

QUALIDADE DA ÁGUA DAS LAGOAS DE S. MIGUEL

Parte II - Estudo da comunidade planctónica

Rodrigues, A.M.F. ; Sobral, P. ; Santos, M.C.R. e Santana, F.J.P.*

INTRODUÇÃO

O estudo da comunidade planctónica compreendeu o estudo qualitativo e quantitativo do fitoplâncton e zooplâncton nas lagoas das Sete Cidades (Azul e Verde), Furnas e Fogo, no período de Setembro de 1988 a Julho de 1989, com a finalidade de contribuir para uma melhor compreensão do estado trófico das lagoas de S. Miguel. Este trabalho integra-se no estudo do controlo da eutrofização das lagoas de S. Miguel, que teve por objectivo definir o estado trófico das lagoas de S. Miguel (Sete Cidades, Furnas e Fogo), identificar possíveis fontes poluentes e indicar medidas correctivas e preventivas. O estudo foi realizado pelo Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa, no âmbito de um contrato de prestação de serviços para a Secretaria Regional de Habitação e Obras Públicas, da Região Autónoma dos Açores. A amostragem e os materiais e métodos utilizados no estudo da comunidade planctónica encontram-se referidos em Santos *et al.* (1991).

O estudo da comunidade planctónica das lagoas da ilha de S. Miguel iniciou-se em 1896 com Barrois e teve por finalidade a identificação das suas espécies. Dos organismos indicados por Barrois, poder-se-á referir que as lagoas de S. Miguel se encontravam num estado de oligotrofia no século passado, o que já não foi observado por Oliveira (1989) no estudo da estrutura das comunidades fitoplanctónicas nas lagoas Azul e Verde, durante os anos de 1987 e 1988. Aquele autor observou espécies indicadoras do estado de mesotrofia nas lagoas das Sete Cidades, como consequência do enriquecimento progressivo em nutrientes ao longo dos anos, quer de origem natural, quer de origem antropogénica.

Departamento de Ciência e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, U.N.L., Quinta da Torre, 2825 MONTE DA CAPARICA.

2. ESTUDO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÓNICA

Nas Figuras 1 e 2 apresenta-se a densidade populacional média e o biovolume médio observado para a lagoa Azul. O fitoplâncton registou a sua densidade populacional máxima em Janeiro, sendo a Cianobactéria *Oscillatoria planctonica* a espécie responsável por este máximo. Em Maio observou-se novamente um predomínio de Cianobactérias, sendo *Aphanizomenon flos-aquae* a espécie dominante, enquanto que em Julho se observou um predomínio de Dinoflagelados. Neste mês foram registados os valores mais baixos de densidade populacional, em particular nas camadas mais superficiais. Em Novembro observou-se um predomínio de Cianobactérias e de Bacilariófitas. As Clorófitas presentes ao longo de todo o ano, atingem o seu desenvolvimento máximo em Janeiro.

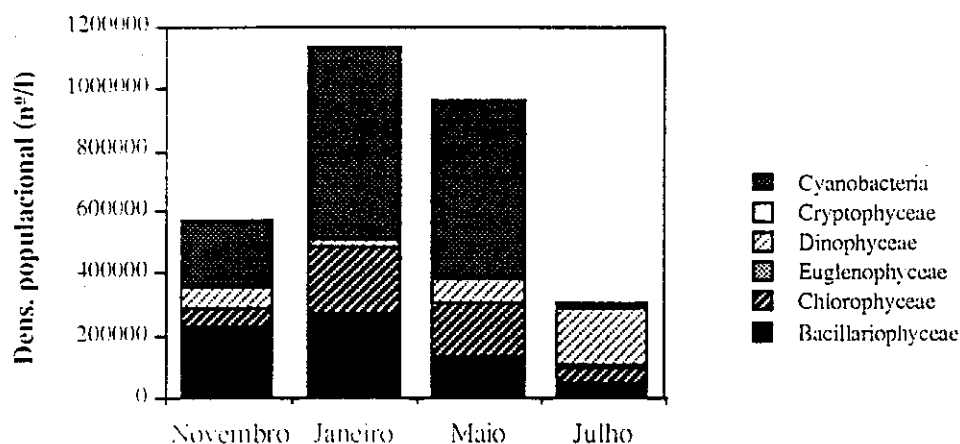


Fig. 1. Densidade populacional média registada no ponto central da lagoa Azul.

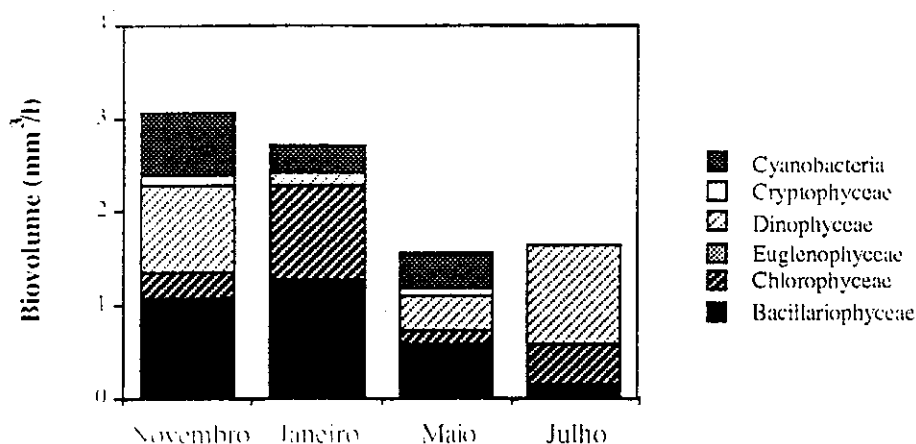


Fig. 2. Biovolume médio registado no ponto central da lagoa Azul.

O biovolume máximo foi registado em Novembro, onde predominaram as Diatomáceas e os Dinoflagelados. As Diatomáceas apresentaram também um biovolume elevado em Janeiro e em Maio, enquanto que em Julho houve uma dominância de Dinoflagelados.

em particular *Peridinium inconspicuum*. Oliveira (1989) referiu a sua presença, também no Verão, quer na lagoa Azul, quer na lagoa Verde, mas em fraca abundância. Apesar das espécies de Diatomáceas não terem apresentado uma densidade populacional elevada, predominaram em biovolume.

