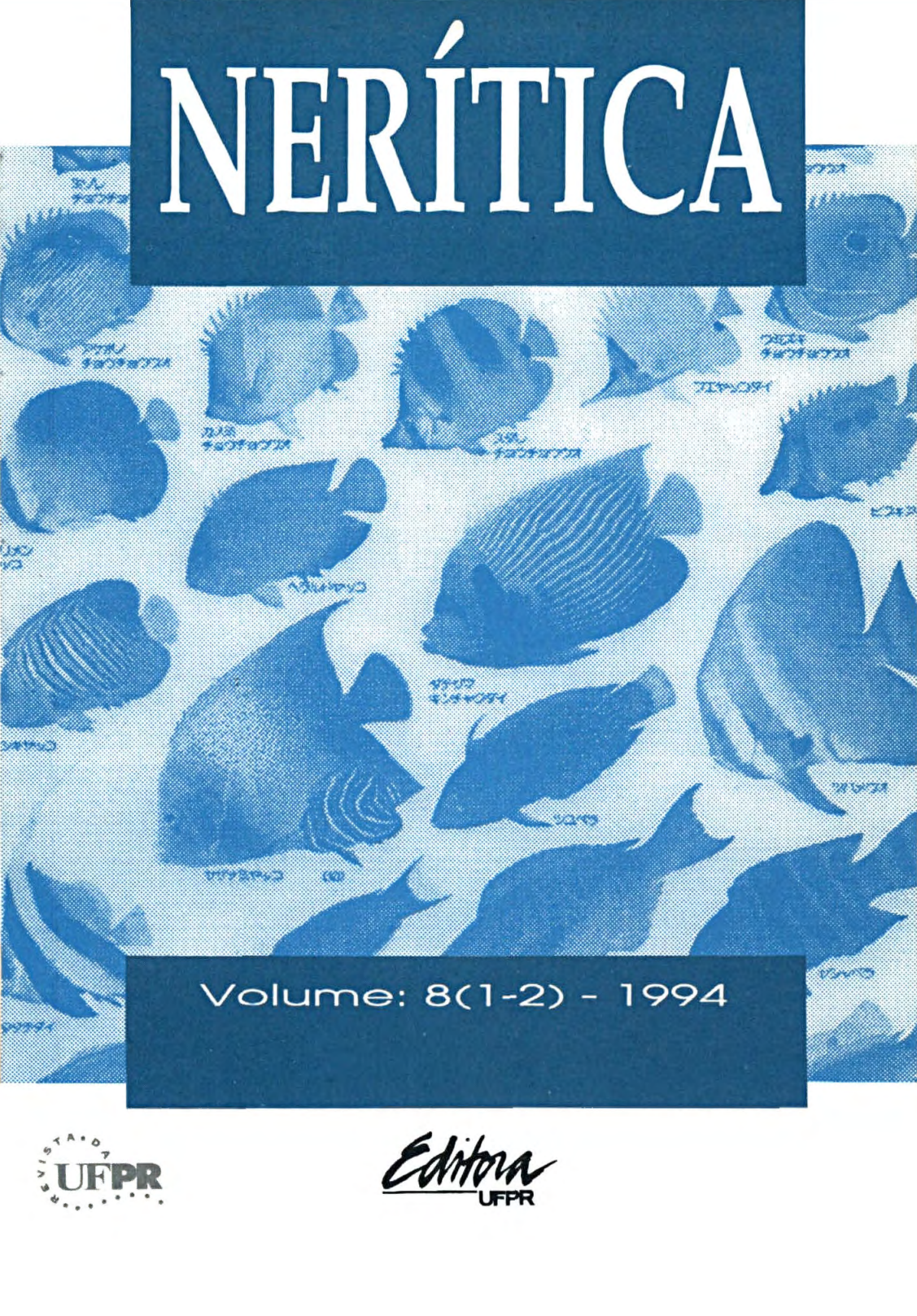


NERÍTICA



Volume: 8(1-2) - 1994



Editora
UFPR

NERÍTICA

NERÍTICA

Volume 8(1-2) 1994

Editora
UFPR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura

Editora da Universidade Federal do Paraná
Trav. Alfredo Bufrem, 140 - 3º andar
Fones: (041) 222-9833 r. 304 e 224-6623
80020-240 - Curitiba, PR

Diretor da Editora da UFPR
Roberto Gomes

Revista Nerítica v. 8 (1/2)
Publicação anual do Centro de Estudos do Mar da UFPR
Comissão Editorial: Paulo da Cunha Lana e Frederico Pereira Brandini
Endereço: Centro de Estudos do Mar - UFPR - Av. Beira Mar, s/nº
83255-000 Tel. (041) 455-1333 FAX (041) 455-1105

Editoração de Texto: Marildes Rocio Artigas Santos
Revisores: Edison Saldanha / Jurema Zaccaron / Marianne Nigro Mello
Revisão final: do Autores
Editoração Eletrônica: César Reginaldo de Almeida

A Revista Nerítica poderá ser obtida, em permuta, junto à
Biblioteca Central da UFPR/Seção de Intercâmbio
Caixa Postal 441 - 80001-970 - Curitiba - Paraná - Brasil

ISSN 0102 - 6224
Ref. 134

PRINTED IN BRAZIL
Curitiba
1994

PEDE-SE PERMUTA
WE ASK FOR EXCHANGE

SUMÁRIO

- 7 Effects of water movement and sedimentation on the community structure of scleractinian corals, St. John, Virgin Islands (United States). RIVERA, G. L.
- 21 Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) da costa sul e sudeste do Brasil III. Padrões regionais e zoogeográficos de distribuição. CAMARGO, M. G.; LANA, P. da C.
- 31 Environmental characterization of sandy beaches in southern Brazil. SANTOS, P. J. P. dos.
- 47 New records of sabellariidae (annelida, polychaeta) from Argentina. BREMEC, C. S.; LANA, P. da C.
- 55 Variações diárias e sazonais do fitoplâncton e parâmetros ambientais na Baía de Paranaguá. BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. C.
- 73 Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: O evento de 18 de agosto de 1993. MARONE, E.; CAMARGO, R. de.
- 87 Distribuição de crustáceos anomuros na plataforma continental de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brasil). GAMA, B. A. P. da.; FERNANDES, F. da C.
- 99 Influência da gramínea *Spartina Alterniflora* sobre a distribuição e densidade de *neritina virginea* (gastropoda: Neritidae) em marismas da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). BONNET, B. R. P.; LANA, P. da C.; GUISS, C.
- 109 Nitrogen, phosphorus and granulometric characterization in nearshore sediments of Guanabara Bay: tentative application of a solid phase diagenetic model. SOUZA, M. F. L. de; MAYR, L. M.

EFFECTS OF WATER MOVEMENT AND SEDIMENTATION ON THE COMMUNITY STRUCTURE OF SCLERACTINIAN CORALS, ST. JOHN, VIRGIN ISLANDS (UNITED STATES)

Guillermo L. RIVERA*

INTRODUCTION

Concern about natural diversity has risen in the public conscience over the imminent extinction of thousands of species as a result of pollution and habitat destruction (Lewin, 1983). Ecologists have failed to predict the consequences of this havoc on natural resources and the intrinsic stability of natural systems. Many consider these consequences to be potentially disastrous (IUCN, 1984). If we are to predict changes in system function following depauperization, we need to understand processes responsible for generating and maintaining diversity in biological communities.

Local diversity is the deterministic outcome of local processes and community diversity often parallels variations in local physical conditions (Ricklefs, 1987). However, many authors consider community diversity to be the result of other factors. Competition and particularly competitive exclusion experiments show that they are likely to affect diversity indices (Pianka, 1974). Predation, on the other hand, may influence diversity as it can manipulate interspecific interactions. Several solutions have been proposed to explain high species diversity. These have been grouped into equilibrium and non equilibrium hypothesis by Connell (1978), who believes that high diversity is only maintained because of frequent disturbance. Thus, disturbance, by interrupting the return of systems to equilibrium, may retard competitive exclusion and thereby promote diversity (Hubbel, 1979).

Coral reef communities have generally been described as extremely heterogeneous environments and are often compared to tropical rain forest communities (Hubbel, 1979). Industrial pollution, dumping, and dredging are known to affect these ecosystems. In nature, numerous factors, may be important in controlling coral distribution and species diversity (Huston, 1985a). The purpose of this work is, firstly, to determine species composition and diversity indices of scleractinian corals on the reefs

* Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 495, 5000 Córdoba, Argentina.

of St. John, Virgin Islands, secondly to determine if physical conditions affect coral reef structure.

MATERIAL AND METHODS

Study area - The island of St. John lies along the northern boundary of the Caribbean Sea at $18^{\circ}20' \text{ N}$, $64^{\circ}45' \text{ W}$ (Fig. 1). Fringing reef development is common along the present shoreline of St. John, where platforms typically extend 50-200 m offshore (Robinson & Feazel, 1974). The sites for the present study were Yawzi Point and Lesser Lameshur Bay, both places located at the southeast part of the island (Fig. 1) and data were collected in January-February 1989.

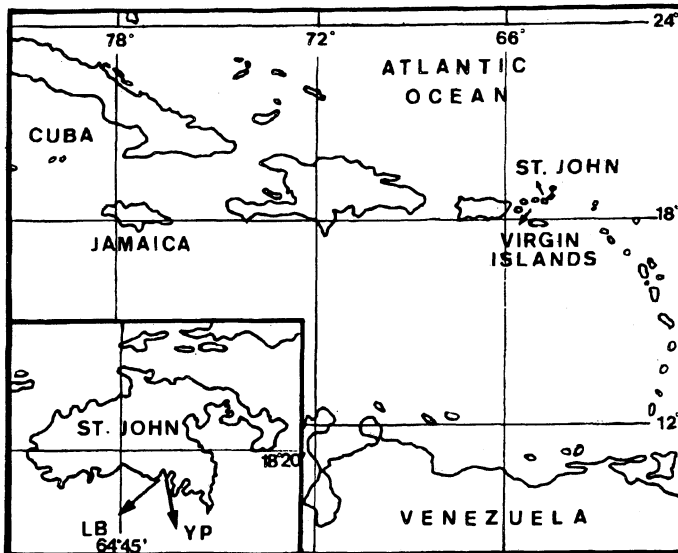


Fig. 1

Map and location of study sites. L.B.= Lameshur Bay, Y.P.= Yawzy Point

All species were identified by Dr. Peter Edmunds.

Loya's (1978) modified method, "straight line transect" was used for this study. Transects were run parallel to the shore at a depth of 4 and 6 m (four lines in each depth). Transects of 10 m length were used as it was determined that observed species diversity peaked with transect lines of approximately this length. All species were recorded and their lengths under the transect were measured to the nearest cm. An individual was defined as any colony growing independently of its neighbors (i.e. whenever an empty space was recorded between two adjacent colonies). Where an individual colony was clearly separated into two or more portions by the death of the intervening parts, the separate parts were considered as one individual (Loya, 1972).

The measurements of species diversity may refer to the number of species assembled, or it may be a more complex measurement which takes into account the number of individuals of each species (Loya, 1976). Diversity is defined as suggested by Shannon and Weaver's (1948) index of diversity:

$$H'_n = - \sum p_i \ln p_i$$

where $p_i = n_i/N_i$

where p_i is the proportion of individuals of the i th species and

$$H'_c = - \sum p_i \ln p_i$$

where p_i is the proportion of coverage for the i th species.

Also Pielou's (1975) evenness index

$$H'_c \text{ observed}/H'_{\max}$$

is used, which is essentially a measure of the degree of dominance in a sample.

Water movement was measured according to Doty's (1971) method. Clods used were made of plaster of Paris. Their initial weight after air drying was 24.0 g (± 0.4). They were glued to vinyl clod cards with contact cement and attached to a metal grid with lead weights for anchoring. Five replicates were placed at 5 m depth at each site and left in the field for a period of 28 h before being collected. They were left to air dry for a period of 24 h before their final weight was measured.

Sedimentation was measured using sample tubes (15 mm diameter, 15 cm height) placed in test tube racks that were weighted down with lead diving weights. Six replicates were located at 5 m depth at each site for a period of 28 h. Trapped sediments were poured onto pre-weighted filter paper, dried for 24 h at 60 °C, and weighted again.

An index of relative abundance was determined by calculating the average number of colonies of each species per transect ($n=4$). A subjective scale of: 0.1-1.0 = rare, 1.1-2.0 = sporadic, 2.1-4.0 = common, 4.1-7.0 = abundant, 7.1-13 = dominant; was established.

"t" tests were used to compare parameters between different sites and different depths (Sokal & Rohlf, 1981)

RESULTS

Coral abundance

A total number of 22 scleractinian coral species were recorded in both studied areas (Table 1). The hydrozoan *Millepora alcicornis* was also included in this analysis as it constitutes an important cementer in these particular reefs.

Other coral species found in the area but not intercepted by the transect lines because of their scarcity were: *Mycetophyllia lamarckiana* Milne Edwards & Haime, *M. ferox* Wells, *Madracis mirabilis* (Duchassaing & Michelotti), *Acropora palmata* (Lamarck), and *Mussa angulosa* (Pallas).

Yawzi Point Reef

It was found that *Montastrea annularis*, *Montastrea cavernosa*, *Porites astreoides*, *Porites porites* and *Agaricia agaricites* constitute the most abundant species, serving probably as the main framework builders (Table 1). The hydrozoan *Millepora alcornis* was also found to be an abundant species in the area.

Excluding *Millepora alcornis*, all other species were equal in number of colonies and cover when comparing the two depths as shown in Figures 2 and 3 (t-test $p < 0.05$ $df = 6$).

Montastrea annularis constitutes the major framework builder with a mean living cover of 13.5% and 14% at each depth (Fig. 2) with a total contribution to the living coral per transect of 23.5% and 26.2% respectively.

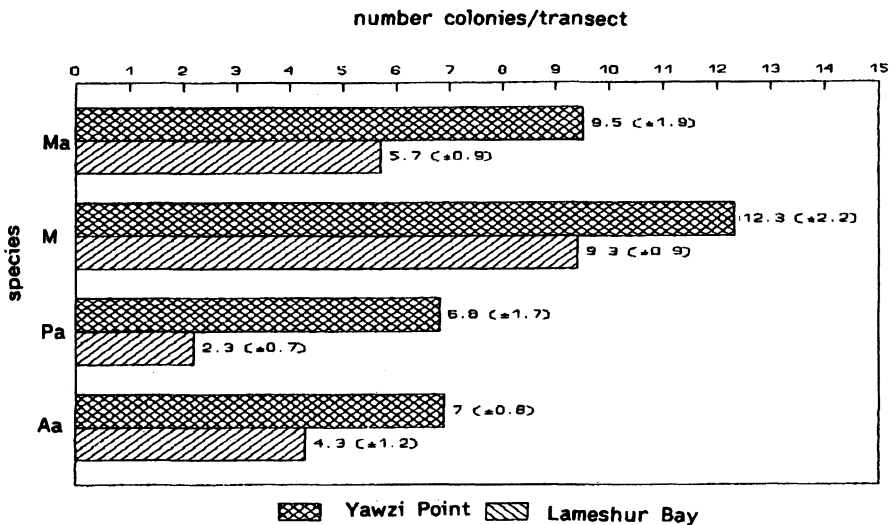


Fig. 2

Mean living coral cover per transect ($n=4$) of the four most common species in Yawzi Point at 4 and 6 meters. Ma = *Montastrea annularis*, M = *Millepora alcornis*, Pa = *Porites astreoides*, and Aa = *Agaricia agaricites*. Standard deviation in parenthesis. Hydrozoan

Coral diversity and abundance characteristics at both depths are shown on Table 2. After testing for the equality of variance, the four possible combinations were tested (t-tests) and the results are given in Table 3. The number of species and diversity indices were significantly different when the two depths were compared (t-test, $p < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively, $d.f.=6$).

Lesser Lameshur Bay Reef

It was found that *Montastrea annularis* and *Agaricia agaricites* constitute the most abundant species in this site (Table 1).

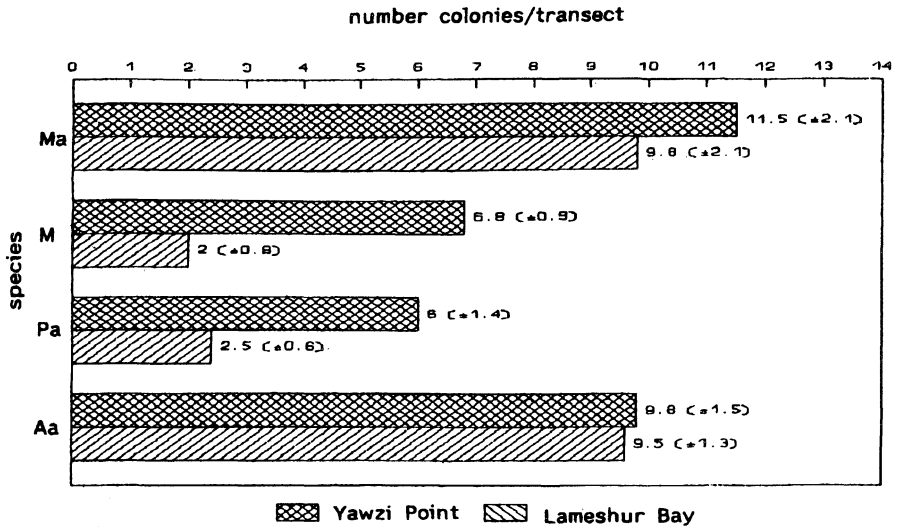


Fig. 3

Mean number of coral colonies per transect (n=4) of the fourmost common species in Yawzi Point at 4 and 6 meters. Ma = *Montastraea annularis*, M = *Millepora alcicornis*, Pa = *Porites astereoides*, and Aa = *Agracia agracites*. Standard deviation in parenthesis. Hydrozoan

Again in this case, *Millepora alcicornis* was the most variable species in number of colonies and coverage (Figs. 4,5). A mean of approximately nine colonies per transect were found at 4 m while the number was only two at 6 m. Coverage by *Millepora alcicornis* was also significantly different between depths (t-test, $p < 0.05$, d.f. = 6). (Table 3)

Montastrea annularis total coverage contribution was approximately 12% at both depths. However, the number of colonies of *Montastrea annularis* were significantly different (t-test $p < 0.05$, d.f. = 6) at 6 m, suggesting larger colonies at 4 m. In fact, mean size of *Montastrea annularis* at 4 m was 21.47 cm ($S = 4.01$) and 12.88 cm at 6 m ($S = 1.91$).

Coral diversity and abundance characteristics are shown in Table 2 for both depths. The differences between the number of colonies and the diversity indices were found to be statistically significant when the two depths were compared (t-test, $p < 0.01$, df = 6).

Water movement and sedimentation

Plaster cards exposed at Yawzi Point showed a mean decrease in weight of 18.31 g ($S = 0.4472$, $n = 6$) while those in Lesser Lameshur Bay a mean lost weight of only

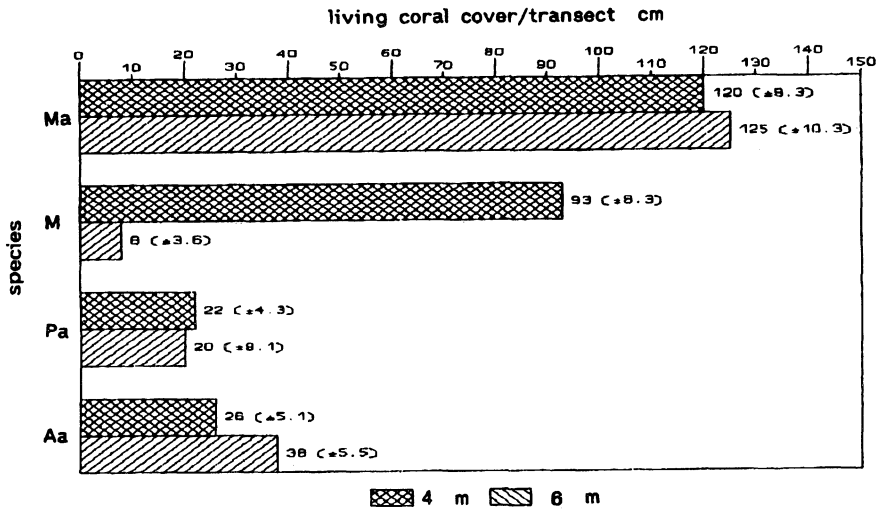


Fig. 4

Mean living coral per transect ($n=4$) of the four most common species in Lesser Lameshur Bay at 4 and 6 meters. Ma = *Montastraea annularis*, M = *Millepora alcicornis*, Pa = *Porites astreoides*, and Aa = *Agaricia agaricites*. Standard deviation in parenthesis. * Hydrozoan

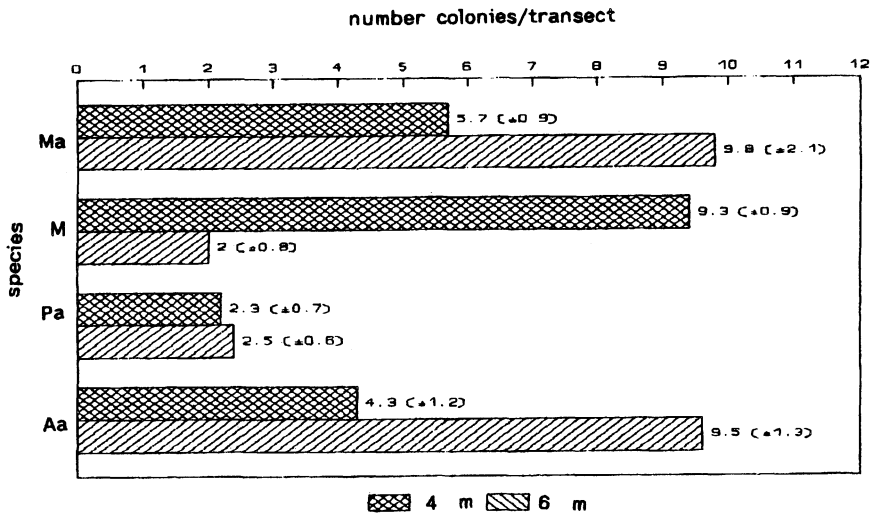


Fig. 5

Mean number of coral colonies per transect ($n=4$) of the four most common species in Lesser Lameshur Bay at 4 and 6 meters. Ma = *Montastraea annularis*, M = *Millepora alcicornis*, Pa = *Porites astreoides*, and Aa = *Agaricia agaricites*. Standard deviation in parenthesis. * Hydrozoan

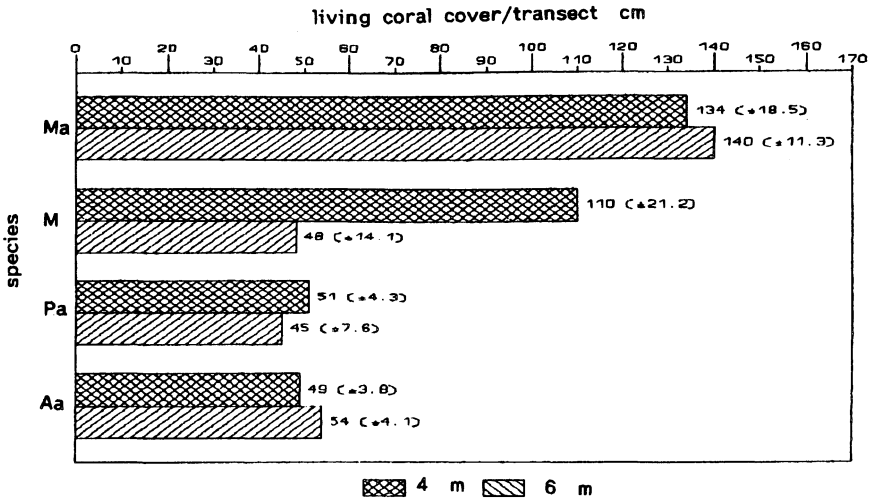


Fig. 6

Comparison between the mean number of colonies per transect of the four most common species in Yawzi Point and Lesser Lameshur Bay at 4 meters. Ma = *Montastraea annularis*, M = *Millepora alcicornis**, Pa = *Porites astreoides*, and Aa = *Agaricia agaricites*. Standard deviation in parenthesis. * Hydrozoan

14.06 g ($S = 0.4650$, $n = 6$). The mean losses were statistically significant (t-test, $p < 0.01$, d.f. = 10).

Sedimentation rate in Lesser Lameshur Bay was $9.6 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$ while in Yawzi Point it was $6.4 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$. (The six replicates had to be measured together in order for the scale to register a weight). This procedure did not allow a calculation of standard deviation and the mean was simply calculated dividing the total weight by six.

Effects of water movement and sedimentation on coral reefs

Species diversity (number of species) as well as its relative abundance in Lesser Lameshur Bay were considerably lower when comparing the results with those of Yawzi Point (Table 1).

When comparing the two sites (Figs. 6,7), the number of colonies was always lower in Lesser Lameshur Bay where sediment tends to accumulate and water movement is lower.

As sedimentation was the most outstanding environmental measured feature differentiating Yawzy Point from Lesser Lameshur Bay, parameters shown in Table 2 were compared between the two sites. When comparing these parameters at their respective depths, they proved to be significantly different (t-test, $p < 0.01$, d.f. = 6), except for Pielou's index of evenness (Table 3).

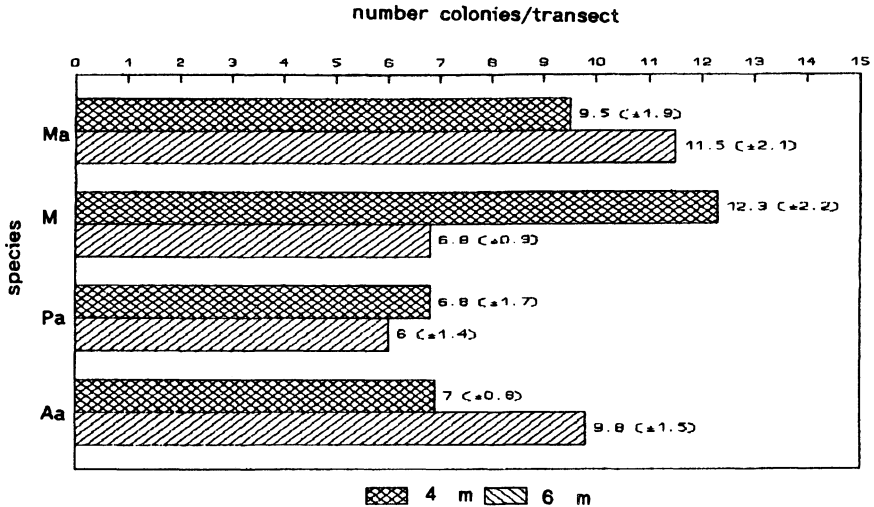


Fig. 7

Comparison between the mean number of colonies per transect of the four most common species in Yawzi Point and Lesser Lameshur Bay at 6 meters. Ma = *Montastraea annularis*, M = *Millepora alcicornis*, Pa = *Porites astreoides*, and Aa = *Agaricia agaricites*. Standard deviation in parenthesis. Hydrozoan

DISCUSSION

No references of previous studies were encountered regarding the total number of coral species present on the island of St. John.

Effects of depth

Community diversity is usually measured in order to determine its relationship to properties such as productivity and stability, or to assign biological characteristics to the environment (Pielou, 1975). Numerous factors may be important in controlling coral distribution and species diversity. These include light, usually correlated with depth, sedimentation, temperature, wave energy, plankton availability, frequency of mortality caused by storms or tidal exposure and grazing by fish and urchins. In spite of the heterogeneity of coral reefs, strong evidence suggests that predictable patterns of species exist along a depth gradient. Diversity (measured by species richness and/or H') is low near the surface and increases to a maximum at approximately 20 m in depth (Huston, 1985b).

According to these data, diversity increased with an increase of depth at both sites (Table 2). This increase was due either to an increase in the number of species (Yawzi Point), or in the number of colonies (Lesser Lameshur Bay). It is important to note however, that these variations were not as acute as those observed when compai-

ring the two sites. This may be due to the fact that a two meter difference in depth may not be sufficient to detect greater contrasts.

Although some differences can be detected from Table 1 regarding coral depth preferences, a further study would be necessary in order to reveal any significant depth correlation for scleractinians growing in these areas. A remarkable contrast however, is distinguished for the hydrozoan *Millepora alcicornis*. At both sites, an increase in depth resulted in a decrease of living cover and number of colonies (Figs. 1,2,3,4). This pattern may be explained by the fact that *Millepora alcicornis*, adapted to high disturbance areas in shallow water, is able to overgrow other species in this environment becoming thus abundant. An increase in depth allows for other species to compete and establish themselves.

Other results may also be related to the influence of depth. The variation of diversity index and number of species in Yawzi Point when comparing the two depths proved to be statistically significant (Table 3). This suggests that the high living coverage in Yawzi Point at 4 m, is due to cover dominance by fewer species, while more species contribute to the high living coverage found at Yawzi Point at 6 m (Tables 2 and 3). On the other hand, it was the number of colonies and the diversity index that were different in Lesser Lameshur Bay. These results proved to be statistically significant when comparing both depths (Table 3). This would imply that the living cover observed in Lesser Lameshur Bay at 6 m is due to different number of colonies, whereas at 4 m, this is due to a larger size of colonies.

A relationship between *Millepora alcicornis* and *Agaricia agaricites* was found at Lesser Lameshur Bay. *Agaricia agaricites*' number of colonies and percentage of cover, inversely correlate those of *Millepora alcicornis*. This suggests a competition between them. Further evidence supporting this idea is the fact that *Millepora alcicornis* is able to use *Agaricia agaricites* as substrate, covering and overgrowing it. This is detected by the texture adopted by *Millepora alcicornis* when growing over *Agaricia agaricites*.

Montastrea annularis proved to be the major framework builder at both sites. It did not show any preferences for the different depths at either site. However, it was observed that less colonies contributed to the same living coverage at Lesser Lameshur Bay.

Sedimentation and water movement

Sedimentation can affect corals by both setting directly on coral and thus interfering with feeding and/or photosynthesis, and also by reducing the amount of substrate suitable for coral growth (Huston, 1985b).

It has long been suggested that wave energy and reef geometry were the main controls of sedimentation on a reef (Black *et al.*, 1990). Sedimentation, in turn, affects the distribution of benthic organisms (Stoddart, 1969). Porter (1972) discovered that cliff-edge zones have always higher diversity values than back-shelf regions. It has also been suggested that the most abundant coral growth generally occurs at the edges of

steps where sediment drainage is most efficient, while least growth takes place on level sites where sediments tend to gather (Goreau & Wells, 1967). Black *et al.* (1990) determined a direct correlation of stream currents, reef dimensions, tidal excursion and shelf depth on the amount of suspended material near reefs. Brown *et al.* (1990) found a reduction of as much of 30 % in living coral after nine months of dredging at Ko Phuket, Thailand. The results found here agree with those of the above mentioned authors. It is thus proposed that sedimentation and water movement were two of the factors affecting diversity and community structure of studied communities.

The significant reduction of living cover in Lesser Lameshur Bay is most likely the result of the limited amount of hard substrate available for coral growth. The reduction in the number of species and therefore diversity in the same site is certainly due to the direct effect of sediments on corals.

Montastrea annularis colonies were more abundant at Lesser Lameshur Bay at 6 m. However, their size was significantly smaller than those found in the same place at 4 m. This may be explained by the fact that sedimentation is generally greater in deeper water causing partial mortality and 'splitting' larger colonies into more and smaller ones.

Many factors affect the distribution and abundance of scleractinian corals in tropical waters. This study corroborates previous ideas on how sedimentation, location, and water movement are related to the community structure of coral reefs. Further studies in this area should focus on biotic interactions such as predation by corallivores and competition among corals. The hypothesis of intermediate disturbance foresees a higher diversity in natural communities. There are many other elements, human and natural, that are capable of provoking disturbances. Future research should focus in the application of these elements in managing these ecosystems and maintaining coral reef diversity.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank P. Edmunds for identifying the species of this study, his suggestions during the collection of data, as well as for his valuable criticism of earlier drafts. I would also like to thank Dr. L. Bernardello and two anonymous reviewers for their valuable revision and correction of the manuscript. Finally, I would like to express my gratitude to Northeastern University, School for Field Studies, Boston, Massachusetts, for a fellowship to conduct the present study.

ABSTRACT

The community structure of corals of Yawzi Point and Lesser Lameshur Bay, St. John, U.S.V.I. was defined in terms of species, number of colonies, percentage of living cover, Shannon and Weaver's diversity index, and Pielou's index of evenness. Transects of 10 meters long were used in the present study. They were located at four and six meters depth at both sites. Yawzi Point proved to have lower sedimentation rates ($6.4 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$) and greater water movement. This site showed a greater number of species and colonies as well

as a higher percentage of coverage and diversity index (% cover = 53 and 57% and $H'_n = 2.156$ and 2.253 for both depths, respectively). Lesser Lameshur Bay has higher sedimentation rates ($9.6 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$) and lower water movement. This site displayed lower number of species and colonies as well as inferior percentage of cover (% cover = 31.8 and 31.4 % and $H'_n = 1.670$ and 1.732 for both depths, respectively). It is suggested that sedimentation and water movement affect the structure of studied communities. A total number of 22 scleractinian species were found in the area; the four most common species were *Montastrea annularis*, *Porites astreoides* and *Agaricia agaricites*, as well as the hydrozoan *Millepora alcornonis*.

Key words: Scleractinia, diversity, sedimentation, U.S. Virgin Islands, Caribbean Coral Reefs.

RESUMO

A estrutura da comunidade de corais escleractíneos foi estudada em dois sítios da Ilha St. John (Ilhas Virgens Americanas). A estrutura foi definida em termos de espécies, número de colônias, percentagem de cobertura viva, índice de diversidade específica de Shannon & Weaver e índice de uniformidade de Pielou. Para o presente estudo foram usados "transects" de 10 m de comprimento situados a quatro e seis m de profundidade. Yawzi Point que apresentou menor taxa de sedimentação ($6.4 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$) e grande movimento da água, mostrou um maior número de espécies, colônias, percentagem de cobertura viva e índice de diversidade (% de cobertura = 53 e 57%, e $H'_n = 2.156$ e 2.253 para as duas profundidades, respectivamente). Lesser Lameshur Bay, que possuía maior taxa de sedimentação ($9.6 \text{ mg/cm}^2/\text{day}$) e menos movimento da água, apresentou uma menor abundância de espécies, colônias, percentagem de cobertura e índice de diversidade (% de cobertura = 31.8 e 31.4%, $H'_n = 1.670$ e 1.732 para ambas as profundidades respectivamente). É sugerido que o movimento de água e a sedimentação influenciam a estrutura das comunidades estudadas. Um total de 22 espécies de escleractíneos foi achado. As mais comuns foram *Montastrea annularis*, *Porites astreoides* e *Agaricia agaricites*, além do hidrozoário *Millepora alcornonis*.

Palavras-chave: Escleractíneos, Diversidade, Sedimentação, Ilhas Virgens Americanas, Recifes de Coral do Caribe.

REFERENCES

- BLACK, Kerry.P., STEPHEN L. Gay and John C. Andrews. 1990. Residence times of neutrally-buoyant matter such as larvae, sewage or nutrients on coral reefs. *Coral Reefs* 9:105-114.
- BROWN, B. E., M.D.A. Le Tissier, T.P. Scoffin and A.W. Tudhope. 1990. Evaluation of the environmental impact of dredging on intertidal coral reef at Ko Phuket, Thailand, using ecological and physiological parameters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 65:273-281.
- CONNELL, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- DOTY, M.S. 1971. Measurement of water movement in reference to benthic algal growth. *Bot. Marina* 24:32-35.
- GOREAU, T. F. & WELLS, J. W. 1967. The shallow water Scleractinia of Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 17:442-453.
- HUBBEL, S. P. 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203:1299-1302.
- HUSTON, M.A. 1985a. Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16:149-177.
- _____. 1985b. Changes in coral growth with depth at Discovery Bay, Jamaica. *Coral Reefs*, 4:19-25.
- IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 1984. *World Conservation Strategy*. (IUCN. Gland, Switzerland, 1980)
- LEWIN, R. 1983. No Dinosaurs this time. *Science* 221:1168-1169.
- LOYA, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eliat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- _____. 1976. Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican corals. *Bull. Mar. Sci.* 26(4):450-466.

