

TIPOLOGIA DOS ECOSISTEMAS LACUSTRES COSTEIROS
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

TYPOLOGY OF COASTAL LAKE ECOSYSTEMS
OF ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

Fábio Marques APRILE*
Reinaldo LORANDI**
Irineu BIANCHINI JUNIOR***
Gisela Yuka SHIMIZU****

RESUMO

Como parte de um levantamento limnológico do litoral do Estado do Espírito Santo, foram estudadas as composições físicas e químicas da água e sedimento de oito lagoas costeiras entre 1993 e 1995. As variáveis estudadas foram: profundidade, transparência, temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e saturado, fósforo total, nitrogênio orgânico total, capacidade de troca de cátions e matéria orgânica. Foram realizadas duas coletas sazonais em 51 pontos de amostragem. Métodos de Análise de Agrupamento e Componentes Principais foram aplicados. Foi possível demonstrar que os pontos de coleta foram diferenciados em relação as variáveis, principalmente em relação ao N-total da água, P-total do sedimento, CTC e matéria orgânica. As análises estatísticas revelaram uma forte sazonalidade, deixando clara a importância das chuvas sobre a dinâmica das lagoas.

Palavras-chave: Lagoas costeiras, Dinâmica de nutrientes, Análise de Componentes Principais.

ABSTRACT

The physical and chemical composition of water and sediment of eight coastal lakes between 1993 and 1995, as part of a limnological survey plain in Espírito Santo State, Brazil, were studied. The variables that were measured were: depth, transparency (Secchi disk), temperature, pH, conductivity, saturated and dissolved oxygen, total phosphorus, total organic nitrogen, cation exchange capacities (CTC) and organic matter. Samples were taken in dry and rainy seasons. Cluster Analysis and Principal Components Analysis were used. It was possible to show that the sampling points differed regarding the variables, especially total-N in the water, total-P in the sediment, CTC and organic matter. The statistical analysis showed a stronger seasonal variation, making clear the importance of rainfall on the dynamics of these lakes.

Key words: Coastal lakes, Nutrients dynamic, Principal Components Analysis.

(*) Departamento de Oceanografia Física, Instituto Oceanográfico, USP. Rua Doralice P. Teixeira 48, CEP 05417-070, São Paulo-SP, Brasil.
E-mail: aprilefm@hotmail.com

(**) Departamento de Engenharia Civil/CCT, UFSCar, São Carlos, S.P. E-mail:lorandi@power.ufscar.br

(***) Departamento de Hidrobiologia/PPG ERN, UFSCar, São Carlos, S.P.

(****) Departamento de Ecologia Geral, USP, São Paulo, S.P.

INTRODUÇÃO

No Brasil ocorre a predominância numérica de sistemas fluviais. Contudo, é possível evidenciar três grandes grupos de sistemas lacustres; os lagos Amazônicos, agrupados em lagos de várzea e de terra firme, os lagos do Pantanal Mato-grossense, onde encontram-se os corpos de água salobra, e os lagos e lagoas costeiras, que estão distribuídos por todo o litoral brasileiro.

Kjerfve (1986) estima que as lagoas costeiras ocupem 12,2% da zona costeira total da América do Sul. Desse percentual, a maior contribuição deve-se ao litoral brasileiro, onde são encontrados grandes ecossistemas como a laguna dos Patos, a lagoa Mirim e Mangueira no Estado do Rio Grande do Sul, Araruama, Saquarema e Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro, além de extensos conjuntos de lagoas menores localizadas na Bahia, Rio Grande do Sul e Espírito Santo.

Sugiuo *et al.* (1982) explicam que o elevado número de lagoas naturais presentes na região do baixo rio Doce (ES), são decorrentes da deposição de sedimentos marinhos e conseqüente formação de uma laguna durante a última grande transgressão entre 18 e 5 mil anos. Os processos de transgressão e regressão marinhas sucessivas resultaram na deposição de cordões arenosos dentro da laguna, provocando a formação de outras lagoas menores. Com o abaixamento do nível relativo do mar surgiu o sistema encontrado atualmente.

De acordo com Martens (1993), as lagoas costeiras são importantes reservatórios de material de origem alóctone, oriundo de rios ou mar, quando estes periodicamente se comunicam com as lagoas, através da decomposição da vegetação adjacente ou ainda pela atmosfera.

