que pertence a bacia do Lago Paranoá.

Podemos considerar numa escala trófica que os sistemas comparados se alinham do menos eutrófico, o Santa Maria, passando pelo Descoberto, seguido do Lago Paranoá até o outro extremo que é a lagoa de estabilização, o mais eutrofizado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de fitoplâncton foram obtidas na superfície com o auxílio de um balde plástico. Após, foram fixadas com solução de lugol acético. Arrastes com rede de plancton com malha de $46 \mu\text{m}$ foram realizados para exame de material vivo. Mediu-se em cada ponto a condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e a

transparência pelo disco de Secchi.

A contagem em laboratório foi realizada com o auxílio de um microscópio invertido, marca Carl Zeiss/Jena. Foram contados 20 campos de 0,9 mm de diâmetro em cada cubeta, com cada amostra sendo replicada. As amostras do Descoberto e Santa Maria foram concentradas 5 vezes por decantação. Nas amostras do Lago Paranoá, parte do material foi contado após uma diluição de 10 vezes e parte em concentração natural.

Por dificuldade em separar algumas espécies e até mesmo gênero para a comunidade da lagoa de estabilização, devido a interferência de detritos e coloração das amostras, usamos a câmara de contagem de Neubauer, para amostras em concentração natural.

Somente foram registradas as algas clorofiladas. Organismos classificados nos grupos de algas; sendo incolores, não foram considerados.

As unidades de contagem foram: célula, colônia, tricoma, filamento e cenóbio. Organismos em estágio inicial de divisão celular foram considerados unidades. O número de espécies a ser referido, corresponde às espécies encontradas nas contagens.

INDICES BIÓTICOS UTILIZADOS

Quando se trabalha com comunidade é importante observar se a amostragem realizada é suficiente para caracterizá-la. No nosso caso, todos os ambientes demonstram ter variações em função da compartimentalização horizontal que geralmente ocorre, resultante de características edáficas e morfométricas, contribuições de diferentes atividades em diferentes locais e da própria capacidade de autodepuração dos sistemas. Para contornar este problema, resolvemos trabalhar cada amostra média como se fosse uma coleção.

Diversidade de organismos, diversidade alfa de

WHITTAKER (1972) é um elemento importante na caracterização de comunidades. Sua expressão, o resultado da riqueza de espécies e/ou a forma como os indivíduos estão distribuídos entre elas. Para quantificar um grande número de índices é fornecido pela literatura. Para WHITTAKER (1972) é desejável que um índice apresente: independência relativa do tamanho da amostra, baixa dispersão ou vulnerabilidade para erro de amostragem, conceitualização adequada para o objeto de medição e correspondência dimensional com o objeto e lucidez de expressão de mudanças ocorrendo nele. Todos os índices selecionados estão em WHITTAKER (1972).

a) Índice de Margalef $D = (S-1)/\log N$

b) Índice de Simpson $L = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$

c) Índice de Shannon-Weaver $H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$

d) Índice de Peet $Ve = \frac{\sum n_i^2 - (N^2/S)}{(1-1/S) (N - S)^2}$

e) Índice de Whittaker $Ec = S/(\log n_1 - \log n_s)$

n_1 - nº de indivíduos da espécie mais abundante

n_s - nº de indivíduos da espécie menos abundante

$$Ec' = S/1.204 \sqrt{\sum (\log_2 n_i - \log_2 \bar{n})^2 / S}$$

\bar{n} - média geométrica da amostra

Como não conhecemos a totalidade das espécies no universo, não usamos os índices de "Evenness" ou "Equitability", em função do alto risco de erro para os valores encontrados (PIELOU, 1966 e PEET, 1974).

Para avaliar a similaridade entre os sistemas e entre as amostras de cada sistema, usamos:

a) Percentagem de similaridade

$$PS = \epsilon \text{ da menor percentagem de cada espécie}$$

b) Índice de Morisita

$$I_M = \frac{2 \sum n_{1i} n_{2i}}{(L_1 + L_2) N_1 N_2}$$

c) Índice de Sneath e Sokal

$$I_{SS} = \sqrt{\frac{\sum \frac{n_{1i} - n_{2i}}{n_{1i} + n_{2i}}^2}{S}}$$

d) Índice de Horn

$$R_O = \frac{H_4 - H_3}{H_4 - H_5} \quad \text{onde,}$$

$$H_3 = (N_1 + N_2) \log(N_1 + N_2) - \sum (n_{1i} + n_{2i}) \log(n_{1i} + n_{2i}) / N_1 + N_2$$

$$H_4 = (N_1 + N_2) \log(N_1 + N_2) - \sum n_{1i} \log n_{1i} - \sum n_{2i} \log n_{2i} / N_1 + N_2$$

$$H_5 = (N_1 H_1 + N_2 H_2) / N_1 + N_2$$

Todos os índices foram calculados trabalhando com logarítimos na base 10. No caso de Ec, uma constante de transformação de log na base 2 para a base 10 foi usada.