- _____. 1978. Plotless and transect methods. In: Stoddart D.R., Johannes R.E.(eds.) *Unesco, Coral Reefs Research Methods*. 197:217.
- PIANKA, E.R. 1974. *Evolutionary Ecology*. Harper & Row. New York, New York. 356p.
- PIELOU, E.C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons. New York, New York. 165 p.
- PORTER, J.W. 1972. Pattern of species diversity in Caribbean reef corals. *Ecology* 53:745-748.
- RICKLEFS, R. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- ROBINSON, A.H. & FEAZEL, C.T. 1974. Fringing reefs, enclosing bays and salt ponds of St. John, Virgin Islands. *September*:40-43. Virgin Islands National Park Service.
- SHANNON C.E. & WEAVER, W. 1948. *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press. Urbana 117 p.
- SOKAL R.S. & ROHLF, F.J. 1981. *Biometry*. 2d. ed. W.H. Freeman, San Francisco.
- STODDART, D.R. 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 44:433-498.

Table 1. Relative abundance* of hermatypic coral off Lameshur Bay. St. John, U.S.V.I. I.

Species code	species	Point 4 m	Yawzy 6 m	Lesser 4 m	Lameshur Bay 6 m
M	<i>Millepora alaicornis</i> Linnaeus {Hydrozoan}	dominant	abundant	dominant	sporadic
Ac	<i>Acropora cervicornis</i> (Lamarck)	sporadic	rare	---	---
Aa	<i>Agaricia agaricites</i> Linnaeus	abundant	dominant	abundant	dominant
Ss	<i>Siderastrea siderea</i> (Ellis & Solander)	common	common	sporadic	common
Sr	<i>Siderastrea radians</i> (Pallas)	---	rare	---	rare
Pp	<i>Porites porites</i> (Pallas)	common	common	sporadic	sporadic
Pa	<i>Porites astreoides</i> Lamarck	abundant	abundant	common	common
Md	<i>Madracis decactis</i> (Lyman)	---	rare	---	---
Dc	<i>Diploria clivosa</i> (Ellis & Solander)	rare	rare	---	---
Dl	<i>Diploria labyrinthiformis</i> (Linnaeus)	sporadic	common	rare	rare
Cn	<i>Colpophyllia natans</i> (Houttuyn)	rare	sporadic	---	---
Mm	<i>Meandrina meandrites</i> (Linnaeus)	rare	sporadic	---	rare
Ma	<i>Montastraea annularis</i> (Ellis & Solander)	dominant	dominant	abundant	dominant
Mc	<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus)	common	common	---	rare
Ds	<i>Dichocoenia stokesii</i> Milne Edwards & Haime	rare	rare	---	---
Ef	<i>Eusmilia fastigiata</i> (Pallas)	---	rare	rare	---
Ff	<i>Favia fragum</i> (Esper)	sporadic	rare	---	---
DC	<i>Dendrogyra cylindrus</i> Ehrenberg	rare	---	---	---

*Index of relative abundance of corals: Average number of colonies per transect (10 m) is between 0.1-1.0 = Rare; 1.1-2.0 = Sporadic; 2.1-4.0 = Common; 4.1-7.0 = Abundant; 7.1-13.0 = Dominant; --- = 0.

Table 2. Average values of various statistics calculated for Yawzi Point and Lesser Lameshur Bay (standard deviations in parentheses)

Location	Depth (in m)	No. transects	No. species	No. colonies	Cover %	H' _n index	H' _c /H' _{max}
YAWZY POINT	4	4	11.75 (0.05)	52 (3.36)	57.02 (1.96)	2.156 (0.018)	0.877 (0.008)
	6	4	13.25 (0.95)	53.32 (2.64)	53.32 (1.68)	2.253 (0.030)	0.881 (0.020)
LESSER LAMESHUR BAY	4	4	7 (0)	26 (1.82)	31.82 (0.75)	1.670 (0.022)	0.816 (0.170)
	6	4	8 (0)	31.5 (2.64)	31.47 (1.77)	1.732 (0.009)	0.816 (0.014)

Table 3. T-test conducted on the average values of Table 2 between the four possible combinations of the 2 sites at two different depths. (YP = Yawzi Point, LL = Lesser Lameshur Bay, 4 = 4 m, 6 = 6 m).

Average values tested	No. species	No. colonies	Cover (cm)	H' _n index	H' _c /H' _{max}
YP4 vs. YP6	*	N.S.	N.S.	**	N.S.
LL4 vs. LL6	N.S.	**	N.S.	**	N.S.
YP4 vs. LL4	**	**	**	**	N.S.
YP6 vs. LL6	**	**	**	**	N.S.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; N.S. $p > 0.05$; $df = 6$

LUMBRINERIDAE (ANNELIDA: POLYCHAETA) DA COSTA SUL E SUDESTE DO BRASIL III. PADRÕES REGIONAIS E ZOOGEOGRÁFICOS DE DISTRIBUIÇÃO

Maurício G. CAMARGO*
Paulo da Cunha LANA**

INTRODUÇÃO

Os lumbrinerídeos são poliquetas relativamente bem representados na costa do Brasil, com pelo menos 19 espécies pertencentes a 9 gêneros (Camargo & Lana, no prelo). A maioria das espécies tem hábito cavador, sendo constantes e mesmo abundantes em fundos arenosos ou lodosos de águas costeiras. O presente trabalho encerra uma série sobre a taxonomia e distribuição da família Lumbrineridae na costa sul e sudeste do Brasil (Camargo & Lana, no prelo).

Diversos trabalhos tratam dos lumbrinerídeos da costa do Brasil. As primeiras referências remontam a Grube (1878) e Kinberg (1865). Levantamentos mais recentes foram realizados por Orensanz & Gianuca (1974), Rullier & Amoureux (1979), Amaral (1977), Nonato (1981), Temperini (1981), Lana (1984) e Morgado (1988).

Este trabalho objetiva analisar os padrões de distribuição regional e dispersão geográfica das espécies de Lumbrineridae da costa sul e sudeste do Brasil, estabelecendo seu grau de afinidade com as províncias biogeográficas adjacentes.

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL

Muitos dos mecanismos responsáveis pela distribuição dos poliquetas bênticos estão diretamente relacionados com a natureza do sedimento (Nichols, 1970; Fauchald & Jumars, 1979; Dauer *et al.*, 1981). Padrões de distribuição têm sido frequentemente estudados a partir do conceito de "grupos funcionais de alimentação" (Lana, 1981; Bolívar, 1986; Morgado, 1988; Paiva, 1990), introduzido para os poliquetas por

*Endereço atual: FAME, Vrije Universiteit Brussel, Lab. for Ecology and Systematics, Pleinlaan 2 - 1050 Bruxelles - Belgique.

**Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Av. Beira Mar, s/n, Pontal do Sul - Paraná, 83.255-000, Brasil

Fauchald & Jumars (1979). O grupo funcional a que pertence um organismo pode ser definido como o conjunto de relações entre tamanho e natureza do alimento, mecanismos envolvidos na sua ingestão e os padrões de mobilidade associados com a alimentação. Este conceito definiria, em última análise, os nichos potenciais das espécies, a partir de suas estratégias de alimentação e mobilidade. No entanto, estas estratégias de alimentação são quase sempre inferidas a partir da morfologia das estruturas utilizadas para a alimentação, já que não existem informações de campo ou laboratório sobre a alimentação de mais de 90% das espécies de poliquetas (Fauchald & Jumars, 1979). Segundo Rainer (1982), inferências dessa natureza são arriscadas para a análise da estrutura trófica e podem acarretar graves erros de interpretação. Como exemplo, algumas famílias classicamente consideradas carnívoras, devido à presença de maxilas, podem também incluir espécies detritívoras. Em outras palavras, espécies de uma mesma família podem pertencer a mais de um grupo funcional, independente da sua similaridade morfológica.

Este é o caso dos lumbrinerídeos, sempre mandibulados, que pertencem a quatro grupos funcionais: herbívoros móveis, carnívoros móveis, carnívoros discretamente móveis e detritívoros de subsuperfície móveis. Isso demonstra a dificuldade na aplicação do conceito de grupo funcional para a análise dos padrões de distribuição. Não há estudos sobre o modo de alimentação da grande maioria das espécies e existem mesmo evidências de que populações de uma mesma espécie talvez pertençam a mais de um grupo funcional, dependendo do ambiente, como pode ser o caso de *Lumbrineris tetraura* (Orensanz, 1973). Dessa forma, optou-se por uma análise da distribuição baseada em padrões não estritamente relacionados ao hábito alimentar ou à mobilidade, que são pouco conhecidos nas formas regionais.

As figuras 1, 2 e 3 mostram os registros de ocorrência dos Lumbrineridae na costa sul e sudeste do Brasil. *Lumbrineriopsis mucronata*, *Lumbrineris tetraura*, *Lumbrineris januarii* e *Ninoe brasiliensis* ocorrem no interior de baías, mas nenhuma é exclusiva destes ambientes. *Lumbrineris tetraura* foi a única espécie que ocorreu em todos os ambientes considerados neste estudo, apesar de rara na plataforma continental. Esta espécie omnívora é uma das poucas com hábitos alimentares conhecidos, com registro em seu conteúdo estomacal de restos de algas, detritos, areia e microcrustáceos (Orensanz, 1973). A variabilidade dos seus hábitos alimentares poderia explicar a ocupação de biótopos tão distintos. Convém salientar, no entanto, que *Lumbrineris tetraura* pode constituir um complexo de espécies (Orensanz, 1990). Esta forma é capaz de penetrar na parte mais interna da Baía de Paranaguá, onde a salinidade atinge 14,5, em sedimentos síltico-argilosos ou areno-lodosos com conchas. *Ninoe brasiliensis* e *Lumbrineriopsis mucronata* também ocorrem em baías, porém são muito mais frequentes no setor médio da plataforma, em fundos síltico-argilosos ou de areia fina.

Várias espécies estão restritas à plataforma continental. *Arabelloneris janeirensis* ocorre até a plataforma externa, a uma profundidade de 150 metros, em fundos de areia síltica com detritos. *Lumbrineris atlantica* foi encontrada em profundidades semelhantes, porém em sedimentos com fração de cascalho bem desenvolvida. *Lysarete brasiliensis* é restrita a fundos lodosos do setor médio da plataforma. Três espécies são

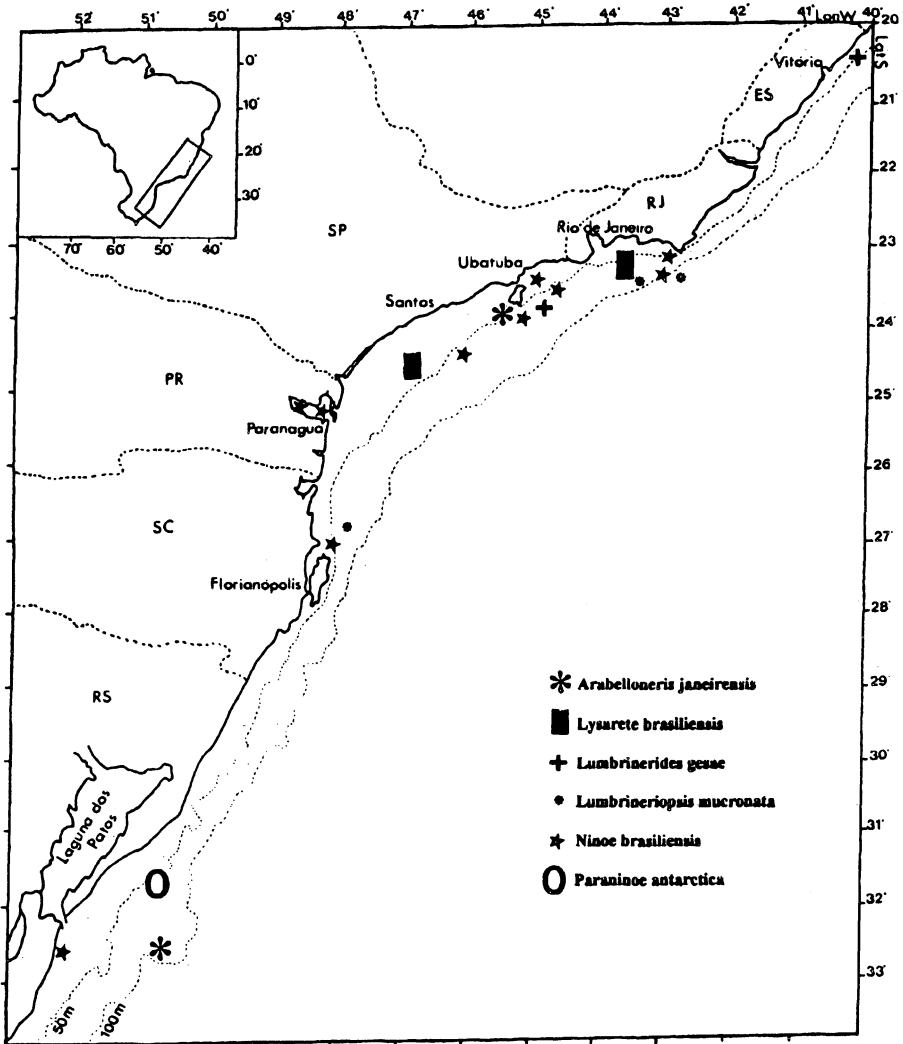


Fig. 1

Distribuição de *Lysarete brasiliensis*, *Arbelloneris janeirensis*, *Lumbrineriopsis mucronata*, *Lumbrinerides gesae*, *Paraninoe antarctica* e *Ninoe brasiliensis* na costa sul e sudeste do Brasil.

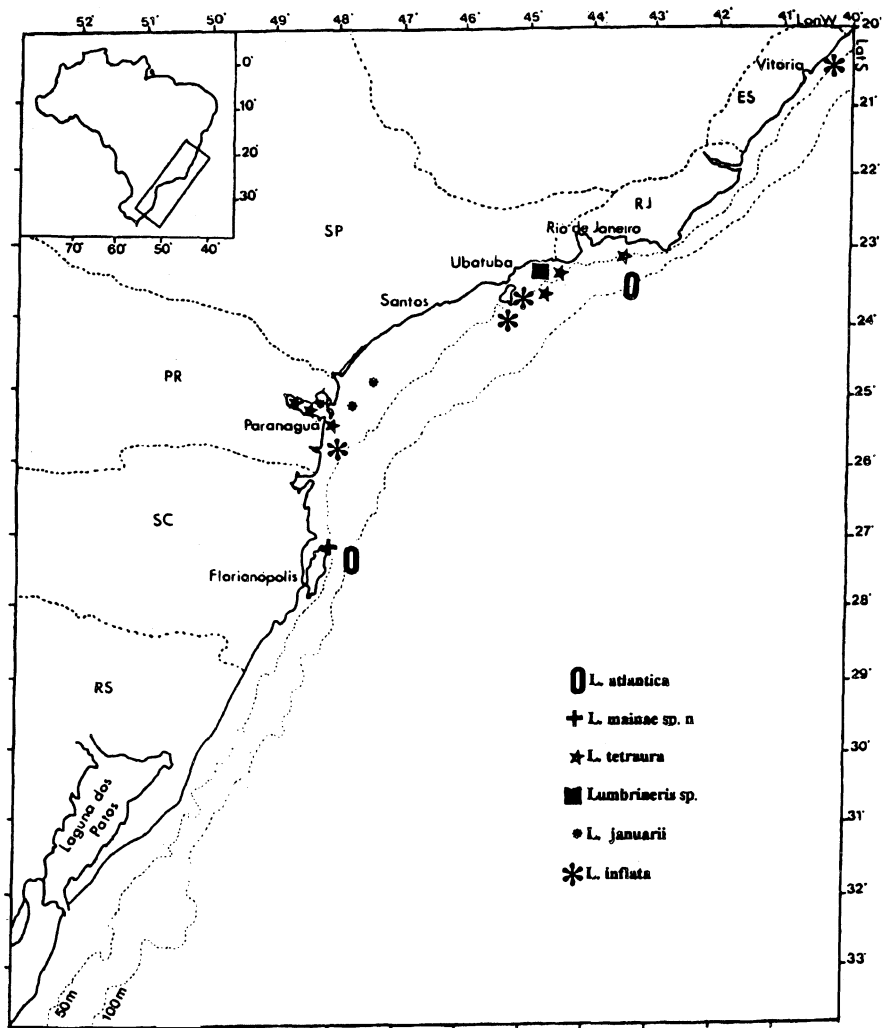


Fig. 2

Distribuição de *Lumbrineris atlantica*, *Lumbrineris mainae* Sp. n., *L. tetraura*, *Lumbrineris* sp., *L. januarii* e *L. inflata* na costa sul e sudeste do Brasil.

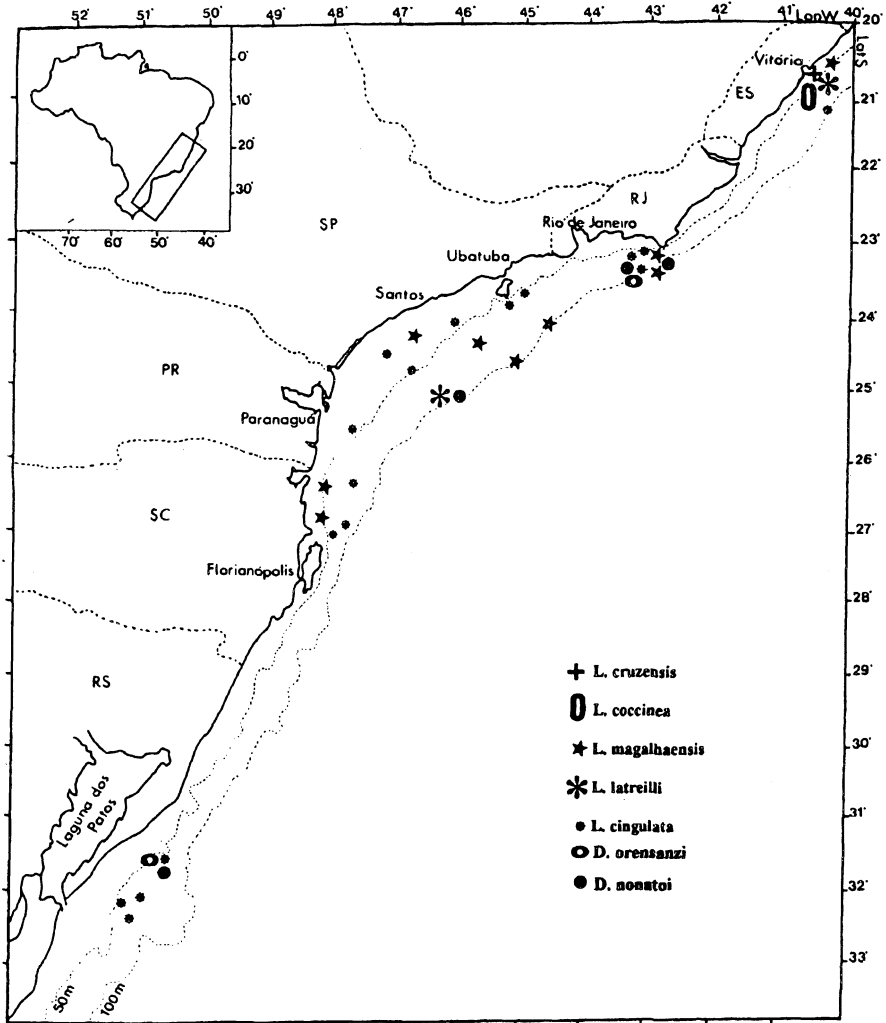


Fig. 3

Distribuição de *Lumbrineris cruzensis*, *L. coccinea*, *L. magalhaensis*, *L. cingulata*, *L. latreilli*, *Dianinoe nonatoi* e *D. orensanzii* na costa sul e sudeste do Brasil.

exclusivas dos setores médio e externo da plataforma: *Paraninoe antartica*, *Dianinoe nonatoi* gen. et sp. n. e *D. orensanzii* gen. et sp. n. A primeira ocorre em fundos areno-argilosos e as duas outras em sedimentos siltico-argilosos. *Lumbrineris magalhaensis* e *Lumbrineris cingulata* são as espécies mais constantes e abundantes na plataforma, ocorrendo em uma faixa muito ampla de profundidade e em diversos tipos de sedimentos. *Lumbrineris cingulata* ocorre ainda em sedimentos com presença de fragmentos de conchas, ao contrário de *L. magalhaensis*. Ambas tiveram uma única ocorrência em ambiente praiial, no litoral do Espírito Santo. *Lumbrineris mainae* sp. n., *Lumbrineris cf cruzensis*, *Lumbrineris coccinea* e *Lumbrineris* sp., registradas em pequeno número, são exclusivas de ambientes praiiais.

Lumbrinerídeos são primariamente habitantes de fundos não consolidados, embora possam ocasionalmente ocorrer em substratos duros, como recifes de coral (Uebelacker, 1984). Apenas duas espécies, *Lumbrineris tetraura* e *Lumbrineris inflata*, foram registradas em costões rochosos. Embora os costões rochosos tenham sido insatisfatoriamente amostrados neste levantamento, é provável que espécies da família não sejam realmente comuns nestes ambientes. É importante ressaltar ainda que recifes de corais estão ausentes em praticamente toda a área de estudo.

Das 19 espécies de Lumbrineridae registradas, 6 são exclusivas de ambientes de plataforma, sendo que destas, 3 são restritas aos setores médio e externo. Outras 2 são extremamente abundantes em toda a plataforma, ocorrendo em uma única estação de ambiente praiial. 4 espécies são restritas aos ambientes praiiais. Estes resultados indicam que as espécies de Lumbrineridae da costa sul e sudeste do Brasil apresentam padrões de distribuição relativamente restritos, definidos pela profundidade e pela natureza do sedimento.

CONSIDERAÇÕES ZOOGEOGRÁFICAS

A costa sul e sudeste do Brasil é uma região de transição hidrológica, sob influência direta de águas quentes da Corrente do Brasil e de águas frias de origem subantártica. A partir dessa constatação e de observações sedimentológicas e biológicas, Palacio (1982) conferiu à região o *status* de província biogeográfica, denominando-a província Paulista. Esta área apresenta particular interesse biogeográfico por constituir uma região de transição entre a fauna tropical e temperada (Lana, 1987; Melo *et al.*, 1989), fazendo divisa ao norte com a província Caraíblica e ao sul com a província Patagônica.

De acordo com Lana (1987), o conhecimento da biogeografia dos poliquetas é limitado devido a uma tendência tradicional na literatura de se admitir um elevado cosmopolitismo para o grupo como um todo. Os poucos trabalhos que tratam da zoogeografia de poliquetas no Brasil (Nonato & Luna, 1970; Orensanz & Gianuca, 1974; Amaral, 1977; Temperini, 1981; Bolivar, 1986; Lana, 1987) reconhecem, de uma maneira geral, taxas significativas de endemismo e uma maior afinidade com a fauna tropical. Bolivar (1986), contrariando a tendência geral, encontrou um baixo grau de endemismo para os Spionidae do Estado do Paraná. Da mesma forma, Orensanz &

Gianuca (1974), trabalhando com material proveniente do Rio Grande do Sul, no extremo sul da província Paulista, encontraram uma maior afinidade com a fauna da província Patagônica.

A tabela 1 mostra os padrões de distribuição das espécies referidas neste estudo, obtidos da literatura específica. Foram excluídas da análise *Lumbrineris* sp. e *Lumbrineris* cf. *cruzensis*, de afinidades taxonômicas duvidosas. Os segmentos faunísticos mais bem representados são aqueles constituídos por espécies circuntropicais e por espécies comuns às províncias Paulista e Patagônica. Das 4 espécies circuntropicais, *Lumbrineris tetraura*, *L. inflata* e *L. latreilli* têm sido freqüentemente mal identificadas, dificultando uma definição das suas reais distribuições geográficas. *L. tetraura* pode de fato constituir um complexo de espécies (Orensanz, 1990). Este segmento circuntropical é, portanto, considerado artificial e a distribuição de suas espécies ou complexos de espécies só poderá ser definitivamente determinada a partir de revisões taxonômicas abrangentes. *Arabelloneris janeirensis*, *Lumbrinerides gesae*, *Lumbrineris atlantica* e *Ninoe brasiliensis*, espécies comuns às províncias Paulista e Patagônica, são bem conhecidas e têm seu *status* taxonômico estabilizado. Desta forma, este segmento faunístico pode ser considerado o mais representativo da fauna regional de Lumbrineridae.

O segundo segmento mais desenvolvido é formado por espécies endêmicas, representado por três espécies novas. *Lumbrineris mainae* sp. n. foi encontrada exclusivamente em ambientes praias da Ilha de Santa Catarina, não havendo atualmente dúvidas quanto ao seu endemismo. As demais espécies, *Dianinoe nonatoi* gen. et sp. n. e *D. orensanzi* gen. et sp. n., ocorrem na plataforma continental, desde o Estado do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul. Não se descarta, entretanto, a possibilidade de que suas faixas de distribuição sejam ampliadas para o sul no futuro, aumentando a importância regional do segmento de espécies comuns às províncias Paulista e Patagônica. A hipótese é reforçada pelo fato desse segmento faunístico apresentar obviamente maior importância ao sul da província Paulista (Orensanz & Gianuca, 1974) do que ao norte (Nonato & Luna, 1970, Amaral, 1977; Lana, 1987). Dessa forma, o segmento de espécies endêmicas seria reduzido a apenas um representante, *Lumbrineris mainae* sp. n., fato que tornaria a taxa de endemismo muito baixa.

A contribuição de elementos das províncias Magelânica e Antártica para a formação do estoque regional de Lumbrineridae é dada por três espécies: *L. magalhaensis*, *L. cingulata* e *P. antarctica*. Todas são encontradas com maior freqüência nos setores médios e externos da plataforma, em águas mais frias. Esse padrão pode ser considerado subdominante para a fauna regional. A única espécie anfiatlântica (*L. mucronata*) pode representar, na realidade, um complexo taxonômico, com espécies distintas nos dois lados do Atlântico (Lana, 1984). *Lysarete brasiliensis* é a única espécie com distribuição atlântico-ocidental, presente nas províncias Caraílica, Paulista e Patagônica. *Lumbrineris januarii* é a única espécie comum às províncias Paulista e Caraílica.

Esses padrões regionais discordam daqueles encontrados por outros autores, que registraram uma alta taxa de endemismo para os poliquetas do litoral de Ubatuba

(Morgado, 1988) e do Paraná (Lana, 1987), embora Bolivar (1986) tenha encontrado baixas taxas de endemismo para os Spionidae do litoral do Paraná. O predomínio aqui registrado de espécies comuns às províncias Paulista e Patagônica não foi constatado por outros autores, que se referiram à maior importância de espécies cosmopolitas ou comuns às províncias Paulista e Caraílica (Amaral, 1977; Bolivar, 1986; Lana, 1987; Morgado, 1988). Finalmente, a contribuição de elementos das províncias Magelânica e Antártica para a fauna regional foi relativamente grande, se comparada com percentuais estabelecidos pelos demais autores.

A baixa ocorrência de espécies comuns às províncias Caraílica, Paulista e Patagônica reforça a hipótese de Lana (1987), que atribuiu à província Paulista o papel de filtro ecológico, restringindo tanto a distribuição de formas termófilas para o sul como a de criófilas para o norte. Esta província se caracterizaria por elevadas taxas de endemismo e por uma maior afinidade da fauna regional com a fauna de águas tropicais da Província Caraílica. No entanto, os presentes resultados divergem parcialmente dos padrões gerais constatados por Lana (1987), já que a fauna regional de Lumbrineridae apresenta baixa taxa de endemismo e marcada afinidade com a fauna da província Patagônica.

ABSTRACT

Distribution patterns of Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) along the southern and southeastern Brazilian coast. Local distribution patterns of lumbrinerid species are analyzed along the southern and southeastern Brazilian coast. Most species have a restricted distribution, defined by depth and sediment texture. The local lumbrinerid fauna is dominated by species common both to the Paulistan and Patagonian Provinces, with a low percentage of endemic taxa. The transitional characteristics of the southeastern Brazilian coast are an effective limiting factor for the dispersion of tropical species southwards and Patagonian species northwards.

Key words: Polychaeta, Lumbrineridae, distribution, zoogeography, Brazil.

RESUMO

A análise da distribuição regional das diversas espécies de lumbrinerídeos ao largo da costa sul e sudeste do Brasil revela padrões de ocorrência relativamente restritos, definidos pela profundidade e pela natureza do sedimento. A análise biogeográfica mostra que o estoque regional de lumbrinerídeos é predominantemente constituído por elementos comuns às províncias Paulista e Patagônica, com um grau de endemismo muito baixo. Os padrões observados reforçam a idéia de que a região sudeste age como um filtro ecológico, restringindo tanto a dispersão de espécies tropicais para o sul como a de patagônicas para o norte.

Palavras-chave: Polychaeta, Lumbrineridae, distribuição, zoogeografia, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A. C. Z. 1977. *Anelídeos poliquetos do infralitoral em duas enseadas da região de Ubatuba: Aspectos ecológicos*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 137 p.

- BOLÍVAR, G. A. 1986. *Padrões de distribuição de Spionidae e Magelonidae (Annelida: Polychaeta) do litoral do Estado do Paraná*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, 116 p.
- CAMARGO, M. G. & LANA, P. C. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) da costa sul e sudeste do Brasil. I. *Lysarete*, *Arabelloneris*, *Lumbrineriopsis*, *Lumbrinerides*, *Paraninoe* e *Ninoe*. Iheringia, no prelo.
- _____.; _____. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) da costa sul e sudeste do Brasil. II. *Lumbrineris*. Iheringia, no prelo.
- DAUER, D. M.; MAYBURY, C.A. & EWING, R.M. 1981. Feeding behavior and general ecology of several spionid polychaetes from the Chesapeake Bay. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 54:21-38.
- FAUCHALD, K. & JUMARS, P. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann.* 17:193- 284.
- GRUBE, A. E. 1878. Fortsetzung der Mittelungen uber die Familie Eunicea. *Jahresber. Schles. Gesells. Vaterl.* 56:78-115.
- KINBERG, J. G. H. 1865. *Annulata nova*. Ofvers. K. Vetensk. Akad. Forh., 21: 559-574.
- LANA, P. C. 1981. *Padrões de distribuição e diversidade específica de anelídeos poliquetas na região de Ubatuba, Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 111 p.
- _____. 1984. *Anelídeos poliquetas errantes do litoral do Estado do Paraná*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 275 p.
- _____. 1987. Padrões de distribuição geográfica dos poliquetas errantes (Annelida: Polychaeta) do Estado do Paraná. *Ciência & Cultura* 39(11): 1060-1063.
- MELO, G. A. S.; VELOSO, V.G.; OLIVEIRA, M. C. A fauna de Brachyura (Crustacea, Decapoda) do litoral do Paraná. Lista preliminar. *Nerítica* 4: 1-31.
- MORGADO, E. H. 1988. *Anelídeos poliquetas do sublitoral da região de Ubatuba - SP., compreendida entre as ilhas de Anchieta e Vitória*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 181 p.
- NICHOLS, F.H. 1970. Benthic polychaete assemblages and their relationship to the sedimentation in Port Madison. *Washington. Mar. Biol.*, 6: 48-57.
- NONATO, E. F. 1981. *Contribuição ao conhecimento dos anelídeos poliquetas bentônicos da plataforma continental brasileira, entre Cabo Frio e o Arroio Chui*. Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 246 p.
- _____. & LUNA, J. A. C. 1970. Anelídeos poliquetas do nordeste do Brasil. I. Poliquetas bentônicos da costa de Alagoas e Sergipe. *Bolm Inst. Oceanogr.*, 19: 57-130.
- ORENSANZ, J. M. 1973. Los anelidos poliquetos de la provincia biogeográfica Argentina. IV. Lumbrineridae. *Physis, Sec. A*, 32(85): 343-393.
- _____. 1990. The eunicemorph polychaete annelids from antarctic and subantarctic seas. *Antarctic Research series* 52: 1-183.
- _____. & GIANUCA, N. M. 1974. Contribuição ao conhecimento dos anelídeos poliquetas do Rio Grande do Sul. I. Lista sistemática preliminar e descrição de 3 novas espécies. *Comun. Mus. Ci. PUC-RS* 4: 1-37.
- PAIVA, P. C. 1990. *Padrões de distribuição e estrutura trófica dos anelídeos poliquetas da plataforma continental do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 146 p.
- RAINER, S.F. 1982. Trophic structure and production in the macrobenthos of a temperate Australian estuary. *Est. Coast. Shelf Sc.* 15: 423-441.
- RULLIER, F. & AMOUREUX, L. 1979. Annélides polychètes. Campagne de la Calypso au large des côtes atlantiques de l'Amerique du sud (1961-1962). *Ann. Inst. océanogr.*, 55 (fasc. suppl.): 10- 206.
- TEMPERINI, M. T. 1981. *Sistemática e distribuição dos poliquetas errantes da plataforma continental entre as latitudes de 23°05'S e 30°00'S*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 89 p.
- UEBELACKER, J. M. 1984. Family Lumbrineridae. In: *Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*, vol. VI, Cap. 41, p. 41-1 a 41-45, Barry A. Vittor & Associates, Inc.

Tabela 1. Padrões de distribuição geográfica das espécies de Lumbrineridae referidas para a costa sul e sudeste do Brasil.

Espécie	Padrões de distribuição geográfica
<i>Arabelloneris janeirensis</i>	Espécies comuns às províncias Paulista e Patagônica
<i>Lumbrinerides gesae</i>	
<i>Lumbrineris atlantica</i>	
<i>Ninoe brasiliensis</i>	
<i>Lumbrineris tetraura</i>	Espécies circuntropicais
<i>Lumbrineris inflata</i>	
<i>Lumbrineris coccinea</i>	
<i>Lumbrineris latreilli</i>	
<i>Lumbrineris mainae</i> sp. n (Camargo & Lana, no prelo)	Espécies endêmicas
<i>Dianinoe nonatoi</i> gen. et sp. n (Camargo & Lana, no prelo)	
<i>Dianinoe orensanzi</i> gen. et sp. n (Camargo & Lana, no prelo)	
<i>Lumbrineris cingulata</i>	Espécies comuns às províncias Paulista, Magelânica e Antártica
<i>Lumbrineris magalhensis</i>	
<i>Paraminoe antartica</i>	
<i>Lumbrineris januarii</i>	Espécie comum às províncias Paulista e Caraíbia
<i>Lysarete brasiliensis</i>	Espécie comum às províncias Caraíbia, Paulista e Patagônica
<i>Lumbrineriopsis mucronata</i>	Espécie anfialtântica

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF SANDY BEACHES IN SOUTHERN BRAZIL

Paulo Jorge Parreira dos SANTOS*

INTRODUCTION

The short-term variability of beach environments is related to the complex interactive forces causing beach changes. This variability has been the principal obstacle to the understanding of the physical processes on beaches (King, 1972). Description of the principal transforming agents and their interaction were provided by King (1972), Komar (1976) and Swart (1983).

The southern Brazilian beaches have been the subject of different studies focusing on their physiography (Delaney, 1965), sediments (Martins, 1967) and waves (Motta, 1969). However, these studies have not considered the interactions between the different factors that control sandy beaches.

Based on these descriptive studies, the first qualitative approach to the beach environment processes was done by Gianuca (1985), who presented a general classification of Southern Brazil beaches which he characterized as exposed sandy beaches, using the exposure index proposed by McLachlan (1980). Although eliminating the subjectivity in beach classification, this index is a static characterization of the environment and does not reflect its highly dynamic nature.

Borzone (1988) in a study of the shallow infralittoral and surf-zone macrofauna, adopted a beach classification proposed by Wright *et al.* (1982), based on the dynamic characteristics of the beach environments (Short & Wright, 1983). Using wave data and sedimentological characteristics he suggested that southern Brazil sandy beaches near the outlet of Patos lagoon could, during a large part of the year, be classified as dissipative, approaching the intermediate bar-trough stage under lower-energy wave conditions.

The objective of this work is to characterize the climatic, morphodynamical and sedimentary variability, identifying their principal interactions, at four different sites along the southern Brazil sandy beaches.

*Departamento de Oceanografia, Universidade do Rio Grande, Cx. Postal 474, CEP 96200-970, Rio Grande, RS, Brazil.
Present address: Institut de Biologie Marine, Université Bordeaux I, 2 rue du Prof. Jolyet, 33120, Arcachon, France.

MATERIAL AND METHODS

Four transects A, B, C and D were located at 2, 8, 26 and 76 km, respectively, south of the outlet of Patos lagoon (Fig. 1). At each transect seven stations (I to VII) were fixed at 10 m intervals and surveyed weekly at transect B and monthly at the other transects between 02-05-88 and 15-07-89. During this period, data were obtained on the midlittoral profile, sea water salinity, water, air and sediment temperature, and wind direction. Tides are usually very small, rarely exceeding a range greater than 0.5 m (Motta, 1969), and were thus not considered in this work. Samples of sediment were collected at every station at 3 monthly intervals.