Os valores de densidade populacional média e biovolume médio observados para a lagoa Verde são apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Observa-se que, a lagoa Verde apresentou uma concentração extremamente elevada em Cianobactérias em Novembro e Janeiro, diminuindo a sua concentração nos outros meses, atingindo o valor mínimo em Julho. As espécies responsáveis pelos valores elevados de Cianobactérias são, principalmente, *Oscillatoria planctonica* e *Aphanizomenon flos-aquae*. Em Maio e em Julho, predominaram as Chlorofíceas. Embora presentes ao longo dos meses de colheita, as Bacilarióficeas nunca foram dominantes, apresentando a sua concentração máxima em Janeiro e a mínima em Julho.

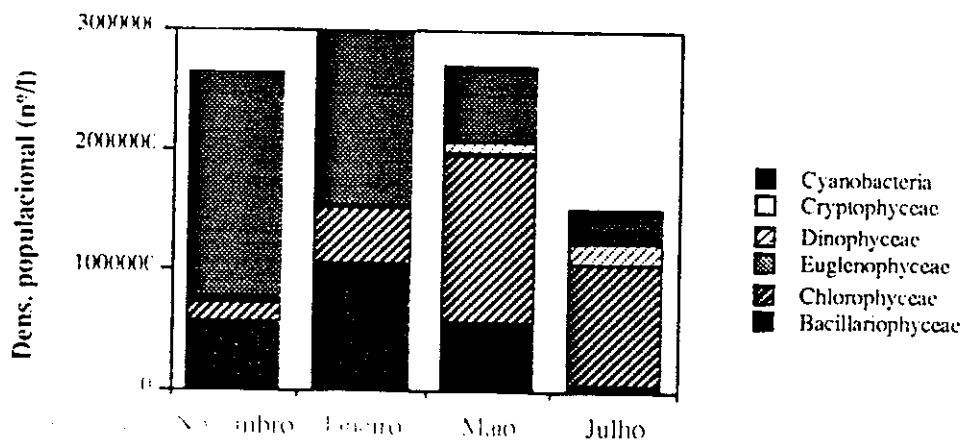


Fig. 3. Densidade populacional média registada no ponto central da lagoa Verde.

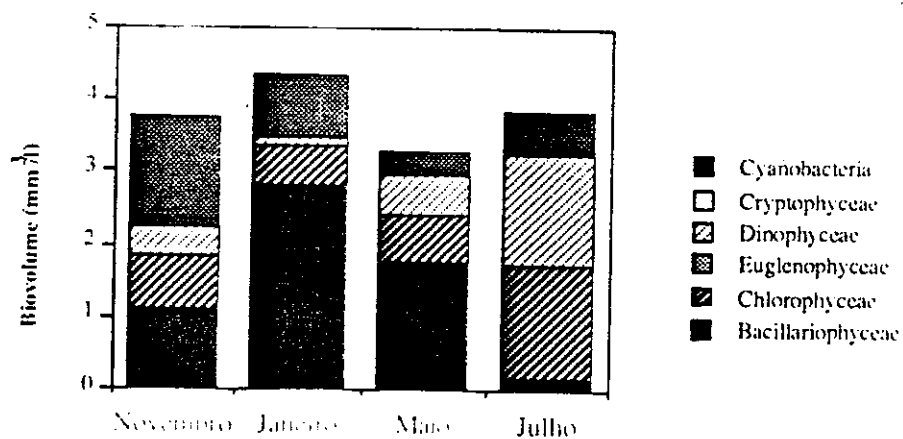


Fig. 4. Biovolume médio registado no ponto central da lagoa Verde.

Apesar das Cianobactérias apresentarem uma concentração extremamente elevada, a sua contribuição em biovolume foi bastante baixa, ao contrário do observado para as Bacilariofitáceas, à exceção do mês de Julho, onde o biovolume predominante foi proveniente de Dinoflagelados e de Clorofíceas. Embora se tenham observado espécies de Euglenofíceas e de Criptofíceas, o seu biovolume foi bastante reduzido.

Comparando estes valores com os registados para a lagoa Azul, verifica-se que a lagoa Verde apresentou, quer uma densidade populacional, quer um biovolume mais elevados. Constatação semelhante foi registada por Oliveira (1989) para a concentração do fitoplâncton, embora o biovolume observado seja semelhante entre ambas as lagoas. Verificou-se ainda que, em ambas as lagoas, as Cianobactérias predominaram, de uma maneira geral, sobre as outras classes de algas, o que estará relacionado com o estado avançado de eutrofização destas lagoas.

Nas Figuras 5 e 6 apresenta-se a densidade populacional média e o biovolume médio observados na lagoa das Furnas. Os valores registados foram extremamente elevados, o que é indicativo de um estado trófico da lagoa acentuado. Como consequência do desenvolvimento exuberante do fitoplâncton, verificaram-se concentrações sobressaturadas em oxigénio dissolvido. As Cianobactérias encontraram-se presentes em todos os meses de colheita, tendo sido registado os valores mais elevados para a densidade populacional desta classe em Julho e Novembro, enquanto que em Janeiro foram observados os valores mais baixos. Abundantes em Novembro, Janeiro e Maio, as Diatomáceas apresentaram uma densidade populacional reduzida em Julho, o que poderá ser consequência da diminuição da concentração de sílica observada.

Pouco abundantes em Novembro, Janeiro e Julho, as Clorofíceas apresentaram uma densidade populacional elevada em Maio, tendo sido a classe dominante. A Cianobactéria responsável pelos valores elevados de densidade populacional foi *Aphanizomenon flos-aquae*, que por sua vez é indicadora de meios eutrofizados. Esta espécie tem a possibilidade de formar heterocistos quando as condições do meio são deficientes em compostos azotados (Round, 1973). Dada a sua abundância na lagoa e sempre que se verificaram baixas concentrações naqueles compostos, poderá ter havido absorção de azoto molecular por aquela espécie. Em Julho foram observados os valores médios mais baixos para a densidade populacional, em consequência da predominância de condições de anaerobiose no hipolimnion e de valores relativamente elevados em chumbo.

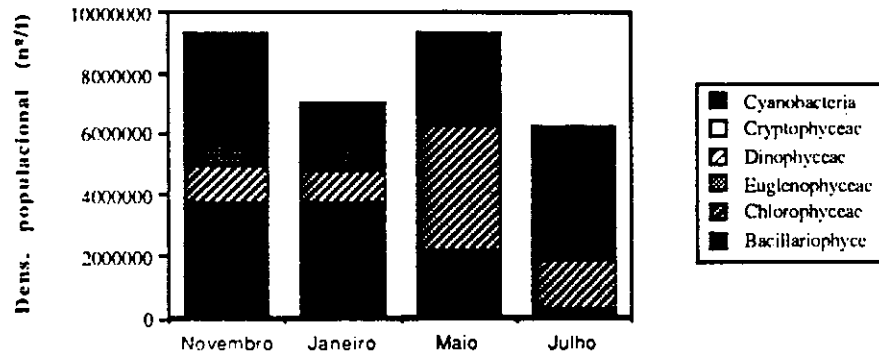


Fig. 5. Densidade populacional média registada no ponto central da lagoa das Furnas.