O teste de significância t desenvolvido por HUTCHESON (1970), foi aplicado para amostras de um mesmo sistema, usando um nível de significância de $\alpha = 0,001$ (2). A hipótese

nula corresponde a igualdade entre os valores obtidos de diversidade, para o índice H, entre duas amostras.

Análise discriminante foi aplicada para o conjunto de índices de diversidade utilizados mais: número total de indivíduos, relação entre número de gênero e número de espécie e o número de espécies presentes na contagem, para avaliar se o conjunto discrimina bem e dentre eles, obter uma ordenação dos melhores discriminadores ambientais. O subprograma do SPSS (NIE et al., 1975) foi usado, trabalhando com três diferentes metodologias: Wilks, Mahal e Rao.

Dois diferentes tratamentos foram empregados. O primeiro (T_1) trabalha com os quatro sistemas na suposta sequência de eutrofização crescente, Santa Maria - Descoberto - Lago Paranoá - lagoa de estabilização. O segundo trabalha na sequência Santa Maria - Descoberto - Lago Paranoá. Nos dois tratamentos a amostra 05 do Lago Paranoá foi excluída.

RESULTADOS

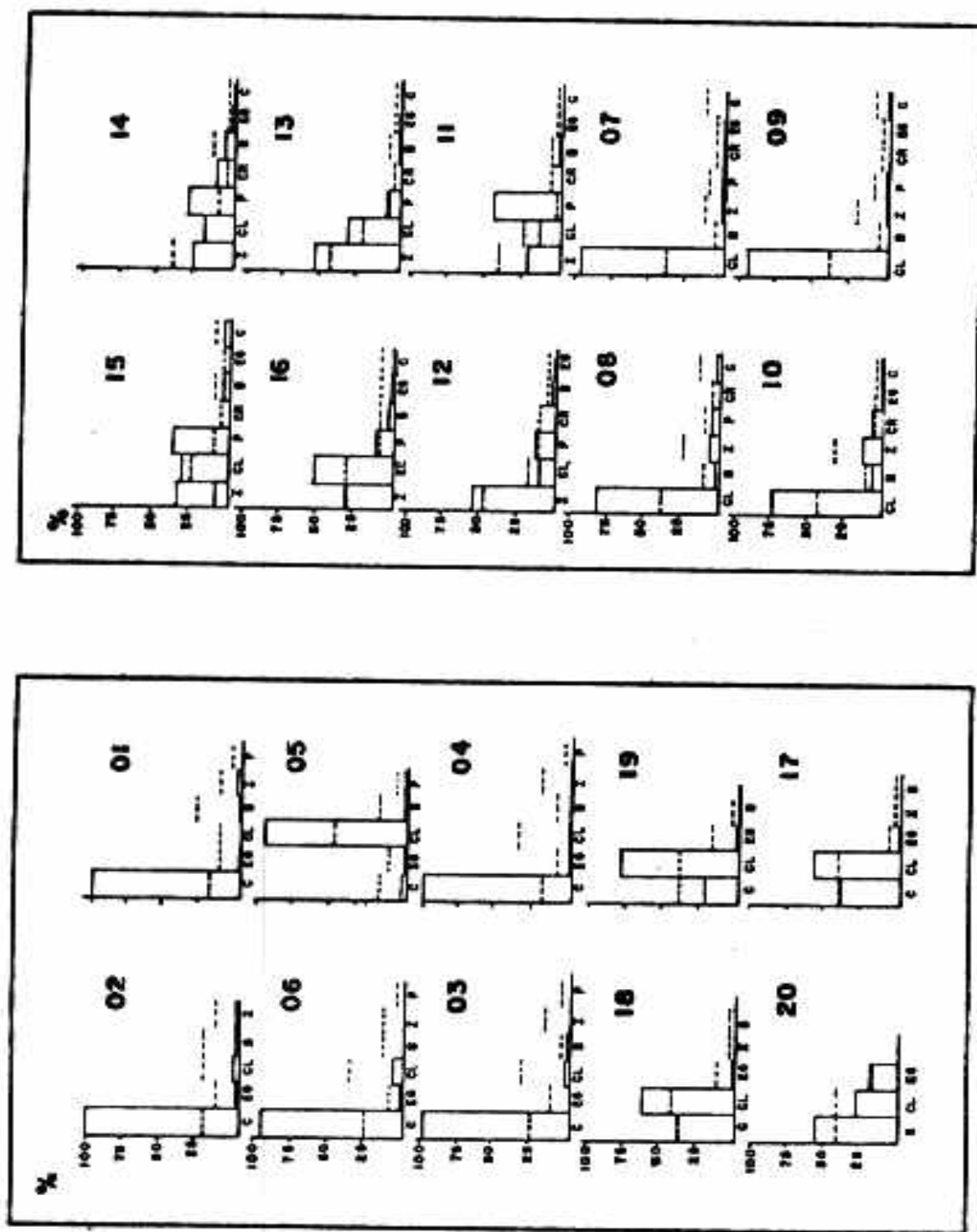
A Tab. 1 apresenta os valores obtidos de pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido à superfície e transparência. Em todas as amostragens os perfis térmicos não mostraram estratificação. Pelos dados torna-se difícil a consideração de que o Descoberto esteja num processo mais avançado de eutrofização em relação ao Santa Maria.