Para Chao & Pacheco (1979), as regiões litorâneas são muito dinâmicas, de modo que os processos de circulação e mistura dos nutrientes são extremamente complexos. A circulação pode ser provocada pelas correntes e ventos.

Aprile *et al.* (1998) encontraram altas concentrações de fósforo total em algumas lagoas costeiras do Espírito Santo em decorrência, principalmente, da contribuição marinha por via aérea (spray marinho).

Devido à constante interferência antropogênica no ecossistema, torna-se fundamental o estudo do ambiente, para a sua melhor preservação. Este trabalho objetivou analisar os padrões sazonais e espaciais de distribuição de oito lagoas costeiras do litoral do Estado do Espírito Santo, bem como, investigar como os padrões

encontrados estão relacionados com as variáveis analisadas.

ÁREA DE ESTUDO

As lagoas costeiras estão localizadas no município de Linhares (ES), entre os paralelos 19°32' - 19°42'S e 39°47' - 39°55'W (Figura 1). O clima da região é do tipo Aw (quente e úmido), com médias anuais superiores a 23°C e chuvas concentradas no verão.

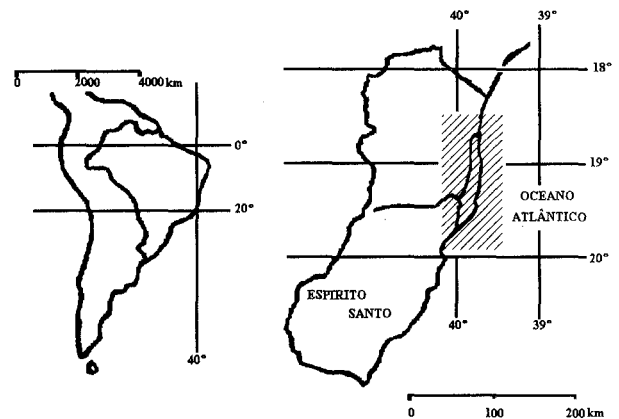


Figura 1. Localização da área de pesquisa.

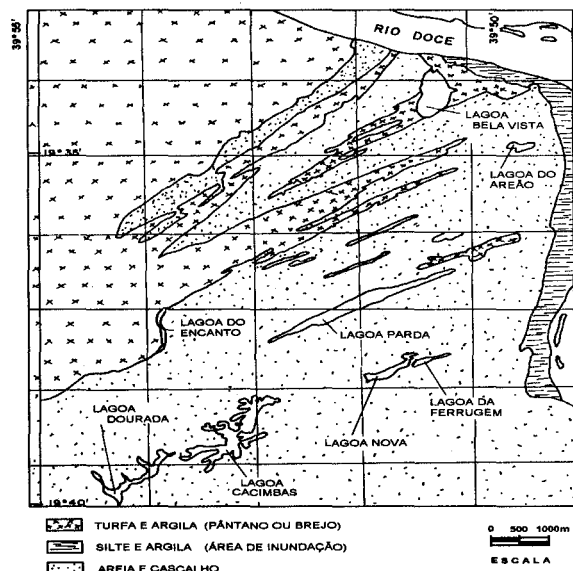


Figura 2. Mapa geomorfológico da planície costeira do baixo rio Doce, Espírito Santo - Brasil. (Elaborado pela Cartografia do Departamento Engenharia Civil da UFSCar).

A maior parte da região encontra-se destituída de sua vegetação original, principalmente devido às atividades agricultura e pecuária. Levando-se em consideração a cobertura vegetal primitiva, a área apresenta uma considerável diversificação na sua ocupação.

Os estudos litológicos realizados pela PETROBRÁS (1969, 1972), revelaram três regiões distintas: a primeira, uma região de brejo, formada por solos contendo altos teores de turfa e argila, onde se encontram as lagoas do Encanto e Bela Vista; a segunda, uma área de cordões litorâneos, com solos formados basicamente de areia e cascalho, onde estão as lagoas Dourada, Cacimbas, Nova, Parda e da Ferrugem; e uma região entre os cordões litorâneos e a área de inundação, com solos contendo altas concentrações de silte e argila, onde se localiza a lagoa do Areão (**Figura 2**).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas coletas sazonais (estiagem e chuvas) em 51 pontos de amostragem distribuídos nas oito lagoas costeiras entre 1993 e 1995. Em cada ponto foram coletadas amostras de água e sedimento, e realizadas medidas de campo.