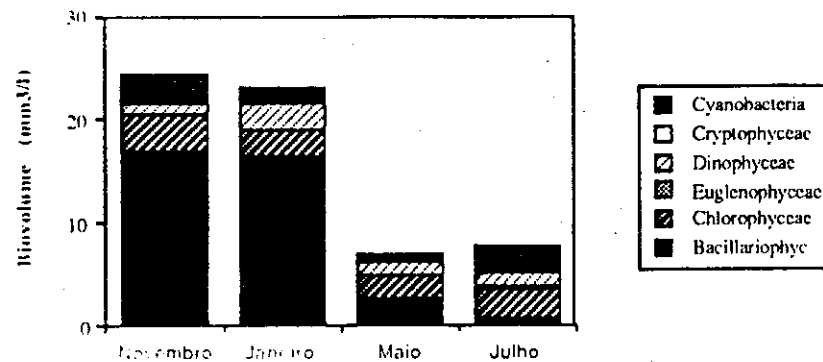


Fig. 6. Biovolume médio registado no ponto central da lagoa das Furnas.

Enquanto que as Cianobactérias predominaram em densidade populacional, as Diatomáceas predominaram em biovolume, à excepção de Julho onde dominaram as Clorofíceas e as Cianobactérias. Em Novembro e Janeiro foram registados os valores mais elevados em biovolume e o valor mínimo em Maio.

Os valores de densidade populacional média e biovolume médio observados para a lagoa do Fogo apresentam-se nas Figuras 7 e 8, respectivamente. Verifica-se que, quer a densidade populacional, quer o biovolume, apresentaram valores baixos ao longo dos meses de colheita, diminuindo de Novembro para Julho, se bem que se tenha de ter em atenção que em Janeiro foi efectuada apenas uma colheita à superfície. Em Julho foi observada uma diminuição dos valores de densidade populacional e de biovolume em profundidade, e que poderá ser uma consequência da estratificação térmica observada neste mês, assim como a ausência de azoto amoniacal, que limitará o crescimento do fitoplâncton. Observou-se ainda em Julho um fraco desenvolvimento de Diatomáceas, como consequência da concentração em sílica ser nula, mas em Novembro, a sua concentração foi máxima, altura em que os valores registados para a sílica foram os

mais elevados. Verificou-se uma sucessão de espécies ao longo do ano, tendo as Clorofíceas dominado em Novembro, as Cianobactérias em Maio e os Dinoflagelados em Julho. Por sua vez, em termos de biovolume verificou-se que as Diatomáceas tiveram uma contribuição acentuada na biomassa em Novembro, enquanto que nos outros meses, os Dinoflagelados constituíram a classe com maior biovolume. A Crisofícea presente foi *Dinobryon sertularia*, que apareceu em todos os meses de colheita, espécie essa referida por Barros (1896) para as lagoas de S. Miguel, e indicadora de meios naturais oligotróficos (Lehman, 1976). No entanto, é de referir que surgem já nesta lagoa espécies fitoplauctónicas indicadoras de meios oligo-mesotróficos, como é o caso do dinoflagelado *Peridinium inconspicuum* (Rosén, 1981), bastante abundante em Julho, o que pressupõe que o estado trófico da lagoa tende a passar de oligotrófico para mesotrófico.

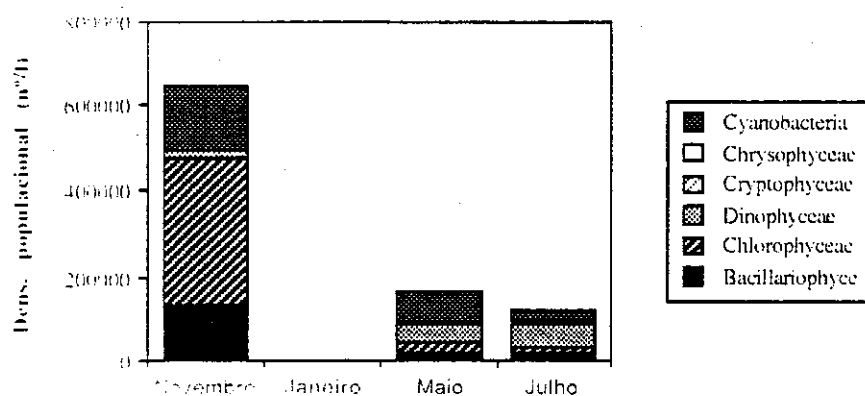


Fig. 7. Densidade populacional média registada no ponto central da lagoa do Fogo.

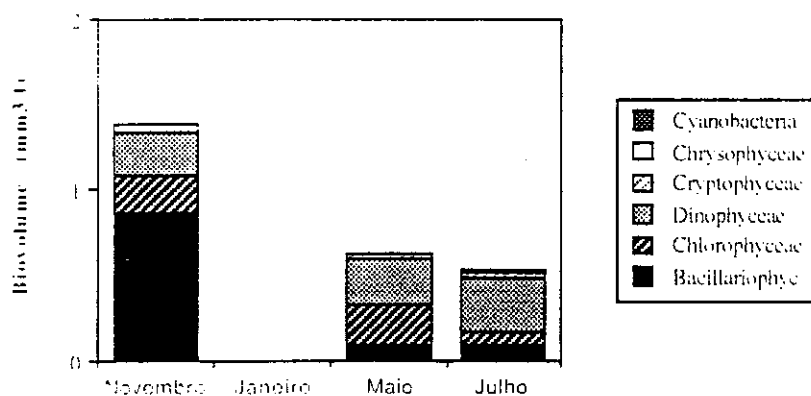


Fig. 8. Biovolume médio registado no ponto central da lagoa do Fogo.

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se respectivamente os valores médios da densidade populacional e do biovolume do fitoplâncton colhido nas lagoas em estudo. Da sua análise verifica-se que a lagoa das Furnas apresentou os valores mais elevados.

enquanto que a lagoa do Fogo registou os valores mais baixos, como referido anteriormente. Por sua vez, a lagoa Verde apresentou valores mais elevados do que a Azul, mas ambas as lagoas registaram valores inferiores aos obtidos para a lagoa das Furnas e superiores ao da lagoa do Fogo.