Das 20 amostras trabalhadas, apenas 7 apresentaram número de indivíduos contados inferior a 400. Assim, utilizando a tabela de LUND (1958), 13 amostras tiveram uma precisão de 10% da média e 7 amostras uma precisão de 20%, para um intervalo de confiança de 95%.

A distribuição dos indivíduos e do número de espécie por grandes grupos é mostrado nas Fig. 2 e 3. Os valores são dados em percentagem do total de cada amostra. Os grupos usados foram: *Zygnemaphyceae* (Z), *Chlorophyceae* (CL), *Crysophyceae* (CR), *Bacillariophyceae* (B), *Euglenophyceae*

Tabela 1 - Data das coletas e valores dos parâmetros obtidos no campo.

| Amostra | Data (1985) | Ponto | Sistema | Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | pH | OD (mg/L) | Temp. ($^{\circ}\text{C}$) | Transp. (m) |
|---------|-------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| 01 | 04/11 | P ₁ | Lago Paranoá | 20 | 7,8 | 7,5 | 23 | - |
| 02 | 04/11 | P ₂ | Lago Paranoá | 40 | 8,6 | 7,9 | 25 | - |
| 03 | 18/11 | P ₃ | Lago Paranoá | 60 | 8,7 | 10,2 | 26 | - |
| 04 | 18/11 | P ₄ | Lago Paranoá | 70 | 8,9 | 10,6 | 27 | - |
| 05 | 16/12 | P ₅ | Lago Paranoá | 25 | 5,7 | 6,6 | 25 | - |
| 06 | 16/12 | P ₆ | Lago Paranoá | 50 | 7,5 | 6,5 | 26 | - |
| 07 | 23/09 | P ₂ | Descoberto | 10 | 6,4 | - | 21 | - |
| 08 | 23/09 | P ₁ | Descoberto | 10 | 6,5 | 8,0 | 23 | 3,3 |
| 09 | 20/11 | P ₂ | Descoberto | 15 | 6,6 | 7,6 | 24 | 2,0 |
| 10 | 20/11 | P ₁ | Descoberto | 10 | 6,8 | - | 24 | - |
| 11 | 22/09 | P ₃ | Santa Maria | 10 | - | - | - | - |
| 12 | 22/09 | P ₄ | Santa Maria | 10 | - | - | - | - |
| 13 | 25/11 | P ₂ | Santa Maria | 15 | 6,8 | 7,0 | 24 | 1,5 (fundo) |
| 14 | 22/09 | P ₂ | Santa Maria | 10 | 6,8 | 8,0 | 23 | 2,0 (fundo) |
| 15 | 22/09 | P ₁ | Santa Maria | 10 | 5,4 | 7,4 | 23 | 2,0 (fundo) |
| 16 | 25/11 | P ₁ | Santa Maria | 15 | 6,8 | 7,0 | 24 | 1,5 (fundo) |
| 17 | 27/08 | P ₁ | Lago de estabilização | 390 | 7,4 | 6,1 | 23 | 0,1 |
| 18 | 27/08 | P ₂ | Lago de estabilização | 390 | 7,4 | 6,0 | 23 | 0,1 |
| 19 | 22/08 | P ₁ | Lago de estabilização | 425 | 8,0 | 7,3 | 23 | 0,1 |
| 20 | 13/12 | P ₁ | Lago de estabilização | 310 | 9,3 | 12,0 | 26 | 0,1 |



Figuras 2 e 3 - Distribuição do nº de indivíduos (barra contínua) e do nº de espécies (barra tracejada) por táxons superiores. 01 a 06 Lagoa Paranoá, 07 a 10 Des-coberto, 11 a 16 Santa Maria e 17 a 20 lagoa de estabilização.

(E), *Cyanophyceae* (C), *Pyrrophyta* (P) e *Xantophyceae* (X).