As amostras de água foram coletadas com uma garrafa do tipo Van Dorn. O sedimento foi coletado com um tubo coletor de acrílico ($\phi = 8$ cm), tendo sido estudada a fração superficial de 0-10 cm. Para as análises de N e P, as amostras de sedimento foram secas em estufa a 55°C durante 72 horas.

As medidas de profundidade, temperatura, pH e condutividade foram obtidas através de leitura direta por eletrodos específicos; o oxigênio dissolvido foi determinado pelo método de titulação de Winkler, modificado por Golterman et al. (1978) e a transparência com uso de um disco de Secchi ($\phi = 30$ cm).

O nitrogênio orgânico total da água (NTA) e do sedimento (NTS) foram determinados pelo método de KJEDAHN, modificado por Aprile & Bianchini Jr. (1996a); o fósforo total da água (PTA) e sedimento (PTS) por análise colorimétrica com ácido ascórbico, de acordo com Aprile & Bianchini Jr. (1996b); os teores de matéria orgânica (MO) foram determinados através da incineração a 550°C por 4 horas; e a capacidade de troca de cátions (CTC) pelo uso do ácido acético com controle do pH, segundo Trindade (1980).

A Análise de Agrupamento (Cluster) e de Componentes Principais (PCA) foram aplicadas para as variáveis ambientais a partir do uso do software Statsoft (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muitas vezes, os tratamentos estatísticos elementares não são capazes de demonstrar as complexas inter-relações existentes entre as variáveis ambientais. Nestes casos torna-se necessário a utilização de técnicas conhecidas como análises multivariadas.

Dentre os vários resultados possíveis, o que melhor explicou a distribuição espaço-temporal das variáveis, foi o agrupamento através do Método de Ligação pela Média Não Ponderada (UPGMA). Já o coeficiente de associação utilizado, foi o da distância Euclidiana ao quadrado, que se aplicou aos tipos de dados quantitativos obtidos.

Os resultados da Análise de Agrupamento (Cluster) para as variáveis ambientais estão representados nas **Figuras 3 e 4**. A classificação hierárquica foi parcialmente semelhante para os dois períodos. Foi possível evidenciar três grupos de variáveis na estiagem (**Figura 3**) e quatro no período de chuvas (**Figura 4**). Destacaram-se com forte similaridade, o oxigênio dissolvido e saturado, e o grupo formado pelos nutrientes PTS, NTA, matéria orgânica e CTC.

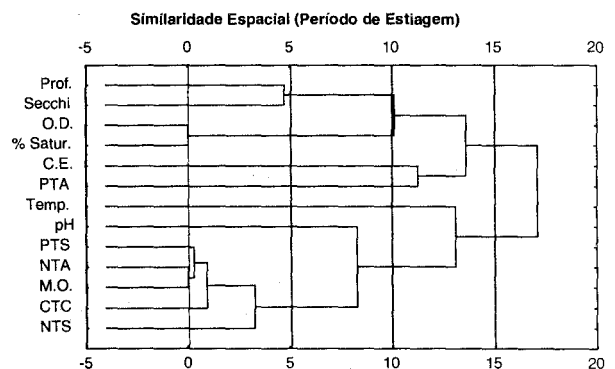


Figura 3. Dendrograma de similaridade espacial para as variáveis estudadas no período de Estiagem entre 1993-1995. Profundidade (Prof); transparência (Secchi); temperatura (Temp); P-total sedimento (PTS) e água (PTA); N-total sedimento (NTS) e água (NTA); matéria orgânica (MO); condutividade (CE); oxigênio dissolvido (OD).

Outro grupo presente em ambos os períodos é o formado pela profundidade e transparência da água (Secchi). No período de chuvas ocorreu um aumento da profundidade seguido da transparência, apesar de ter sido observado uma elevação da carga de material em suspensão proveniente de solos adjacentes. Isto deveu-se a maior intensidade de radiação incidente sobre a superfície da água no verão, associada a uma redução dos ventos responsáveis pelo efeito da turbulência sobre a coluna de água.