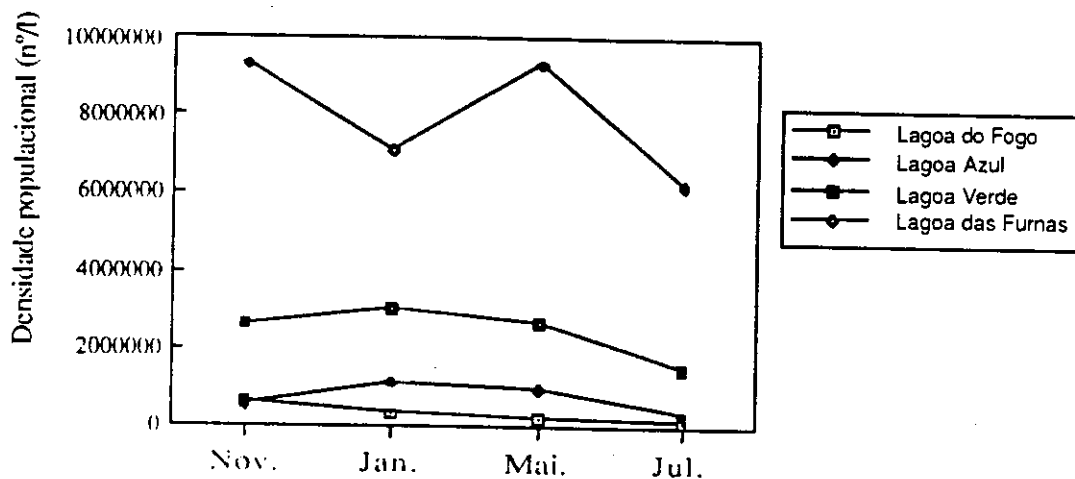


Fig. 9. Valores médios mensais de densidade populacional do fitoplâncton colhido em várias lagoas de S. Miguel.

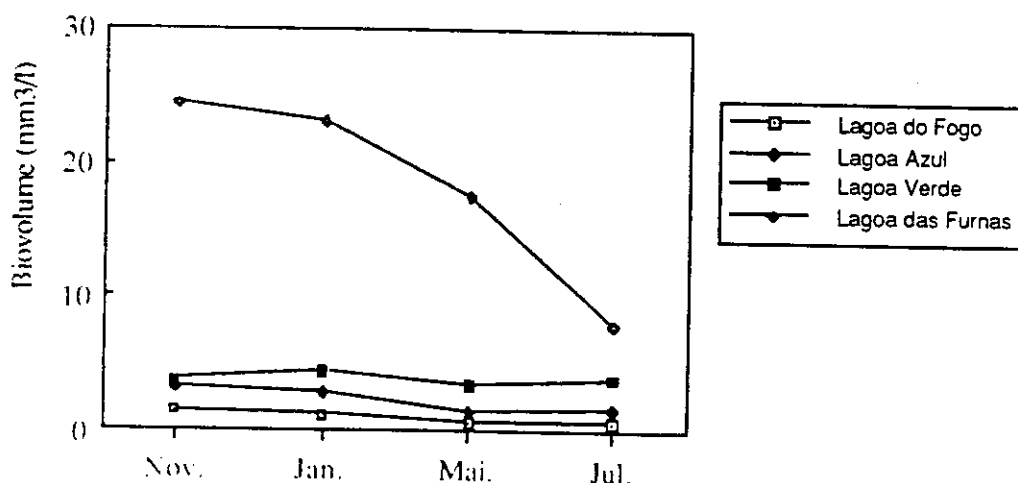


Fig. 10. Valores médios mensais de biovolume do fitoplâncton colhido em várias lagoas de S. Miguel.

Na Fig. 10 ilustram-se os valores de clorofila *a* nas lagoas em estudo e na qual se observá que na lagoa Azul foram registados em Janeiro os valores mais elevados e em Julho e Setembro os mais baixos. Na lagoa Verde, os valores registados foram mais elevados do que os observados para a lagoa Azul, tal como se verificou para a densidade populacional e biovolume. Na lagoa das Furnas, os valores mais elevados de clorofila *a* foram registados em Novembro e os mais baixos em Julho, como se verificou para a densidade populacional e biovolume. Os valores de clorofila *a* registados para a lagoa do Fogo

foram os mais baixos registados para as lagoas em estudo e são indicadores de meios oligotróficos. Os valores mais elevados nesta lagoa foram observados em Março e os mais baixos em Julho, altura em que quer a densidade populacional, quer o biovolume foram também reduzidos.

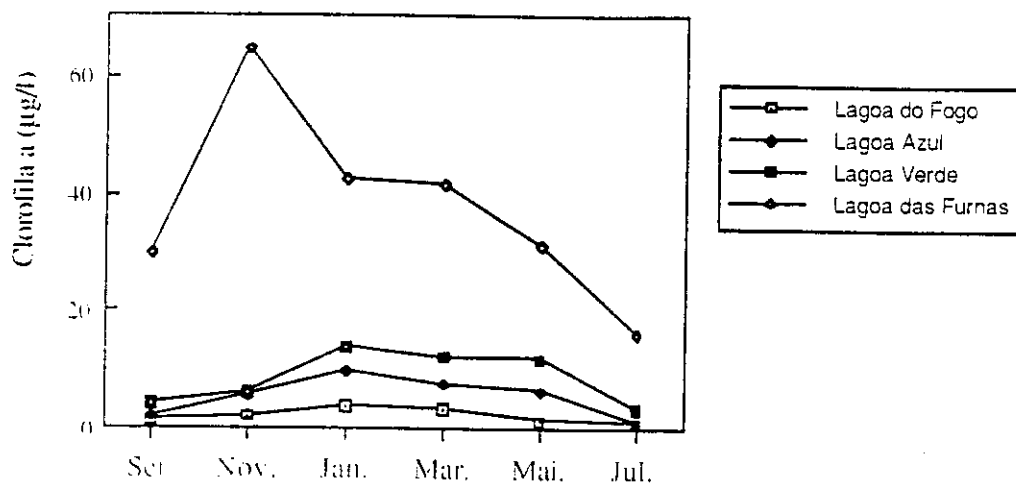


Fig. 11. Valores médios mensais de clorofila *a* em várias lagoas de S. Miguel.

Na Fig. 12 apresentam-se os valores de carbono particulado observados nas lagoas em estudo. Observa-se que os valores mais baixos registados nas lagoas Azul e Verde foram observados, respectivamente em Julho e Janeiro e os mais elevados em Maio. Na lagoa das Furnas observou-se que os valores mais elevados de carbono particulado foram registados em Maio e os mais baixos em Julho. É provável que a contribuição do fitoplâncton e do zooplâncton em carbono particulado em Maio seja reduzida, tendo em atenção que foram observados os valores mais baixos, quer em biovolume fitoplanctónico, quer em biomassa zooplancónica. Aqueles valores serão devidos essencialmente à contribuição do tripton. A distribuição dos valores de carbono particulado na lagoa do Fogo seguiu uma distribuição semelhante ao verificado para a densidade populacional e o biovolume fitoplanctónico, donde se possa referir que uma parte do carbono particulado seja devido aos organismos fitoplanctónicos.