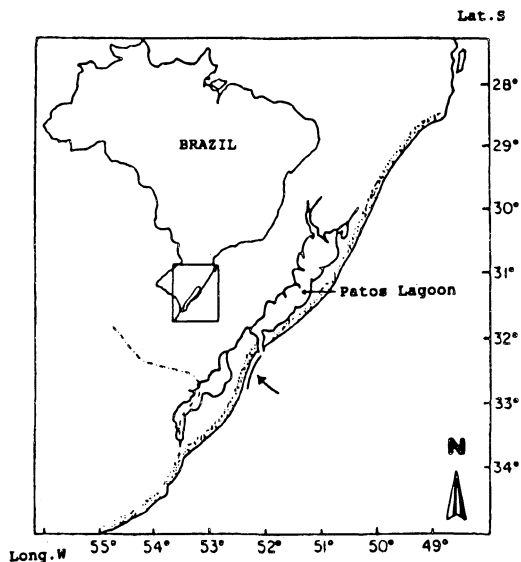


Fig. 1

Map showing the location of the study area (shown by arrow) in southern Brazil.

Published data were used for wave climate (Motta, 1969). The Meteorological Laboratory of Universidade do Rio Grande kindly provided the precipitation data for the study period.

Wave data were used both to calculate wave energy, using the formulae $E = (w \cdot L_s \cdot H_s^2) / 8 \cdot T_s$ (modified from King, 1972) (where $w = 141 \text{ kg}$; L_s is significant wave length; H_s is significant wave height, and; T_s is significant wave period), and to estimate values of an erosion index, developed in this work, corresponding to the wave steepness (H_s/L_s) multiplied by the frequency of a particular wave length class.

Surface sediment samples (0 - 5 cm depth) were collected at the five stations for each transect. These stations followed the seasonal variation of the sea and sediment

level in order to maintain the same relative position on the midlittoral. For each transect the following stations were surveyed:

Transects	A	B	C	D
Dates			Stations	
winter (07-88)	III to VII	III to VII	III to VII I	II to VII
spring (10-88)	I to V	I to V	II to VI	III to VII
summer (02-89)	I to V	I to V	II to VI	II to VI
autumn (05-89)	II to VI	II to VI	III to VII	III to VII

These samples were processed using the sieving method described in Buchanan (1984) and the formula of Folk & Ward (1957) were used in order to estimate the grain-size statistical parameters, mean, median, standard deviation, skewness and kurtosis of the samples.

In order to discriminate general patterns in the beach sediments, a cluster analysis using as attributes the percentage of sediment retained by each sieve was used, grouping the stations of all transects for each period. Bray-Curtis index was used as a measure of dissimilarity and arithmetic average (UPGMA) was used for clustering.

RESULTS

a. Salinity and Temperature

During the study period the sea water salinity varied between 17 and 35‰, being highest in February 1989 and lowest in June 1988. For the same period, lower salinity occurred generally at transects A and D. The temporal variation of the salinity values for transect B is presented in Fig. 2.

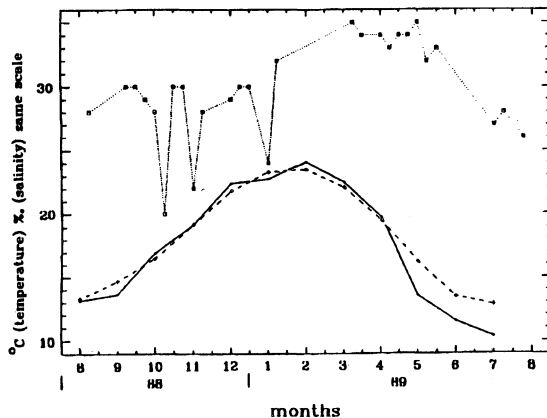


Fig. 2

Air (solid line) and sea water (broken line) mean monthly temperatures (°C) and punctual sea water salinity (‰) (dotted line) for transect B.

Air temperature varied between 2.5 °C (06-07-89) and 28.5 °C (04-03-89) with a typical seasonal pattern (Fig. 2). Fig. 3 shows the existence of a high correlation between air and water temperatures on different time scales. Sediment temperatures followed the air and water temperatures but showed higher variation (Table 1).

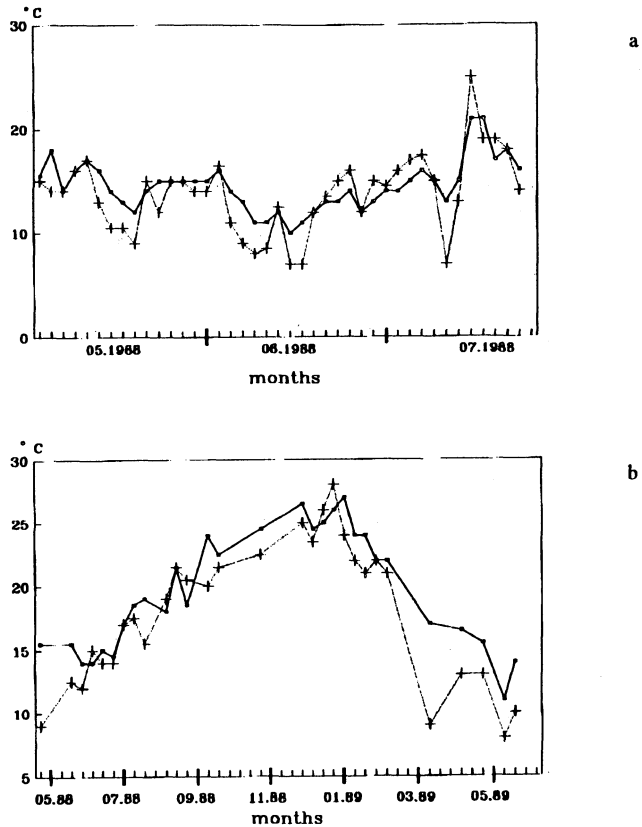


Fig. 3

Air (dotted line) and sea water (solid line) temperature at transect B for different time scales: a- two days interval; b- weekly variation.

b. Winds and Wave Energy

Northeast winds were most frequent during the study period, occurring on 36% of the days, with southwest winds occurring on 21% and south winds on 12% of the days.

Fig. 4 shows the monthly frequency of occurrence of winds from south to west (180 to 290 degrees) which are generally associated with cold fronts (Vieira, 1983). During the data recording period these winds maintained a frequency greater than the

mean for a 30 years period (Vieira, 1983). Between April and July 1989 values of exceptional high frequency (50%) were observed.

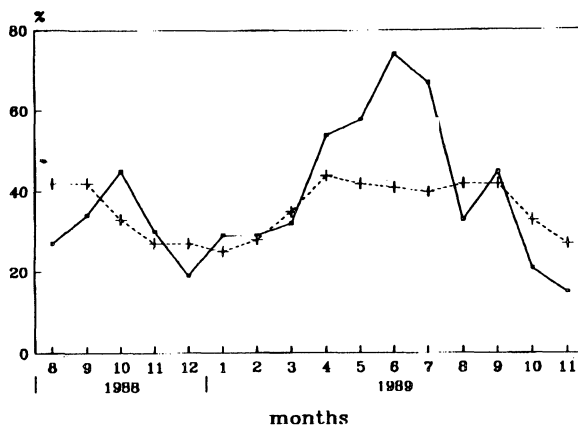


Fig. 4

Monthly frequency of occurrence of winds from south to west (180 to 290 degrees) during the recorded period (●) and mean values for a 30 years period (+).

Wave energy (Table 2) shows a maximum of intensity during early autumn. The lower values of energy were found during spring, early summer and specially during the winter season.

40% of annual wave energy came from waves of H_s 2 m though these occurred only during 18% of the time. Most of these waves (59%) came from SE-S (angle 107.5°), though only 41% of the total registered waves proceeded from this sector. Therefore the difference between waves of H_s 2 m and 2 m can be characterized by their energy contribution and principal direction. The mean steepness values for the two groups of waves show significant differences (Table 3) with greater values for waves equal or greater than 2 m which implies a greater erosion capacity for the latter.

Taking these facts into account, the erosive power of waves was calculated only for waves equal or greater than 2 m. The period of maximum erosion was early autumn (Table 2).

c. Beach Profiles

The beach profiles were surveyed 13 times at approximately monthly intervals. Two general patterns of beach profile morphology could be distinguished (see Fig. 5). The first one was characterized by a system of ridge and runnel, and a concave profile with a steeper seaward (2.0 to 5.0 degrees) than landward (0.5 to 1.5 degrees) slope (15-03-89, Fig. 5). The second pattern is characterized by a uniform convex slope across the profile (0.5 to 2.0 degrees) (09-06-89, Fig. 5).

Although during a large part of the year a similar kind of profile occurred at all transects, two groups of transects could be distinguished. Transects A and B were

dominated by a convex profile while transects C and D possessed greater temporal variability in the morphological pattern of their profiles.

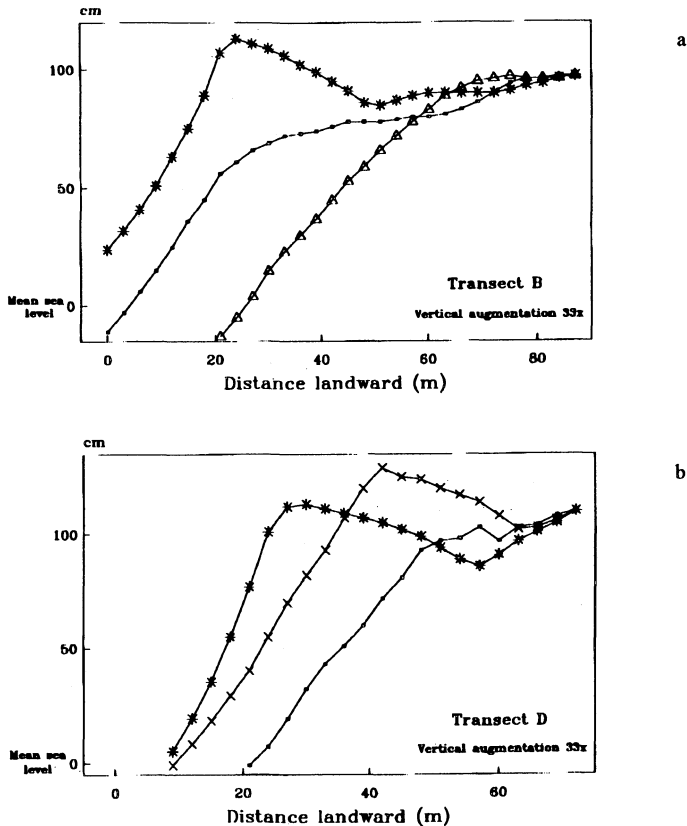


Fig. 5

Temporal variation of beach profile: a- transect B; b- transect D. 18-11-88 (○), 15-03-89 (*), 02-06-89 (x) and 09-06-89 (○).

Between May-88 and February-89 transects A and B possessed a regular and convex profile with little modifications. This profile assumed a ridge and runnel morphology only in March-89 and maintained this configuration up to May-89. In July-89 the regular profile returned but with a ridge and runnel developing at the lower stations.

The C and D transects, initially (May-88) had a well marked ridge and runnel that began to disappear on June-88. A regular and convex profile became evident on July-88, staying up to November-88 when the ridge and runnel profile returned. On December-88 the ridge and runnel were completely developed, staying up to May-89.

Fig. 5 makes possible the determination of the processes that caused the temporal modifications in the beach profiles at transects B and D. It can be noticed that the formation of the ridge and runnel profile is associated with depositional processes whereas the regular profile is formed by erosive processes.

d. Sediment

Most of the samples were well or very well sorted and were composed of fine sand (2 to 3 phi). Skewness varied from positive to negative with almost 50% of the samples presenting symmetric distribution. The values for kurtosis presented a larger variability, being well distributed amongst the plati-, meso- and leptokurtic classes.

A first characteristic presented by all dendrograms was a good discrimination between stations of transects A and B, and those of transects C and D which were always located in different groups. Thus, the description of the observed temporal pattern will be done separately for the two groups of transects. Fig. 6 presents schematically the temporal variation of the formed associations.

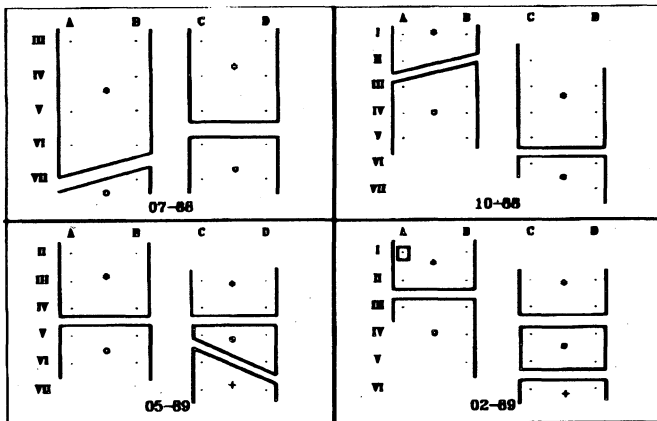


Fig. 6

Schematic representation of the cluster analysis results for the different sampled stations and dates. (*) lower midlittoral zone, (o) upper midlittoral zone, (+) runnel system. Isolated station of transect A on 02/89 was sampled at the swash zone.

Initially, (07-88) two levels could be distinguished in the midlittoral zone for the group formed by A and B transects. Most of the stations formed a lower level with only station VII of B transect separated on an upper level. The standard deviation of the lower level was at its maximum value (Table 4), characterizing the period of greatest variation of environmental energy (Riedl & McMahan, 1974). Later, (10-88 and 02-89) a reduction of the standard deviation occurred and the upper level of the midlittoral region increased along a great part of the sampled area (station III and higher). The statistical parameters of the upper level showed great stability without presenting significant temporal variations due to the inclusion of new stations. The lower level, representing stations I and II, presented two distinct phases during this period. First

(10-88), the mean grain size coarsened and the skewness became positive. Later (02-89), a drastic reduction of the grain size occurred and the distribution became symmetric and mesokurtic.

With the increasing level of the environmental energy variation (05-89), as expressed by the standard deviation, new changes occurred at the sub-systems of the midlittoral zone. Once more stations III and IV formed part of the lower level, decreasing the mean grain size of this system and increasing the kurtosis compared with the 02-89 values.

The group formed by transects C and D presented initially a midlittoral zone well differentiated into two levels, with the lower level (stations III, IV and V) presenting a coarser sand (2.25 phi) of symmetric distribution while the upper level presented negative skewness with a mean grain size of 2.46 phi (Table 4).

The reduction of the environmental energy (the mean grain size becomes smaller on 10-88) changed the statistical parameters, mean and median, at all stations. The decreased standard deviation indicated a greater stability in the energy level. On 02-89 the lower level is reduced in the sampled area, resulting in an increase in the mean grain size (Table 4). Associated with the increase of the upper level along the midlittoral region, a runnel developed at station VI while the grain size of this station decreased.

On 05-89 all stations presented a decreased sand grain size, but without modification of the general appearance of the system. Again station IV formed part of the lower level.

In terms of the mean values of the statistical parameters, the upper midlittoral zone can be distinguished from the lower by its better sorted and smaller sand grain size at the two transect groups (Table 5).

DISCUSSION

The air temperature followed a typical seasonal pattern with monthly means similar to the means registered for a period of 30 years (Vieira, 1983). The sea water temperature was strongly influenced by the air temperature. The sediment temperature values showed, only by its greater coefficient of variation, the effects of both the insulation and the wind, following generally the values found for air or water temperatures.

Gianuca (1985) associated the seasonal pattern of the sea water salinity with the local variations of evaporation and precipitation throughout the year. The years 1988 and 1989 were extremely dry with precipitation values irregularly spaced and less than 50% of the 30 year mean (Fig. 7). Nevertheless, the seasonal pattern was maintained with salinity values lower than those recorded by Gianuca (1985). These results support Magliocca *et al.*'s (1982) suggestion that the seasonality results from the differential influence of the principal water masses on the coastal water. The local precipitation showed only a brief impact being the main factor responsible for the reduced salinity observed on 28-09 and 19-10-88 (Fig. 2). This impact was probably due to the low

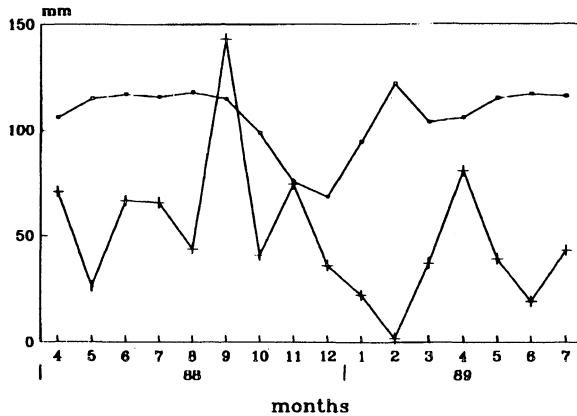


Fig. 7

Monthly precipitation values (mm) for the registered period (+) and mean values for a 30 years period (.).

turnover rate of the sea water inside the breaker zone of dissipative beaches (Swart, 1983).

Castello & Moller (1977) recognized at the Brazilian Southern continental shelf two distinct areas as a function of the salinity pattern, with lower values situated south of the Sarita phare. This observation explains the lower values of salinity found at transect D (located south of the Sarita phare) and indicated the strong influence of continental shelf over nearshore water. The proximity of transect A to the Patos Lagoon jetties explains the lower mean values of sea water salinity at transect A.

The wave data used in this study present several limitations once they were recorded on a site with distinct continental shelf bathymetry and for a period of only one year. Even if Motta (1969) concluded that the wave data are representative for the coast of Rio Grande do Sul, these data will be used only in association with well established patterns for other parameters.

The formation of a ridge and runnel system at the midlittoral of southern Brazil sandy beaches was attributed by Gianuca (1985) to the prevailing northeast winds that, eroding the dunes, transport sediments to the midlittoral zone. The orientation of the coast do not support a generalization of this view. Although at transects A and B this wind could aid the formation of the ridge and runnel system, this could not happen at transects C and D where this wind blows into the dune field (Fig. 1).

This type of profile, generally called summer profile (King, 1972), is generally associated with a wave climate pattern with low erosive power (low Hs/Ls or steepness). As was also observed by Gianuca (1985), there is a major tendency for the presence of the undulation profile during spring and summer. This period, characterized by moderate wave energy and mean values of the erosion index (Table 2), is also the period of highest frequency of the northeast and north winds (Fig. 4).

As stated by King (1972), winds blowing opposite to the approximation direction of the waves can reduce their height, and so, their steepness. In this way, the northeast wind can act independently of the coastal orientation, reducing the height of waves coming from southeast-south (with greater energy and destructive power) and thus diminishing their erosive effect. This action explains the formation of a profile with great declivity in all transects, not by direct action of the wind but by its interaction with the waves. The coincidence between the principal accretion period for all stations and the higher frequency of northeast winds between 11-88 and 03-89 (Fig. 4) supports this view. During autumn (when the erosion maxima were registered) both the erosion index and the energetic level of the waves increased, and associated with the greater frequency of winds from the southwest and south (Fig. 4 and Table 2) determined the moment of greatest destructive power during the year, with drastic erosion of the beach that assumes a winter or swell profile. Bernardi *et al.* (1987) found during autumn-1985 a mean beach erosion of 48 cm as result of a single event.

Borzone (1988), applying punctual measures of wave height and period at the breaker zone and the settling velocity for the median grain size to the omega index (Wright *et al.*, 1982), classified a beach near transect C as dissipative (characterized by the presence of a bar-trough system at the breaker zone and low declivity of the midlittoral), probably passing to an intermediate stage under conditions of low wave energy (this stage characterized by migration of part of the bar sediment to the midlittoral zone (Short & Wright, 1983)). Using the wave data together with grain size parameters of transects C and D, omega values were obtained (Table 2) which are all indicative of dissipative conditions (values greater than 6) and suggest that the scale of the omega index as proposed by Wright *et al.* (1982) is inadequate for the studied southern Brazil sandy beaches. It should be said however that the variation of the index values through time was coherent with the morphological variations of the beach observed in the midlittoral zone. The index omega can, in this way, be useful to reduce the information of the midlittoral morphology to a single number for a restricted region (probably dependent on the sediment origin).

The observed profile differences between transects for a given period were probably related to the sedimentological differences of these transects. The settling velocity of the sand is inversely proportional to the omega index, thus a greater grain size implies a lower value of this index. The mean difference of the grain size between the transect group A + B and the group C + D (Table 5) determines a particle settling velocity 80% greater for the latter group, from which we can derive (considering the same wave climate) values of the omega index 80% higher for transects A and B, delineating their greater dissipative tendency.

The lower dissipative tendency of transects C and D implies a morphological profile characterized by a ridge and runnel system during a longer period. Short & Hesp (1982) showed that abrupt profile changes (as those of the ridge and runnel system) can reduce the velocity gradient of the wind and thus diminish the volume of eolian transported sand. As a direct consequence, this profile reduced the volume and the rate of transport of sand into the dune field. The lower volume of sand in the dune fields in

the area of transects C and D observed by C. S. B. Costa (personal communication) could be associated with the sedimentological characteristics and support in this way the lower dissipative tendency of transects C and D.

The variation of the sedimentological characteristics along the transects was in accordance with the results of Martins (1967), with lower midlittoral sediment being coarser and better sorted than at the higher level (Table 4 and 5). The results of the cluster analysis showed however the presence of well delineated boundaries that determine distinct levels on the midlittoral zone. These boundaries presented different positions for the different transects and specially a distinct temporally changing pattern. The differences related to the grouped stations can be attributed to the greater energy impacting the midlittoral zone at transects C and D (which are less dissipative), resulting in greater declivity and thus greater run-up.

The temporal pattern (Fig. 6) is related to the seasonal variation of the sea level that presents its maximum (+8 cm) between February and April and its minimum (-10 cm) between August and October (Patullo, 1966). The lower sea level resulted in a growing beach line by stimulating the transport of the infralittoral sand deposits into the midlittoral zone (BIRD, 1983). The differences in the temporal pattern between transects reflected the slower deposition processes at transects C and D due to their larger grain size.

The temporal evolution of the statistical parameters of the sediment (Table 4) was well related to the erosive or depositional processes, decreasing the grain size and increasing selection during deposition moments and decreasing selection and increasing its size during erosion periods.

The strongly seasonal pattern of the different factors studied emerge as the general feature of the surveyed southern Brazil beaches where different dynamics are a primary function of sediment parameters and geographic orientation.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Dr. N.M. Gianuca for providing the laboratory facilities and for his comments on an earlier version of the manuscript. This work benefited also on the critical reading and comments of Drs. P.C. Lana, L.C. Calliari, C.M. Vooren, C. Soares and an anonymous referee. Special thanks are given to L.P. Souza-Santos for helpful assistance during the different phases of this work. This study was supported by a CNPq postgraduate research studentship.

ABSTRACT

The year round changes in morphology of four southern Brazil sandy beaches was quantitatively studied. The sea water inside the breaker zone, although presenting a low turnover rate characteristic of dissipative beaches, shows in its salinity the strong influence of continental shelf water on nearshore water. Two types of beach profiles (undulation and swell profiles) were described which were distinctly associated with the interaction between wave climate and local winds. Different beach profiles along the coastline were

registered during the same period, as a reflection of different sand grain parameters. The principal feature of the southern Brazil high energy sandy beaches was the strongly seasonal pattern of climate, morphology of beach profile and sediment parameters.

Key-words: Sandy beaches; seasonal cycles; beach morphodynamics; grain-size parameters; wave energy; temperature; salinity; Southern Brazil.

RESUMO

A variação da morfologia de praia, parâmetros sedimentares, ventos, salinidade e temperatura foi acompanhada durante um ano em quatro perfis estabelecidos ao longo das praias do Rio Grande do Sul. Dados bibliográficos de ondas foram utilizados para auxiliar na interpretação dos resultados. Os valores relativos à salinidade da água da zona de arrebentação indicam que apesar da taxa de renovação ser fraca, característica das praias dissipativas, seus valores são fortemente influenciados pela água da plataforma continental. Dois tipos de perfil de praia foram descritos (perfis de ondulação e de vagas) estando claramente relacionados a interação entre o clima de ondas e os ventos locais. Ao longo do litoral foram observados num mesmo momento perfis com diferentes morfologias expressando desta forma suas diferenças granulométricas. A característica principal das praias arenosas de grande energia do Rio Grande do Sul foi a forte sazonalidade observada nos padrões climáticos, morfologia do perfil de praia e parâmetros granulométricos.

Palavras-chave: Praias arenosas; variações sazonais; morfodinâmica de praia; parâmetros granulométricos; energia de onda; temperatura; salinidade; Rio Grande do Sul; Brasil.

REFERENCES

- BERNARDI, H., CORDAZZO, C.V. & COSTA, C.S.B. 1987. Efeito de ressacas sobre *Blutaparon portulacoides* (St. Hill.) Mears, nas dunas costeiras do sul do Brasil. *Ciência e Cultura*, 39 (5/6): 545-547.
- BIRD, E.C.F. 1983. Factors influencing beach erosion and accretion: a global review. In: McLACHLAN N.A. and ERASMUS, T. *Sandy Beaches as Ecosystems*, ed. W. Junk, The Hague, Netherlands: 709-717.
- BORZONE, C.A. 1988. A macrofauna bentônica infralitoral da região costeira adjacente à barra de Rio Grande, RS, Brasil. MSc. Thesis, Universidade de Rio Grande: 112 p.
- BUCHANAN, J.B. 1984. Chapter 3. Sediment Analysis. in: *Methods for the Study of Marine Benthos*, N.A. Holme and A.D. McIntire, ed. Blackwell Scientific Publications, London: 41-65.
- CASTELLO, J.P. & MÖLLER, O.O. 1977. Sobre as condições oceanográficas no Rio Grande do Sul. *Atlantica*, 2 (2): 25-110.
- DELANEY, P.J.V. 1965. Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Esc. Geol. P. Alegre (Publ. Esp. 6)*: 1-105.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos River bar, a study of the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27: 3- 27.
- GIANUCA, N.M. 1985. The ecology of a sandy beach in southern Brazil. PhD. Thesis, University of Southampton: 330 p.
- KING, C.A.M. 1972. *Beaches and Coasts*, Edward Arnold (Publ.), London: 570 p.
- KOMAR, D.P. 1976. *Beach processes and sedimentation*, Prentice Hall, Inc. (Publ.), Englewood Cliffs, New Jersey: 430 p.
- MAGLIOCCA, A., MIRANDA, L.B. & PINHEIRO, E.A. 1982. Variação sazonal de oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade na costa sul brasileira (28-35 S; 48-54 W). *Bolm. Inst. oceanogr.*, S. Paulo, 31 (1): 1-9.
- MARTINS, L.R. 1967. Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Esc. Geol. P. Alegre (Publ. Esp. 13)*: 1-102.
- McLACHLAN, A. 1980. The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple rating system. *South Afr. J. Sci.*, 76: 137-138.

- MOTTA, V.F. 1969. *Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela barra de Rio Grande*. Inst. Pesq. Hidraul. UFRGS: 113 p.
- _____. 1985. Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura lagunar de Tramandai. *Rev. Bras. Engenh.*, Dez.: 69-117.
- PATULLO, J.G. 1966. Seasonal changes in sea level. In: *The Sea*, M.N. Hill, ed. Interscience Publ., New York: 485-496.
- RIEDL, R. & McMAHAN, E.A.. 1974. High energy beaches. in: *Ecological systems of the United States I*, H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan (eds.): 181-251.
- SHORT, A.D. & HESP, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Mar. Geol.*, 48: 259- 284.
- _____. & WRIGHT, L.D. 1983. Physical variability of sandy beaches. In: *McLACLAN, A. and ERASMUS, T. Sandy Beaches as Ecosystems*, A. McLachlan and T. Erasmus, ed. W. Junk, The Hague, Netherlands: 133-144.
- SWART, D.H. 1983. Physical aspects of sandy beaches - a review. In: *McLACLAN, A. and ERASMUS, T. Sandy Beaches as Ecosystems*, ed. W. Junk, The Hague, Netherlands: 5-44.
- VIEIRA, E.F. 1983. Rio Grande, geografia física, humana e econômica, ed. Sagra, Porto Alegre: 158 p.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A.D. & NIELSEN, P. 1982. Morphodynamics of high energy beaches and surfzones: a brief synthesis. *Coastal Studies Unit Tech. Rep.*, 82/5, Coastal Studies Unit, University of Sidney: 64 p.

Table 1 - Mean ($\bar{x}$) and variance (s^2) of the sea water, air and sediment temperature ($^{\circ}\text{C}$) for the different transects.

Transects Stations	A		B		C		D	
	X	s^2	X	s^2	X	s^2	X	s^2
Seawater	17.93	21.50	18.50	23.90	18.40	22.80	18.20	24.80
II	18.32	27.10	19.10	33.90	...	...	...	...
III	19.25	23.50	21.00	38.20	19.10	30.10	18.80	29.10
IV	19.58	32.50	21.20	39.60	20.30	32.10	18.80	25.10
V	19.69	36.00	21.20	34.60	21.80	44.10	19.20	27.90
VI	...	...	...	...	21.30	49.80	19.00	31.80
Air	19.92	21.20	20.90	27.00	20.10	37.50	20.00	24.00

Table 2 - Monthly values for wave energy ($\text{kg.m}^3.1,000$), erosion (%) and omega index (wave data from Motta, 1969).

Months	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wave energy	...	7.1	6.6	8.3	3.2	...	...	5.8	5.4	...	...	6.4
Erosion index	...	0.3	0.6	0.6	0	...	...	0.4	0.4	...	...	0.4
Omega index	...	9.4	9.0	9.4	8.3	...	...	8.2	8.6	...	...	9.0

Table 3 - Monthly steepness values for waves equal or greater than 2 m and for waves smaller than 2 m (wave data extracted from Motta, 1969).

Months	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12
W < 2m	0.016	0.021	0.016	0.013	0.016	0.011	0.015	0.015	0.016	0.016
A										
V										
E > 2m	...	0.023	0.024	0.021	...	...	0.024	0.020	0.024	0.022
S										

(t-statistic = -6.45 ; p<0.01)

Table 4 - Sedimentological statistical parameters for the different midlittoral textural groups over time (values in phi).

		Lower midlittoral		Upper midlittoral		Runnel
Transects		A & B	C & D	A & B	C & D	C & D
07	Mean	2.70	2.25	2.85	2.46	...
	Median	2.72	2.25	2.80	2.54	...
	St. Dev.	0.41	0.49	0.32	0.46	...
88	Skewness	-0.11	0.03	0.19	-0.26	...
	Kurtosis	1.31	0.77	1.07	0.99	...
10	Mean	2.49	2.33	2.85	2.55	...
	Median	2.48	2.35	2.83	2.60	...
	St. Dev.	0.35	0.50	0.35	0.39	...
88	Skewness	0.10	-0.04	0.09	-0.27	...
	Kurtosis	1.30	0.80	1.19	1.11	...
02	Mean	2.92	2.23	2.87	2.41	2.29
	Median	2.90	2.21	2.83	2.49	2.30
	St. Dev.	0.36	0.51	0.34	0.45	0.47
89	Skewness	0.02	0.11	0.11	-0.24	-0.02
	Kurtosis	0.90	0.92	1.02	1.01	0.76
05	Mean	2.83	2.40	2.87	2.52	2.37
	Median	2.81	2.46	2.81	2.60	2.42
	St. Dev.	0.38	0.53	0.32	0.44	0.48
89	Skewness	0.02	-0.11	0.20	-0.24	-0.13
	Kurtosis	1.25	0.87	1.00	1.18	0.83

Table 5 - Mean for the sediment statistical parameters of the different midlittoral textural groups (values in phi).

Transects	Lower midlittoral		Upper midlittoral	
	A & B	C & D	A & B	C & D
Mean	2.74	2.30	2.86	2.48
Median	2.74	2.32	2.82	2.55
St. Dev.	0.38	0.50	0.34	0.44
Skewness	-0.01	-0.01	0.13	-0.26
Kurtosis	1.22	0.83	1.08	1.05

NEW RECORDS OF SABELLARIIDAE (ANNELIDA, POLYCHAETA) FROM ARGENTINA

Claudia Silvia BREMEC*
Paulo da Cunha LANA**

INTRODUCTION

The Sabellariidae Johnston, 1865, included in the order Terebellida (Fauchald, 1977), comprises about sixty-five species of non-colonial or colonial reef-builder polychaetes, which occur from shallow waters to oceanic depths (Uebelacker, 1984).

This family is currently represented by seven genera, two of which have been previously described from Argentina: *Idanthyrsus* Kinberg, 1867 and *Phragmatopoma* Moerch, 1863, both in continental shelf localities (Orensanz, 1974; Hartmann-Schroeder, 1983). Ringuet (1969) has referred *Sabellaria fissidens* Grube, 1870 to the Patagonic littoral zone. However, this material was not described; the only available descriptions of this species are based upon material from the coast of Chile (Grube, 1870; Ehlers, 1901b).

This paper redescribes *I. armatus* Kinberg, 1867 and reports the first records of the genus *Sabellaria* Savigny, 1818 from Argentina, namely *S. nanella* Chamberlin, 1919 and *S. wilsoni* Lana & Gruet, 1989.

FAMILY SABELLARIIDAE Johnston, 1865

Diagnosis (modified from Uebelacker, 1984) - Body divided into four regions: opercular region, thorax, abdomen and cauda. Opercular region with two opercular peduncles, fused dorsally or not, and crowned with large paleae, arranged in 1, 2 or 3 apparent rows. Anterior margins of opercular peduncles with a row of soft papillae. Nuchal hooks or acicular spines may be present dorsally. Buccal cirri filamentous; two grooved palps and often a median tentacle in the buccal region. Thorax with two

*Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. CC. 175, 7600 Mar del Plata, Argentina.

**Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Av. Beira - Mar, s/n - 83255-000 Pontal do Sul, Paraná. Brasil.

rudimentary segments bearing capillary neurosetae. Three or four parathoracic setigers, with paddle-shaped paleae and slender companion setae; notopodial ones larger. Cirriform branchiae from the second thoracic segment. Abdominal region with pectinate notopodial uncini and capillary neurosetae. Caudal region achetous, and generally reflexed over a ventral groove.

Sabellaria Savigny, 1818

Sabellaria nanella Chamberlin, 1919

Sabellaria nanella Chamberlin, 1919: 261, pl.2, figs.5-7.- Hartman, 1938: 16, pl.3, figs.8-10.- Hartman, 1944: 340, pl.30, figs.18-20.- Hartman, 1969: 509, figs. 1-4.- Rullier & Amoureux, 1979: 188.- Lana & Gruet, 1989: 243.

Material examined - Monte Hermoso, 39°00' S, 61°17'W, 2 specimens, 10m, hard bottom, 24 September 1981, C.B. coll., C. B. personal collection

Associated fauna - Assemblage characterized by sedentary polychaetes, the sipunculid *Themiste petricola* and the small oyster *Ostrea spreta*.

Distribution - California, SE Brazil (of Espírito Santo and Rio de Janeiro States) and Argentina (Monte Hermoso, near Bahía Blanca).

Description - Unique complete specimen, 18,5 mm long with cauda. Both specimens pale, white in alcohol, with golden opercular paleae.

Opercular peduncles separated and straight in relation to main axis of body. Opercular crown circular and expanded distally, trumpet-shaped. Opercular paleae in three rows. 22 pairs of external paleae, directed outwards. External paleae with subequal smooth spikes terminating in a hook, except the median one, which is long, strong, and situated in a different plane (Fig. 1a). 16 pairs of middle paleae, distally flat, suboval and concave (Fig. 1b). 16 pairs of inner paleae, basally excavated and distally entire, tapering to a point (Fig. 1c). External paleae basally surrounded by a row of 24 round soft papillae. Buccal cirri long and filamentous. Palps short and blunt.

Two thoracic setigers with slender simple setae. Second thoracic setiger with cirriform branchiae, gradually smaller and absent in last abdominal setigers.

Three biramous parathoracic setigers, longer and thicker than thoracic ones. Notopodial setae a single row of distally barbed paddle-shaped paleae, alternating with shorter spiny companion setae. Their size and number increase from the first to the third parathoracic setiger. Neuropodial setae paddle-shaped as dorsal ones, but much smaller.

24 biramous abdominal setigers. Notopodia with uncini in a single transverse row, each with 5 teeth in 2 lateral rows and 1 median tooth at superior end. Tori prolonged and narrower from anterior to posterior abdomen. Abdominal neurosetae capillary and serrate.