O Lago Paranoá e o Descoberto apresentam alta dominância numérica de um grande grupo, C no primeiro e CL no último. CL foi dominante também na amostra 05. Em relação à distribuição das espécies o Descoberto foi semelhante contudo o Lago Paranoá foi mais uniforme.

No Santa Maria, Z, CL e P representam a quase totalidade, tanto a número de indivíduos quanto a número de espécies. Parece não ocorrer dominância e em todas as amostras 7 grupos estiveram presentes, com exceção da amostra 11 em que foram registrados 6 grupos.

As amostras da lagoa de estabilização, apresentam comportamento à parte, com pequeno número de grupos (3 a 5) sendo representados mas com uma dominância numérica não total de CL (60 a 80%) associado a valores de C (20 a 40%). Na amostra 20 ocorreu o inverso, com C tendo maior proporção que CL e E aumentando seus valores. O comportamento é semelhante para o número de espécies.

A Fig. 4 fornece as curvas de valor de importância para abundância numérica ou, como também chamada, curvas de diversidade-dominância (WHITTAKER, 1972). Observa-se curvas semelhantes para o Santa Maria independente do local, período e dominância de grupos. São curvas com declive suave, o mesmo não se observando para os outros sistemas. As formas das curvas da lagoa de estabilização e do Descoberto são parecidas, no último observa-se uma separação entre as amostras dos pontos 1 e 2. As curvas do Lago Paranoá são caracterizadas por declives fortes e diferenciação ao nível das espécies menos abundantes.

A Tab. 2 apresenta os valores encontrados para os diversos índices utilizados mais, número de espécies contadas (S), número total de indivíduos (N) e a relação entre o número de gêneros e o número de espécies (I), para cada amostra. Número de indivíduos por ml variou de 413 (amostra 14) a $2,4 \times 10^6$ (amostra 19), correspondendo bem a inferência inicial de seqüência de trofia. O número de espécie variou