Na Fig. 13 apresentam-se os valores de azoto particulado observados nas lagoas em estudo, registando-se nas lagoas Azul e Verde os valores mais baixos em Julho, altura em que o fitoplâncton apresentou a densidade populacional mais baixa e os valores mais elevados foram observados em Maio. Na lagoa das Furnas os valores mais baixos de azoto particulado foram registados em Julho, altura em que o fitoplâncton apresentou a densidade populacional e os valores de clorofila *a* mais baixos. Por sua vez, os valores mais elevados foram observados em Novembro, altura em que os parâmetros relativos às comunidades planctónicas foram também mais elevados, assim como a biomassa

zooplancónica. Na lagoa do Fogo foram registados em Maio os valores mais elevados para o azoto particulado, apesar de se ter verificado neste mês valores reduzidos para as comunidades planctónicas. Em Julho foram registados os valores mais baixos de azoto particulado, tal como o sucedido para a densidade populacional e o biovolume fitoplanctónico.

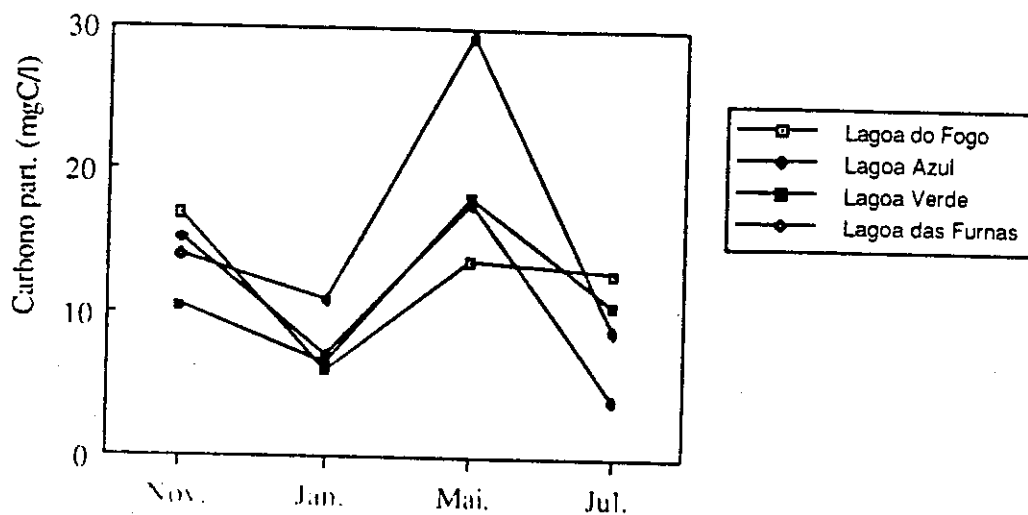


Fig. 12. Valores médios mensais de carbono particulado em várias lagoas de S. Miguel.

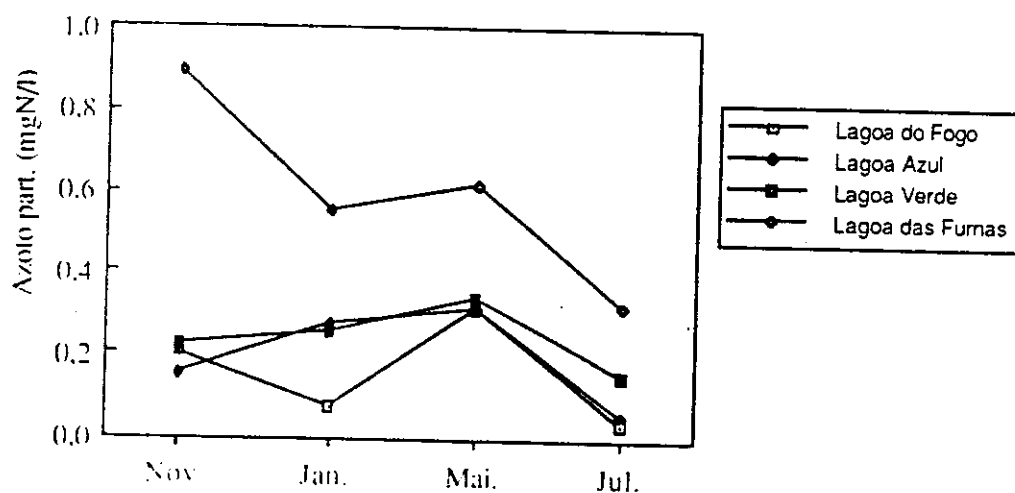


Fig. 13. Valores médios mensais de azoto particulado em várias lagoas de S. Miguel.

Na Fig. 14 apresentam-se os valores de fósforo particulado observados nas lagoas em estudo, tendo-se registado, os valores mais baixos em Julho e os mais elevados em Novembro, para todas as lagoas.

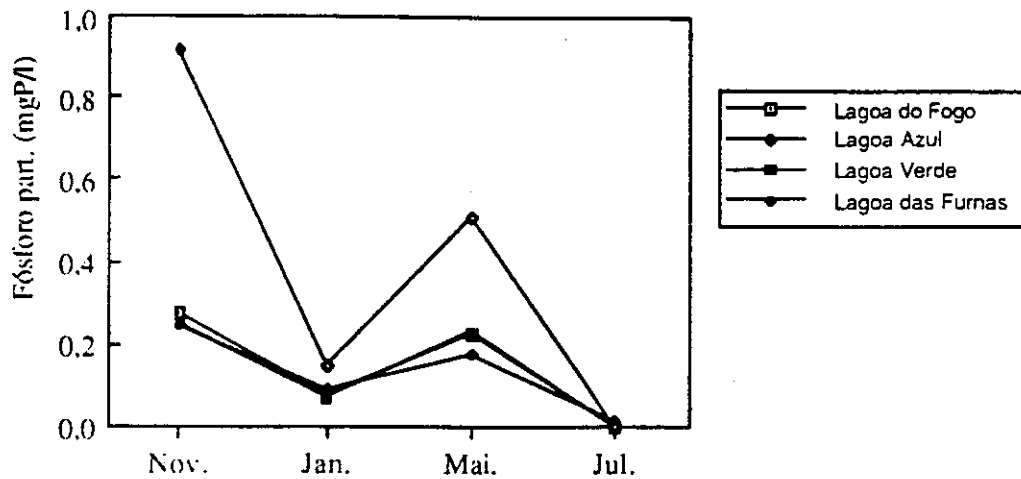


Fig. 14. Valores médios mensais de fósforo particulado em várias lagoas de S. Miguel.