Cylindrical cauda lacking parapodia and setae. Tubes friable, made of small sand grains.

Remarks - *Sabellaria nanella* was originally described from California. Specimens reported from the Atlantic coast of South America (Rullier & Amoureux, 1979;

Lana & Gruet, 1989) were considered to be identical to material from the Pacific coast of the United States, as described and illustrated by Chamberlin (1919) and Hartman (1938, 1944, 1969). However, a taxonomic review of type-material is sorely needed to assess affinities of Atlantic and Pacific material.

***Sabellaria wilsoni* Lana & Gruet, 1989**

***Sabellaria wilsoni* Lana & Gruet, 1989: 239, figs.1-21.**

Material examined - Monte Hermoso, 39°00'S, 61°17'W, 63 specimens, 10m, hard bottom, 23 September 1981, C.B.coll., C. B. personal collection.

Associated fauna - The same assemblage described for *S. nanella*.

Distribution - SE Brazil (Paraná State), Argentina, probably the French Guiana.

Remarks - The Argentinean specimens are similar to the Brazilian holotype described by Lana & Gruet (1989). The larger individual is 22mm long, with cauda, differing from the original description in the greater numbers of outer opercular paleae (42 pairs), middle and inner opercular paleae (19 pairs). The external opercular paleae have 3 pairs of lateral spines on each side of the central spike (Fig. 1d). Middle and inner paleae are identical to the original description (Figs. 1e-f). Buccal cirri are arranged in 7-8 rows on each side, instead of the 5 described for Brazilian individuals.

Tubes friable, built with small sand grains. Large colonies were not seen. The species seems to occur only in small aggregations.

***Idanthysus* Kinberg, 1867**

***Idanthysus armatus* Kinberg, 1867**

Idanthysus armatus Kinberg, 1867: 349.- Johansson, 1927: 90.- Monro, 1930: 177, fig. 73.- Monro, 1933: 1066, fig. 14.- Monro, 1936: 172.- Hartman, 1944: 336, pl.31, fig.36.- Hartman, 1953: 10.- Hartman, 1966: 73, pl. 24, :figs.2-6.- Hartman, 1967: 150.- Ringuelet, 1969: 212.- Fauchald, 1972: 530, pl.55, figs.h-j.- Orensanz, 1974: 55.- Rullier & Amoureux, 1979: 188.- Hartmann-Schroeder, 1983: 271.

Pallasia sexungula Ehlers, 1897: 125, pl.8, figs.194-202.- Ehlers, 1900: 220.- Ehlers, 1901a: 267.

Pallasia armata - Ehlers, 1901b: 195

Sabellaria macropalea - Pratt, 1901: 13 (pro parte)

Pallasia pennata - Fauvel, 1941: 291

Material examined : Cruise OB 02 87, St. 4, 38°45'S, 56°13'W, 2 specimens, 87m; St. 5, 39°03'S 55°41'W, 20 specimens, 126m, 13 March 1987. Cruise OB 04 87, St. 5, 57 specimens, 127m, 7 May 1987. Cruise OB 06 87, St. 5, 9 specimens, 119m, 8 July 1987. Cruise OB 10 87, St.3, 38°28'S 56°45'W, 1 specimen, 80m, 3 September 1987; St.4, 1 specimen, 87m, 4 September 1987. Cruise OB 01 89, St.1, 38°10'S 57°12'W, 1 specimen, 38m, 1 February 1989. Substrate fine sand.

Associated fauna - Molluscs dominate the faunistic assemblages from sampling stations 4 and 5, mainly *Volvarina patagonica*, *Limopsis hirtella*, *Epicodakia falklandica* and *Hiatella solida*. Tubes generally constructed on *Chlamys patagonica* valves.

Distribution - South America: Pacific coast of Colombia, Central Chile, Magellan Strait, Beagle Channel, Cape Horn, Malvinas-Falkland Islands, South Georgia Island, continental shelf off Patagonia and northern Argentina. Other records: Western Mexico, British Columbia, Alaska, Australia, Japan. Intertidal to 300 m depth.

Description - Adult specimens up to 50 mm long, without cauda, and 3 mm wide at opercular peduncle. Shorter individual 18 mm long, including cauda. Most specimens reddish. Dorsal and ventral sides of opercular peduncle (including basis of buccal cirri) and ventral and lateral sides of thorax brownish, with the most conspicuous bands in the first thoracic and third parathoracic setigers. Posterior abdominal neuropodia brownish. Branchiae darker in a few specimens. Opercular paleae golden.

Opercular peduncles separated and straight in relation to main axis of body. Opercular crown obliquely truncate. Opercular paleae in two rows. 16-24 pairs of external paleae, directed outwards, each with nearly straight shaft and lateral spinelets widely separated and curved outwards; maximum number of spinelets 11 (Fig. 1g). 9-16 pairs of inner paleae, as smooth hooks with narrow transverse striae (Fig. 1h). 2-4 pairs of dorsal nuchal hooks. External paleae basally encircled by a row of sharp soft papillae in variable number. Buccal cirri filamentous. Two slender palps and a median tentacle above the buccal region.

Two thoracic setigers with very slender bipectinate capillary neurosetae. Cirri of first thoracic setiger close to the buccal ones. Second thoracic setiger with cirriform branchiae, gradually smaller in posterior abdominal setigers and absent in last ones.

Three biramous parathoracic setigers. Notopodial setae arranged in a single row, alternating paddle-shaped with larger, slender and curved capillary setae. Their size and number increase from first to third parathoracic setigers. All neuropodial setae paddle-shaped, but much smaller than notopodial ones.

Abdominal setigers biramous. Notopodia with uncini in a single transverse row; each with a double lateral row of 8 teeth, in addition to a median tooth at superior end. Tori progressively prolonged and narrower from anterior to posterior abdomen. Abdominal neurosetae serrate.

Cylindrical cauda lacking parapodia and setae and often missing in preserved material.

Tubes stout, cylindrical and made of sand grains.

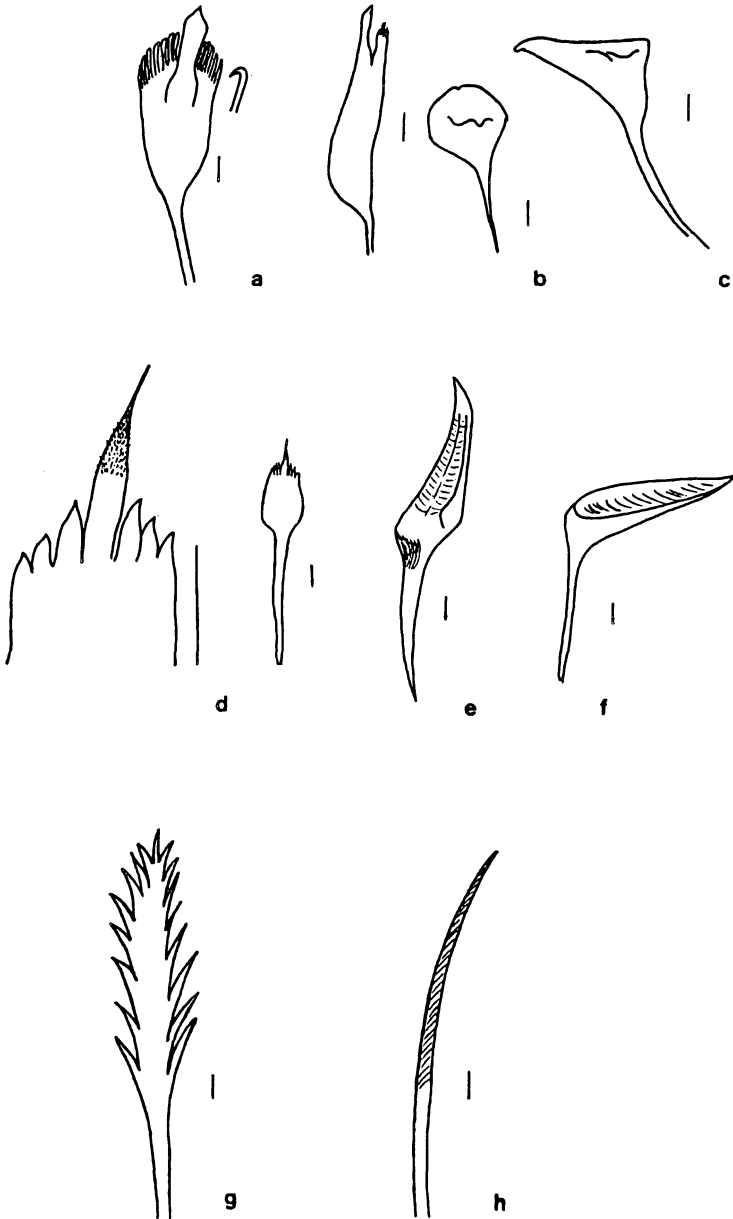


Fig. 1

Opercular paleae. *Sabellaria nanella*: a) outer, b) middle, c) inner. *S. wilsoni*: d) outer, e) middle, f) inner. *Idanthyrus armatus*: g) outer, h) inner. Scales representing 100 μ m.

ABSTRACT

Two species of Sabellariidae, *Sabellaria nanella* Chamberlin, 1919 and *S. wilsoni* Lana & Gruet, 1989 are newly reported from shallow waters off Bahia Blanca, Argentina (39°), extending southwards their geographic range. *Idanthyrus armatus* Kinberg, 1867 is redescribed from deeper continental shelf bottoms off the northern Argentinean coast.

RESUMO

A distribuição austral de duas espécies de Sabellariidae, *Sabellaria nanella* Chamberlin, 1919 and *S. wilsoni* Lana & Gruet, 1989, é grandemente ampliada, com novos registros para a região de Bahia Blanca, Argentina (39°). *Idanthyrus armatus* Kinberg, 1867 é redescrito a partir de material coletado em fundos de plataforma ao largo da costa norte da Argentina.

REFERENCES

- CHAMBERLIN, R.V. 1919. Pacific coast Polychaeta collected by Alexander Agassiz. *Bull. Mus. comp. Zool. Harv.* 63 (6):251-270.
- EHLERS, E. 1897. *Polychaeten. Hamburger Magellanischen Sammelreise*. Hamburg, Friedrichsen & Co., 148 p.
- _____. 1900. Magellanische Anneliden gesammelt während der schwedischen Expedition nach den Magellansländern. *Nachr.K.Ges.wiss.Göttingen*, 1900:206-223.
- _____. 1901a. Die Anneliden der Sammlung Plate. *Fauna Chil., Zool. Jahrb.*, 5:251-272.
- _____. 1901b. Die Polychaeten der Magellanischen und Chilenischen Strandes. Ein faunistischer Versuch. In: *Festschrift zur Feier des Hundertfünfzigjährigen Bestehens der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (Abh. Math.-Phys.)* Berlin, Wiedmannsche Buchhandlung, 232 p.
- FAUCHALD, K. 1972. Benthic polychaetous annelids from deep water off western Mexico and adjacent areas in the eastern Pacific ocean. *Allan Hancock Monogr. mar. biol.* 7 :575 p.
- _____. 1977. *The polychaete worms: definitions and keys to the orders, families and genera*. Natural History Museum of Los Angeles County, Sci. Ser. 28: 190 p.
- FAUVEL, P. 1941. Annélides polychètes de la Mission du Cape Horn (1882-1883). *Bull. Mus. Paris* (2) 13:272-298.
- GRUBE, A.E. 1870. Über die Goldkrönchen (Sabellarien oder Hermellen). *Jber. schles. Ges. vaterl. Cultur.* 47 :69-70.
- GRUET, Y. & P.C. LANA. 1991. Distribution of patterns of *Sabellaria* (Polychaeta: Sabellariidae) in South America. *Bull. Mar. Science* 48 (2):588.
- HARTMAN, O. 1938. Annotated list of the types of polychaetous annelids in the Museum of Comparative Zoology. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 85, 1:1-31.
- _____. 1944. Polychaete Annelids. Part VI. Paraonidae, Magelonidae, Longosomidae, Ctenodrilidae and Sabellariidae. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 10 (2-3):311-389.
- _____. 1953. Non-pelagic polychaetes of the Swedish Antarctic Expedition. 1901-1903. *Furth. Zool. Swed. Antact. Exped.* 1901-1903, 4 (11):1-83.
- _____. 1966. Polychaeta Myzostomidae and Sedentaria of Antarctica. *Antarct. Res. Ser.* 7 :158 p.
- _____. 1967. Polychaetous Annelids collected by the USNS Eltanin and Staten Island cruises, chiefly from Antarctic seas. *Allan Hancock Monogr. mar. biol.* 2: 387 p.
- _____. 1969. *Atlas of sedentariate polychaetous annelids from California*. Allan Hancock Foundation, University of Southern California, Los Angeles, 812 p.
- HARTMANN-SCHROEDER, G. 1883. Die Polychaeten der 15., 36. und 76. Reise von FFS "Walther Herwig" zum patagonischen Schelf (Südwest-Atlantik). *Senckenbergiana marit.* 15 (4/6):251-277.

- JOHANSSON, K. 1927. Beiträge zur Kenntnis der Polychaeten Familien Hermellidae, Sabellidae und Serpulidae. *Zool. Bidr. Uppsala* 11 :1-184.
- KINBERG, J.G.H. 1867. Annulata Nova. *Ofv. Vetensk. Akad. Forh.* 23 :337-357.
- LANA, P.C. & GRUET, Y. 1989. *Sabellaria wilsoni* sp.n. (Polychaeta, Sabellariidae) from the southeast coast of Brazil. *Zool. Scr.* 18 (2):239-244.
- MONRO, C.C.A. 1930. Polychaete worms. *Discovery Reports* 2 :1-222.
- _____. 1936. Polychaete worms II. *Discovery Reports* 12 :59-198.
- ORENSANZ, J.M. 1974. Los anélidos poliquetos de la Provincia Biogeográfica Magallánica. I. Catálogo de las especies citadas hasta 1974. *Lab. Comunid. Bentón. Contrib. Técnica* , 1: 83 p.
- PRATT, E. 1901. A collection of Polychaeta from the Falkland Islands. *Mem. Proc. Manchester Lit. and Philos. Soc.* 40(13):1-18.
- RINGUELET, R.A. 1969. Clave o llave para el reconocimiento de familias y géneros de poliquetos del litoral atlántico argentino. *Acta Zool. Lilloana* 24 :193-218.
- RULLIER, F. & L. AMOUREUX. 1979. Campagne de la Calypso au large des côtes atlantiques de l'Amerique du sud (1961-1962). I. 33. Annélides Polychètes. *Ann. Inst. oceanogr., Monaco* 55 (Suppl.):145-206.
- UEBELACKER, J.M. 1984. Sabellariidae. In: *Taxonomic guide to the polychaetes of the northern Gulf of Mexico*. Barry A. Vittor & Associates, Inc., Metairie, Louisiana, U.S.A., 7:49.1-49.10.

VARIAÇÕES DIÁRIAS E SAZONAIS DO FITOPLÂNCTON E PARÂMETROS AMBIENTAIS NA BAÍA DE PARANAGUÁ

Frederico Pereira BRANDINI*
Carola Alexandra Chrystman THAMM

INTRODUÇÃO

A Baía de Paranaguá (Lat.25°16-34'S; Long.48°17-42'W) é o maior complexo estuarino do litoral paranaense, onde águas da plataforma adjacente se misturam com a drenagem continental, dando um caráter mixohalino aos seus setores mais internos. Variações sazonais das características hidrográficas nos setores internos da baía são normalmente afetadas pelo regime pluviométrico, enquanto que as mudanças ambientais nos setores próximos aos canais de acesso seguem o regime hidrográfico da plataforma adjacente (Brandini *et al.*, 1988; Rebello & Brandini, 1990). As alterações nas características físico-químicas da água em ambos os setores, e suas implicações na biomassa, produção e composição do fitoplâncton, geralmente dominado por diatomáceas, foram pouco estudadas (Brandini, 1985a; Brandini *et al.*, 1988; Rebello & Brandini, 1990).

O presente trabalho tem por objetivo estudar os padrões de variação diária e sazonal da composição, biomassa e características fotossintéticas do fitoplâncton da baía, em relação aos parâmetros físico-químicos, em duas estações fixas representativas da área intermediária, afetada pela drenagem continental, e da área próxima aos canais de acesso, afetada pela circulação da plataforma adjacente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos no âmbito de um projeto multidisciplinar conduzido pelo Centro de Estudos do Mar entre 1985 e 1986. Foram selecionadas duas estações de coleta, representativas do setor mais externo (estação I) com características ambientais semelhantes às da plataforma adjacente, e do setor interme-

*Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Av. Beira Mar s/n, Pontal do Sul, Paranaguá, Paraná, CEP 83255-000, Brasil.

diário (estação II), sob influência das águas continentais (Fig.1). Foi feito um total de 22 coletas de água na superfície de ambas as estações, entre novembro de 1985 e dezembro de 1986, para a análise de parâmetros físico-químicos e biológicos. Coletas de 24 horas também foram feitas em ambas as estações em 18 de fevereiro (verão) e 3 de junho (inverno) de 1986, acompanhando o ciclo de maré.

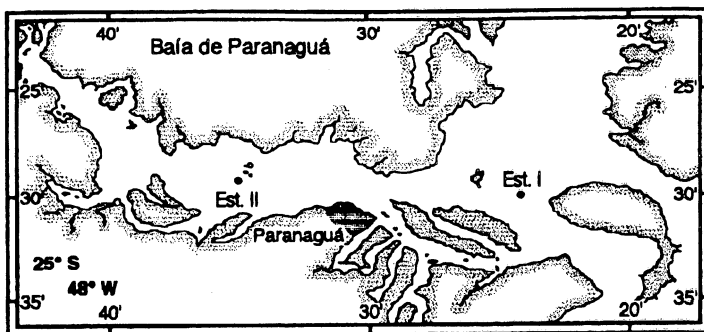


Fig. 1

Mapa da Baía de Paranaguá indicando a posição das estações de coleta.

A temperatura e o pH da água foram determinados imediatamente após a coleta com, respectivamente, termômetro químico padrão e pHmetro. Em seguida, subamostras foram coletadas para a determinação do teor de O₂ dissolvido (fixado a bordo) pela técnica de Winkler, salinidade por argentometria (Harvey) e nutrientes inorgânicos dissolvidos (preservadas com cloreto de mercúrio). Nitrato, nitrito, fosfato e silicato foram analisados pelos métodos descritos por Strickland & Parsons (1972). As amostras para análise de amônia foram fixadas com solução de fenol/álcool etílico imediatamente após as coletas e congeladas até o momento da análise, feita de acordo com Liddicoat *et al.* (1975), com pequenas modificações (foram utilizadas lâmpadas fluorescentes para o desenvolvimento da cor ao invés de radiação ultravioleta).

O seston total foi determinado pela técnica gravimétrica descrita em Strickland & Parsons (1972). Aproximadamente 100 ml de água foram filtrados em filtros de acetato de celulose (Millipore) com 0,45 m de porosidade. Em seguida os filtros foram mantidos a 75°C até peso constante, utilizando-se uma balança Mettler H51AR, com precisão de 5 casas decimais.

As análises de clorofila-*a* foram feitas de acordo com os procedimentos descritos por SCOR-UNESCO W. G.(1966). Aliquotas de 500 ml foram filtradas em filtros Whatman GF/C, os quais foram macerados manualmente em gral de porcelana. Os pigmentos fotossintéticos foram extraídos com acetona 90% e analisados com um espectrofotômetro Micronal B380, utilizando-se cubetas retangulares de 10 mm de passo óptico. As concentrações de clorofila-*a* foram calculadas pela equação de Jeffrey & Humphrey (1975).

Apenas as concentrações de diatomáceas (Pennales e Centrales) foram consideradas, uma vez que representam a maior parte da biomassa fitoplanctônica dentro da baía. As contagens foram feitas pela técnica de Utermöhl (1958), em amostras de água previamente fixadas com lugol, seguindo-se as recomendações de Hasle (1978). Para cada estação, foram sedimentados 10 ou 25 ml de amostra durante 12 horas. A análise foi feita com um microscópio invertido Zeiss (Invertoscope). Os grupos do nanoplâncton (m) foram enumerados com aumento de 400x, em transectos alternados (meia cuba) e o microplâncton com aumento de 130x em toda a área da cuba (25 ml).

Taxas de fotossíntese na superfície de ambas as estações foram obtidas pela técnica do O_2 dissolvido (Volleinweider, 1969; Teixeira, 1973) em condições meteorológicas estáveis. Seis alíquotas da amostra original foram acondicionadas em frascos de produção, dos quais dois foram imediatamente fixados (Winkler) para a análise do teor inicial do O_2 dissolvido; dois frascos claros e dois escuros foram mantidos em temperatura constante sob iluminação natural por no máximo duas horas. Também foram estudadas as características fotossintéticas do fitoplâncton na estação II, (apenas nos dias sem nuvens) através de medidas de fotossíntese em diferentes intensidades de luz (curva de fotossíntese vs luz), utilizando-se uma incubadora com filtros neutros, que reduziam a luz ambiente para 60, 30, 16 e 1 %. Os filtros eram constituídos por placas de aço inoxidável perfuradas. A temperatura foi mantida constante pela circulação da água de superfície através do incubador.

Os dados pluviométricos foram obtidos no posto de meteorologia do Centro de Estudos do Mar, em Pontal do Sul.

RESULTADOS

a) Variação sazonal

Precipitação e parâmetros hidrográficos

O regime de precipitação foi caracterizado por um período chuvoso entre dezembro de 1985 e abril de 1986, e um período seco entre maio e agosto de 1986 (Fig.2). A precipitação mensal acumulou um máximo de 498,2 mm em fevereiro, e um mínimo de 4,0 mm em junho de 1986.

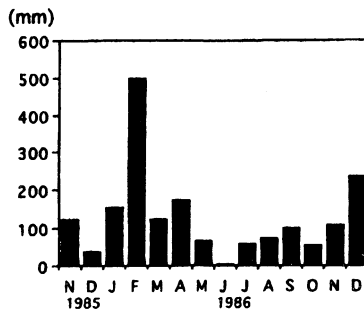


Fig. 2

Regime de chuvas durante o período de amostragem.

A temperatura na superfície variou de 21 a 31°C, com máximos dezembro de 1985 e abril de 1986 (Fig.3). O padrão de variação foi basicamente o mesmo em ambas as estações. Entretanto, sempre ocorreram valores mais elevados na estação II (mais interna), exceto nos meses mais frios, particularmente em maio e julho. Essas diferenças foram mais acentuadas no verão, quando ocorreram temperaturas máximas de até 31°C na estação II.

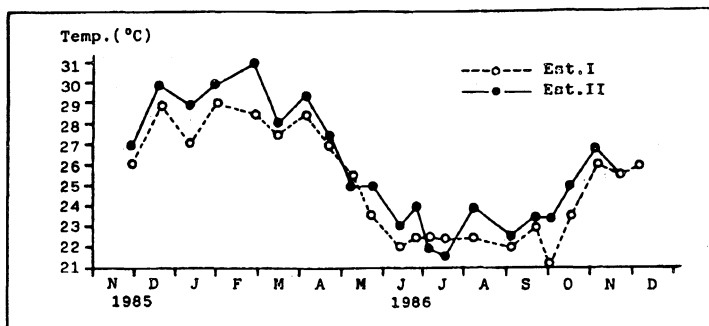


Fig. 3

Variação sazonal da temperatura na superfície das estações I e II.

Em ambas as estações, a variação sazonal da salinidade seguiu um padrão semelhante, com valores mínimos (14,35-est.II) nos períodos de maior precipitação e máximos (32,41-est.I) nos períodos secos (Fig.4). Entretanto, os valores foram sempre superiores na estação I, sob maior influência da água costeira. O teor de oxigênio dissolvido e o pH variaram irregularmente entre 4,42 (est.I) e 7,54 ml/l (est.II) e 7,3 e 8,3, respectivamente (Figs. 5 e 6).

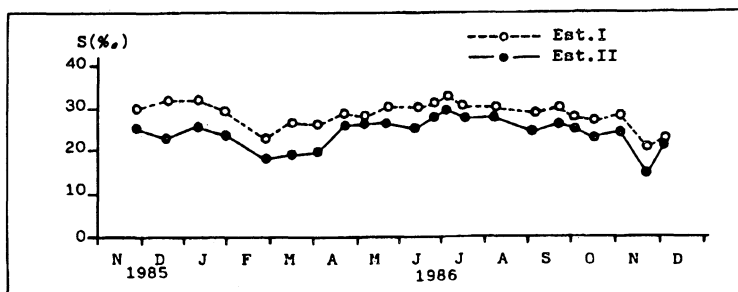


Fig. 4

Variação sazonal da salinidade na superfície das estações I e II.

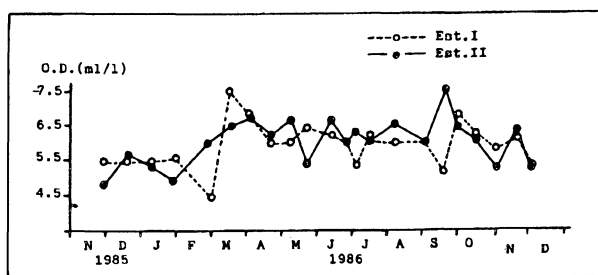


Fig. 5

Variação sazonal do oxigênio dissolvido na superfície das estações I e II.

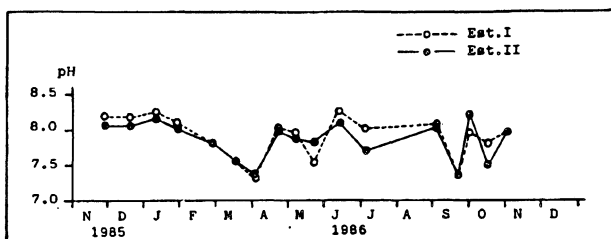


Fig. 6

Variação sazonal do pH na superfície das estações I e II.

A variação do nitrogênio inorgânico total (NIT) foi irregular (Fig.7), com máximos de 7,94 g-at/l (est.II) em março de 1986. Nos períodos de maior precipitação, as concentrações de nitrato e amônio foram semelhantes, enquanto que nos períodos secos do inverno, o nitrato foi a forma dominante do nitrogênio inorgânico dissolvido. As concentrações de nitrato (Fig. 7) nas estações I e II variaram respectivamente de 0,0 a 3,6 e 0,0 a 4,82 g-at/l, e o padrão de variação sazonal foi irregular. A concentração de nitrito foi expressiva apenas nos períodos de maior precipitação durante o verão e em maio, com máximos de 0,90 e 0,60 g-at/l nas estações I e II, respectivamente. Na maior parte do ano as concentrações foram inferiores aos limites detectáveis pela técnica de análise utilizada (Fig. 7). As concentrações de amônio foram comparativamente maiores no verão chuvoso em relação ao inverno seco, com máximos de 3,52 e 4,38 g-at/l nas estações I e II, respectivamente (Fig.7), decrescendo a partir de junho até o final do período estudado. O fosfato na superfície variou de 0,36 a 1,33 g-at/l (est.I) e 0,23 a 1,77 g-at/l (est.II). A estação mais interna apresentou valores mais elevados ao longo do ano, com máximos observados durante o período de maior precipitação (Fig.8). As concentrações de silicato (Fig.9) foram mais elevadas durante os períodos mais chuvosos, com valores máximos de 108,32 g-at/l na estação mais interna e 63,14 g-at/l na estação mais externa. Em janeiro e fevereiro de 1985 houve um decréscimo de silicato na superfície da estação II. Durante o período mais seco entre junho e setembro, as concentrações decresceram para mínimos de 7,17 e 5,46 g-at/l nas estações I e II, respectivamente.

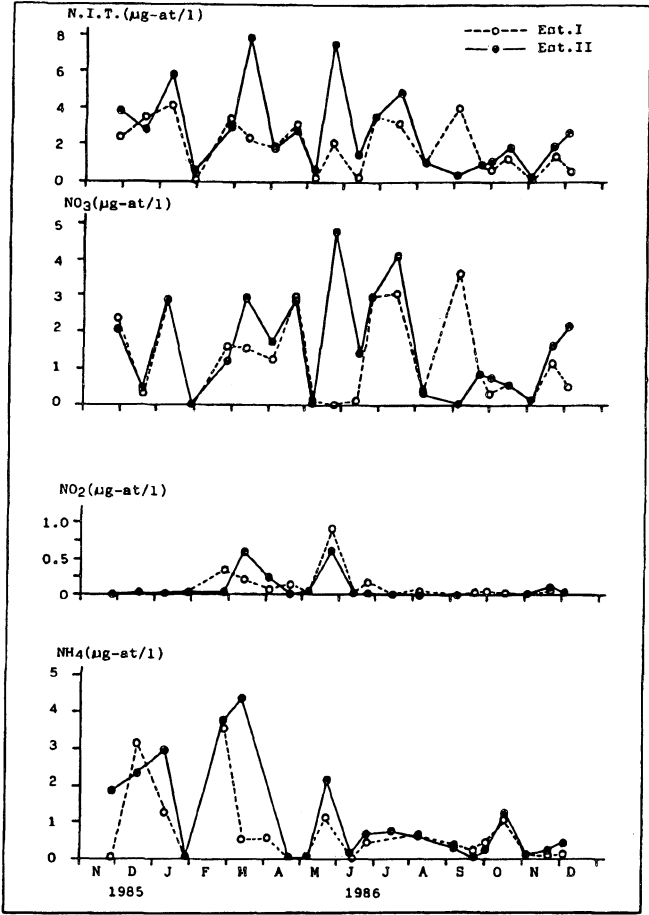


Fig. 7

Variação sazonal da concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido na superfície das estações I e II.

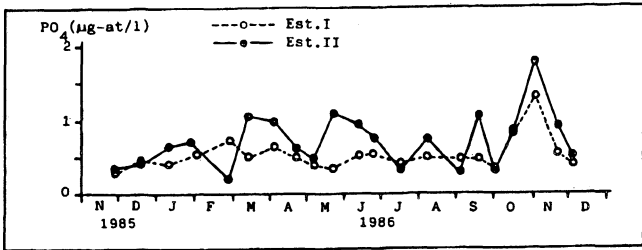


Fig. 8

Variação sazonal da concentração de fosfato na superfície das estações I e II.

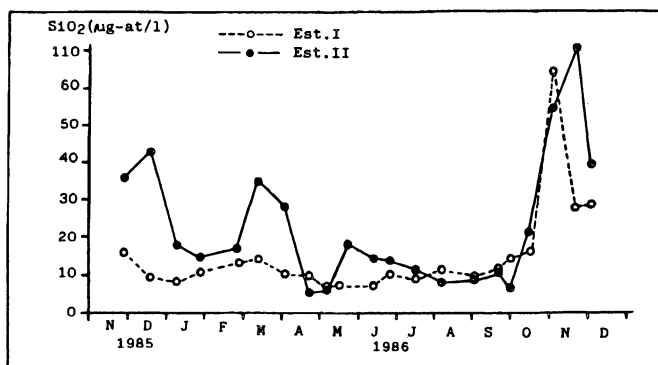


Fig. 9

Variação sazonal da concentração de silicato na superfície das estações I e II.

Concentração de material particulado e diatomáceas

A concentração de seston variou em função do regime de chuvas. A estação mais interna apresentou valor máximo de 51,96 mg/l em dezembro e mínimo de 3,85 mg/l em abril de 1986. Na estação I, a concentração variou de 4,20 a 33,96 mg/l com mínimo em setembro e máximo em dezembro de 1986 (Fig. 10).

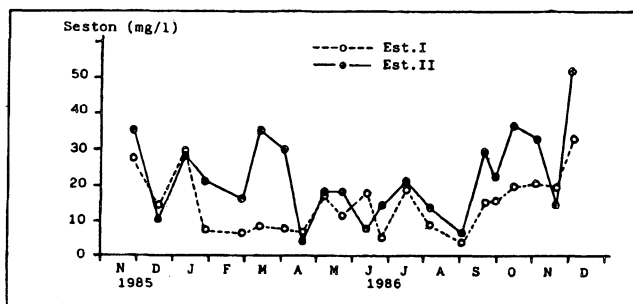


Fig. 10

Variação sazonal do seston na superfície das estações I e II.

A concentração de clorofila-*a* foi maior na estação II durante os meses de maior precipitação (verão), com máximo geralmente acima de 10mg/m³ (Fig. 11). O valor máximo foi de 13,23 mg/m³ em dezembro de 1986.

A análise quantitativa do fitoplâncton revelou que o maior número de organismos também ocorreu sempre na estação II (Fig. 12). Em ambas as estações os valores máximos foram encontrados no período do verão com 1.374.560 céls/l na estação II e 467.160 céls/l na estação I. A associação de diatomáceas em ambas as estações foi sempre dominada (90%) por espécies cêntricas, principalmente *Skeletonema costatum*, e os gêneros *Coscinodiscus* e *Chaetoceros*. *Asterionella glacialis* e várias espécies de *Nitzschia* dominaram entre as penadas.

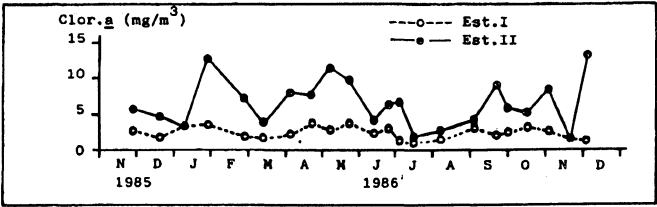


Fig. 11

Variação sazonal da concentração de clorofila-a na superfície das estações I e II.

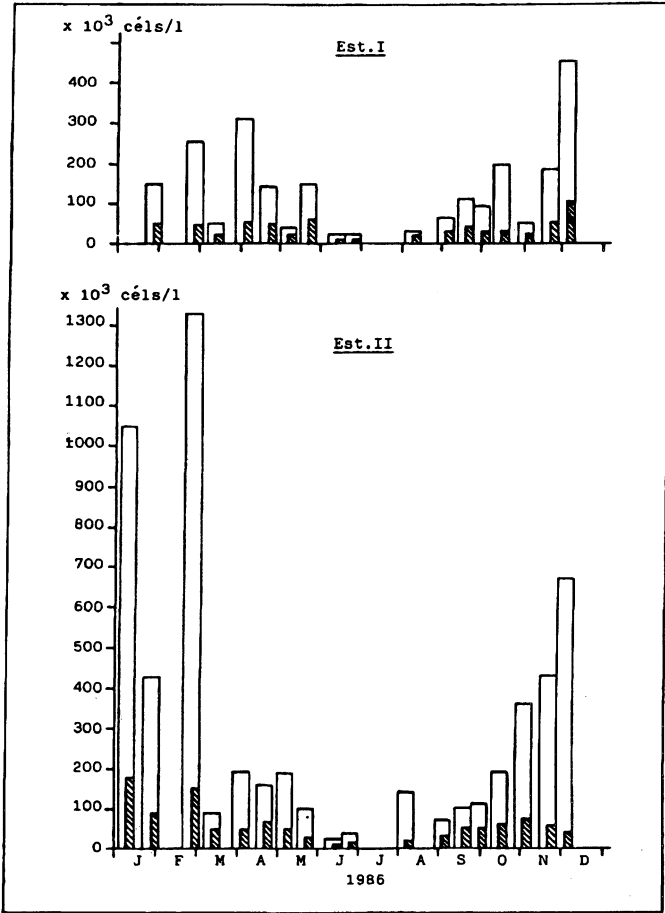


Fig. 12

Variação sazonal da concentração de diatomáceas cêntricas (barras brancas) e penadas (barras hachuradas) na superfície das estações I e II

Taxa de fotossíntese e relação fotossíntese x luz

As taxas de fotossíntese por unidade de volume e por unidade de clorofila-*a* foram maiores na estação II em todos os experimentos realizados, variando de 0,22 a 1,12 mgO₂/l/hr (22,2 a 293,1 mgO₂/mgClor-*a*/hr), em maio e março de 1986, respectivamente (Tabela 1). Taxas médias mais elevadas foram obtidas durante o verão chuvoso, decrescendo durante o inverno seco. Na estação I, o padrão de variação foi irregular e as taxas foram menores, variando entre 0,06 e 0,31 mgO₂/l/hr (31,4 e 101,6 mgO₂/mgClor-*a*/hr), em novembro e junho de 1986, respectivamente.