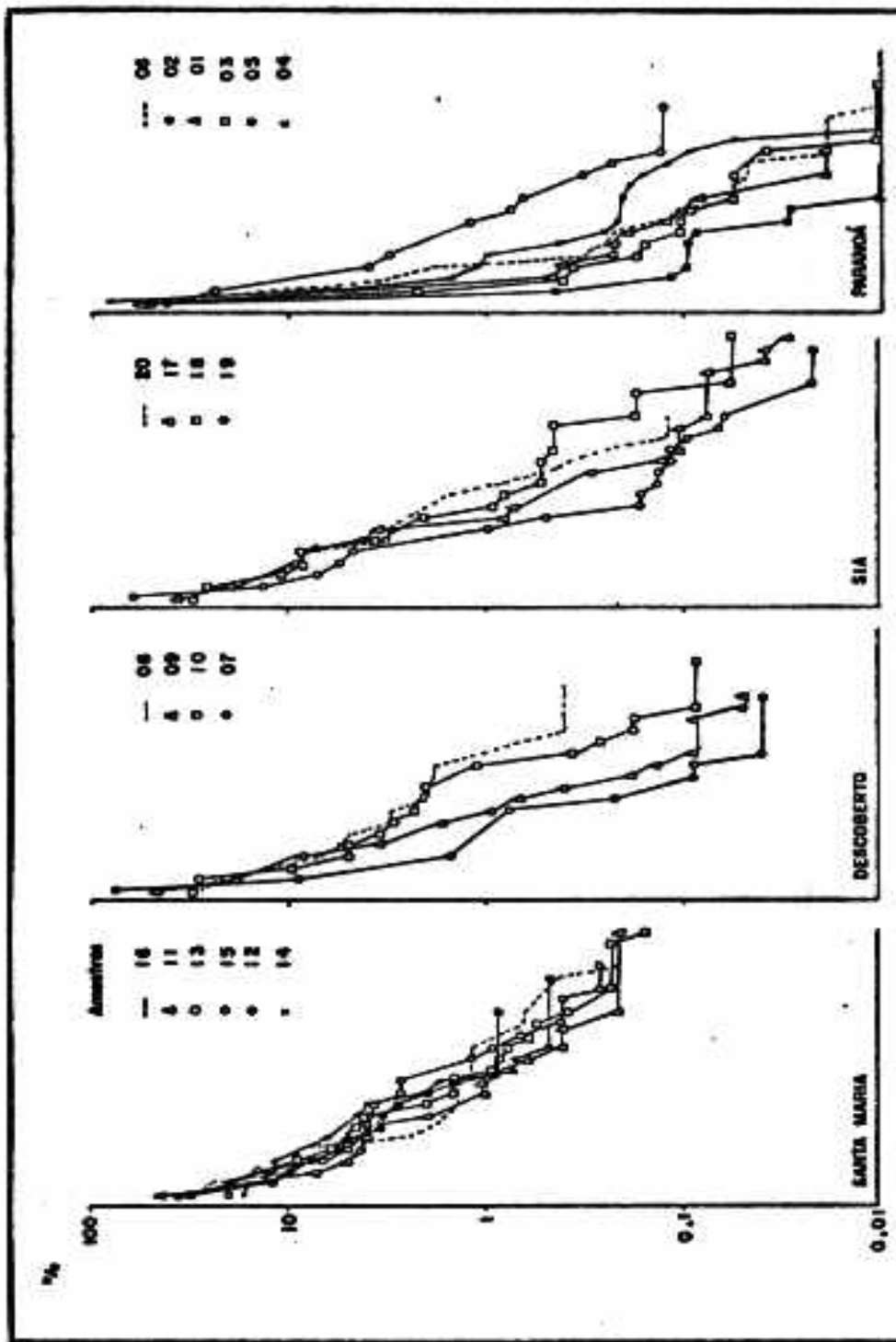


Figura 4 - Curvas de valor de importância (abundância numérica) para os sistemas comparados. O eixo da abscissa corresponde a ordenação da mais para a menos importante espécie.

Tabela 2 - Valores obtidos para os índices bióticos utilizados

| Amostra | D | L | H' | Ve | Ec | Ec' | S | I | N |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----|--------|--------------------|
| 01 | 2,713 | 0,978 | 0,036 | 0,977 | 3,406 | 3,293 | 13 | 0,8462 | 26535 |
| 02 | 3,052 | 0,923 | 0,103 | 0,918 | 3,846 | 3,806 | 14 | 0,8571 | 18192 |
| 03 | 4,213 | 0,913 | 0,113 | 0,910 | 5,144 | 5,373 | 20 | 0,9 | 32356 |
| 04 | 4,061 | 0,772 | 0,254 | 0,760 | 5,036 | 5,038 | 19 | 0,8947 | 27077 |
| 05 | 4,488 | 0,296 | 0,684 | 0,255 | 6,713 | 5,401 | 17 | 0,8235 | 3672 |
| 06 | 4,767 | 0,685 | 0,302 | 0,671 | 5,858 | 5,417 | 23 | 0,8696 | 41248 |
| 07 | 6,580 | 0,201 | 0,842 | 0,168 | 8,275 | 6,346 | 21 | 0,8095 | 1095 |
| 08 | 5,076 | 0,637 | 0,368 | 0,625 | 5,539 | 4,796 | 18 | 0,7778 | 2249 |
| 09 | 5,109 | 0,296 | 0,686 | 0,259 | 5,977 | 4,788 | 18 | 0,7778 | 2127 |
| 10 | 6,698 | 0,165 | 0,942 | 0,131 | 10,333 | 8,094 | 19 | 0,7368 | 487 |
| 11 | 6,024 | 0,172 | 0,917 | 0,132 | 10,576 | 8,699 | 17 | 0,7059 | 453 |
| 12 | 7,731 | 0,250 | 0,824 | 0,230 | 10,281 | 8,850 | 24 | 0,6667 | 977 |
| 13 | 7,418 | 0,162 | 0,972 | 0,131 | 10,368 | 9,037 | 24 | 0,5833 | 1261 |
| 14 | 7,263 | 0,107 | 1,017 | 0,068 | 12,851 | 8,347 | 20 | 0,7 | 413 |
| 15 | 6,952 | 0,124 | 1,009 | 0,086 | 11,083 | 8,516 | 21 | 0,7619 | 753 |
| 16 | 7,409 | 0,176 | 0,936 | 0,146 | 10,748 | 9,464 | 23 | 0,6087 | 932 |
| 17 | 3,723 | 0,215 | 0,803 | 0,181 | 7,659 | 6,195 | 24 | 0,75 | $1,5 \times 10^6$ |
| 18 | 3,841 | 0,191 | 0,862 | 0,156 | 8,849 | 6,984 | 24 | 0,75 | $0,97 \times 10^6$ |
| 19 | 3,447 | 0,425 | 0,574 | 0,399 | 6,725 | 5,805 | 23 | 0,7826 | $2,4 \times 10^6$ |
| 20 | 2,825 | 0,191 | 0,856 | 0,140 | 7,070 | 5,484 | 17 | 0,7647 | $0,46 \times 10^6$ |

entre 13 (amostra 01) a 24 (amostras 12, 13, 17 e 18). A relação entre o número de gêneros e o número de espécies é um indicativo da presença de congêneres, sendo que os menores valores da relação corresponde ao maior número de espécies congêneras. No Santa Maria foram encontrados os menores valores. As amostras do Descoberto e lagoa de estabilização são semelhantes e no Lago Paranoá ocorreu o menor número de congêneres.