3. ESTUDO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÓNICA

A densidade média registada na lagoa Azul foi de 3662 ind.m^{-3} , com o mínimo em Março (1764 ind.m^{-3}) e o máximo em Novembro (7982 ind.m^{-3}) como se indica na figura 15. Em termos de biomassa, registou-se um valor médio de 189.13 mg.m^{-3} sendo o mínimo relativo ao mês de Março (7.4 mg.m^{-3}), em conformidade com a densidade mínima observada.

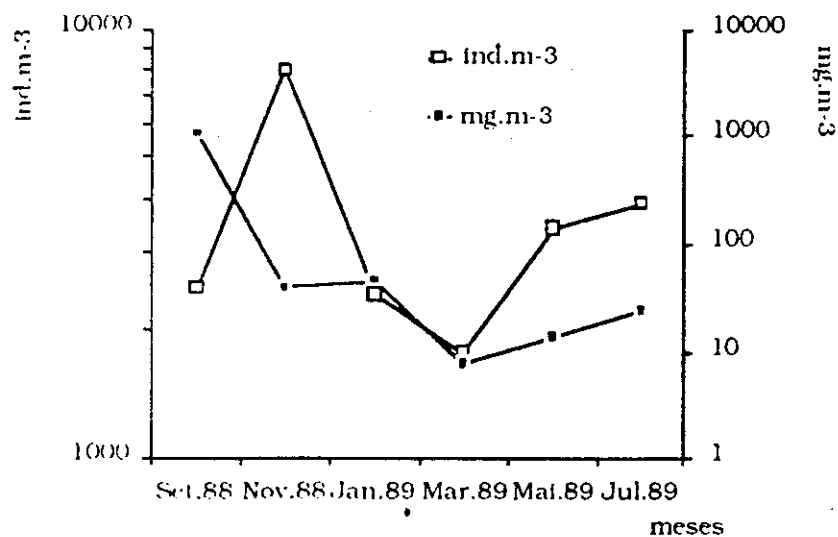


Fig. 15. Variação da densidade e da biomassa na Lagoa Azul (A1).

A biomassa máxima registou-se em Setembro (1004.9 mg.m^{-3}) provavelmente devido à interferência de Cianobactérias já que a densidade registada nesse mês foi baixa. Os valores de biomassa obtidos nas quatro estações estabelecidas na Lagoa Azul (fig.16), não

se apresentam significativamente diferentes, à excepção do mês de Setembro em que a variação foi maior.

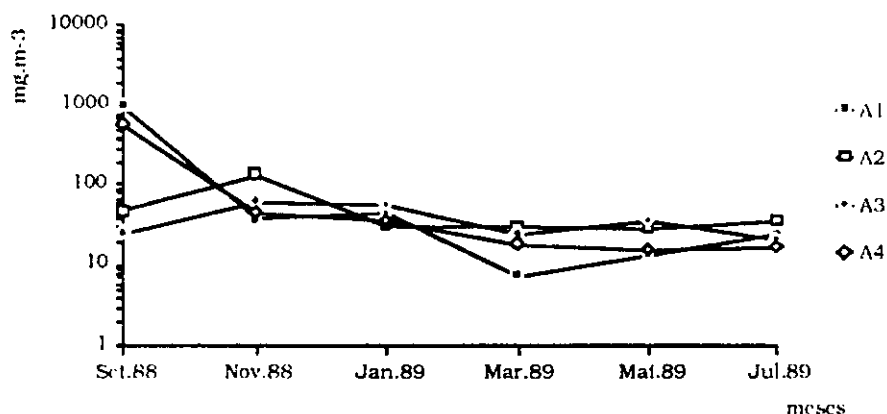


Fig. 16 - Variação da biomassa na Lagoa Azul (A1, A2, A3 e A4)

Em termos de biomassa o resultado médio observado para a lagoa Azul foi bastante elevado, típico de condições de eutrofização (semelhante ao registado para a Lagoa das Furnas). No entanto, observando as biomassas ao longo do ano e se exceptuar o valor relativo a Setembro, muito elevado, a biomassa média apresentou um valor característico de condições mesotróficas ($25,98 \text{ mgm}^{-3}$) e que se enquadra perfeitamente nos restantes resultados observados ao longo do ano (Santos *et al.*, 1991a).

O elevado valor de densidade registado na lagoa Azul em Novembro deveu-se ao desenvolvimento das populações de Cladóceros (sobretudo pequenos filtradores) e Copépodes (predadores). Estes organismos mostram boa capacidade de resistência a "blooms" de Cianobactérias, um dos grupos dominantes no fitoplâncton nesta altura, juntamente com as Bacilariófitas. A densidade média, semelhante à registada na Lagoa do Fogo, apresentou no entanto uma contribuição mais importante de Copépodes que de Cladóceros, situação inversa à daquela lagoa em que predominam os Cladóceros grandes filtradores. O predomínio de pequenos filtradores e predadores é geralmente indicativo de situações de meso-eutrofia.

A densidade média registada na lagoa Verde foi de $6\,982 \text{ ind.m}^{-3}$, com o mínimo em Janeiro ($3\,185 \text{ ind.m}^{-3}$) e o máximo em Maio ($13\,263 \text{ ind.m}^{-3}$) como se indica na figura 17. Após um decréscimo acentuado que se prolongou pelo Verão, registou-se um segundo pico em Novembro ($10\,036 \text{ ind.m}^{-3}$). Os valores de densidade total seguem os valores da densidade dos Copépodes, grupo dominante, excepto em Maio em que se registou a densidade máxima dos Cladóceros.