A fotoadaptação do fitoplâncton na superfície foi estudada em apenas 6 ocasiões, somente na estação II, através das curvas de fotossíntese vs luz incidente (em %) indicadas na Fig. 13. Em janeiro e abril, as taxas mínimas de fotossíntese em luz saturante (F_{máx}) foram de 0,6 e 0,5 mgO₂/l/hr, respectivamente, em intensidades de luz equivalentes a 50% da luz incidente. Em março e setembro não houve saturação e o F_{máx} foi de 0,9 e 0,6 mgO₂/l/hr, a 100% de luz incidente. Em junho e outubro, as características foram diferentes dos casos anteriores, com F_{máx} entre 0,1 e 0,2 mgO₂/l/hr em intensidades luminosas abaixo de 50% de luz incidente. A inibição da taxa de fotossíntese não foi observada em nenhum dos experimentos. Em todos os experimentos, a fotossíntese foi negativa ou próxima a zero à 1% de luz incidente, intensidade equivalente à base da zona eufótica. A taxa de respiração da comunidade total não ultrapassou 0,1 mgO₂/l/hr.

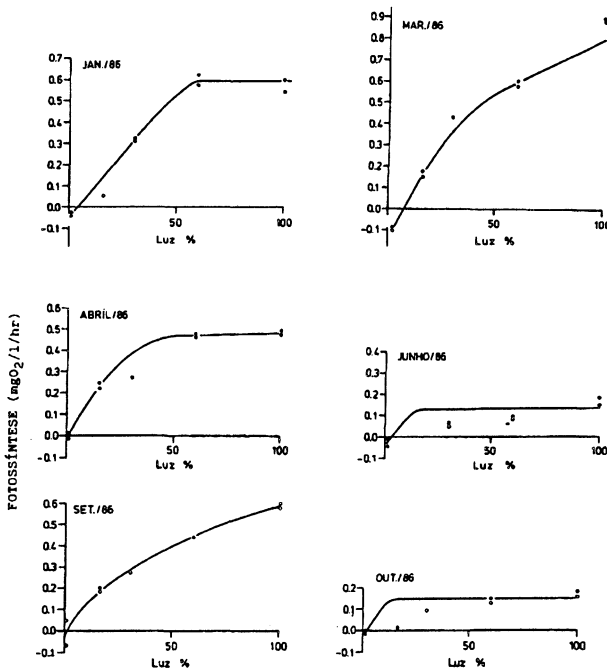


Fig. 13

Curvas de fotossíntese vs luz obtidas na superfície da estação II em diferentes períodos de 1986.

b) Variação diária (Figs.14 e 15)

18-19 de fevereiro de 1986 (verão)

A temperatura na superfície da estação I variou de 28 a 30.5°C, mais elevada entre 24:00 e 06:00 horas, e quase não variou na estação II, mantendo-se em torno de 28°C. A salinidade variou de 18 a 24 e de 14 a 19 ppm nas estações I e II, respectivamente, com valores menores entre 10:00 e 12:00 horas do dia 19. A amplitude de

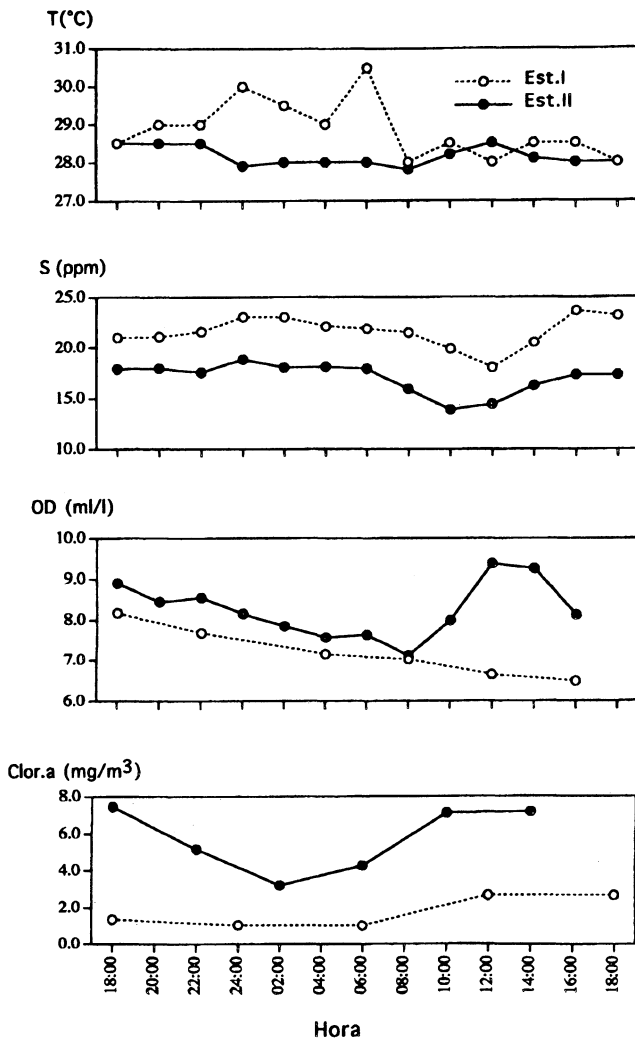


Fig. 14

Variação diária (24 horas) de parâmetros físico-químicos e clorofila-a na superfície das estações I e II, em 18-19 de fevereiro de 1986.

variação diária foi semelhante em ambas as estações. O teor de oxigênio dissolvido na estação I decresceu continuamente durante o ciclo diário. Na estação II, o oxigênio também diminuiu durante o período noturno, mas aumentou nas primeiras horas da manhã (seguindo o padrão de variação da clorofila-*a*) atingindo valores máximos acima de 9 mg/l entre 12 e 14:00 horas. A concentração de clorofila-*a* variou entre 1,0 e 2,6 mg/m³ na estação I e entre 3,2 e 7,2 mg/m³ na estação II. O padrão de variação diária foi semelhante em ambas as estações, com valores altos na maré baixa e vice-versa.

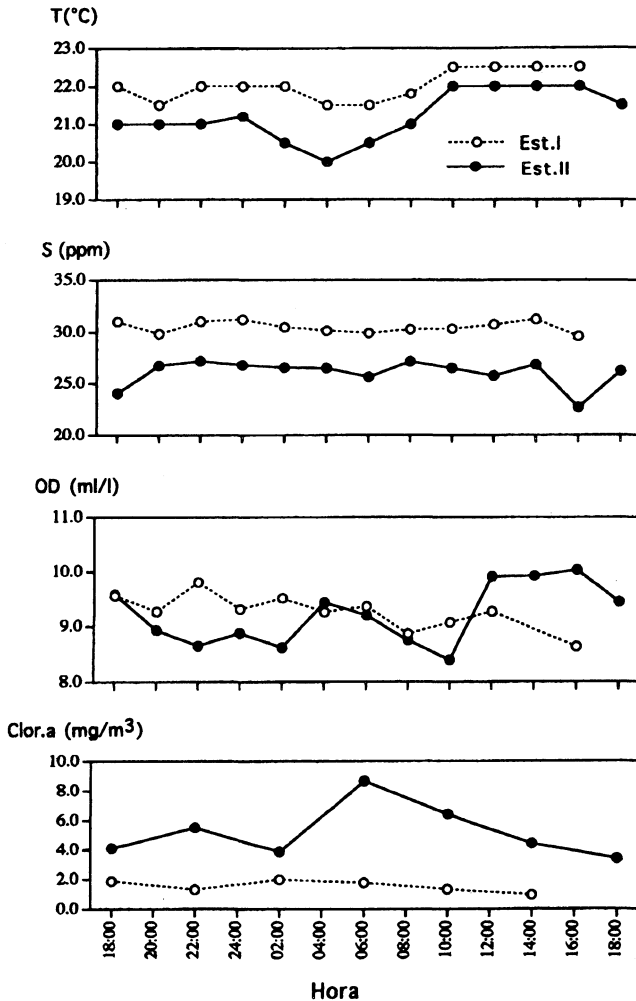


Fig. 15

Variação diária (24 horas) de parâmetros físico-químicos e clorofila-*a* na superfície das estações I e II, em 3-4 de junho de 1986.

3- 4 de junho de 1986 (inverno)

A amplitude da variação diária dos parâmetros hidrográficos foi semelhante ao observado no verão. O padrão de variação da temperatura (20 a 21,5°C) foi semelhante em ambas as estações com mínimos observados entre 02:00 e 06:00 horas e máximos entre 10:00 e 16:00 horas. A salinidade foi maior do que no verão, variando pouco entre 29,5 e 31,0 na estação I e entre 24,0 e 27,0 na estação II. O teor de oxigênio dissolvido variou de modo semelhante ao observado no verão, ou seja, decrescendo na estação I durante o ciclo diário mas aumentando na estação II durante o dia, a partir das 10:00 horas do dia 4. O valor mínimo foi de 8,39 mg/l às 10:00 horas, e o máximo foi de 10,03 mg/l às 16:00 horas obtidos na estação II. A concentração de clorofila-*a* na estação I variou pouco, entre 1,0 e 2,0 mg/m³. Na estação II a amplitude de variação foi maior, entre 3,4 e 8,7 mg/m³.

DISCUSSÃO

Hidrografia

A variação anual da temperatura na superfície da estação I está diretamente associada às mudanças sazonais na estrutura oceanográfica da plataforma adjacente (Matsuura, 1987; Brandini, 1990). Nos setores intermediários, representados pela estação II, acentuam-se os efeitos da climatologia que aumentam a amplitude de variação da temperatura, salinidade, nutrientes e material particulado, como observado anteriormente (Brandini, 1985a; Brandini *et al.*, 1988).

A concentração de oxigênio dissolvido em um determinado ponto varia em função de um somatório de fatores físico-químicos (salinidade, temperatura da água, etc.) e biológicos (respiração, fotossíntese, etc.), além dos fatores meteorológicos (ventos) e aqueles relacionados com a circulação da água já mencionados. Isso explica a variação irregular em ambas as estações (Fig.5). Níveis de supersaturação são frequentes, principalmente nos períodos mais quentes, quando a biomassa fitoplancônica e a atividade fotossintética são maiores (Brandini, 1985a). Os valores médios observados, não apenas no presente trabalho como também em trabalhos anteriores (Brandini, 1985a; Knoppers *et al.*, 1987; Brandini *et al.*, 1988), confirmam a supersaturação do oxigênio dissolvido na superfície de toda a baía.

A bacia de drenagem ao redor da Baía de Paranaguá contribui com grandes quantidades de ácidos húmicos típicos de ambientes produtores de detrito, provenientes dos manguezais (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1981) e das restingas. As flutuações do pH observadas na Fig.6 não apresentam um padrão regular provavelmente devido ao efeito conjunto do aporte de ácidos húmicos e água doce, da atividade fotossintética (que eleva o pH) e da temperatura.

A variação irregular da concentração de nitrogênio inorgânico total na superfície de ambas as estações, em qualquer escala temporal, é o resultado do caráter não conservativo do nitrogênio devido principalmente à atividade biológica. Analisando-se separadamente a variação sazonal dos três componentes principais do NIT, verifica-se um padrão regular na variação da concentração de amônia e nitrito, e irregular na variação do nitrato. O nitrato quase sempre domina os estoques de nitrogênio inorgânico

na superfície da baía (Brandini, 1985a; Brandini *et al.*, 1988), com exceção daqueles setores ricos em matéria orgânica onde a contribuição relativa de formas reduzidas (amônio e nitrito) aumenta, principalmente nos meses quentes e de precipitação elevada, quando aumenta o aporte fluvial e a regeneração biológica. A Fig.7D indica concentrações mais elevadas de amônio no início do período chuvoso (janeiro e fevereiro). O acúmulo de amônio altera a dinâmica dos processos regenerativos associados à atividade bacteriana, causando o aumento de nitrito a partir de fevereiro até o final do período chuvoso. Madariaga & Orive (1989) verificaram que as concentrações médias de amônia na Baía de Biscaia (Espanha) foram maiores do que as de nitrato durante o verão, enquanto que no inverno o nitrato foi o composto dominante do nitrogênio inorgânico total. Essa alternância de compostos nitrogenados oxidados e reduzidos na contribuição percentual do NIT, ao longo do ciclo sazonal, assemelha-se ao que foi observado no presente trabalho.

Brandini *et al.*, (1988) discutiram a complexidade do comportamento do fósforo inorgânico durante os processos de diluição da água do mar pela drenagem continental ao longo do eixo principal da baía. Além do consumo pelo fitoplâncton, esses autores sugerem que as flutuações temporais do fósforo estão associadas aos (i) processos de circulação e ressuspensão pela maré, (ii) variação na drenagem continental em função do regime de chuvas e (iii) processos físico-químicos. A descarga doméstica da cidade de Paranaguá contribui significativamente para o aumento do fósforo nos setores medianos da baía (Knoppers *et al.*, 1987). Brandini *et al.* (1988) também sugerem que a principal fonte de fósforo inorgânico é o sedimento das áreas internas da baía, e Rebello & Brandini (1990) verificaram que a contribuição das áreas urbanas tem um efeito localizado. Em ambientes estuarinos, os mecanismos físico-químicos responsáveis pela adsorção do fósforo inorgânico no material particulado em suspensão, e sua conseqüente retirada da zona eufótica por sedimentação, foram discutidos em detalhes por Parks (1975) e Liss (1976). Os mesmos mecanismos são sugeridos para as seções medianas da Baía de Paranaguá. Essas áreas intermediárias, representadas pela estação II, estão evidentemente mais sujeitas à ação de todos esses fatores no que se refere à variação sazonal do fosfato. Tanto as concentrações de fosfato quanto a sua variabilidade são quase sempre maiores nos setores mais internos da baía. Nas áreas representadas pela estação I, as concentrações de fosfato flutuam menos e são semelhantes aos valores médios registrados anteriormente nas regiões costeiras adjacentes (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990).

De um modo geral, a demanda de sílica pelas diatomáceas parece ser pequena em relação ao aporte para o ambiente pelágico da baía e, conseqüentemente, o excedente comporta-se conservativamente durante os processos de mistura (Knoppers *et al.*, 1987; Brandini *et al.*, 1988). Entretanto, houve uma demanda considerável na estação II, em janeiro e fevereiro de 1985, quando as concentrações de diatomáceas foram comparativamente maiores do que nos outros períodos (vide Fig.12). Apesar do consumo biológico nesse período, o padrão de variação sazonal do silicato (Fig.9) mostrou uma relação positiva com o regime pluviométrico, principalmente na estação II, aumentando nos períodos de maior precipitação. Como no caso do fosfato, as concentrações médias

do setor mais externo foram semelhantes aos valores observados na plataforma por Brandini *et al.* (1989) e Brandini (1990).

A concentração de seston orgânico na Baía de Paranaguá, principalmente constituído por detritos provenientes dos manguezais e restingas, está diretamente associada ao regime de chuvas como já observado em trabalhos anteriores feitos na baía (Knoppers & Optiz, 1984; Brandini *et al.*, 1988; Rebello & Brandini, 1990) e em ecossistemas semelhantes (Tundisi *et al.*, 1978).

As variações diárias provavelmente não interferem na análise dos padrões de variação sazonal obtidos, pelo menos nos setores externos representados pela estação I. Sassi (1991) demonstrou que no estuário do Rio Paraíba do Norte a variação anual de dados hidrográficos obtidos na maré baixa não é significativamente diferente da variação dos dados obtidos em maré alta. Na estação II, localizada no setor estuarino propriamente dito, a variabilidade e a amplitude de variação dos resultados foram comparativamente maiores em relação à estação I (com exceção da temperatura), tanto em escala diária quanto sazonal, e devem estar associadas aos ciclos de maré, aporte fluvial (indiretamente ao regime pluviométrico) e fatores biológicos.

Composição, biomassa e fotossíntese do fitoplâncton

O fitoplâncton da Baía de Paranaguá é geralmente dominado por diatomáceas (Moreira-Filho *et al.*, 1975; Moreira-Filho & Valente-Moreira, 1984; Oliveira, 1984). *Skeletonema costatum* foi a espécie numericamente dominante durante o verão chuvoso, como observado em trabalhos anteriores feitos na baía (Brandini, 1985b) e em outras regiões da costa sudeste brasileira (Kutner, 1974; Brandini, 1982). Os gêneros *Coscinodiscus* e *Chaetoceros* apresentaram um padrão de variação sazonal irregular. No grupo das Pennales, a variação sazonal reflete basicamente o comportamento da espécie dominante, *Thalassionema nitzschioides*, que assim como no caso das Centrales, apresenta uma relação positiva com o regime pluviométrico. Nesse grupo estão incluídas principalmente espécies bentônicas dos gêneros *Navicula*, *Cocconeis* e *Diploneis*, cuja ocorrência irregular em amostras de fitoplâncton deveu-se provavelmente à ressuspensão do fundo na maré enchente e à climatologia.

As relações entre salinidade, nutrientes e biomassa fitoplancônica na costa brasileira foram poucas vezes discutidas (Brandini, 1982). A salinidade parece ser um dos principais fatores que favorecem o desenvolvimento de diatomáceas em ambientes estuarinos. De acordo com Ricard (1984), elas se desenvolvem melhor nos setores estuarinos com salinidade entre 10 a 15 ppm. Na Baía de Paranaguá as maiores concentrações de clorofila-*a*, normalmente associadas a "blooms" de diatomáceas, são quase sempre observadas nos setores medianos (Brandini, 1985a; Brandini *et al.*, 1988) com salinidades entre 15 e 25 ppm. No entanto, ainda resta esclarecer se o aumento das diatomáceas nos períodos chuvosos está mais relacionado com o decréscimo da salinidade na baía ou com o aumento da concentração de nutrientes, como resultado da drenagem continental.

Nos setores mais internos, com salinidades mais baixas (Brandini, 1985a; Brandini *et al.*, 1988), o nitrogênio inorgânico ocorre em concentrações comparativamente mais elevadas do que os valores observados na plataforma adjacente (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990) sob a forma de nitrato e amônia. Entretanto, a alta turbidez

desses setores diminui a zona eufótica limitando o crescimento fitoplancetônico. Nos setores mais externos (estação I) o decréscimo da turbidez aumenta a zona eufótica, mas o desenvolvimento do fitoplâncton pode ser limitado por concentrações mais baixas do nitrogênio inorgânico e salinidades mais elevadas.

Nos setores intermediários, representados pela estação II, a densidade celular tende a ser maior, uma vez que o fitoplâncton é mais favorecido pelo efeito conjunto de condições suficientemente adequadas de salinidade, espessura da zona eufótica e concentração de nutrientes, e menos pelo efeito exclusivo de apenas um desses fatores, mesmo que em condições ideais.

As taxas de fotossíntese obtidas são insuficientes para uma análise precisa da dinâmica temporal da produtividade do fitoplâncton na Baía de Paranaguá. As taxas mais elevadas observadas na estação II, em comparação com a estação I, devem-se à maior biomassa fitoplancetônica nos setores mais internos que normalmente revelam o maior potencial de produção na superfície. Entretanto, a eficiência fotossintética pode ser maior nos setores externos, como ocorreu nos dias 22 de maio, 26 de junho e 16 de outubro de 1986 (vide Tabela I). Brandini & Aruga (1983) obtiveram taxas de fotossíntese na superfície da Baía de Tóquio variando entre 0,1 e 3 mgO₂/l/hr. Esses valores são em média três vezes superiores aos obtidos na Baía de Paranaguá, devido à eutrofização antropogênica. As taxas de fotossíntese por unidade de clorofila-*a*, obtidas no presente trabalho (22,1-293,1 mgO₂/mgClor.*a*/hr, est.II), variaram dentro de intervalos semelhantes aos obtidos nas áreas internas da Baía de Tóquio (9,5-80 mgO₂/mgClor.*a*/hr).

Considerações gerais

Apesar da drenagem continental, a Baía de Paranaguá é dominada pela água costeira adjacente, e todos os eventos hidrográficos da plataforma afetam a dinâmica temporal dos nutrientes e do fitoplâncton em seu interior. De acordo com Scott (1979), uma série de trabalhos realizados na costa sueste da Austrália, cuja posição geográfica no Giro Subtropical do Oceano Pacífico corresponde à região sueste do Brasil em relação ao Giro Subtropical do Atlântico Sul, comprovam os efeitos do regime hidrográfico da plataforma sobre a dinâmica espaço-temporal dos nutrientes e do fitoplâncton nas áreas costeiras. Por exemplo, as intrusões da ACAS sobre a plataforma enriquecem a zona eufótica das regiões costeiras, provocando aumentos da biomassa fitoplancetônica, como observado em trabalhos recentes feitos na região sueste (Matsuura, 1987; Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990). Estas intrusões afetam a estrutura da comunidade fitoplancetônica da Baía de Paranaguá, juntamente com o regime climático.

Em escala sazonal, o efeito conjunto das condições meteorológicas com o regime hidrográfico da plataforma foram os responsáveis pelos padrões de variação temporal da salinidade e da biomassa fitoplancetônica observados em ambas as estações. O regime de chuvas também regula os padrões de variação sazonal de nutrientes e clorofila-*a*, principalmente nas áreas internas da baía. O comportamento sazonal dos nutrientes em ambas as estações foi semelhante, revelando a ocorrência defasada e sequencial dos picos de abundância de amônia, nitrito e nitrato. A irregularidade dos padrões de variação diária dos nutrientes está associada ao consumo biológico, regeneração

bacteriana e aos "inputs" contínuos via aporte fluvial e ressuspensão do fundo durante os ciclos da maré.

AGRADECIMENTOS

À Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM, pelo apoio financeiro ao projeto interdisciplinar, no âmbito do qual este trabalho foi conduzido. À Coordenação de Apoio à Pesquisa e Ensino Superior - CAPES, pela concessão da Bolsa de Mestrado para Carola A. C. Thamm, através do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

ABSTRACT

The seasonal dynamics of surface phytoplankton in relation to the environmental parameters were studied at two routine stations during daily and yearly cycles in the Bay of Paranaguá, Paraná State (Brazil). Surface water samples were collected from November 1985 to December 1986, for measuring basic physico-chemical parameters (temperature, salinity and nutrients), seston, chlorophyll *a*, phytoplankton density and composition. Photosynthetic rates were measured with the oxygen technique, and photosynthesis vs. irradiance relationships were analyzed at both stations. A well defined pattern of rainfall regime was observed during the study period, affecting the seasonal trends of seston, silicate and diatom densities. Ammonium was more abundant during summertime with high pluviosity whilst nitrate dominated the pool of inorganic nitrogen during the dry periods. The phytoplankton at both stations were made up mainly by neritic diatoms dominated by *Skeletonema costatum* during summer. Benthic and freshwater species were frequent but always in lower densities. Seasonal changes of nutrients and phytoplankton biomass were discussed in relation to precipitation and the hydrographic regime in the adjacent shelf.

Key Words: phytoplankton, chlorophyll-*a*, nutrients, seasonal variation, daily variation, Paranaguá Bay, Southern Brazil.

RESUMO

Foram estudadas a composição, biomassa e a fotossíntese do fitoplâncton e alguns parâmetros físico-químicos na superfície de duas estações fixas na Baía de Paranaguá (PR, Brasil), em escalas diária e sazonal. A Est.I localiza-se no setor mais externo da baía, dominado por águas da região costeira adjacente, e a Est.II localiza-se no setor mediano, com características estuarinas. Seston, silicato e concentração de diatomáceas na superfície de ambas as estações apresentaram um padrão de variação sazonal associado à pluviosidade, aumentando nos períodos de maior precipitação. A concentração de clorofila-*a* na superfície variou de 1,32 a 3,82 e de 1,54 a 13,23 mg/m³ nas estações I e II, respectivamente. A taxa de fotossíntese na superfície, obtida pela técnica do O₂, foi maior na estação II, variando de 0,22 a 1,12 mgO₂/l/hr. Variações na fotoadaptação da população fitoplanctônica foram observadas através de curvas FxL, obtidas na superfície da estação II em diferentes períodos sazonais. Em ambas as estações o fitoplâncton foi dominado por *Skeletonema costatum* durante o verão. As densidades máximas foram observadas na estação II (máx. 1374 x 10³ céls/l). Espécies epífitas, epipélicas e de água doce também foram freqüentes mas em pequenas concentrações. As mudanças temporais na biomassa fitoplanctônica e na concentração de nutrientes em escala sazonal são discutidas em relação ao regime pluviométrico e aos processos hidrográficos na plataforma adjacente.

Palavras-chave: fitoplâncton, biomassa, fotossíntese, nutrientes, variação diária, variação sazonal, Baía de Paranaguá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDINI, F. P. 1982. Variação nictimeral de alguns fatores ecológicos na região de Cananéia. *Arq Biol Tecnol* 25(3/4):313-327.
- _____. 1985a. Seasonal Succession of the Phytoplankton in the Bay of Paranaguá (Paraná State-Brazil). *Rev Brasil Biol* 45(4):687-694.
- _____. 1985b. Ecological Studies in the Bay of Paranagua.I. Horizontal distributions and seasonal dynamics of the phytoplankton. *Bolm Inst oceanogr S Paulo* 33(2):139-147.
- _____. 1990. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). *Hydrobiologia* 196 (2):111-148.
- _____. & ARUGA, Y. 1983. Phytoplankton biomass and photosynthesis in relation to the environmental conditions in Tokyo Bay. *Jap J Phycol* 31(3):129-147.
- _____.; THAMM, C. A. H. & VENTURA, I. 1988. Ecological studies in the Bay of Paranagua.III. Seasonal and spatial variations of nutrients and chlorophyll-a. *Neritica* 3(1):1-30.
- _____.; MORAES, C. L. B. & THAMM, C. A. C. 1989. shelf break upwelling, subsurface maxima of chlorophyll and nitrite, and vertical distribution of a subtropical nano-microplankton community off southeastern Brazil. In: F. P. Brandini (ed), *Memórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton*, Curitiba, Paraná, p.47-55.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1981. Proposta para estudo dos recursos de marismas e manguezais. *Relat int Inst oceanogr S Paulo* 10:1-13.
- HASLE, G. R.(ed). 1978 *Phytoplankton Manual*, UNESCO, p.191-196.
- JEFFREY, S.M. & HUMPHREY, G. F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c* and *c2* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Physiol Pflanz* 167:191-194.
- KNOPPERS, B. A. & OPTIZ, S.S. 1984. An annual cycle of particulate organic matter in mangrove waters, Laranjeiras Bay, Southern Brazil. *Arq Biol Tecnol* 27(1):79-93.
- _____.; BRANDINI, F. P. & THAMM, C. A. C. 1987. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II. Some physical and chemical characteristics. *Neritica* 2(1):1-36.
- KUTNER, M. B. 1974. Seasonal variation and phytoplankton distribution in Cananéia region, Brazil. *Publ n. 361 Inst Oceanogr da USP*, 17 p.
- LIDDICOT, M. I., TIBBITTS, S. & BUTTER, E. I. 1975. The determination of ammonia in seawater. *Limnol Oceanogr* 20,131-213.
- LISS, P.S. 1976. Conservative and non-conservative behavior of dissolved constituents during estuarine mixing. In: J. D. Burton (ed), *Estuarine Chemistry*, Academic Press, London, p.93-127.
- MADARIAGA, I. & ORIVE, E. 1989. Spatio-temporal variations of size-fractionated primary production in the Gernika estuary. *J Exp Mar Biol Ecol* 127:273-288.
- MATSUURA, Y. 1987. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura* 38:1439-1450.
- MOREIRA-FILHO, H. & VALENTE-MOREIRA, I. M. 1984. Catálogo das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Biol Par* 13(1-4):3-49.
- _____.; _____. & CECY, I. 1975. Diatomáceas da Baía de Paranaguá. *Bol Mus Bot Munic*, Curitiba, 20:1-23.
- OLIVEIRA, R. J. M. 1984. Contribuição ao conhecimento das diatomáceas (Bacillariophyceae) no plâncton estuarino do Rio Itiberê, Município de Paranaguá, Estado do Paraná, Brasil. Tese de Mestrado, Depto de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, 435p.
- PARKS, G. A. 1975. Adsorption in the marine environment. In: J. P. Riley and G. Skirrow (eds), *Chemical Oceanography*, vol.1 (2nd ed.), Academic Press, London, New York, San Francisco, p.241-308.
- REBELLO, J. & BRANDINI, F. P. 1990. Variação temporal de parâmetros hidrográficos e material particulado em suspensão em dois pontos fixos da Baía de Paranaguá, Paraná (junho/87-fevereiro/88). *Neritica* 5(1):95-111.
- RICARD, M. 1984. Primary production in mangrove lagoon waters. In: F. D. Por (ed), *Hydrobiology of the Mangal. The ecosystem of the mangrove forests*, The Haugue, Dr. W. Junk Publ., p.163-177.

- SASSI, R. 1991. Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte River Estuary, northeastern Brazil: composition, distribution and quantitative remarks. *Bolm Inst oceanogr S Paulo* 39:93-115.
- SCOR-UNESCO. W. G. 1966. *Determination of photosynthetic pigments*, UNESCO Monogr Oceanogr Methodol 1:9-18.
- SCOTT, B. D. 1979. Seasonal variations of phytoplankton production in an estuary in relation to coastal water movements. *Aust J Mar Freshwater Res* 30:449-461.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. 1968. *A practical handbook of sea water analysis*. Bull Fish Res Bd, Canada 167, 341 p.
- TEIXEIRA, C. 1973. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. *Bolm Inst oceanogr S Paulo* 22:59-92.
- TUNDISI, J. G.; TEIXEIRA, C.; TUNDISI, T. M.; KUTNER, M. B. B. & KINOSHITA, L. 1978. Plankton studies in a mangrove environment. IX. Comparative investigations with coastal oligotrophic waters. *Rev Brasil Biol* 39(2):301-320.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt int Vertheor angew Limnol* 9:1-38.
- VOLLEINWEIDER, R 1969. *A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments*, 2nd ed. IBP Handbook No.12. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, 225 p.

Tabela 1. Taxas de fotossíntese (mgO₂/l/hora) obtidas na superfície das estações I e II, Baía de Paranaguá.

DATA	Est. I	Est. II
27.11.85	0,06	0,37
17.12.85	-	0,33
28.01.86	0,16	0,69
19.02.86	-	0,87
13.03.86	0,15	1,12
23.04.86	0,14	0,51
22.05.86	0,12	0,22
04.06.86	-	0,23
25.06.86	0,31	0,34
03.09.86	-	0,30
01.10.86	0,21	0,46
16.10.86	0,25	-

MARÉS METEOROLÓGICAS NO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ: O EVENTO DE 18 DE AGOSTO DE 1993

Eduardo MARONE*
Ricardo de CAMARGO*

INTRODUÇÃO

Define-se maré meteorológica como sendo a diferença entre a maré realmente observada e a maré astronômica (Pugh, 1987). Duas causas provocam a maré meteorológica: as variações da pressão atmosférica e a troca de *momentum* entre a atmosfera e o mar. Em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são da ordem de 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do mar.

O fator mais importante para a geração da maré meteorológica é a pista de vento ("fetch"), que é o tamanho da área oceânica onde efetivamente ocorre a troca de *momentum* entre o ar e o mar. É necessário que a atuação do vento se mantenha por certo tempo, de modo a transferir energia suficiente para que este efeito seja importante ou até predominante. Esta transferência de energia cinética se dá pela tensão de cisalhamento (atrito) causando efeitos em várias escalas de espaço e tempo, como as ondas capilares, as ondas de gravidade superficial e as variações do nível médio do mar. Trata-se, portanto, de um fenômeno não-linear pois a energia é transferida para diferentes bandas do espectro das alturas do mar (Marone, 1991).

A maré meteorológica é portanto, responsável pelo aumento ou diminuição do nível do mar em relação às marés astronômicas observadas num dado local. Este fenômeno é geralmente mais importante quando os registros são maiores do que aqueles previstos pela maré astronômica, o que implica em intrusão de água do mar em locais onde isso normalmente não acontece, causando grandes inundações. Nestas situações extremas, é comum ocorrer ondas de superfície com grande poder destrutivo, fenômeno conhecido por ressaca que, segundo Magliocca (1987), refere-se às ondas de perfil assimétrico que se quebram ao longo das praias formando extensos rolos brancos de espuma. A ressaca ("storm surge") é mais intensa dependendo da amplitude e período

*Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Av. Beira Mar s/n, Pontal do Sul - PR, 83255-000, Brasil

das ondas e também das condições do tempo e, geralmente, acompanha as marés meteorológicas significativas. No entanto, a inundação pode persistir por mais tempo do que as ondas.

A maioria dos estudos sobre a influência meteorológica na plataforma brasileira tem sido feita através da aplicação de modelos numéricos hidrodinâmicos. Harari (1985) estudou a composição da circulação astronômica dos principais componentes de maré com efeitos de campos de pressão atmosférica e vento em períodos caracterizados por elevações excepcionais do nível do mar, através da consideração de dados provenientes de estações meteorológicas situadas na costa. Castro Filho (1985) estudou a resposta da plataforma sudeste do Brasil, em frequências de submarés, forçada por condições típicas de inverno, considerando dados do "National Meteorological Center". Pereira (1987) estudou a influência de ciclones extratropicais com frentes frias associadas sobre frentes oceânicas no litoral do Sul do Brasil. Stech (1990) comparou a dinâmica da plataforma sudeste brasileira com a South Atlantic Bight nos EUA, simulando a atuação de campos de vento fornecidos por modelos conceituais de frentes frias, dados observados e informações de cartas sinóticas. Camargo (1991) utilizou uma metodologia baseada em cartas sinóticas para incluir os efeitos meteorológicos, que foram sobrepostos aos efeitos astronômicos em períodos também caracterizados por grandes elevações do nível do mar na plataforma sudeste do Brasil. Como se vê, os efeitos sobre o oceano de campos de vento associados à passagem de frentes frias são muito importantes, e nesses trabalhos pode-se observar a extensão do fenômeno em questão.

Este trabalho procura identificar os fatores que tiveram importância para o evento de 18 e 19 de agosto de 1993, quando ocorreu uma excepcional maré meteorológica no litoral sudeste do Brasil, afetando diversas cidades com inundações e com a atuação de fortes ondas. Será dada ênfase ao Estado do Paraná, onde as consequências foram sérias, causando perdas do patrimônio público e privado, principalmente em Matinhos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizadas cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície para o período de 15 a 20 de agosto de 1993, elaboradas pelo Serviço Meteorológico Marinho, órgão do Ministério da Marinha (Fig. 1) e imagens do satélite METEOSAT-4, obtidas no Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (Fig. 2) correspondentes ao mesmo período.

Para complementação foram utilizados dados das alturas horárias do nível do mar obtidos no Porto de Paranaguá pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) durante o mês de agosto de 1993 (Fig. 3), observações visuais realizadas durante o evento na régua de maré instalada no Porto de Embarque do Centro de Estudos do Mar e dados meteorológicos de pressão atmosférica (Fig. 4) e vento (Fig. 5) amostrados a cada 30 minutos pela estação meteorológica automática do CEM em Pontal do Sul.

A influência meteorológica nas alturas do nível do mar foi avaliada através da comparação de observações com previsões para o Porto de Paranaguá, subtraindo os valores de marés previstos (Franco, 1981) dos dados observados, de modo a separar as componentes astronômica e meteorológica do registro de maré.

RESULTADOS

A sequência de cartas sinóticas da Figura 1 mostra a evolução de um sistema frontal, que se desloca desde o norte da Argentina até o Estado do Espírito Santo durante todo o período. Pode-se observar também o rápido deslocamento de um segundo sistema frontal que aparece no extremo sul do continente sul-americano no terceiro dia e que no quarto dia já se estende até a Baía do Prata. Este segundo sistema aparentemente afetou toda a situação sinótica a partir do dia 16, comprimindo a alta pressão sobre o continente até o dia 19 e provocando a oclusão total do primeiro sistema no dia 20. Além disso, nos dias 17, 18 e 19, pode-se observar a grande pista de vento sobre o oceano, gerada pela combinação das circulações destes centros de alta e baixa pressão.

Nas imagens de satélite (Fig. 2) é possível acompanhar a evolução à qual se referem as cartas sinóticas da Figura 1. Neste conjunto de fotos, observa-se a evolução de dois sistemas frontais: um sobre o Atlântico e o outro ainda sobre o Pacífico em 15 de agosto. Estas frentes apresentaram grande organização do primeiro para o terceiro dia. Neste período também pode se observar que há predominância de nuvens baixas entre as duas frentes citadas, caracterizando subsidência de massas de ar, o que evidencia a presença de um centro de alta pressão evoluindo sobre o continente. De 16 para 17 de agosto, observa-se que o sistema mais a oeste deslocou-se mais rapidamente e encostou no primeiro. Esta aproximação certamente foi importante para a oclusão ocorrida com o sistema mais a leste, entre 17 e 18 de agosto. A foto do dia 19 mostra com bastante clareza esta oclusão. Além dessas características, pode-se observar a progressiva interação do sistema frontal com a organização da convecção nas latitudes mais baixas, a partir do terceiro dia. Deve ser ainda destacada a presença nítida de um jato sub-tropical que se apresenta na direção zonal sobre o continente, nas imagens dos dias 18 a 20.