De modo geral os maiores valores de diversidade foram encontrados para o Santa Maria. O Descoberto e a lagoa de estabilização apresentaram valores semelhantes, com exceção do índice D, onde os valores do Descoberto são maiores e os da lagoa se compara aos do Lago Paranoá. Este último, com exceção da amostra 05, foi o que apresentou menores valores de diversidade, assim como, os maiores valores de dominância.

A percentagem de similaridade PS variou de 0,1 (várias correlações) a 96,6% (amostras 01 x 02); o Índice de Morisita de 0,0 (várias correlações) a 1,0 (amostras 02 x 03); o Índice I_{SS} de 0,388 (amostras 17 x 18) a 0,987 (amostra 07 x 20), neste caso quanto menor o valor mais similar e o Índice de Horn de 0,0 (várias correlações) a 0,984 (amostras 01 x 02).

Os maiores valores de similaridade para os índices I_M , PS e Horn, foram encontrados entre amostras pertencentes a um mesmo sistema, em geral similaridade quase total para as amostras do Lago Paranoá, com exceção da amostra 05. Esta, apresentou valores maiores para com amostras do Descoberto e Santa Maria do que com as do Paranoá, o inverso ocorrendo quando aplicado o Índice I_{SS} . Neste caso os maiores valores foram obtidos com as amostras da lagoa de estabilização. Valores acima de 10% de PS e correspondentes para os outros índices foram encontrados entre amostras do Descoberto e do Santa Maria.

As comparações no Santa Maria (amostras 11 x 12, 11 x 13, 11 x 14, 11 x 15, 11 x 16, 13 x 14, 13 x 15, 13 x 16,

14 x 15, 14 x 16 e 15 x 16) e no Lago Paranoá (amostras 02 x 03), para o teste t 0,001 (2), não rejeitaram a hipótese de nulidade, ou seja, os valores de H' não foram significativamente diferentes. A probabilidade de cometer um erro do tipo I (rejeitar uma hipótese verdadeira) ao comparar mais de duas amostras, segundo ZAR (1974), foi: Lago Paranoá e Santa Maria entre 0,009 e 0,034 e Descoberto e lagoa 0,006.

A Tab. 3 apresenta o resultado obtido com a análise discriminante. Os métodos usados (Wilks, Mahal e Rao) ordenaram diferentemente entre eles e entre os tratamentos. No tratamento 1 os índices D, I, N e E mostraram-se bem como discriminadores, prevalecendo D no T_1 e N no T_2 como o melhor discriminador. A amostra 05 foi obtida na foz do Ribeirão do Gama e os valores encontrados de diversidade, similaridade e as curvas de valor de importância demonstraram pouca representatividade para o Lago Paranoá, assim optamos por dois tratamentos.

Os valores de A% (percentagem de casos agrupados

Tabela 3 - Resultado da análise discriminante: T_1 (tratamento 1), T_2 (tratamento 2) e A% (percentagem de casos agrupados corretamente classificados).

| Ordenação | T_1 | | | T_2 | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | W | M | R | W | M | R |
| 1 | D | Ve | D | N | I | N |
| 2 | L | D | S | Ec' | Ec | D |
| 3 | S | I | Ec | D | L | I |
| 4 | Ec | S | I | - | N | Ec |
| 5 | I | Ec | L | - | D | Ve |
| 6 | - | - | - | - | S | H' |
| A% | 94.74 | 94.74 | 94.74 | 93.33 | 100.0 | 100.0 |

corretamente classificados), mostram que para o conjunto de Índices usados, os vários sistemas foram bem discriminados.

DISCUSSÃO

A comunidade fitoplanctônica do Santa Maria apresentou-se como a mais diversa dentre os sistemas comparados. Os valores médios encontrados de similaridade e a distribuição por táxons superiores indicam haver uma diferença ao menos qualitativa entre as amostras. Entretanto, a forma das curvas de valor de importância denotam um padrão comum de distribuição (abundância relativa) dos indivíduos pelas espécies, isso independente da posição no reservatório e da época de coleta. Os resultados do teste t , onde 11 das 15 comparações realizadas não rejeitando a hipótese de que os valores de diversidade encontrados são iguais, contribui para reforçar o padrão comum de distribuição neste sistema.

As amostras 08 e 10 do Descoberto são representativas de uma área rasa recebendo diretamente água de tributários e as amostras 07 e 09 localizam-se próximas à barragem. As curvas de valor de importância apresentam uma diferenciação independente da época de coleta, contudo não há correspondência para os valores de similaridade encontrados. Uma outra característica desse sistema é a dominância quase total de CL tanto em número de indivíduos quanto em número de espécies.