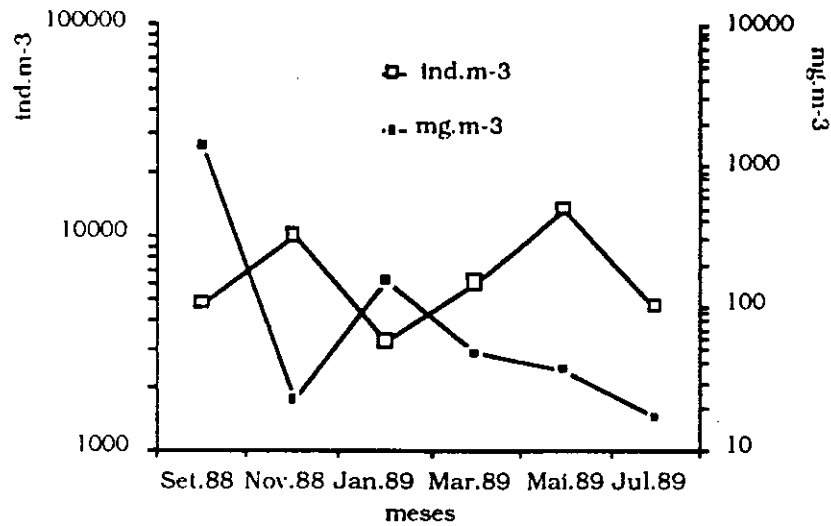


Fig. 17 - Variação da densidade e da biomassa na Lagoa Verde (V1).

Em termos de biomassa registou-se na estação V1 um valor médio de 273,6 mg.m⁻³ sendo o mínimo relativo ao mês de Julho (17,1 mg.m⁻³). À densidade mínima (Janeiro) não correspondeu a biomassa mínima, provavelmente devido à presença de Cianobactérias muito abundantes nesta altura do ano. Do mesmo modo a biomassa máxima (1361,0 mg.m⁻³), que se registou em Setembro, não se relaciona com a densidade máxima que ocorreu em Maio, já que neste mês mais de 60% da amostra correspondeu a organismos de pequenas dimensões. Na estação V2 a evolução dos valores de biomassa seguiu o padrão observado na estação V1 (fig. 18).

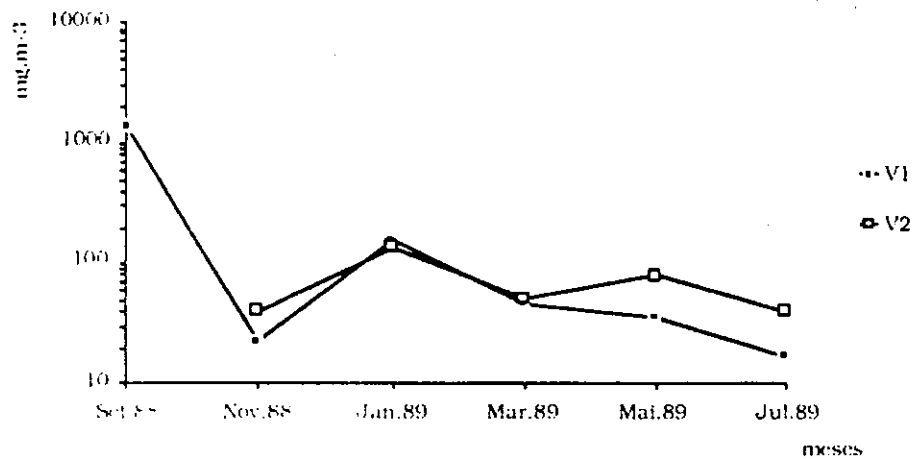


Fig. 18 - Variação da biomassa na Lagoa Verde (V1 e V2).

O elevado valor de biomassa média registado na lagoa Verde, o mais elevado de todas as lagoas, bem como as densidades registadas apontam para condições de eutrofia, embora se verifique uma amplitude de variação das biomassas maior que em relação à lagoa das Furnas.

A densidade média registada para a lagoa das Furnas foi de 11 131 ind.m⁻³, com o mínimo em Maio (3 347 ind.m⁻³) e o máximo em Julho (23 641 ind.m⁻³) como se indica no figura 19. Este valor mantém-se ainda elevado em Setembro, seguindo-se um decréscimo acentuado que se prolongará pelo Inverno e Primavera. Os valores de densidade total seguem os valores da densidade dos Copépodes, grupo dominante. Em termos de biomassa registou-se na estação F1 um valor médio de 187,8 mg.m⁻³ sendo o mínimo relativo ao mês de Maio (26,7 mg.m⁻³), em conformidade com a densidade mínima observada.

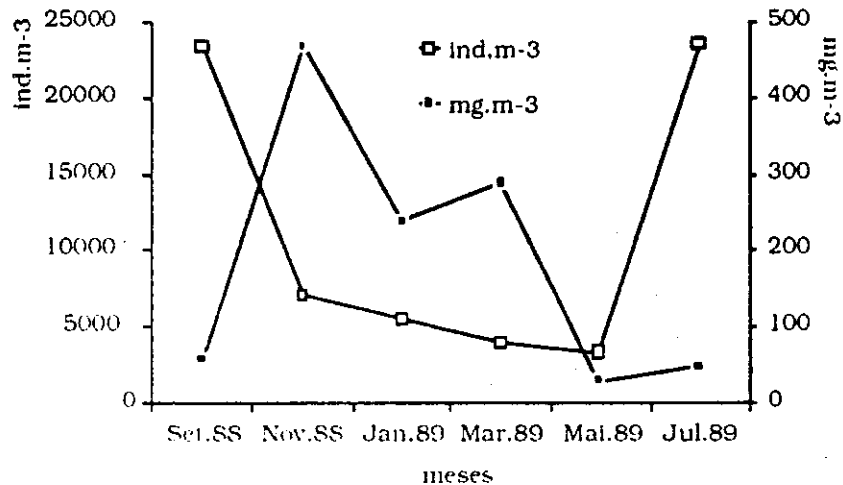


Fig. 19 - Variação da densidade e biomassa de zooplâncton na Lagoa das Furnas (F1).

Nas restantes estações a evolução dos valores de biomassa segue o mesmo padrão (fig. 20), tendo o máximo sido registado na estação F3 em Novembro (762,1 mg.m⁻³) e o mínimo na estação F4 (36,0 mg.m⁻³).

Os valores mais elevados de biomassa não correspondem aos máximos de densidade, pois encontraram-se afectados pela abundância de Cianobactérias cuja fracção não foi eficazmente separada dos organismos zooplânctónicos e que consequentemente interferiu na medida de biomassa expressa em peso seco. Assim, na estação F1 o valor máximo ocorre em Novembro (468,5 mg.m⁻³) mantendo-se elevado até Março e decresce em seguida para valores cerca de dez vezes menores precisamente quando as densidades zooplânctónicas foram mais elevadas.