Pode-se notar que entre 15 e 20 de agosto de 1993, correspondente a um período de sizígia, houve um aumento anormal do nível do mar no Porto de Paranaguá (Fig. 3). Este grande aumento foi observado em 18 de agosto, quando a maré atingiu 3,5 metros, isto é, cerca de 80 cm acima da preamar prevista para este dia. Este fenômeno deve-se exclusivamente aos efeitos de origem meteorológica, referentes à combinação da passagem de uma frente fria sobre o oceano associada a um centro de alta pressão sobre o continente.

Na Figura 4 pode-se notar duas grandes quedas na série de pressão atmosférica em agosto de 1993 em Pontal do Sul: uma entre os dias 5 e 10 e outra por volta do dia 30, mas nada muito intenso ou brusco. Nota-se também que houve uma pequena queda na pressão atmosférica no dia 17. Estes abaixamentos na pressão se referem à passagem

de frentes frias na área. Além desses vales, notam-se dois períodos caracterizados por altas pressões, um antes do dia 5 e outro logo depois do dia 20.

No "stick-plot" dos dados de vento de agosto de 1993 em Pontal do Sul (Fig. 5) cabe esclarecer que ventos do quadrante sul estão representados por barras no lado positivo do eixo das ordenadas como, por exemplo, no entorno da hora 200. Os ventos não apresentam intensidades anormais, variando dentro da faixa usual para a época e região. Pode-se notar as viradas em alta frequência na direção do vento, as quais estão relacionadas com as circulações locais do tipo brisa marítima, e as viradas de direção com períodos mais duradouros, relativas à aproximação de centros de baixa pressão.

As diferenças entre observação e previsão para o Porto de Paranaguá foram maiores em 18 de agosto (Fig. 6). A previsão efetuada se baseia na análise harmônica do registro maregráfico do porto, referente ao ano de 1990, na qual só são consideradas as componentes aprovadas em testes estatísticos.

DISCUSSÃO

As cartas sinóticas produzidas pelo Serviço Meteorológico Marinho mostram que os sistemas não apresentaram forte ciclogênese com grande queda na pressão atmosférica de superfície e que houve um deslocamento bastante rápido do segundo sistema frontal em direção ao oceano. Os ventos observados nas estações costeiras foram de moderados a fortes na retaguarda da frente, nos três primeiros dias. Nestes dias, os ventos foram formados pela combinação de uma circulação anti-ciclônica sobre o continente com a circulação ciclônica do sistema frontal. Infelizmente, dados de pressão e vento sobre o oceano nesta área são escassos, o que não permite uma avaliação dos valores. Sendo assim, deve-se enfatizar que a confecção destas cartas sinóticas sobre o mar, onde não se dispõe de dados, inclui muita subjetividade por parte dos técnicos. Desta forma, é preciso tomar cuidado na utilização destas cartas quando se pretende realizar um estudo mais aprofundado.

De qualquer maneira, as cartas sinóticas evidenciam a pista de vento formada nos dias 17 a 19 de agosto. Pode-se dizer que a extensão da pista de vento de quadrante sul no dia 17, véspera do evento, foi de aproximadamente 15° de latitude por 10° de longitude, e por volta desse valor nos dias 18 e 19. Nada se pode afirmar sobre os valores de intensidade do vento sobre a superfície do oceano devido à escassez de dados. No entanto, devido ao rápido avanço do segundo sistema citado anteriormente e as alturas do nível do mar na costa, o vento deve ter sido forte.

Observa-se portanto, que o distúrbio no mar ocorreu na retaguarda da frente, a qual se apresentava pouco intensa sobre o continente, com abaixamentos de pressão e ventos não excepcionais, como observado em Pontal do Sul (Figs. 4 e 5).

Os registros de maré foram computados visando separar a influência meteorológica (Fig. 6). Observa-se uma oscilação em baixa frequência ao redor de zero e acima desta uma oscilação em alta frequência. As variações em alta frequência estão associadas a efeitos não-lineares presentes nas séries de maré da Baía de Paranaguá (Camargo, 1991; Marone & Camargo, 1993; Marone & Camargo, no prelo) enquanto que as de

baixa frequência são relacionadas aos efeitos meteorológicos (Castro Filho, 1985; Stech & Lorenzetti, 1992; Camargo & Harari, no prelo). Em 18 de agosto esta diferença foi de cerca de 80 cm, perdurando por quase um dia, como evidência da maré meteorológica ocorrida na ocasião. Na régua de maré do CEM foi visualmente observada uma diferença de 80 cm acima do nível da preamar astronômica correspondente a tarde do dia 18 de agosto. A previsão de maré para o porto de embarque do CEM se baseia na análise harmônica (Franco, *op. cit.*) do registro obtido em julho e agosto de 1992.

Considerando-se o aumento de 80 cm do nível do mar em 18 de agosto, acima da previsão para pontos da Baía de Paranaguá, e os 600 km² de área de drenagem, chega-se a um volume excedente de 4.8×10^8 m³ de água, represados somente na Baía de Paranaguá.

Num caso extremo como este, o aumento significativo do nível do mar e das ondas de superfície produz consequências duplamente destrutivas nas regiões costeiras, tais como enchentes com água salgada, que danificam materiais com mais facilidade do que a enchente de água doce. Além disso, ondas fortes que acompanham o fenômeno podem destruir estruturas costeiras e praias. Soma-se também o fato de que o aumento considerável do nível do mar permite que a ação das ondas seja sentida numa área não atingida pela água nem nas maiores preamares de sizígia. No entanto, a ação de ondas destrutivas fica mais restrita a locais expostos a mar aberto, nos quais os estragos podem ser bem maiores, como em Matinhos, no litoral sul do estado. De qualquer forma, nestas "ressacas" existe sempre uma grande erosão causada pelo aumento do nível do mar e pelas fortes correntes. Relata-se que em vários locais da Baía de Paranaguá ocorreram desbarrancamentos e que na Ilha do Mel, a ação das ondas fazia com que água passasse de um lado para o outro do istmo.

Quando um evento desses acontece, toda a plataforma continental sente a presença de um acúmulo de água na costa, ou seja, a extensão do fenômeno é de centenas de quilômetros com duração de dezenas de horas. Por outro lado, a ação de grandes ondas é um efeito localizado, determinado principalmente pela inclinação e forma do fundo do mar, ou seja, uma mesma onda ao atingir diferentes locais, pode ou não ser amplificada. É importante saber que ondas grandes são formadas longe da costa, em mar profundo, e modificadas distintamente de local para local. Neste evento de agosto de 1993, a maré meteorológica também foi observada em São Paulo e Rio de Janeiro, mas com menor amplitude, uma vez que a perturbação atmosférica estava em decaimento.

A ocorrência de frentes frias nesta região, independente da estação do ano, é relativamente alta (Girardi, 1972; Kousky, 1978), mas nem todos os sistemas frontais chegam a causar importantes marés meteorológicas, como se pôde observar em agosto de 1993. É necessário que haja uma conjunção de fatores que propicie o fenômeno, tais como (i) a rápida intensificação de uma frente ao alcançar o oceano, experimentando forte ciclogênese devido ao maior suprimento de umidade, cujos ventos associados podem causar empilhamento de água na costa, ou então (ii) a combinação dos efeitos de um centro de baixa pressão sobre o mar e um centro de alta pressão sobre o continente, criando uma verdadeira pista de ventos de quadrante sul sobre o oceano, os

quais tendem a acumular água contra a costa pelo transporte de Ekman. Esta segunda situação foi a responsável pelo evento em discussão e de alguns outros eventos de marés meteorológicas significativas já observados. Desde o evento de 18 de agosto, já ocorreram outras ressacas, como as de dezembro de 1993 e de março e abril de 1994. O acontecimento de 8 de abril foi desastroso para diversas cidades litorâneas e para a operação dos portos da região sul, com um grande aumento do nível do mar associado à presença de fortes ondas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do número de frentes frias ser maior durante o inverno, não se pode afirmar que ressacas não ocorram em outras épocas do ano. Os fatores que propiciam este fenômeno não estão diretamente relacionados com as estações do ano. Infelizmente, para este trabalho não se dispõe de um conjunto de observações mais abrangente, como por exemplo, dados de maré e meteorológicos de outros locais do Paraná. Na Baía de Guaratuba não existem medições de maré nem de vento. Com dados de vários lugares da costa brasileira, é possível estudar a propagação das ondas de maré meteorológica na plataforma. É necessário, portanto, monitorar estas grandezas em toda a costa brasileira de modo a acompanhar e estudar estes eventos com mais detalhe.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina pela cessão dos maregramas observados no porto, a Luis Eduardo Bondesan Paulino pelo fornecimento dos arquivos das imagens de satélite e a José Claro da Fonseca pelos desenhos.

ABSTRACT

This paper presents a case study related with the storm surge which occurred in 18 August 1993, in the southeastern Brazilian coast, with emphasis on Paraná State. The causes of this storm surge, characterized by large mean sea level elevations and, in some regions (e.g. Matinhos) by the action of high surface waves, were studied through synoptic charts of the atmospheric pressure at surface and METEOSAT-4 satellite images. Sea level data obtained at Paranaguá Harbour and meteorological observations from the Centro de Estudos do Mar of the Universidade Federal do Paraná, at Pontal do Sul were used to illustrate the situation at the continent. The main cause of this wind-induced sea level rise was the passage of a cold front over the ocean in association with a high pressure center over the continent, increasing the ocean area under the action of southern winds. Off southeastern Brazil, these winds transport water towards the coast due to Ekman transport. In addition, the atmosphere-ocean momentum transfer in deep-waters areas generated high waves shoreward with stronger harmful effects to the coastal zone. Although most cold fronts occur during winter, one could not say that storm surges do not happen in other seasons. The main causes of this phenomenon are not directly related with the seasons.

Key-words: tides, currents, cold fronts, storm surges, southeastern Brazilian coast

RESUMO

Este trabalho é um estudo de caso relativo ao fenômeno da maré meteorológica ocorrida em 18 de agosto de 1993 na costa sudeste brasileira, com ênfase no Estado do Paraná. As causas deste evento, caracterizado por grandes elevações do nível médio do mar e, em algumas regiões pela ação de grandes ondas de superfície, como em Matinhos, foram estudadas através de cartas sinóticas de pressão atmosférica à superfície e de imagens do satélite METEOSAT-4. Foram usados dados de alturas do nível do mar obtidas no Porto de Paranaguá e observações meteorológicas do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Pontal do Sul, para ilustrar a situação no continente. A principal causa deste aumento do nível do mar foi o vento associado à combinação da passagem de uma frente fria pelo oceano e de um centro de alta pressão pelo continente, aumentando a área oceânica sob a ação de ventos do quadrante sul. No sudeste do Brasil estes ventos acumulam água na costa devido ao transporte de Ekman. Além disso, a transferência de momento da atmosfera para o oceano em locais de grande profundidade gerou grandes ondas que tiveram fortes efeitos destrutivos na zona costeira. Apesar do número de frentes frias ser maior durante o inverno, não se pode afirmar que ressacas não ocorram em outras épocas do ano. Os fatores que propiciam este fenômeno não estão diretamente relacionados com as estações do ano.

Palavras-chave: marés, correntes, frentes frias, ressacas, costa sudeste do Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, R. 1991. *Modelagem das ondas de maré astronômica e meteorológica na plataforma sudeste brasileira*, Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 90 p.
- CAMARGO, R. & HARARI, J. (no prelo) Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste brasileira através de cartas sinóticas de pressão na superfície. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo
- CASTRO FILHO, B.M. 1985. *Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter*, Ph.D. Dissertation, RSMAS, University of Miami, 211 p.
- FRANCO, A.S. 1981. *Tides: Fundamentals, Analysis and Prediction*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 232 p.
- GIRARDI, L.C. 1972. *Análises sinóticas de ciclones extratropicais*. Instituto de Atividades Espaciais, IAE-001, 126 p.
- HARARI, J., 1985. Desenvolvimento de um modelo numérico hidrodinâmico tri-dimensional linear, para a simulação e a previsão da circulação na plataforma brasileira entre 23° e 26° S. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 33(2):159-191.
- KOUSKY, V.E. 1978. *Frontal influences on Northeast Brazil*, Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE-1269-PE/137, São José dos Campos.
- MAGLIOCA, A. 1987. *Glossário de Oceanografia*, Editora da Universidade de São Paulo, 355 p.
- MARONE, E. 1991. *Processamento e análise de dados de maré: Discurso dos métodos*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 264 p.
- MARONE, E. & CAMARGO, R. 1993. *A Maré no Rio Perequê: Características e Tempos de Inundação*. In: III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, ACIESP, Resumos, p.34-36.
- MARONE, E. & CAMARGO, R. no prelo. *Efeitos não lineares na maré do Rio Perequê*. Trabalho submetido a publicação nos anais da V Escola de Séries Temporais e Econometria, Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, C.S. 1987. *Simulação numérica da resposta de uma frente oceânica a uma forçante atmosférica de mesoescala*. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisa Espaciais, 149 p.
- PUGH, D.T., 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. 472 p.

STECH, J.L. 1990. *Um estudo comparativo da dinâmica da circulação de inverno entre as plataformas continentais das costas sudeste do Brasil e dos Estados Unidos utilizando um modelo numérico*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 224 p.

STECH, J.L. & LORENZZETTI, J.A. 1992. *The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime coldfronts*. J.Geoph. Res., 97 (C6), p. 9507-9520.

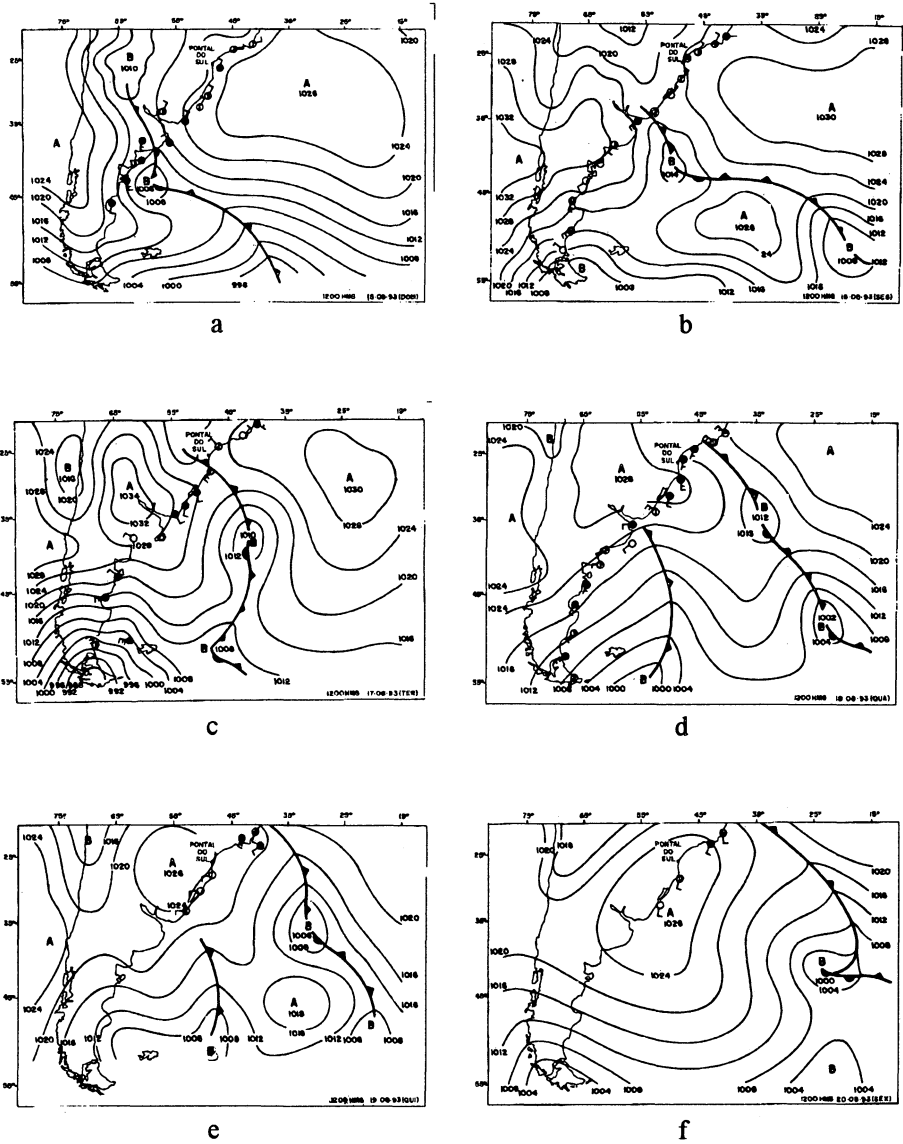
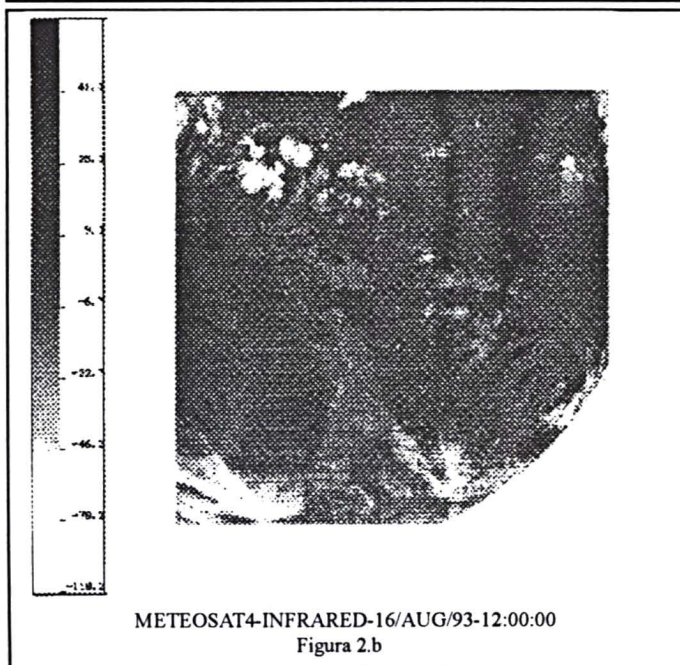
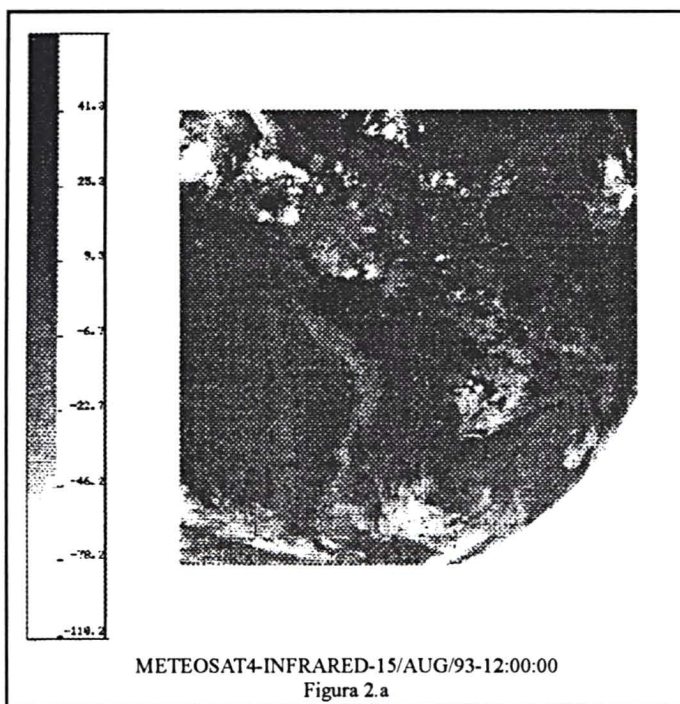
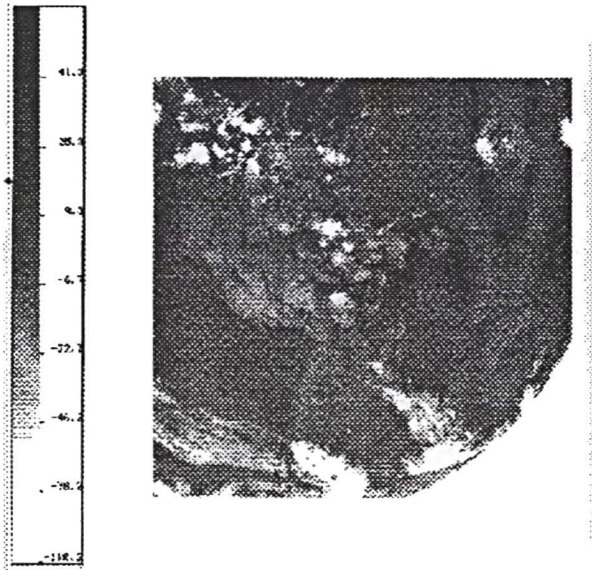


Fig. 1

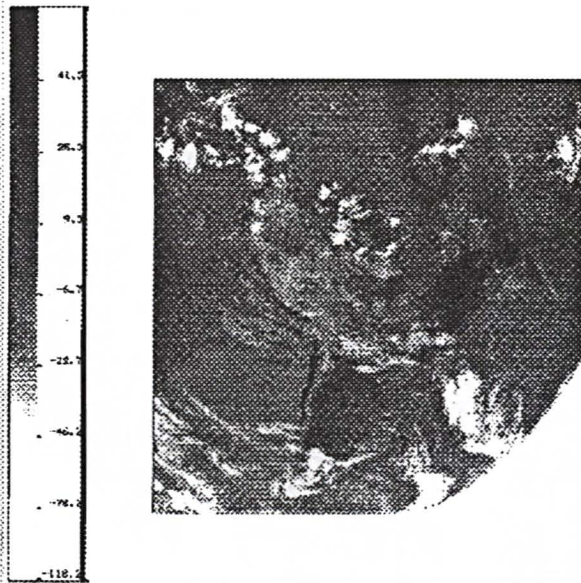
Cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície entre 15 e 20 de agosto de 1993
(Fonte: Serviço Meteorológico da Marinha)





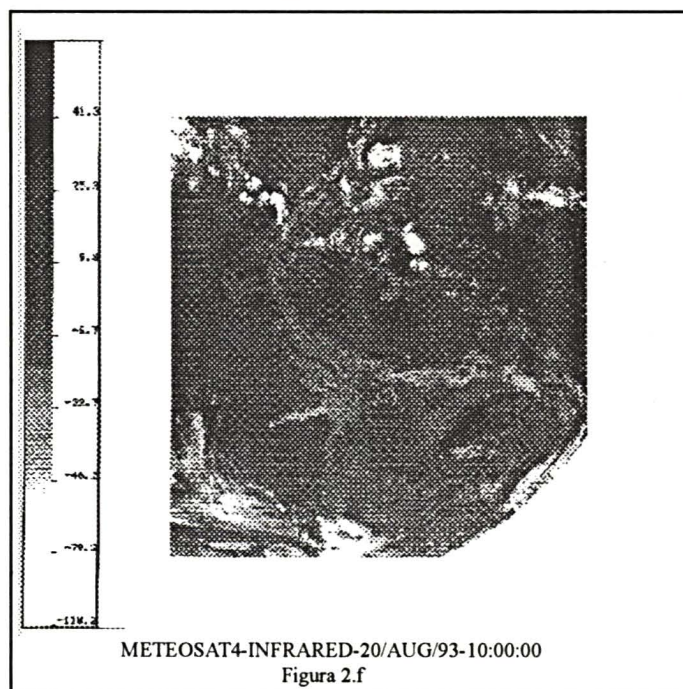
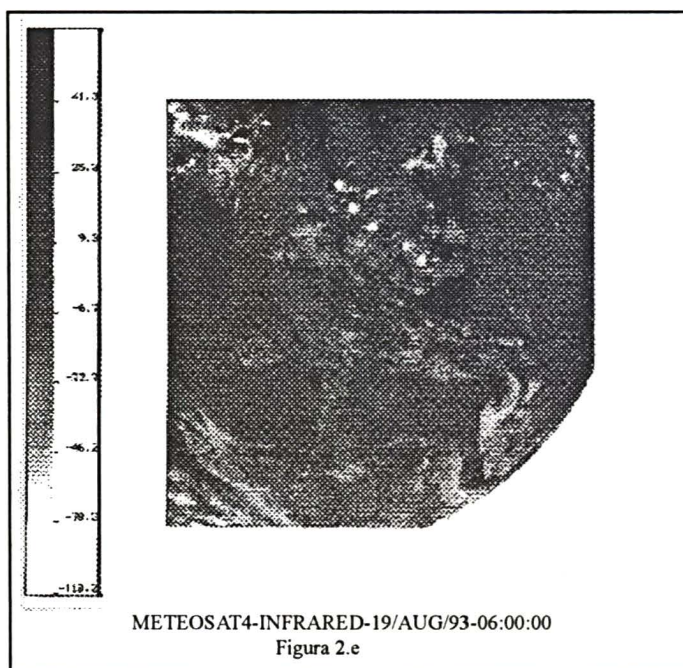
METEOSAT4-INFRARED-17/AUG/93-12:00:00

Figura 2.c



METEOSAT4-INFRARED-18/AUG/93-15:00:00

Figura 2.d



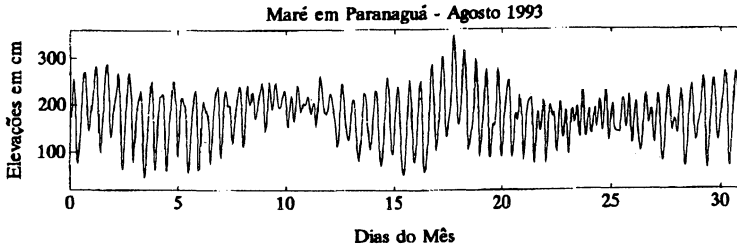


Fig. 3

Alturas de maré no Porto de Paranaguá em agosto de 1993
(Fonte: Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina)

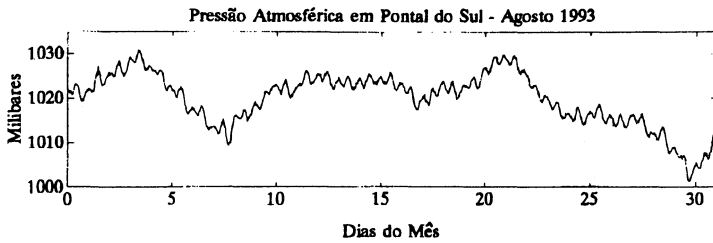


Fig. 4

Variação da pressão atmosférica em Pontal do Sul em agosto de 1993

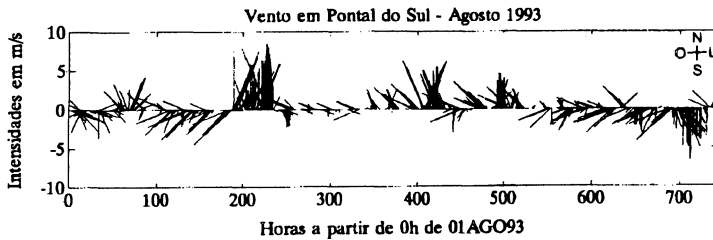


Fig. 5

Regime de ventos em Pontal do Sul em agosto de 1993

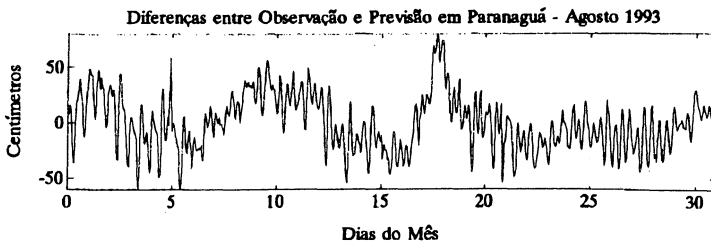


Fig. 6

Diferenças entre observações e previsões de alturas de maré no Porto de Paranaguá em agosto de 1993

DISTRIBUIÇÃO DE CRUSTÁCEOS ANOMUROS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DE CABO FRIO (RIO DE JANEIRO, BRASIL)

Bernardo A. Perez da GAMA *
Flavio da Costa FERNANDES **

INTRODUÇÃO

Este trabalho fez parte do Estudo Integrado do Ecossistema da Ressurgência do Cabo Frio, desenvolvido pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM).

Exceto por trabalhos de caráter sistemático, são escassas as informações sobre Anomura no Brasil. Nas últimas décadas tem sido dada muita atenção à ecologia comportamental dos ermitões, em especial ao comportamento de seleção de concha e suas implicações (Reese, 1962, 1963; Hazlett, 1970, 1981a, 1981b, 1981c; Fotheringham, 1976a, 1976b; Kellog, 1976).

É bem conhecida a associação entre *Dardanus arrosor insignis* e diversos invertebrados (Cuadras & Pereira, 1977), em especial anêmonas do gênero *Calliactis* (Balasch & Mengual, 1974; Balasch & Cuadras, 1977; Ross, 1979), em detrimento de seus aspectos biológicos. Ansarah-Sobrinho & Pires-Vanin (1991) estudaram a população de *D. arrosor insignis* ao largo de Ubatuba (SP), e Vergara Filho & Montezuma (1987a, 1987b) verificaram a ocorrência desta espécie em Itaipu (RJ) e em Santa Catarina, até 10 m de profundidade.

O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição batimétrica, frequência e dominância dos anomuros da plataforma continental do Cabo Frio e alguns aspectos biológicos da espécie dominante, *Dardanus arrosor insignis*: proporção sexual, distribuição de classes de tamanho, ocorrência de fêmeas ovígeras e relações biométricas.

*Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Geral, C.P. 100183, Niterói (RJ) Brasil

**Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, Rua Kioto, 253. 28.930.000, Arraial do Cabo (RJ) Brasil

MATERIAL E MÉTODOS

Foram determinados seis pontos de coleta na região de Arraial do Cabo, RJ, entre as coordenadas $22^{\circ}57'S$ e $23^{\circ}00'S$ e $42^{\circ}07'W$ e $42^{\circ}11'W$, nas isóbatas de 30, 45 e 60 metros distando da costa 0,7, 1,5 e 3,0 milhas, respectivamente (Figura 1). A salinidade e a temperatura da água junto ao fundo foram mensalmente registradas com termômetro de inversão acoplado à garrafa de Nansen, no período de janeiro de 1986 a dezembro de 1988.

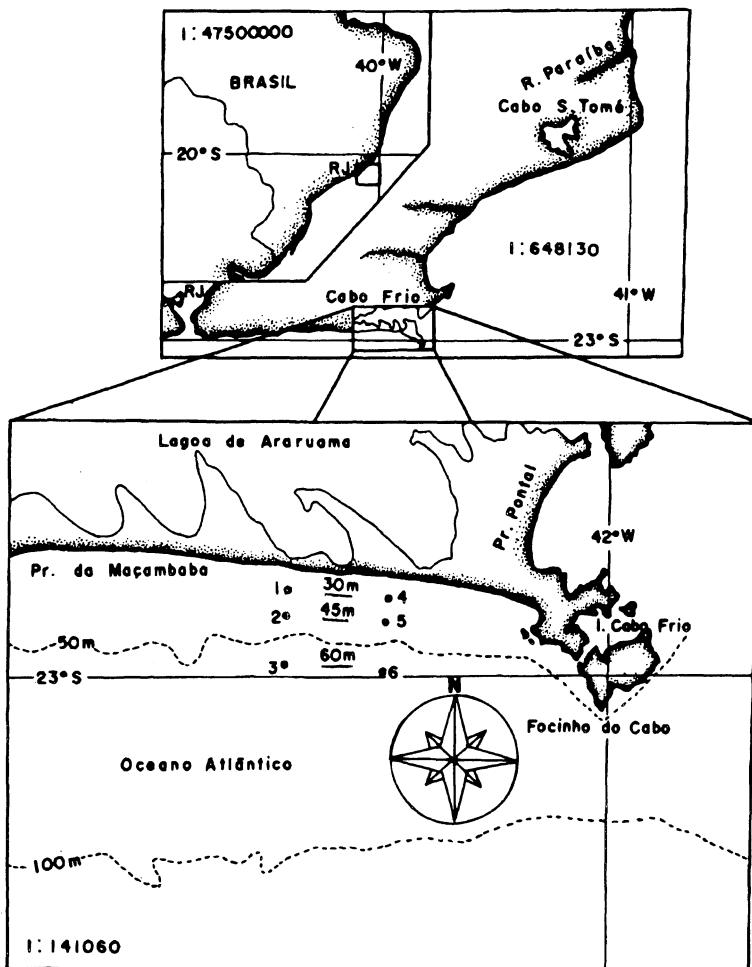


Fig. 1

Região estudada com as estações de coletas indicadas.

As coletas foram realizadas a bordo do Batelão Miguel dos Santos (19 m) e do Aviso de Pesquisa Oceânico Suboficial Oliveira (22 m), pertencentes à Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Durante os três anos de estudo foram realizados 3 arrastos mensais na área entre os pontos de coleta, com a duração de 20 minutos e a 3,0 nós de velocidade, utilizando-se uma rede de porta tipo *otter-trawl* com malha de 2,0 cm no saco e 4,5 cm no corpo e manga medidos entre nós opostos esticados. De janeiro de 1986 a março de 1987, foram utilizados também um pegador Van Veen de 0,1 m² e uma draga retangular com 60 por 19 cm de boca e 60 cm de comprimento, com malha externa de 1 cm e interna de 0,5 cm, com tempo de arrasto de 5 minutos para amostrar a fauna e o sedimento.

O material coletado foi fixado em formalina neutralizada a 10% por um período de 24 horas, sendo posteriormente conservado em álcool etílico a 70%. Após a identificação das espécies de anomuros, foram determinados o sexo, a proporção de fêmeas ovíferas, peso, largura e comprimento total do corpo, do escudo cefalotorácico e do cefalotórax da espécie mais abundante (Figura 2). As conchas ocupadas pelos ermitões também foram identificadas.

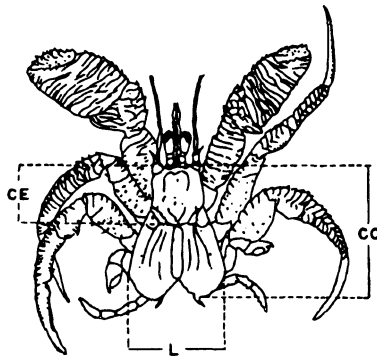


Fig. 2

Dardanus arrosor insignis (CE - comprimento do escudo cefalotorácico, CC - comprimento cealotorácico e L - largura).

A partir da frequência de ocorrência (F = número de amostras nas quais determinada espécie está presente sobre o número total de amostras), determinou-se como espécie constante aquela com $F \geq 50\%$, espécie comum aquela com $10\% \leq F < 50\%$ e espécie rara aquela com $F < 10\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a região em estudo está localizada em mar aberto sem influência de rios, a salinidade é muito constante e variou entre 33,33 a 36,58‰, com média em 35,57‰. Já a temperatura variou bastante ao longo do tempo, pois o fenômeno de ressurgência,

que ocorre localmente, fez com que a água apresentasse valores de 11,82 a 24,22°C com média de 16,93°C. Entretanto, não houve muita variação entre as três profundidades estudadas, sendo os menores valores sempre observados a 60m. A Figura 3 apresenta a variação da temperatura a 60 metros de profundidade durante todo o período estudado. Pode-se perceber que os valores mais baixos, ao redor de 15°C, ocorreram no verão e que os mais altos, em torno de 20 a 23°C, ocorreram no inverno. Não foi observado um padrão de variação sazonal no número de *Dardanus arrosor insignis*. Apesar da baixa correlação existente entre o número total de indivíduos e a temperatura mensal ($r=0.25$), parece haver uma relação inversa entre essas variáveis. Este fato também foi observado para braquiúros (Cochiarelli & Fernandes, 1989), asteróides (Ventura, 1991), *Portunus spinicarpus* (Brisson, 1992) e gastrópodes (Nahas, 1992) estudados na mesma área.

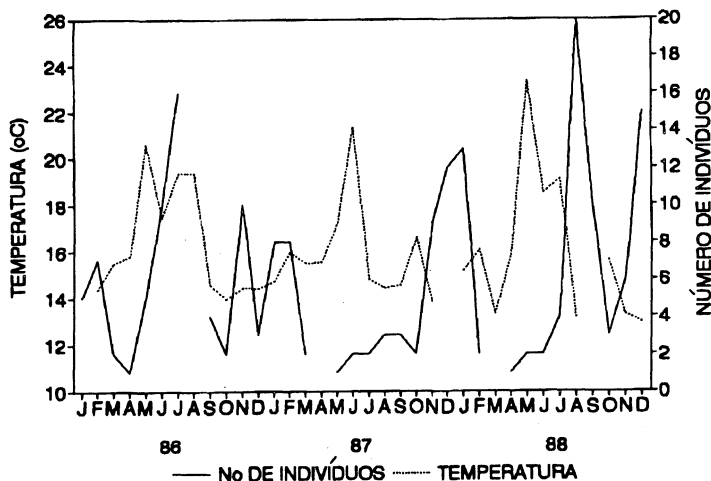


Fig. 3

Variação mensal do número total de *Dardanus arrosor insignis* nas três profundidades e da temperatura a 60 m ao longo dos três anos estudados.