O Lago Paranoá como já esperado, devido ao atual estágio de eutrofização, apresentou uma comunidade fitoplanctônica de baixa diversidade em relação aos outros sistemas, alta dominância tanto pelos índices de L e Ve como pelo grupo superior C, curvas de valor de importância com declive forte e acentuado e um grande número de espécies raras (abundância relativa menor que 0,001). Estas, por outro lado, parecem refletir melhor diferenças entre os "habitats". Os altos valores de similaridade obtidos provavelmente devem-se

à influência da dominância quase que completa da espécie mais importante (número 1 nas curvas de valor de importância).

Todas as afirmações anteriores para o Lago Paranoá não se aplicam à amostra 05 que tem comportamento à parte, provavelmente devido a sua localização. O valor de diversidade, a curva de valor de importância, os valores de similaridade e a dominância por táxon superior demonstram pouca semelhança com a comunidade do Lago Paranoá tendendo mais para as comunidades do Descoberto e Santa Maria. Assim sendo, representa uma comunidade de um ambiente menos eutrófico ou alterado do que uma amostra representativa do Lago Paranoá.

A comunidade da lagoa de estabilização, parece fugir à regra geral de correspondência inversa entre diversidade e eutrofização. O ambiente é altamente eutrófico como pode ser observado pela condutividade, pH, transparência e biomassa numérica das algas. Entretanto, os valores de diversidade e as curvas de valor de importância se comparam aos do Descoberto, ou seja, de um ambiente em início de eutrofização. Durante os seis primeiros meses de operação da lagoa, no ano de 1972, SILVA (1977) acompanhou a evolução da comunidade fitoplanctônica pela abundância numérica de gêneros. Os mais abundantes ainda hoje ocorrem, sendo igualmente importantes. Isto leva a supor que a composição algal presente na lagoa é estável. Os valores de similaridade encontrados, sugerem mudanças ocorrendo entre as espécies na ordenação da mais para a menos importante, ao invés da entrada de novas espécies, mantendo assim curvas de valor de importância semelhantes.

Amostras coletadas em diferentes épocas no Descoberto, Santa Maria e lagoa de estabilização, apresentaram curvas de valor de importância e valores de diversidade semelhantes. Por outro lado os valores de similaridade indicaram alterações nas comunidades. Podemos então supor que cada sistema apresenta uma estrutura própria de disponibilidade de nicho onde os padrões de abundâncias relativas, inde-

pendente das espécies que as representam, variam pouco, mesmo havendo a entrada de novas espécies nos sistemas. Deste modo, as curvas de valor de importância e a diversidade parecem estar mais relacionadas a fatores que atuam estruturando a comunidade, características de cada ambiente, do que na composição qualitativa e quantitativa das espécies que a compõe.

A diversidade em geral é associada diretamente à estabilidade da comunidade ou a complexidade de teia alimentar e inversamente ao grau de alteração dos sistemas (MARGALEF, 1983). Assim a diversidade seria uma expressão da comunidade quantificável que responderia às modificações ambientais, ou em um sentido restrito à eutrofização de ambientes. Contudo, ambientes hipereutróficos como a lagoa de estabilização na verdade não estão sofrendo alterações, mas sim, representa uma característica própria deles, ou seja, um grau de trofia alto e pouco variável.

No tratamento 1 da análise discriminante, o qual incluiu as amostras da lagoa de estabilização, independente dos métodos usados, os índices relacionados à riqueza de espécies (D,S) ou que têm comportamento similar (Ec) (PEET, 1974), funcionaram bem como discriminadores. O índice I aplicado, apesar de independente do número de indivíduos, também foi um bom discriminador.

Quando amostras da lagoa de estabilização foram retiradas da análise, tratamento 2, mudanças na ordenação foram observadas. No método de Wilks apenas três índices foram selecionados. Em todos os métodos o número de indivíduos (N) foi uma boa variável discriminante. Os índices D,I e Ec relacionados à riqueza de espécies também discriminaram bem, contudo o mesmo não ocorreu com o S. Confirmou o ocorrido no tratamento 1, onde os índices de riqueza foram os melhores discriminadores. N não esteve ordenado no T_1 , possivelmente pelos valores absolutos muito maiores nas amostras da lagoa de estabilização em relação aos outros ambientes.

O pouco sucesso dos índices de heterogeneidade é

conseqüência de que, ambientes diferentes tiveram curvas de valor de importância e valores destes índices semelhantes e também devido à insensibilidade ao tamanho da amostra que, neste caso, permitiu a separação dos sistemas.