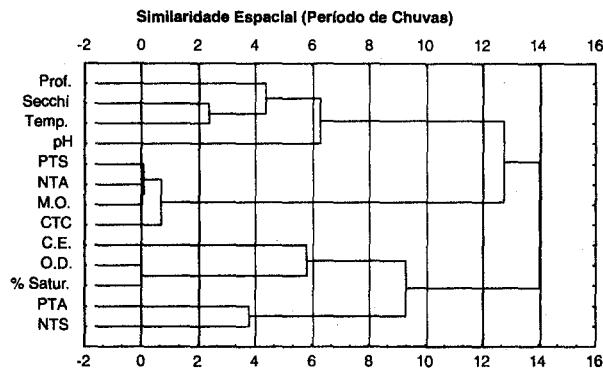


Figura 4. Dendrograma de similaridade espacial para as variáveis estudadas no período de Chuvas entre 1993-1995.

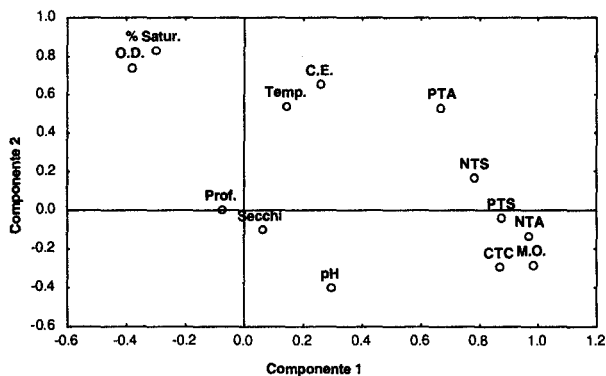


Figura 5. Diagrama de ordenação das variáveis ambientais em função da Análise dos Componentes Principais para o conjunto das 8 lagoas pesquisadas.

A temperatura (Temp.) e condutividade (C.E.), foram os principais responsáveis pela diferenciação entre as análises de agrupamento. A primeira passou de valores médios de 20,6°C na estiagem para 30,6°C na chuvas, e a segunda de 102,2uS/cm para 257,2uS/cm.

O resultado da Análise de Componentes Principais (PCA) está representado na **Figura 5**. As variáveis PTS, NTA, M.O. e CTC foram responsáveis pela variação positiva do componente 1 (eixo 1). O componente 2 foi explicado positivamente pelas variáveis oxigênio dissolvido e % de Saturação do oxigênio, e moderadamente negativo pelo pH.

Dois componentes foram obtidos a partir do PCA com autovalores que excederam 2,5 e apresentaram um grau de explicação de 57,1% da variância total (**Tabela 1**). Uma vez estabelecido um nível de aceitação igual ou superior a 0,8, o componente 1 apresentou maior contribuição do PTS, NTA, M.O. e CTC, explicando 35,2% da variância total (valores em negrito na Tabela 1). Já o componente 2, apresentou maior contribuição do oxigênio dissolvido e saturado, explicando 21,9%.

Tabela 1. Componentes principais das variáveis ambientais das lagoas costeiras do baixo rio Doce, ES.

Variáveis	Componente 1	Componente 2
Prof.	-0,0736	-0,0041
Secchi	0,0585	0,0885
Temp.	0,1403	-0,5425
pH	0,2937	0,3977
C.E.	0,2588	-0,6550
O.D.	-0,3899	-0,8366
% Satur.	-0,3443	-0,8599
PTS	0,9622	0,0786
PTA	0,3639	-0,5316
NTS	0,6818	-0,3702
NTA	0,9610	0,1029
M.O.	0,9608	0,1099
CTC	0,8656	0,2792
Autovalores	4,5714	2,8550
Variância Explicada (%)	35,16	21,96

A análise de agrupamento coincidiu com o componente 1 da PCA, no que se refere ao agrupamento dos nutrientes, determinando a existência de uma variação espacial, e com o componente 2 em relação ao O.D. e %Satur., determinando a existência de uma variação temporal.

Confirmada a sazonalidade existente no resultado das amostras, fica clara a importância do evento das chuvas concentradas no verão, sobre a dinâmica dos ecossistemas lacustres da região.

A **Figura 6** apresenta um dendrograma de similaridade espacial para as oito lagoas costeiras, a partir dos valores totais obtidos no período de estudo. A classificação hierárquica evidenciou um grupo formado pelas lagoas Bela Vista e Encanto; dois subgrupos interligados e formados primeiramente pelas lagoas Nova e Cacimbas, depois Ferrugem e Parda; e por fim com um comportamento isolado as lagoas Dourada e do Areão.

Dentro de toda uma variabilidade decorrente da complexidade de cada ecossistema pesquisado, foi possível dizer que os resultados são compatíveis com os estudos litológicos descritos anteriormente.