Segundo Ventura (1991), que estudou os equinodermas asteróides nas mesmas estações de coleta, o sedimento a 30 m é constituído de areia média bem selecionada, enquanto que a 45 m por areia média moderadamente bem selecionada e a 60 m por areia fina bem selecionada com maior teor de matéria orgânica.

Foram identificadas oito espécies de *Anomura* na região em estudo. O número total de indivíduos coletados, a frequência de ocorrência e a dominância das espécies encontradas são mostrados na Tabela I. *Dardanus arrosor insignis* foi a espécie numericamente dominante e mais freqüente nas três profundidades, com um total de 206 indivíduos, dos quais 82% foram amostrados por rede e 18% por draga e pegador. A única espécie constante foi *Dardanus arrosor insignis*. *Porcellana sayana* foi uma

espécie comum, enquanto *Albunea paretii*, *Pagurus criniticornis*, *Blepharipoda doelloi*, *Pagurus exilis*, *Minyocerus angustus* e *Emerita brasiliensis* foram espécies raras.

Quitete & Ostrovski (1987) registraram as mesmas famílias em Angra dos Reis, exceto Hippidae, também com dominância de Diogenidae e Porcellanidae. *Dardanus arrosor insignis* e *Pagurus exilis* são espécies subtropicais, sendo a primeira euribata e a segunda costeira (Coelho & Santos, 1980). As demais espécies registradas são costeiras e ocorrem desde zonas mais quentes até o sul do Brasil (Hebling & Rieger, 1986; Coelho & Ramos-Porto, 1980a).

O maior número de indivíduos e de espécies foi observado na profundidade de 45 metros, provavelmente devido à maior variabilidade do sedimento nesta profundidade, caracterizando-se como uma área de transição entre as profundidades de 30 e 60 metros.

Albunea paretii, *Blepharipoda doelloi* e *Emerita brasiliensis* têm hábitos endop-sâmicos (Coelho e Ramos-Porto, 1980a). Entretanto *Emerita brasiliensis* teve uma ocorrência acidental a 45 metros de profundidade, pois é uma espécie típica da região entremarés. Segundo Coelho & Ramos-Porto (1980b), *Minyocerus angustus* é comensal de espécies de asteróides do gênero *Luidia*. Sua ocorrência nas amostras estudadas pode estar relacionada à ocorrência de *Luidia ludwigi scotti* que, segundo Ventura (1991), é uma espécie freqüente na região. *Dardanus arrosor insignis*, *Pagurus criniticornis* e *Pagurus exilis* são epipsâmicos, podendo ocorrer também em substrato duro. *Porcellana sayana* é uma espécie típica de substrato duro ou epibionte que também precisa das conchas dos gastrópodes para sobreviver em substrato inconsolidado. Hazlett (1981c) afirma que animais da família Porcellanidae podem competir pela concha, reduzindo a sua utilidade para os ermitões.

Foram medidos, pesados e determinado o sexo de 186 indivíduos de *Dardanus arrosor insignis*. A média, desvio padrão e os valores mínimos e máximos das mensurações realizadas são indicados, por sexo, na Tabela II. Os machos apresentaram valores ligeiramente superiores aos das fêmeas (média do comprimento cefalotorácico e do peso de 1,7cm e 12,27g para os machos e 1,6cm e 9,05g para as fêmeas). Foi observada uma proporção sexual significativamente maior de machos ($\chi^2 = 12,91$; $p = 0,01$) de 63,4% de machos e de 36,6% de fêmeas, sendo o *sex ratio* de 1:1,7. Hebling & Rieger (1986) encontraram uma proporção sexual semelhante para esta espécie no litoral do Rio Grande do Sul. A Figura 4 apresenta a distribuição de freqüência do comprimento cefalotorácico de machos, fêmeas e fêmeas ovígeras. Nota-se que não há diferenças significativas entre o tamanho de machos e fêmeas. Fêmeas ovígeras, representadas por 23,1% do total das fêmeas, distribuíram-se numa estreita faixa de tamanho que variou de 1 a 1,9cm de comprimento cefalotorácico, coletadas apenas nas profundidades de 45 e 60 metros, entre os meses de agosto e dezembro, nos três anos estudados (Fig. 5). No litoral do Rio Grande do Sul, Hebling & Rieger (1986) também observaram fêmeas ovígeras neste período. A Figura 6 evidencia que, nos locais amostrados, os exemplares de maior porte foram coletados nas maiores profundidades. Relação semelhante foi observada por Ansarah-Sobrinho & Pires-Vanin (1991), na plataforma continental de Ubatuba.

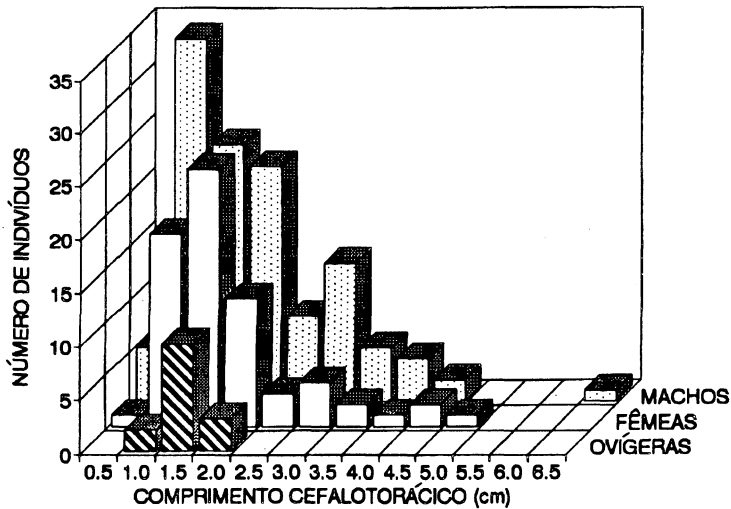


Fig. 4
Distribuição do comprimento cefalotorácico dos machos, fêmeas e fêmeas ovígeras de *Dardanus arrosor insignis*.

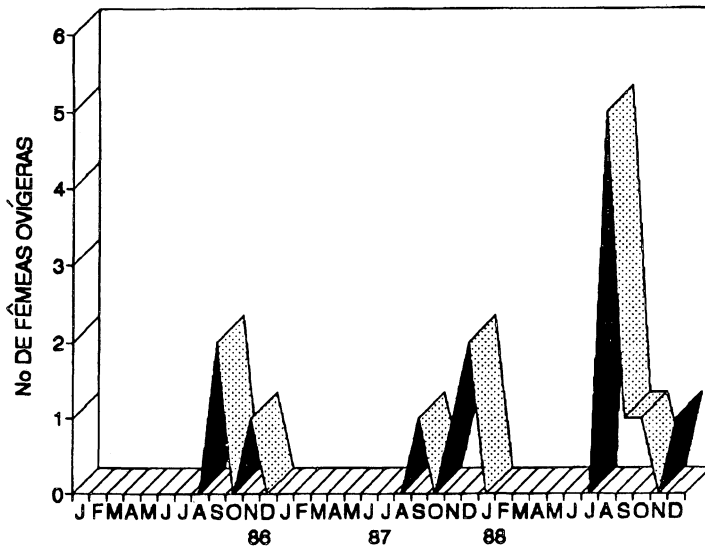


Fig. 5
Número de fêmeas ovígeras de *Dardanus arrosor insignis* ao longo dos três anos estudados.

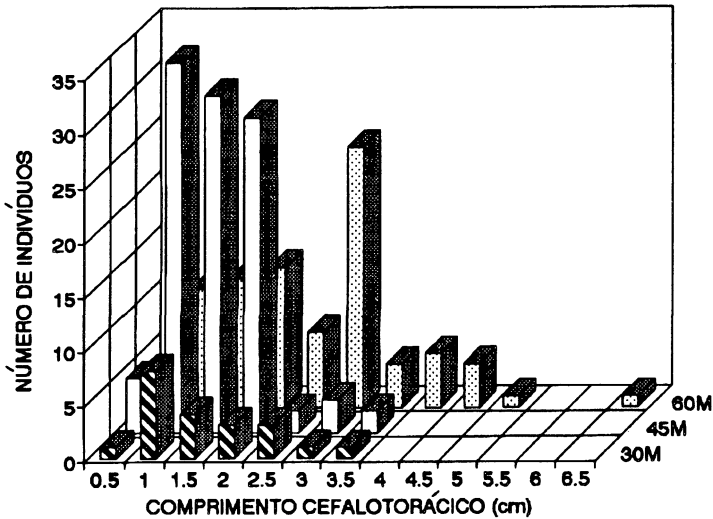


Fig. 6

Distribuição do comprimento cefalotorácico de *Dardanus arrosor insignis* por profundidade.

Com a metodologia de coleta utilizada neste trabalho, constatou-se que, na região amostrada, *Dardanus arrosor insignis* ocupa a concha de 15 espécies de gastrópodes e 1 espécie de cefalópode. A concha de *Buccinanops moniliferum* foi a mais utilizada (20,2%), seguida de *Tonna galea* (14,1%) e de *Buccinanops lamarckii* (10,1%). As demais espécies de conchas ocorreram em proporções inferiores a 10% (Tabela III). Hazlett (1981b) afirma que quase todas as espécies de ermitões ocupam uma alta diversidade de conchas, o que se deve, em parte, à grande variação no tamanho dos animais. Neste trabalho, foi observada uma relação inversa entre o tamanho de *Dardanus arrosor insignis* e a variedade de conchas ocupadas. Hazlett (1981b) também observou que paguroídeos grandes são encontrados em menor variedade de conchas.

Comparando-se a composição da fauna de gastrópodes da área estudada (Nahas, 1992) com as conchas ocupadas por *Dardanus arrosor insignis*, verificou-se que as espécies mais abundantes na área não foram as mais utilizadas, tendo como exemplo *Tonna galea*, que não foi registrada viva na região.

Embora seja bem conhecida a ocorrência dos ermitões em conchas de gastrópodes, escafópodes, vermetídeos e outros objetos (Reese, 1962 e 1963; Fotheringham, 1976a e 1976b; Caine, 1980; Bertness, 1981), este parece ser o primeiro relato da ocupação de uma concha de cefalópode (*Argonauta nodosa*) por ermitões.

As correlações entre o comprimento total e comprimento do escudo cefalotorácico, largura e peso dos animais, com o comprimento cefalotorácico são muito importantes para caracterizar a população estudada. Os coeficientes de correlação entre essas variáveis foram superiores a 0,9 e as equações obtidas através da análise de regressão são mostradas na Figura 7.

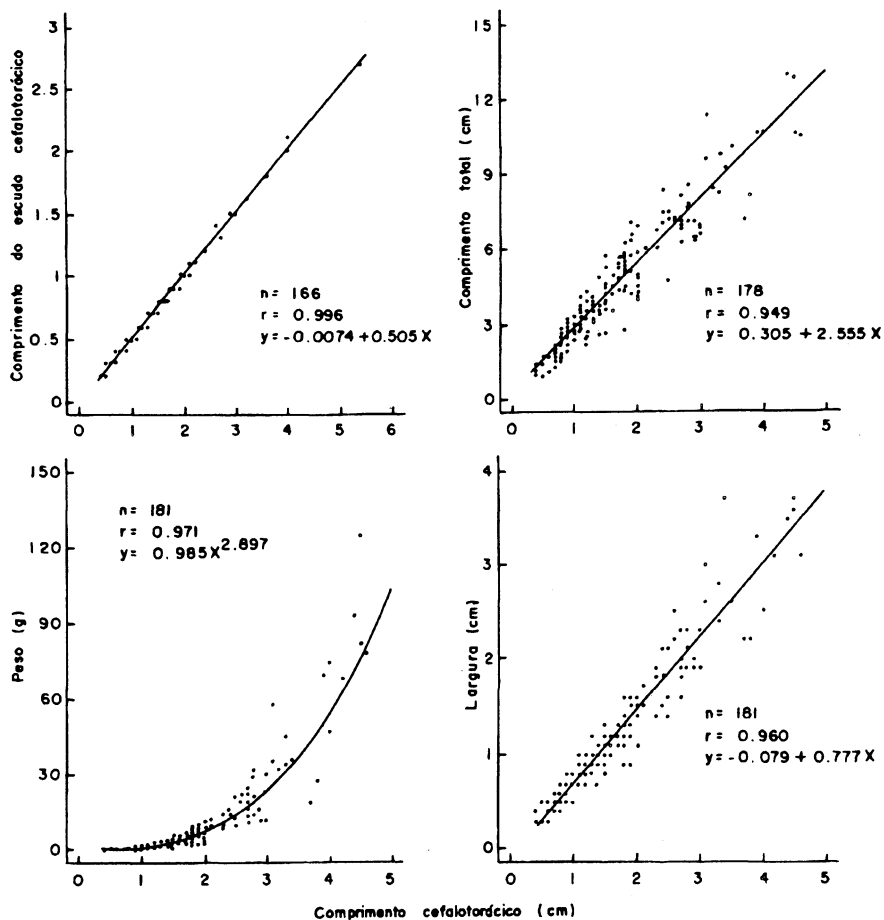


Fig. 7

Análise de regressão do comprimento do escudo cefalotorácico, comprimento total, peso e largura, contra o comprimento cefalotorácico de *Dardanus arrosor insignis*.

ABSTRACT

Distribution Of Crustacea Anomura In The Continental Shelf Of Cabo Frio (Rio De Janeiro, Brazil) The purpose of this work was to study the bathymetric distribution, frequency and dominance of Anomura on the continental shelf of Cabo Frio, as well as biological aspects of the numerically dominant species. Trawlings were carried out monthly for 20 minutes at 30, 45 and 60 m depth off Maçambaba beach in Arraial do Cabo, from January 1986 to December 1988 with an otter trawl net of 10 m with 1 cm of mesh in the bag. Temperature and salinity of bottom water were recorded. Mollusk shells occupied by the dominant hermit crab were identified and the number of ovigerous females was recorded. Eight species of anomura were identified. The highest values of richness and number of animals occurred at 45 m isobath. *Dardanus*

arrosor insignis was the dominant species at all 3 depths. A total of 206 specimens was examined with a preference for shells of *Buccinanops moniliferum*. Size frequency distribution ranged between 0.4 and 6.5 cm for male and 0.4 and 4.6 cm for female. Ovigerous females were found seasonally from August to December with a cephalothoracic length between 1.0 and 1.9 cm. The highest abundances of *Dardanus arrosor insignis* occurred in the samples with temperatures lower than 18°C, which suggests a possible relation to the periods of upwelling.

Key words: *Anomura*, *Dardanus*, Cabo Frio, Distribution, Continental Shelf, Upwelling.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição batimétrica, frequência e dominância dos anomuros da plataforma continental do Cabo Frio, além de aspectos biológicos de *Dardanus arrosor insignis*. Utilizando-se uma rede de porta de 10 m de abertura com malha de 1 cm no fundo do saco, foram realizados arrastos mensais de 20 minutos, nas profundidades de 30, 45 e 60 m, em frente à praia da Maçambaba em Arraial do Cabo, de janeiro de 1986 a dezembro de 1988. Foi registrada a temperatura e salinidade da água junto ao fundo. As conchas de moluscos ocupadas por *Dardanus arrosor insignis* foram identificadas. Foi registrado o número de fêmeas ovígeras. Foram encontradas 8 espécies, sendo a maior riqueza e abundância a 45 m. Nas três profundidades, a espécie dominante foi *Dardanus arrosor insignis*. A distribuição de frequência de tamanho dos machos variou entre 0,4 e 6,5 cm, enquanto as fêmeas variaram de 0,4 a 4,6 cm. Foram encontradas fêmeas ovígeras entre 1,0 e 1,9 cm, entre agosto e dezembro. Foi mais utilizada a concha de *Buccinanops moniliferum*. Não foi encontrado um padrão sazonal no número total de indivíduos. No entanto, pareceu haver uma relação entre os períodos de maior abundância de *Dardanus arrosor insignis* e temperaturas abaixo de 18°C (águas de ressurgência).

Palavras-chave: *Anomura*, *Dardanus*, Cabo Frio, Distribuição, Plataforma Continental, Ressurgência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSARAH-SOBRINHO, C. & PIRES-VANIN, A. M. S. 1991. Dinâmica de populações de *Dardanus arrosor insignis* (Crustacea - Diogenidae). *Resumos do II Simpósio sobre Oceanografia - IOUSP*. p.149.
- BALASCH, J. & CUADRAS, J. 1977. Distribution of *Calliactis parasitica* on gastropod shells inhabited by *Dardanus arrosor*. *Mar. Behav. Physiol.*, 5:37-44.
- BALASCH, J. & MENGUAL, V. 1974. The behavior of *Dardanus arrosor insignis* in association with *Calliactis parasitica* in artificial habitat. *Mar. Behav. Physiol.*, 2:251-260.
- BERTNESS, M. D. 1981. The influence of shell-type on hermit crab growth and clutch size (Decapoda, Anomura). *Crustaceana*, 40(2): 197-205.
- BRISSON, S. 1992. *Estudos sobre a população de Portunus spinicarpus* (Stimpson, 1871) (Crustacea: Decapoda: Brachyura) da região do Cabo Frio, Brasil. Dissertação de Mestrado, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro: 117p.
- CAINE, E. A. 1980. Adaptations of a species of hermit crab (Decapoda, Paguridea) inhabiting sessile worm tubes. *Crustaceana*, 38(3): 306-310.
- COCCHIARELLI, K. T. S. L. & FERNANDES, F. C. 1989 Distribuição dos Brachyura no ecossistema bêntico da ressurgência de Cabo Frio, RJ. *Resumos do I Simp. sobre Oceanografia, Inst. Oceanogr. USP*: p. 192.
- COELHO, P. A. & RAMOS-PORTO, M. 1980a. Bentos litorâneo do nordeste oriental do Brasil. I. Povoamentos dos substratos móveis. *Bolm Inst. Oceanogr. USP*, 29(2):129-131.
- COELHO, P. A. & RAMOS-PORTO, M. 1980b Crustáceos decápodos da costa do Maranhão, Brasil. *Bolm Inst. Oceanogr. USP*, 29(2):135-138.

- COELHO, P. A. & SANTOS, M. F. B. A. 1980. Zoogeografia marinha do Brasil. I. Considerações gerais sobre o método de aplicação a um grupo de crustáceos (Paguros: Crustacea Decapoda, superfamílias Paguroidea e Coenobitoidea). *Bolm Inst. Oceanogr. USP*, 29(2):139-144.
- CUARAS, J. & PEREIRA, F. 1977. Invertebrates associated with *Dardanus arrosor* (Anomura, Diogenidae). *Ve Milieu*, 27(3):301-310.
- FOTHERINGHAM, N. 1976a. Population consequences of shell utilization by hermit crabs. *Ecology*, 57(3):570-578.
- FOTHERINGHAM, N. 1976b. Effects of shell stress on the growth of hermit crabs. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 23(3):299-305.
- HAZLETT, B. A. 1970. Interspecific shell fighting in three sympatric species of hermit crabs in Hawaii. *Pacific Science*, 24(4):472-482.
- HAZLETT, B. A. 1981a. Agonistic behaviour in *Pagurus prideaux* Leach, 1815 (Decapoda, Anomura). *Crustaceana*, 41(3):307-310.
- HAZLETT, B. A. 1981b. Daily movements of the hermit crab *Clibanarius vittatus*. *Bull. Mar. Sci.*, 31(1):177-183.
- HAZLETT, B. A. 1981c. The behavioral ecology of hermit crabs. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12:1-22.
- HEBLING, N. J. & RIEGER, P. J. 1986. Os ermitões (Crustacea, Decapoda: Paguridae e Diogenidae) do litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica*, 8:63-77.
- KELLOG, C. W. 1976. Gastropod shells: a potentially limiting resource for hermit crabs. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 22(1):101-111.
- NAHAS, M. I. P. 1992 *Composição, distribuição espaço-temporal e associações de espécies de gastropoda do infralitoral de fundos inconsolidados do Cabo Frio, RJ, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro: 93p.
- QUITETE, J. M. P. A. & OSTROVSKI, M. C. 1987. Sistemática e distribuição dos Anomura (Crustacea: Decapoda) na região sob influência da CNAAA em Angra dos Reis, Unidade I. Resumos do XIV CBZ, Fuiz de Fora, MG: p.40.
- REESE, E. S. 1962. Shell selection behaviour of hermit crabs. *Animal Behaviour*, 10:(3-4):347-360.
- REESE, E. S. 1963. The behavioral mechanisms underlying shell selection by hermit crabs. *Behaviour*, 21(1-2):78-126.
- ROSS, D. M. 1979. The association between the pagurid *Dardanus arrosor* and the actinian *Calliactis parasitica*. Recovery of activity in "inactive" *D. arrosor* in the presence of cephalopods. *Mar. Behav. Physiol.*, 6:175-184.
- VENTURA, C. R. R. 1991. *Distribuição, abundância e hábito alimentar de Asteroidea (Echinodermata) de fundos inconsolidados da plataforma continental do Cabo Frio*. Tese de Mestrado. Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro:101p.
- VERGARA FILHO, W. L. & MONTEZUMA, R. C. M. 1987a. Coletas simultâneas de *Dardanus venosus* (H. Milne Edwards, 1848) e *Dardanus arrosor insignis* (Saussure, 1858) (Decapoda, Diogenidae) em Itaipu, Niterói, RJ. Resumos do XIV CBZ, Juiz de Fora, MG:p.40.
- VERGARA FILHO, W. L. & MONTEZUMA, R. C. M. 1987b. Novos registros sobre a distribuição vertical de *Dardanus arrosor insignis* (Saussure, 1858) Decapoda, Diogenidae) para as praias de Itaipu, Niterói (RJ), Armação e Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina (SC). Resumos XIV CBZ, Juiz de Fora, MG:p.215.

Tabela I. Número total de indivíduos por faixa de profundidade, dominância e frequência das espécies coletadas por rede durante os três anos estudados.

ESPÉCIES	Nº DE INDIVÍDUOS			DOMINÂNCIA (%)	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	30m	45m	60m		
<i>Dardanus arrosor insignis</i>	25	101	80	47,6	54,9
<i>Paguroidea juvenis</i>	29	98	11	31,9	52,7
<i>Porcellana sayana</i>	6	28	27	14,1	18,7
<i>Albunea paretii</i>	7	2	-	2,0	7,7
<i>Pagurus criniticornis</i>	-	7	-	1,6	4,4
<i>Blepharipoda doelloi</i>	5	-	-	1,1	5,5
<i>Pagurus exilis</i>	-	3	-	0,6	1,1
<i>Minyocerus angustus</i>	-	2	-	0,4	2,2
<i>Emerita brasiliensis</i>	-	1	-	0,2	1,1

Tabela II. Valores médios (μ), mínimos (mín) e máximos (máx) e desvio padrão (s) das mensurações efetuadas em machos (119 indivíduos) e fêmeas (65 indivíduos) de *Dardanus arrosor insignis*. (CE - comprimento do escudo cefalotorácico; CC - comprimento cefalotorácico; L - largura; CT - comprimento total e P - peso)

		CE(cm)	CC(cm)	L(cm)	CT(cm)	P(g)
MACHOS	μ	0,6	1,7	1,3	4,7	12,27
	s	0,4	1,1	0,9	2,7	31,69
	máx	2,7	6,5	5,4	16,3	303,49
	mín	0,2	0,4	0,3	0,9	0,08
FÊMEAS	μ	0,5	1,6	1,2	4,3	9,05
	s	0,2	1,0	0,7	2,3	20,60
	máx	1,5	4,6	3,7	12,9	124,70
	mín	0,3	0,4	0,3	1,0	0,08

Tabela III. Percentagem das espécies de moluscos utilizadas por *Dardanus arrosor insignis*.

ESPÉCIES DE MOLUSCOS	PERCENTAGEM
<i>Buccinanops moniliferum</i>	20,2
<i>Tonna galea</i>	14,1
<i>Buccinanops lamarckii</i>	10,1
<i>Odontocymbiola americana</i>	9,1
<i>Agaronia travassosi</i>	7,1
<i>Zidona dufresnei</i>	7,1
<i>Cymatium parthenopeum parthenopeum</i>	6,1
<i>Buccinanops sp</i>	4,0
<i>Marginella martini</i>	4,0
<i>Pleurotomella aguayoi</i>	4,0
<i>Natica sp</i>	3,0
<i>Phalium labiatum iheringi</i>	3,0
<i>Thais haemastoma</i>	3,0
<i>Fusinus frenguelli</i>	2,0
<i>Argonauta nodosa</i>	1,0
<i>Comus clerii</i>	1,0
<i>Olivella sp</i>	1,0

INFLUÊNCIA DA GRAMÍNEA *SPARTINA ALTERNIFLORA* SOBRE A DISTRIBUIÇÃO E DENSIDADE DE *NERITINA VIRGINEA* (GASTROPODA:NERITIDAE) EM MARISMAS DA BAÍA DE PARANAGUÁ (PARANÁ, BRASIL)

Bárbara Rocha Pinto BONNET*

Paulo da Cunha LANA*

Claudia GUISS*

INTRODUÇÃO

As marismas são formações vegetais pioneiras que colonizam baixios areno-losos e canais de maré em regiões estuarinas e costeiras de baixa energia. As marismas tropicais e subtropicais da América do Sul, geralmente associadas com manguezais e formadas predominantemente pela gramínea *Spartina alterniflora* Loiseleur, 1807, são menos desenvolvidas e diversificadas do que as de regiões temperadas, tendo recebido pouca atenção na literatura (Costa & Davy, 1992). Na costa sul do Brasil, Adaime (1978), Panitz (1986, 1992), Soriano-Sierra (1990 a, b) e Lana *et al.* (1991) desenvolveram estudos sobre a variabilidade espacial e temporal da biomassa e produção primária destas formações.

Muitas espécies bênticas encontram nas marismas condições de refúgio e facilidades de alimentação ausentes em áreas não vegetadas adjacentes. Estudos sobre a distribuição e abundância da fauna nestes ambientes foram conduzidos principalmente ao longo da costa atlântica dos Estados Unidos e da Europa (Ranwell, 1972; Daiber, 1977, 1982; Kneib, 1984; Long & Mason, 1983). Na costa sul e sudeste do Brasil, diversos autores trataram da estrutura e dos processos reguladores das associações macrobênticas típicas destes ambientes (Capitoli *et al.*, 1978; Tararam & Wakabara, 1987; Takeda, 1988; Lana & Guiss, 1991, 1992; Flynn, 1993; Netto, 1993).

O gastrópodo *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) é um dos organismos mais comuns nas planícies entremarés vegetadas de estuários da costa brasileira. Distribui-se amplamente ao longo da costa atlântica americana, desde a Flórida, nos Estados Unidos,

* Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, 83255-000 Pontal do Sul, Paraná, Brasil

oligohalinas mais internas, próximo às cidades de Antonina e Guaraqueçaba, com menos de 5 ppm. As temperaturas médias anuais da água variam entre 28°C nos meses de verão e 20°C durante o inverno. Segundo Knoppers *et al.* (1987), as marés locais são caracterizadas por desigualdades diurnas alcançando amplitudes máximas e mínimas em torno de 2 m e 0,5 m respectivamente. Os sedimentos dos baixios de maré são predominantemente arenosos no setor de alta energia, ocorrendo um gradativo aumento da fração de silte-argila em direção às áreas mais internas da baía (Netto, 1993). As marismas locais são formadas unicamente por *S. alterniflora*, encontrando-se em geral ainda preservadas de influências antropogênicas.

Foram amostradas três marismas de *S. alterniflora*, distribuídas ao longo de um gradiente de salinidade, seguindo o eixo norte-sul da Baía de Paranaguá, na Ilha da Cotinga, Ilha das Peças e Ponta do Guapicu (Fig. 1). Em cada local de coleta, 25 amostras foram tomadas aleatoriamente, ao longo de uma linha de 20 m paralela à linha de maré, com o auxílio de um "corer" de PVC de 15 cm de diâmetro e 8 cm de altura. O procedimento foi repetido nas áreas vegetada e não vegetada. Para a estimativa da densidade (contagem dos colmos) e altura média de *S. alterniflora* em cada estação de coleta, foi utilizado um delimitador quadrado de 50 x 50 cm (0,25 m²), lançado 10 vezes ao acaso. Foram ainda tomadas cinco amostras da água de percolação e do sedimento, tanto na parte vegetada como na não vegetada, para medida da salinidade (refratômetro manual) e do teor de matéria orgânica (calcinação em mufla, a 550°C, por uma hora). Os procedimentos amostrais foram repetidos nos três locais de coleta, em um bloco sazonal de verão e outro de inverno em 1992, totalizando 300 réplicas.

A fauna coletada foi triada em peneiras com malha de 0,5 mm. O material vegetal foi separado em fração aérea viva, composta de folhas e colmos verdes, e aérea morta, composta de folhas e colmos senescentes, identificados visualmente pela coloração amarela ou parda. As duas frações foram secas em estufa a 70°C até atingirem peso constante, sendo depois pesadas, para estimativa de peso seco.

As correlações entre a densidade de *N. virginica* e a biomassa de *S. alterniflora* foram estimadas por meio de análises de regressão simples. Análises bifatoriais de variância foram utilizadas para avaliar a significância das diferenças entre a altura média, densidade e biomassas aérea viva e morta de *S. alterniflora* nos três locais de coleta, nas duas épocas do ano. Análises trifatoriais de variância foram utilizadas para testar a significância das diferenças das densidades de *N. virginica*, da salinidade e do teor de matéria orgânica no sedimento entre os locais de coleta (Guapicu x Cotinga x Peças), épocas do ano (verão x inverno) e ambientes (vegetado x não vegetado). O teste de Scheffé foi utilizado como método *a posteriori*, sempre que constatadas diferenças entre médias.

RESULTADOS

Os teores de matéria orgânica do sedimento variaram significativamente ($p < 0,05$) entre os locais de coleta e épocas do ano. Não foram constatadas diferenças significativas entre áreas vegetadas e não vegetadas adjacentes, nem foram acusadas

interações significativas entre os três fatores analisados (Tab. 1). Cotinga apresentou média de 3,78%, no verão, na área não vegetada, valor significativamente maior do que as médias registradas em Guapicu e Peças. Os teores de matéria orgânica foram significativamente maiores nos meses de verão, com média de 2,93%; foi registrada média de 2,21% para os meses de inverno (Fig. 2).

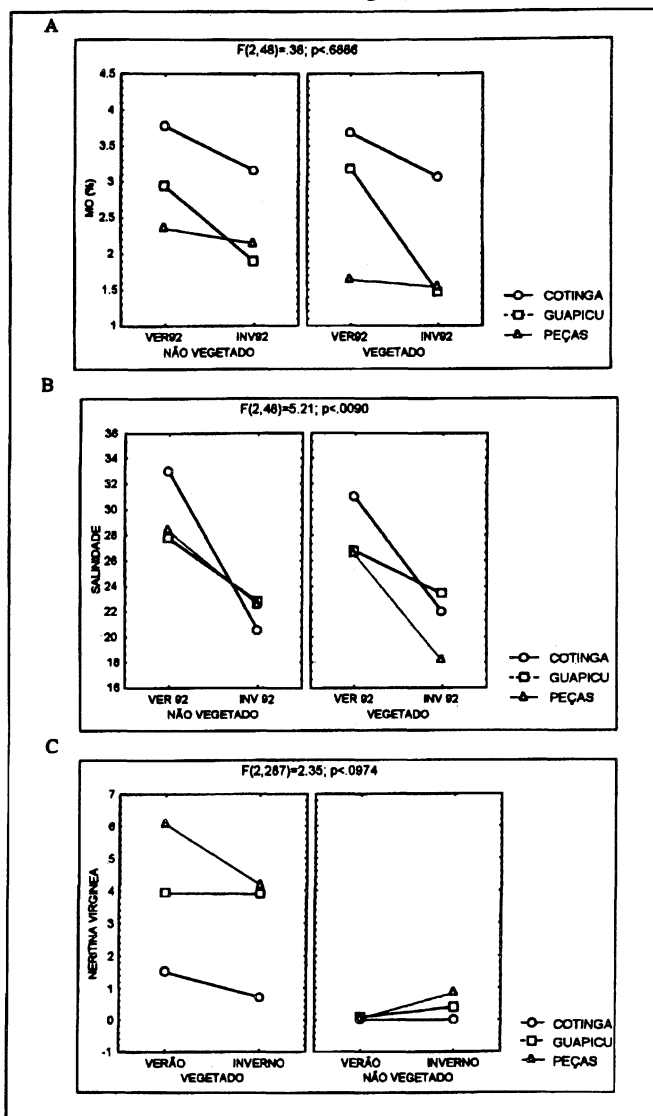


Fig. 2

Variação dos valores médios de matéria orgânica (A), salinidade (B), e densidade de *Neritina virginea* (C) entre os locais de coleta, épocas do ano e ambientes.

Os valores de salinidade diferiram significativamente entre locais, ambientes e épocas do ano. Da mesma forma, foram constatadas interações significativas entre estes três fatores (Tab. 1). Cotinga apresentou as maiores médias de salinidade, com 26,7 ppm; os valores médios encontrados para as estações Peças e Guapicu foram de respectivamente 23,9 ppm e 25,2 ppm (Fig. 2). Foram constatadas médias de 28,9 ppm nos meses de verão e médias significativamente menores, de 21,6 ppm, durante o inverno. Em áreas vegetadas a salinidade média foi de 24,7 ppm. Valores maiores foram estimados para áreas não vegetadas, com média de 25,9 ppm (Fig. 2).

A densidade de *S. alterniflora* diferiu significativamente entre locais de coleta, sendo maior na Ponta do Guapicu (média de 88,5 colmos por $0,25\text{ m}^2$) e menor na Ilha da Cotinga (média de 37,6 colmos por $0,25\text{ m}^2$), com valores médios de 69,6 colmos por $0,25\text{ m}^2$ em Peças (Fig. 3). Não foram acusadas diferenças significativas entre épocas do ano, nem se registraram interações significativas entre locais e épocas (Tab. 2).

Um padrão inverso foi observado para a altura média de *S. alterniflora*, significativamente maior na Ilha da Cotinga e no verão (Tab. 2). Locais e épocas do ano interagiram significativamente (Tab. 2). Valores maiores foram encontrados na Ilha da Cotinga (média de 72,3 cm) e menores na Ponta do Guapicu (média de 41,6 cm), com valores médios de 52,2 cm nas Peças (Fig. 3). A altura média foi significativamente maior nos meses de verão do que nos de inverno (Tab. 2).

Valores de biomassa aérea viva foram significativamente maiores nas Peças e nos meses de verão (Tab. 2, Fig. 3). Um padrão idêntico foi evidenciado para os valores de biomassa aérea morta (Tab. 2, Fig. 3).

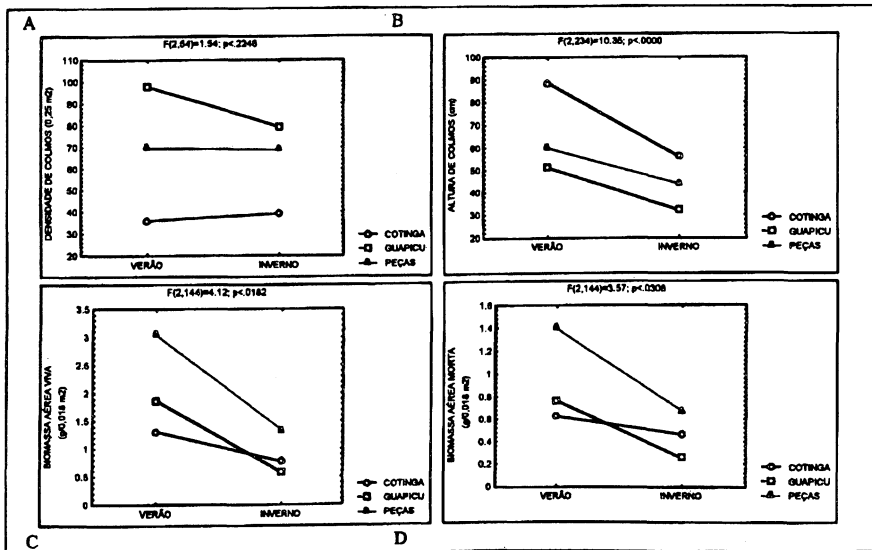


Fig. 3

Varição dos valores médios de densidade dos colmos (A), altura dos colmos (B), biomassa aérea viva (C) e biomassa aérea morta (D) e *Spartina alterniflora* entre locais de coleta e épocas do ano

As densidades de *N. virginea* diferiram significativamente entre locais de coleta e ambientes, embora não tenha ocorrido diferenças significativas entre épocas do ano (Tab. 1, Fig. 2). As maiores densidades médias da espécie foram observadas na estação Peças e as menores, na Ilha da Cotinga. Foram registradas densidades significativamente maiores nas áreas vegetadas (média de 3,38 indivíduos por 0,018 m²) do que nas não vegetadas (média de 0,23 indivíduos por 0,018 m²). Os resultados indicam claramente que não ocorreram episódios significativos de recrutamento nos locais e períodos considerados.