Concluimos que os índices relacionados à riqueza de espécies e a presença de congêneres são os mais indicados para comparar ambientes com distintas condições de eutrofização,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLINGER, E.G. The response of algal populations to changes in lake water quality. In: _____. *Biological indicators of water quality*. New York, John Wiley, 1979.
- BJORK, S. *The Lago Paranoá Restoration Project*. Brasília, 1979. (Final Report)
- CAIRNS JR., J.; LANZA, G.R.; PARKER, B.C. Pollution related structural and functional changes in aquatic communities with emphasis on freshwater Algal and Protozoa. *Proc. Acad. Nat. Sci., Philadelphia* 124 (5): 79-127, 1972.
- CRONBERG, G. *The Lago Paranoá Restoration Project - Phytoplankton ecology and taxonomy*. Brasília, 1977. (Final Report)
- DICKMAN, M. Some indices of diversity. *Ecology*, 49: 1191-3, 1968.
- FERNANDES, C.A. O emprego de correlações estatísticas na análise dos lagos Paranoá, Santa Maria e Descoberto - Brasília, DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, Fortaleza, CE, 1981.
- GDF - Companhia de Desenvolvimento do Planalto. *Atlas do Distrito Federal*, Brasília, 1984. V. 1.

- GIANI, A. *Distribuição horizontal do fitoplâncton e zooplâncton no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil.* Brasília, UnB, 1984. (Dissertação)
- HUTCHESON, K. A test for comparing diversities based on the Shannon's Formula. *J. Theor. Biol.*, 29: 151-4, 1970.
- HUTCHINSON, G.E. *A treatise on limnology.* New York, John Wiley, 1967. V. 2
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C.; LE CREN, D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimation by counting. *Hidrobiologia*, 11: 143-170, 1958.
- MARGALEF, R. *Limnología.* Barcelona, Omega, 1983.
- MARGALEF, R. & MIR, M. *Phytoplankton of spanish reservoirs as dependent from environmental factors and potential indicator of water properties: atti del convegno sui bacini lacustrini artificiali.* Sassari, 1977. p. 191-206.
- MARGALEF, R.; MIR, M.; ESTRADA, M. Phytoplankton composition and distribution as an expression of properties of reservoirs. *Can. Wat. Res. J.*, 7 (1): 26-50, 1982.
- MOURA, U.P.; RIBEIRO, M.A.; COLARES, S.A.P. Variação anual da biomassa de fitoplâncton nos lagos Paranoá, Santa Maria e Descoberto, do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10, Manaus, 1979.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINS, J.G.; STEINBRENNER, K.; BENT, D.H. *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.* 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1975.
- OLIVEIRA, L.P.H. & KRAU, L. Hidrobiologia geral aplicada particularmente à veiculadores de esquitossomos, hipereutrofia o mal moderno das águas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*,

88: 89-118, 1970.

- PALMER, C.M. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.*, 5 (1): 78-82, 1969.
- PEET, R.K. The measurement of species diversity. *An. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 285-307, 1974.
- PEREIRA, A. *Aplicação de modelos matemáticos de eutrofização no Lago Paranoá*. Brasília, DF, UnB, 1984. (Projeto final)
- PIELOU E.C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144, 1966.
- PINTO-COELHO, R.M. *Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no Lago Paranoá, Brasília, DF*. Brasília, DF, UnB, 1983. (Dissertação)
- PRESTON F.W. The canonical distribution of commonness and rarity *Ecology*, 43: 185-215, 410-32, 1962.
- RAWSON, D.S. Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. Oceanogr.*, 1: 18-25, 1965.
- ROBINSON J.V. & SANDGREN, C.D. An experimental evolution of diversity indices as environmental discriminators. *Hydrobiologia*, 108: 187-96, 1984.
- SAGER, P.E. & HASLER, A.D. Species diversity in lacustrine phytoplankton. I - The components of the index of diversity from Shannon's Formula. *Amer. Nat.*, 106 (929): 51-9, 1969.
- SILVA, M.O.S.A. *Tanques sépticos e lagoas de estabilização, aspectos operacionais*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 1977. p. 109-50.

- TOLEDO, L.G. *Estudo anual da produção primária do fitoplâncton e dos fatores limnológicos no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil.* Brasília, DF, UnB, 1986. (Dissertação)
- WHITTAKER, R.H. Evolution and measurement of species diversity. *Taxonomia*, 21: 213-51, 1972.
- ZAR, J.H. *Biostatistical analysis.* Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1974.

ENDEREÇO DOS AUTORES

FERREIRA, C.J.A.
Laboratório de Recursos Aquáticos
CPAP - EMBRAPA
Caixa Postal, 109
79300 Corumbá - MS

ROCHA, A.J.A.
Laboratório de Ecologia
Departamento de Biologia Vegetal
Universidade de Brasília
70910 Brasília - DF