As técnicas de classificação possibilitaram a identificação dos grupos descritores (variáveis ambientais), e dos objetos correlacionados (pontos de coleta).

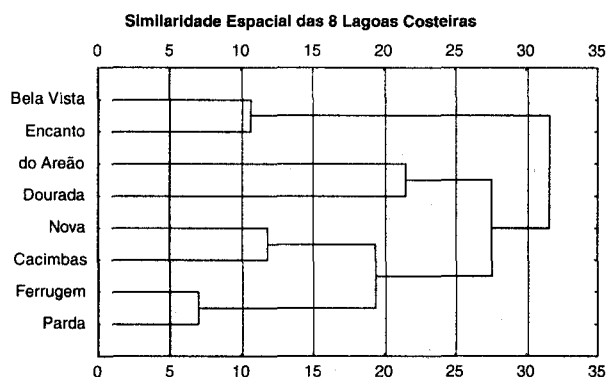


Figura 6. Dendrograma de similaridade espacial para as oito lagoas costeiras pesquisadas entre 1993-1995.

Uma das principais características dos ecossistemas aquáticos costeiros, é a flutuação constante de suas variáveis ambientais, que atuam como pulso de energia e materiais. Estes pulsos foram representados principalmente pela entrada de nutrientes no período de chuvas. As lagoas costeiras do baixo rio Doce, mostraram apresentar ciclos bastante acelerados, o que as tornam ambientes altamente produtivos, com fauna e flora especialmente adaptadas às suas diversidades ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos departamentos de Botânica e de Engenharia Civil da UFSCar pela utilização de suas dependências para o processamento das amostras. Em especial ao Prof. Dr. José P. V. de Moraes e Prof. Dr. Adalberto P. P. Toledo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APRILE, F. M. & Bianchini Jr, I. 1996a. Determinação de N-orgânico em Sedimento e Macrófitas Aquáticas - Adequação de procedimentos metodológicos. In: **Sem. Reg. Ecol.**, 7, São Carlos, SP, 1992. UFSCar, pp.37-45.
- APRILE, F. M. & Bianchini Jr, I. 1996b. Determinação de fósforo total em Sedimento e Macrófitas Aquáticas - Adequação de procedimentos metodológicos. In: **Sem. Reg. Ecol.**, 7, São Carlos, SP, 1992. UFSCar, pp.47-55.
- APRILE, F. M., Shimizu, G. Y., Lorandi, R. & Silva, L. A. 1998. Lagoas Costeiras do Espírito Santo, Brasil: Caracterização química do sedimento e água destes ecossistemas. In: **Sem. Reg. Ecol.**, 8, São Carlos, SP, 1996. UFSCar, 3:1361-1371.
- CHAO, J. L. & Pacheco, L. A. M. 1979. Disposição de esgotos por emissários submarinos, gerenciamento do controle de poluição e proteção da qualidade das águas costeiras. **Revista DAE**, 39(122): 98-124.
- GOLTERMAN, H. L., Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. London, Blackwell Scient. Public. 217p.
- KJERFVE, B. 1986. **Comparative Oceanography of Coastal Lagoons**. In: Wolfe, D. A. (ed.) *Estuarine Variability*. Academic Press, New York. pp: 63-81.
- MARTENS, C. S. 1993. Recycling efficiencies of organic carbon, nitrogen, phosphorous and reduced sulfur in rapidly depositing coastal sediments. In: Wollast, R., Mackenzie, F. T. & Chou, L. (eds.) **Interactions of C, N, P and S Biogeochemical Cycles and Global Change**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. NATO ASI Series I (4):1-61.
- PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A. 1969. **Folha Geológica do Farol de Regência**, Folha SE-24-U-III-I.
- PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A. 1972. **Projeto Rio Doce-Geologia da Parte Continental**, vol. XXVIII, 98p. e mapas. DIREX/RPBA, Rel. 1582.
- SUGUIO, K., Martin, L. & Dominguez, J. M. L. 1982. Evolução da Planície Costeira do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: Influência das Flutuações do Nível do Mar. In: **Simpósio do Quaternário no Brasil**, 4, Rio de Janeiro, 1982. R.J., SBG, pp: 93-116.
- TRINDADE, M. 1980. **Nutrientes em sedimentos da Represa do Lobo. Brotas - Itirapina, S.P.** São Carlos: UFSCar, 220p. (*Dissertação de Mestrado*).