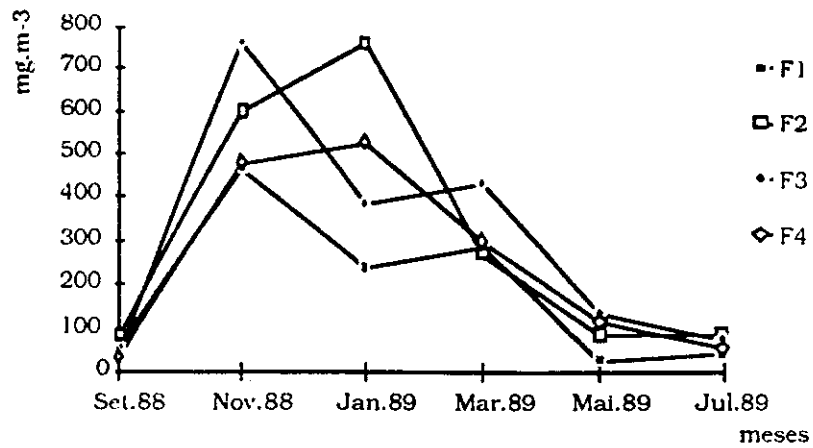


Fig. 20 - Variação das biomassas de zooplâncton na Lagoa das Furnas (estações F1, F2, F3 e F4).

A densidade média registada na lagoa do Fogo foi de 3801 ind.m⁻³, com o mínimo em Março (1965 ind.m⁻³) e o máximo em Setembro (4955 ind.m⁻³) como se indica na figura 21. Em termos de biomassa, registou-se um valor médio de 13,12 mg.m⁻³ sendo o mínimo relativo ao mês de Março (6,0 mg.m⁻³), em conformidade com a densidade mínima observada.

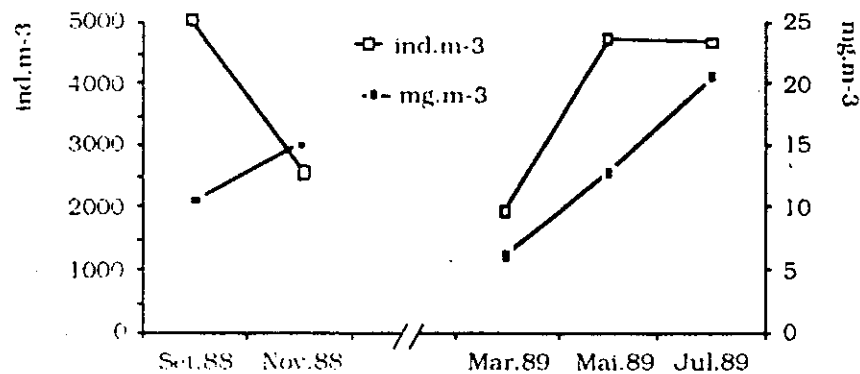


Fig. 21 - Variação da densidade e biomassa de zooplâncton na Lagoa do Fogo (FG).

Os valores de clorofila *a* relativos ao mês de Março permitirão o desenvolvimento da comunidade zooplânctónica, que atingirá o valor máximo de biomassa em Julho (20,5 mg.m⁻³), altura em que se verificou abundância de dinofíceas nas águas superficiais. O elevado valor de biomassa registado em Novembro está em desacordo com a densidade observada e pode ser explicado pela interferência de Cianobactérias.

4. CONCLUSÕES

Da análise dos valores obtidos para a comunidade planctónica poder-se-á referir que as Cianobactérias foram o grupo fitoplanctónico predominante nas lagoas Azul e Verde e em particular na lagoa das Furnas e que serão responsáveis por uma deterioração da qualidade da água. De facto, estas espécies em determinadas condições podem produzir toxinas, que quando presentes em grande quantidade, poderão causar problemas graves, não só à fauna piscícola, como a outros animais, incluindo o próprio Homem, através da utilização das suas águas.

A lagoa Verde apresentou os valores de densidade populacional, biovolume e concentração em clorofila *a* superiores à lagoa Azul, assim como uma maior quantidade em Cianobactérias, demonstrativo de um estado trófico mais avançado. No entanto, os valores observados para a comunidade fitoplanctónica indicam-nas como mesotróficas, embora seja de referir algumas espécies indicadoras de meios eutróficos, o que é confirmado não só pelos valores de clorofila *a*, mas também pelos resultados da comunidade zooplanctónica, que são tipicamente observados em condições de eutrofização (Monteiro, 1988).

A lagoa das Furnas encontra-se num estado de eutrofização extremamente avançado, o que nos é indicado não só pelos valores bastante elevados registados para a comunidade fitoplanctónica, como também pela zooplanctónica, assim como pela dominância de Cianobactérias em quase todos os meses de colheita, em particular da espécie *Aphanizomenon flos-aquae*.

Das lagoas estudadas, a lagoa do Fogo foi a que apresentou os valores mais baixos para a comunidade fitoplanctónica e que leva a concluir que esta lagoa se encontra num estado de oligotrofia e que é confirmado pelo aparecimento da crisofícea *Dynobryon sertularia*. Esta espécie foi observada em todos os meses de colheita e é segundo Lehman (1976) uma espécie especialmente adaptada a concentrações baixas em ortofosfatos e compostos azotados. No entanto, é de ter em atenção o aparecimento de espécies indicadoras de meios oligo-mesotróficos, como é o caso de *Peridinium inconspicuum*, o que indica estarmos numa situação de transição para mesotrofia, o que também é confirmado pelos resultados observados para a comunidade zooplanctónica.

5. BIBLIOGRAFIA

Barrois, T. H. (1896). *Faune des Eaux Douces des Açores*. Lille, 172 pp.

Lehman, J.T. 1976. Ecological and nutritional studies on *Dynobryon*. Seasonal periodicity and the phosphate toxicity problem. *Limnol. Oceanogr.*, **21**, p. 646-658.

Monteiro, M.T. (1988). Comunidades zooplanctónicas de Albufeiras a sul do Tejo. Variações na sua estrutura e funcionamento com o estado trófico. INIP, Lisboa.

Oliveira, M. R. L. (1989). Estrutura das comunidades de fitoplâncton nas lagoas das Sete Cidades. *Relat. Téc. Cient. IMP*, pp. 1-27.

Rosén, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica*, **13**, p. 263-290.

Round, F.E. 1973. *The Biology of Algae*. Edward Arnold, London.

Santos, M.C.R., Santana, F.J.P., Rodrigues, A.M.F., Sobral, P. 1991a. O Controlo da Eutrofização nas Lagoas de S. Miguel - Açores. Parte I. As lagoas das Sete Cidades. Parte II - A lagoa das Furnas. Parte III - A lagoa do Fogo. Relatório Técnico, D.C.E.A./U.N.L.

Santos, M.C.R., Santana, F.J.P., Rodrigues, A.M.F., Sobral, P. 1991b. Qualidade da água nas lagoas de S. Miguel. I. Características físico-químicas e microbiológicas. O Estado da água nos Açores - Encontro Técnico.