A análise de regressão da densidade de *N. virginea* sobre a biomassa aérea viva de *S. alterniflora* apresentou uma correlação de 0,36, significativa ao nível de 0,05 (Fig. 4). A correlação entre a densidade do gastrópodo e a biomassa aérea morta da gramínea foi de 0,33, também significativa ao nível de 0,05 (Fig. 4).

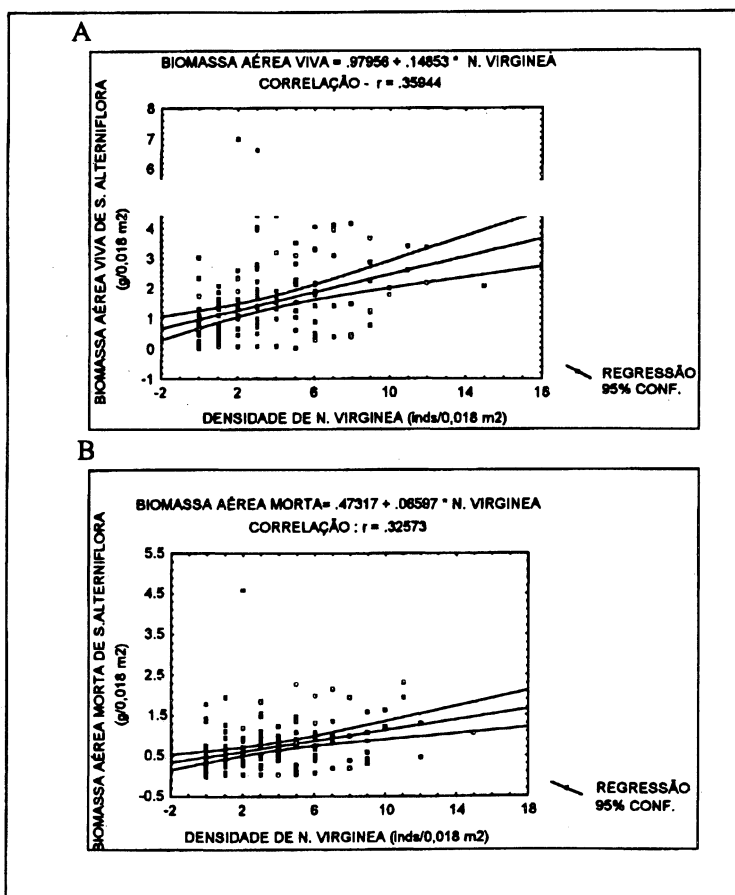


Fig. 4
Relações entre a biomassa aérea viva (A) e biomassa aérea morta (B) de *S. alterniflora* sobre a densidade de *N. virginea*.

DISCUSSÃO

Em função da variação da salinidade, a estação de coleta Cotinga pode ser classificada como euhalina, em contraposição a Peças e Guapicu, com características mesohalinas. O padrão temporal de salinidade, caracterizado por valores menores no verão, devido ao maior "input" de água continental (Knoppers *et al.*, 1987), pode ser pontualmente alterado por períodos de elevada dessecação na zona entremarés, durante os meses de verão, ou por períodos curtos de alta pluviosidade, fato ocorrido durante a coleta de inverno.

Valores de matéria orgânica do sedimento não seguiram um gradiente crescente da entrada da baía para o seu interior, registrando-se os maiores valores na Ilha da Cotinga, ao contrário das tendências regionais descritas por Netto (1993) para a Baía de Paranaguá propriamente dita. Tanto quanto o gradiente de energia ambiental, condições locais de transporte e deposição podem ser responsáveis por elevados teores de matéria orgânica, mesmo no setor de alta energia da baía.

Observou-se uma relação evidente entre o desenvolvimento dos bancos de *S. alterniflora* e o gradiente de energia ambiental. Bancos mais densos e mais baixos foram encontrados nos pontos de coleta mais interiores, ao contrário dos padrões descritos por Netto (1993). A maior altura média da gramínea na Cotinga foi provavelmente consequência da presença de um canal de maré, responsável pelo aporte de nutrientes na área de coleta. Da mesma forma, o substrato local caracteriza-se por um maior desenvolvimento da fração de silte-argila (obs. pess.).

Os resultados evidenciaram que *N. virginea* praticamente não é encontrada em áreas não vegetadas, como provável consequência de sua dependência em relação ao substrato vegetal. Bancos de *S. alterniflora* sustentam uma epifauna diversificada, possivelmente oferecendo proteção eficiente contra predadores e condições ambientais adversas e mesmo permitindo a adoção de hábitos alimentares especializados (Orth *et al.* 1984, Kneib 1984). Lana & Guiss (1991) sugeriram que *N. virginea* depende fisicamente do habitat oferecido pelas partes aéreas de *S. alterniflora*, onde encontra refúgio contra predadores pelágicos e demersais. Colmos e folhas de *S. alterniflora* são portanto mais usados como substrato físico do que como alimento. Da mesma forma, são comuns pequenas depressões em torno dos colmos de *S. alterniflora*, capazes de acumular água e material vegetal em decomposição durante as marés baixas. Este material constitui substrato para algas epífitas, fonte de alimentação de *N. virginea*. A oferta desses recursos pode explicar a forte agregação de indivíduos em torno dos talos do vegetal (Ozorio *et al.*, em prep.).

Não foram evidenciadas diferenças significativas nas densidades de *N. virginea* entre épocas do ano. Este padrão contraria trabalho anterior, que havia constatado um forte componente sazonal nas flutuações populacionais da espécie, possivelmente como resultado de variações na disponibilidade de alimento e nas taxas de predação (Lana & Guiss, 1991). As maiores densidades do gastrópodo costumam coincidir com períodos de maior mortalidade de *S. alterniflora* e conseqüente aumento na oferta de matéria vegetal morta ou de detritos, que ocorrem durante o inverno (Lana & Guiss, 1991;

Takeda, 1988; Tararam & Wakabara, 1987). No entanto, análises paralelas da estrutura etária das populações locais de *N. virginea* (dados não publicados) mostraram que efetivamente não ocorreu recrutamento significativo do gastrópodo durante o inverno de 1992. É provável que a variabilidade interanual das densidades populacionais da espécie, causada pelo maior ou menor sucesso do recrutamento, seja mais significativa do que a variabilidade sazonal.

Densidades mais elevadas de *N. virginea* foram registradas nas Peças e na Ponta do Guapicu, caracterizadas por bancos de *Spartina* mais densos e mais baixos. Este padrão pode se dever a uma redução das taxas de predação, reconhecidamente mais altas em bancos vegetados pouco densos. A presença de *S. alterniflora* dificulta a locomoção dos predadores durante as marés baixas (aves e mamíferos) e altas (peixes e decápodos), diminuindo sua possibilidade de visualização das presas (West & Williams, 1986).

Foi possível evidenciar correlações lineares significativas entre as densidades de *N. virginea* e a biomassa aérea tanto viva como morta de *S. alterniflora*. Esses resultados confirmam trabalho anterior (Lana & Guiss 1992), que apontou correlação positiva significativa entre a densidade do gastrópodo e a biomassa aérea morta da gramínea, expressa tanto em peso seco como em peso seco livre de cinzas. No entanto, estes modelos lineares simples explicam apenas 11% (biomassa aérea morta) e 13% (biomassa aérea viva) da variabilidade na densidade de *N. virginea*, indicando que as relações entre a epifauna e o substrato vegetal são complexas e provavelmente envolvem outros fatores, como a intensidade de predação, a disponibilidade de detritos e a taxa de recrutamento.

ABSTRACT

Influence of the cord grass Spartina alterniflora on the distribution and density of Neritina virginea (Gastropoda: Neritidae) in salt marshes of Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). This work analyses the influence of the cord-grass *Spartina alterniflora* over the distribution and density of the gastropod *Neritina virginea* in salt marshes distributed along an environmental energy gradient, during the summer and winter of 1992. Population densities of *N. virginea* are not directly related to the environmental gradient, but are affected by the density and mean height of plant cover. Seasonal differences were not registered in the gastropod densities, probably due to the lack of recruitment during the study period. Densities of *N. virginea* and the biomass of *S. alterniflora* were significantly correlated. However, these relations are probably much more complex and possibly include other factors, such as the predation pressure, the availability of detritus, and recruitment rates.

Key words: *Spartina alterniflora*, *Neritina virginea*, salt marsh, plant-animal interactions, SE Brazil.

RESUMO

Este trabalho analisa a influência da gramínea *Spartina alterniflora* sobre a distribuição e densidade do gastrópodo *Neritina virginea* em marismas distribuídas ao longo de um gradiente de energia ambiental na Baía de Paranaguá, no verão e inverno de 1992. Densidades populacionais de *N. virginea* não estão diretamente correlacionadas com o gradiente ambiental, mas são afetadas pela densidade e altura média da cobertura vegetal. Não foram registradas diferenças sazonais significativas na densidade do gastrópodo,

provavelmente devido à ausência de recrutamento durante o período considerado. Foram constatadas correlações lineares significativas entre as densidades de *N. virginea* e a biomassa de *S. alterniflora*. No entanto, estas relações são provavelmente muito mais complexas e possivelmente envolvem outros fatores, como a intensidade de predação, a disponibilidade de detritos e a taxa de recrutamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, R. T. 1974. *American Seashells*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 663 pp.
- ADAIME, R. R. 1978. Estudo da variação estacional do "standing crop" e do repovoamento em um banco de *Spartina alterniflora* Loiseleur, 1807, no complexo estuarino-lagunar de Cananéia. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, São Paulo 27: 1-43.
- ARON, M. A. 1989. *Aspectos ecológicos e comportamentais de Neritina virginea* (Gastropoda: Prosobranchia) na região estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 141 pp.
- CAPITOLI, R. R., BEMVENUTI, C.E. & GIANUCA, N.M. 1978. Estudos de ecologia bentônica na região estuarial da Lagoa dos Patos. I- As comunidades bentônicas. *Atlântica, Rio Grande* 3: 5-22.
- COSTA, C. S. B. & DAVY, A. J. 1992. Coastal saltmarsh communities of Latin America. In *Coastal Plant Communities in Latin America*. U. Seeliger (ed), American Press, p: 179-199.
- DAIBER, F. C. 1977. Salt-marsh animals: distributions related to tidal flooding, salinity and vegetation. In *Ecosystems of the world. I. Wet Coastal Ecosystems*. V.J. Chapman (ed), Elsevier, Amsterdam, p: 79-108.
- DAIBER, F. C. 1982. *Animals of the tidal marsh*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 422 pp.
- FLYNN, M. N. 1993. *Aspectos ecológicos das associações de espécies e avaliação do efeito da predação sobre a estrutura da macrofauna bentônica de bancos de Spartina* (Cananéia, SP, Brasil). Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 84 pp.
- KEMP, P.F., NEWELL, S.Y. & HOPKINSON, C.S. 1990. Importance of grazing on the salt-marsh grass *Spartina alterniflora* to nitrogen turnover in a macrofaunal consumer, *Littorina irrorata*, and to decomposition of standing-dead *Spartina*. *Marine Biology* 104: 311-319.
- KNEIB, R.T. 1984. Patterns of invertebrate distribution and abundance in the intertidal salt-marsh: causes and questions. *Estuaries* 7: 392-412.
- KNOPPERS, B.A., BRANDINI, F.P. & THAMM, C.A. 1987. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II. Some physical and chemical characteristics. *Neritica* 2: 1-36.
- LANA, P.C., GUISS, C. & DISARÓ, S.T. 1991. Seasonal variation of biomass and production dynamics for above-and belowground components of a *Spartina alterniflora* marsh in the euhaline sector of Paranaguá Bay (SE Brazil). *Estuar.coast.Shelf Sci.* 32: 231-241.
- LANA, P.C. & GUISS, C. 1991. Influence of *Spartina alterniflora* on the structural and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (Southeastern Brazil). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 231-244.
- LANA, P.C. & GUISS, C. 1992. Macrofauna-plant biomass interactions in a euhaline salt marsh in Paranaguá Bay (SE Brazil). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 80: 57-64.
- LEHMAN, H.K. & HAMILTON, P.V. 1980. Some factors influencing the distribution of *Neritina reclinata*. *Northeast Gulf Sci.* 1 (1): 67-72.
- LONG, S.P. & MASON, C.F. 1983. *Saltmarsh Ecology*. Blackie and Son, Glasgow, 160 pp.
- NETTO, S.A. *Composição, estrutura e variabilidade sazonal da macrofauna benthica associada a Spartina alterniflora na Baía de Paranaguá*. Tese de Mestrado, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, 91 pp.
- ORTH, R.J., HECK, K.L. & MONTFRANS Jr., J. 1984. Faunal communities in Seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. *Estuaries* 7: 339-350.
- OZORIO, C. P., WIEDENBRUG, S., LANA, P. C., SOARES, A. G., COUTO, E. C. G., NETTO, S. A., ALMEIDA, M. V. O., BLANKENSTEYN, A., NAKATANI, K. em preparação. Distribution patterns of *Neritina virginea* (Gastropoda, Neritidae) in a saltmarsh of Paranaguá Bay (Southeastern Brazil).

- PANITZ, C. M. N. 1986. *Produção e decomposição e serapilheira no mangue do Rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (27°35'S - 48°31'W)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Carlos, 601 pp.
- PANITZ, C. M. N. 1992. Ecological aspects of a saltmarsh ecosystem in Santa Catarina Island, Brazil. In: *Coastal Plant Communities of Latin America*. U. Seeliger (ed), Academic Press, New York, p: 213-230.
- RANWELL, D.S. 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hall, London.
- RIOS, E. C. 1985. *Seashells of Brazil*. Fundação Universidade de Rio Grande, Rio Grande, 328 pp.
- SORIANO-SIERRA, E. J. 1990a. Ecossistemas de marismas, II. A Fitocenosis. *Anais do II Simpósio de Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, Publicação ACIESP*, 71 (2): 142-149.
- SORIANO-SIERRA, E. J. 1990b. Ecossistemas de marismas, III. A produção primária. *Anais do II Simpósio de Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, Publicação ACIESP*, 71 (2): 150-157.
- TAKEDA, A.M. 1988. *Estrutura de associações macrobênticas de Spartina alterniflora Loiseleur, 1807 no complexo estuarino-lagunar de Cananéia*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 70 pp.
- TARARAM, A.S., WAKABARA, Y. 1987. Benthic fauna living on *Spartina alterniflora* of Cananéia estuarine region (25°02'S-47°56'W). *Bolm inst. Oceanogr., S. Paulo* 35: 103-113.
- WEST, D.L. & WILLIAMS, A.H. 1986. Predation by *Callinectes sapidus* (Rathbun) within *Spartina alterniflora* (Loisel) marshes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 100: 75-95.

Tabela 1. Resultados da ANOVA trifatorial avaliando os efeitos de local, época e ambiente sobre a salinidade da água de percolação, matéria orgânica do sedimento e densidade de *Neritina virginea* (*p < 0,05).

	Salinidade	Mat. Orgânica	Densidade
Local	0,000005*	0,000001*	0,000000*
Época	0,000000*	0,000887*	0,269539
Ambiente	0,003408*	0,164592	0,000000*
Local x Época	0,000000*	0,055760	0,477221
Local x Ambiente	0,004892*	0,435967	0,000000*
Época x Ambiente	0,309519	0,647920	0,007126*
Local x Época x Ambiente	0,008969*	0,688588	0,97437

Tabela 2. Resultados da ANOVA bifatorial avaliando os efeitos de local e época de coleta sobre a altura média, densidade de colmos, biomassa aérea viva e biomassa aérea morta de *Spartina alterniflora* (*p < 0,05).

	Altura média	Densidade	Biomassa viva	Biomassa morta
Local	0,000000*	0,00000*	0,00000*	0,00001*
Época	0,000000*	0,407839	0,00000*	0,00000*
Local x Época	0,000049*	0,022464	0,18219	0,30783

NITROGEN, PHOSPHORUS AND GRANULOMETRIC CHARACTERIZATION IN NEARSHORE SEDIMENTS OF GUANABARA BAY: TENTATIVE APPLICATION OF A SOLID PHASE DIAGENETIC MODEL

Marcelo F. Landim de SOUZA*
Leticia M. MAYR

INTRODUCTION

The processes of removal and release of phosphorus and nitrogen through the sediment/water interface are important for the functioning of aquatic ecosystems. They become even more relevant in shallow coastal waters characterized by reduced water renewal.

Sedimentary dynamics affect the concentration and remineralization of biogenic elements in sediments. The deposition of finest material provides exchange sites in clay minerals, and favours inorganic nutrients adsorption (Klump and Martens, 1981; Boatman and Murray, 1982).

The regeneration of organic matter is also related to sediment grain size. Changes in sediment surface:volume ratio affect the bacterial population development (Mann, 1982). Moreover, the modification of porosity, permeability, and proportion of mineral and organic material. can alter the magnitude of molecular diffusion and advection effects (Berner, 1980), and vertical distribution of elements in sediment.

This work assesses the influence of qualitative variation of bottom sediment on vertical distribution of total phosphorus and nitrogen concentration, and applies a solid phase diagenetic model to estimate nutrient fluxes.

* Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro - 21.941-000 - Brasil. Current address: Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Outeiro de São João Batista, s/n°. 5º andar, Niterói - 24.210-000 - Brasil

MATERIALS AND METHODS

Site description - Guanabara Bay (Rio de Janeiro State, SE Brazil) is an estuarine complex with about 400 km². Formed by a Pleistocene fluvial valley flooding, during Flandrian marine transgression, it is now surrounded by densely inhabited and industrialized cities.

The great continental sediment loading has been increased by anthropogenic action, through the alteration and disturbance of natural water courses, removal of plant cover and mangrove forests in drainage basins, and indiscriminated dumping.

Due to the morphology of Guanabara Bay, a great part of this solid load is retained in the water body. This is, together with artificial eutrophication, its main environmental problem.

Sampling - Five sampling stations were chosen in different sediment types along the bay (Fig. 1). Sampling was made in January 18, and March 4, 1990, during ebb-tide. All samples corresponded to subtidal sediments, except IF1, at an intertidal mudflat.

Samples were collected with a 5-cm diameter corer, sectioned in 5 cm intervals, till a 20-cm depth. Each section was placed in polythene bags, kept under ice and stored in the dark, for 1-2 hours, until analyses.

Samples were dried at 70°C during 48 h, homogenized, part being reserved for granulometric analysis. The rest was grinded and passed through a 1-mm mesh, and kept dry for chemical analysis.

Total phosphorus was measured following sediment digestion with potassium peroxodisulphate in acid medium (Nelson, 1987) followed by spectrophotometric determination as reactive phosphate (Grasshoff et al., 1983).

Wet sample oxidation was utilized for total nitrogen analysis, using sulfuric acid-hydrogen peroxic mixture (Rowland and Grimshaw, 1985), and turbidimetric reading of resulting ammonia by addition of Nessler reactant (Krug et al., 1979).

Organic matter content was measured gravimetrically, by loss on ignition at 550°C after 2 hours (Williams, 1985). Mathematical fit described in Hakanson and Jansson (1983) was applied to estimate organic carbon.

Granulometric analysis was carried out by sieve and decantation (EMBRAPA, 1987). The calculated parameters were the mean (M_z) and kurtosis (K_g) from Folk and Ward (1957), standard deviation (σ) from Inman (1952), and skewness (Warren, 1974). pH was determined in a mixture of 1 g of dry sediment and 25 ml distilled deionized water, after agitation (EMBRAPA, 1987).

RESULTS AND DISCUSSION

Physical description - Sediment collected in station IF1, the more degraded, showed a black color, giving off strong sulphidic odor. The mud flat is almost completely filled with detritus carried from a garbage deposit, which impede the sampling of a deeper core.

In station IF2, there was a thin (3 - 5 mm) superficial clear layer; the rest was gray-greenish sulphidric sand. Also in station BV, the more oceanic and less impacted site, the surface sediment (5 cm) was clear coarse sand, becoming gray with depth. In all depths, there were large amounts of mussel shell fragments.

Samples from station RB, located near a shipyard and fisheries industry, were black sulphidric sand. In station PP, sediment was a greenish silty-clay mud, without smell.

Minimum pH values were recorded at station IF1, and maxima at station BV, a fact that indicates the influence of offshore waters. Vertical changes did not exceed 1.5 units.

Textural parameters exhibited vertical variability in stations BV, RB, and PP (Tab. 1), characterized by sediments with a bimodal distribution. This could indicate that these areas are subjected to fluctuations in depositional processes, with changes in sediment type and possibly an increase in deposition rates, as reported by Amador (1980). This can be a consequence of increasing anthropogenic loading, sediment resuspension and current transport, and marine reworking of probably fluvial material (Suguo, 1973; Amador and Ponzi, 1974).

In fact, the shore near station BV is formed by highly weathered crystalline rock, with big quartz grains and a lot of clay minerals. The carrying of this material, enhanced by adjacent buildings, could be responsible for the reduction in selection from subsurface to surface sediments.

Sediment distribution in stations RB and PP changes from symmetrical to negative symmetry from surface to subsurface. In both stations the occurrence of platicurtic sediments indicates a bimodal distribution. In station RB, there is an increase in bimodality from subsurface to surface, while in station PP it is present in the deepest layer.

Nitrogen and phosphorus concentrations - Concentrations of N and P in surficial sediments ranged from $0.15 \text{ mg P} \cdot \text{g}^{-1}$ in station PP to $1.62 \text{ mg P} \cdot \text{g}^{-1}$ in station IF1, and from $0.56 \text{ mg N} \cdot \text{g}^{-1}$ in station BV to $6.00 \text{ mg N} \cdot \text{g}^{-1}$ in station IF1 (Tab. 2). In spite of the great organic matter loading, these values are unexpectedly not so high.

Similarity between stations, in terms of total phosphorus and nitrogen grade in surface layer, was tested using sequential χ^2 . For phosphorus, it was found that stations IF1 and IF2 are significantly different ($P=0.05$), and the others are similar. For nitrogen, the only different site is station IF1.

Concentrations of total phosphorus were higher than total nitrogen, as a reflection of the low superficial N:P ratio (mass) recorded in all stations (Fig. 2).

Except in station RB, C:N ratios were higher than 10, reaching values beyond 70 in station IF2. These ratios can indicate the influence of terrestrial sources of organic matter (Valiela, 1984), or the preferential release of organic nitrogen (Martens et al. 1978).

Vertical changes of total nitrogen and phosphorus - In general, phosphorus and nitrogen decrease with depth (Fig. 3), suggesting the existence of an equilibrium

between loading, remineralization and remobilization of this elements to aqueous phase, accordingly to diagenetic model (Berner, 1971, 1980).

Vertical profiles different from those expected by this model (stations RB and BV for nitrogen and organic carbon; station PP for organic carbon) may be due to changes in autochthonous and allochthonous inputs, bioturbation, resuspension and superficial sediment transport processes. These discordances can also reflect past conditions, with physico-chemical release and removal favoring organic and/or inorganic nitrogen accumulation in sediment, prevailing upon phosphorus forms.

Although all these agents can act jointly with variable relevance, granulometric distributions, indicating depositional changes, hint that physical events of change in depositional environment and bioturbation are the predominant ones.

The increase of N:P ratios with depth, at least in the first 10 cm, can be explained by the fact that organic nitrogen usually is bonded to structural components, more resistant to decomposition than phosphorus bonded compounds (Bowden, 1984). In fact, nitrogen behavior, decreasing slowly with depth, seems to control both N:P and C:N ratios in station IF2..

In spite of the high C:N ratios in most samples, there are great vertical changes, with values even lower than the average ratio in marine phytoplankton. These values are coincident with low organic carbon, suggesting that phosphorus and nitrogen are mainly in inorganic form in these layers.

Estimate of remineralized nutrient flux - Assuming a steady state deposition and burial, the diagenetic equation for first order decomposition kinetics (Berner, 1974, 1980) can be used:

$$G_z = G_m^0 \exp [(-k/w) \cdot z] + G \quad (1)$$

and

$$G_m^0 = G_o - G \quad (2)$$

where G_z is the element concentration in any depth z , k is a first order rate constant, w is the sediment deposition rate, G_m^0 expresses the metabolizable fraction deposited, G_o the input concentration and G is the residual concentration. So, regenerated flux through sediment-water interface (J_{out}) can be estimated as:

$$J_{out} = w \cdot G_m^0 = w (G_o - G) \quad (3)$$

In the same way, total depositional (J_{in}) and burial flux (J_{bur}) can be inferred by:

$$J_{in} = w \cdot G_o \quad (4)$$

and

$$J_{bur} = w \cdot G \quad (5)$$

Regenerated phosphorus or nitrogen fraction is given by:

$$\% \text{ turnover} = J_{out} / J_{in} \cdot 100 \quad (6)$$

Although J_{out} is usually defined as the flux through sediment-water interface (Klump and Martens, 1987), we believe that **potential flux** is a better term, since not all the remineralized nutrient is effectively transported to the water column, a part being retained as inorganic insoluble forms in the sediment.

To estimate nitrogen and phosphorus potential flux, curves obtained by extrapolating G_0 and G were adjusted to results. These curves were best fitted to equation (1). Results are listed in tables 3 and 4.

For flux calculations, the mean deposition rate given by Amador (1980) of $0.7875 \text{ cm} \cdot \text{y}^{-1}$ were used for the bay area where all stations are localized. This rate was corrected by average superficial sediment of $1.256 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (Amador 1980), equivalent to $0.988 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$. The change of density in function of compaction is $0.488 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ in 4 m (Amador, 1980), assumed to be constant with depth.

The main criticism to this model concern the difficulties to measure G_0 with precision, since organic matter is continuously altered after deposition. This does not affect our data, because the surficial sediment layer is in fact a mean of the first 5 cm. However, extrapolation to the interface do not solve completely this problem, mainly in very reactive sediments.

Another problem is the temporal variation in inputs. Lasaga and Holland (1976) showed that input oscillations will only yield a non-steady state behavior in pore water concentrations if the period is less than $\frac{w^2}{D_s}$ (D_s = molecular diffusion coefficient). For our data, and diffusivities of nitrogen and phosphorus dissolved compounds ($0.4 - 6.0 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$; Klump & Martens 1987), the period oscillation must be less than 200 - 3000 years. In spite of this, Klump and Martens (1987) confirm that steady state on dissolved pore water constituents profile is not inconsistent with non-steady state input. Actually, our results suggest a change in deposited material, but only more accurate measure of deposition rate and pore water chemistry could answer this question, which transcend our original purposes.

However, in face of the scarce data on mass transfer in this strongly polluted estuary, and of resources to make it on a suitable form, this speculation become pertinent. Furthermore, Klump and Martens (1987) applied successfully this model, comparing results obtained from direct "*in situ*" measurements to stoichiometric estimation based on annual sulfate-reduction rates, with good agreement.

Rebello *et al.* (1988) report a mean phytoplankton productivity in central Guanabara Bay of $1.06 \cdot 10^3 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$, which according to the Redfield C:N:P ratio implies a demand of about $0.15 \cdot 10^3 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$ and $0.03 \cdot 10^3 \text{ g P} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$. These authors argued that the high anthropogenic inputs are not enough to support these production levels, suggesting that remineralization in the water column and sediment might be important contributors. The potential role of sediment is confirmed by model application to our data (Tab. 5).

Concluding remarks - Sediments of Guanabara Bay are an important potential source of inorganic phosphorus and nitrogen to primary production, and may affect the results of announced water quality recuperation programs. There could be a great lag time between the implantation of sewage treatment plants, and reduction of primary production. Spiller and Auclair (1986) described a lapse of 7 to 14 years between the end of organic loading and water quality responses in lakes. Even having a residence time much lower than any lake, the bay circulation was seriously affected by sediment loading, especially in the more degraded western shore. Another suggested action to

improve water quality is the dredging of the main channels between Fundão and Governador Islands and the continent. Although dredging will improve water flow, it requires careful studies, since it can release, besides nutrients, heavy metals retained in this anoxic reductive environment.

The detected depositional changes are reflected in nitrogen, phosphorus and organic carbon profiles, although there is no evident correlation. Rather, these recent changes in sedimentary environment can be responsible for the "noise" in chemical constituent profiles.

ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge the field and laboratory assistance of M. M. Faria and W.F.L. Souza, to all people from Lab. de Sedimentologia/UERJ, Lab. de Avaliação Ambiental/UFRJ, M. van Weerelt, R. Paranhos, C.E. Rezende, B. Aglai for their useful comments on an earlier draft of this manuscript, and Myrna F.L. de Souza for valuable opinions and reviewing. The first author received IC grant of FUJB/UFRJ.

ABSTRACT

Total nitrogen, phosphorus and organic carbon were measured in sediment profiles, and correlated to granulometric distribution in different depth levels of nearshore sediments in Guanabara Bay (Brazil). This paper assesses the pool of these elements and the influence of sedimentary dynamics on it, in five different depositional environments. Textural parameters exhibit vertical changes in three stations. This is an evidence of changes in depositional processes, reflected by anomalous nutrient profiles. However, there was no correlation with granulometry, showing rather an erratic behaviour. Surficial sediment TN and TP ranged from 0.56 to 6.00 mg . g⁻¹ and 0.15 to 1.62 mg . g⁻¹, respectively. Tentative application of solid phase diagenetic model estimates fluxes of about 1.1 - 24.7 g P . m⁻² . y⁻¹ and 2.2 - 67.2 g N . m⁻² . y⁻¹. These values correspond to 4 - 82% of phosphorus and 2 - 45% of nitrogen annual average phytoplanktonic demand.

Key words: Nutrientes, granulometry, estuarine sediments, remineralization

RESUMO

Os teores de nitrogênio, fósforo total e carbono orgânico e a textura granulométrica foram analisados em diferentes níveis de profundidade de sedimentos costeiros na Baía de Guanabara (Brasil). Este trabalho teve por objetivo estimar os estoques destes elementos e avaliar a influência da dinâmica sedimentar sobre estes, em cinco diferentes ambientes deposicionais. Os parâmetros texturais exibiram variações verticais em três estações. Esta é uma evidência da ocorrência de modificações nos processos deposicionais, originando perfis anômalos de nutrientes nestes testemunhos. No entanto, este comportamento não se correlacionou com a granulometria, sendo, ao contrário, errático. A concentração de NT e PT no sedimento superficial variou de 0,56 a 6,00 mg . g⁻¹ e 0,15 a 1,62 mg . g⁻¹, respectivamente. Através da aplicação de um modelo diagenético de fase sólida foram estimados fluxos de cerca de 1,1 - 24,7 g P . m⁻² . ano⁻¹ e 2,2 - 67,2 g N . m⁻² . ano⁻¹. Estes valores correspondem a 4 - 82% da demanda média anual de fósforo pelo fitoplâncton, e 2 - 45% da de nitrogênio.

Palavras-chave: Nutrientes, granulometria, sedimentos estuarinos, remineralização.

REFERENCES

- AMADOR, E.S. 1980. Assoreamento da Baía de Guanabara - Taxas de sedimentação. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52(4):723-742.
- AMADOR, E.S. & V.R.A. PONZI, 1974. Estratificação e sedimentação dos depósitos flúvio-marinhos na orla da Baía de Guanabara. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46(3/4):693-694.
- BERNER, R.A. 1971. *Principles of chemical sedimentology*. McGraw-Hill, New York, 240 p.
- BERNER, R.A. 1974. Kinetic models for early diagenesis of nitrogen, sulphur, phosphorus and silicon in anoxic marine sediments. p 427-450. In: E.D. Goldberg (ed.) *The Sea*, Vol. 5. Wiley Interscience, New York.
- BERNER, R.A. 1980. *Early diagenesis: a theoretical approach*. Princeton University Press, Princeton, 240 p.
- BOATMAN, C.D. and J.W. MURRAY. 1982. Modeling exchangeable ammonia adsorption in marine sediments: Process and controls of adsorption. *Limnology and Oceanography*, 27(1):99-110.
- BOWDEN, W.B. 1984. Nitrogen and phosphorus in the sediments of a tidal, freshwater marsh in Massachusetts. *Estuaries*, Vol. 7 (2):108-118.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 1987. Manual de Métodos de Análise de Solo. Brasília.
- FOLK R.J. and W.C. WARD. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 27(1):3-26.
- GRASSHOFF, K., M. EHRARDT, and K. KREMLING. 1983. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim. 419 p.
- HAKANSON, L. and M. JANSSON. 1983. *Principles of lake sedimentology*. Springer Verlag, Berlin. 316 p.
- INMAN, D.L. 1952. Measures for describing the size distribution in sediments. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 22:125-245.
- KLUMP, J.V. and C.S. MARTENS. 1981. Biogeochemical cycling in an organic rich coastal marine basin. II. Nutrient sediment-water exchange processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:101-121.
- KLUMP, J.V. and C.S. MARTENS. 1987. Biogeochemical cycling in an organic rich coastal marine basin. V. Sedimentary nitrogen and phosphorus budgets based upon kinetic models, mass balances, and the stoichiometry of nutrient regeneration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51:1161-1173.
- KRUG, F.J., J. RUZICKA, and E.H. HANSEN. 1979. Determination of ammonia in low concentrations with Nessler's reagent by Flow Injection Analysis. *Analyst*, 104:47-54.
- LASAGA, A.C. and H.D. HOLLAND. 1976. Mathematical aspects of non steady state diagenesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40:257-266.
- MANN, K.H. 1982. *Ecology of coastal waters*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford.
- MARTENS, C.S., R.A. BERNER, and J.K. ROSENFELD. 1978. Interstitial water chemistry of anoxic Long Island Sound sediments. 2. Nutrient regeneration and phosphate removal. *Limnology and Oceanography*, 23(4):605-617.
- NELSON, N.S. 1987. An acid-persulphate digestion procedure for determination of phosphorus in sediments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 18(4):359-369.
- REBELLO, A.L., C.R. PONCIANO, and L.H. MELGES. 1988. Avaliação da produtividade primária e da disponibilidade de nutrientes na Baía de Guanabara. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 60(4):1115-1135.
- ROWLAND, A.P., and H.M. GRIMSHAW. 1985. A wet oxidation procedure suitable for total nitrogen and phosphorus in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 16(6):551-560.
- SPILLER, G.B., and A.N.D. AUCLAIR. 1986. A mathematical model of seasonal and spatial variation in phosphorus concentrations in Lake Memphremagog, Quebec. *Ecological Modelling*, 34:143-166.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Ed. Edgard Blücher/EDUSP. São Paulo. 317 p.
- VALIELA, I. 1984. *Marine ecological processes*. Springer Verlag, New York. 546 p.
- WARREN, G. 1974. Simplified form of the Folk-Ward skewness parameter. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 44(1):259.
- WILLIAMS, P.J.B. 1985. Analysis: Organic Matter. p. 160-200. In: P.C. Head (ed.), *Practical Estuarine Chemistry*. Cambridge University Press, Cambridge.

ESTA ♦ OBRA ♦ FOI ♦
IMPRESSA ♦ NA ♦ GRÁFICA
♦ EXKLUSIVA ♦ NO ♦ MÊS ♦
DE ♦ JANEIRO ♦ DE ♦ 1995
♦ PARA ♦ A ♦ EDITORA ♦
DA ♦ UNIVERSIDADE ♦
FEDERAL ♦ DO ♦ PARANÁ ♦

Editora
UFPR

NERÍTICA

A revista *Nerítica* foi criada em 1986.
Veículo de divulgação científica do
Centro de Estudos do Mar da Universidade
Federal do Paraná e de instituições
congêneres, destina-se a publicar
trabalhos científicos originais, comentários
específicos e revisões críticas nas áreas
de Biologia Marinha, Oceanografia Geral
e Aquacultura de Organismos Marinhos.

Editora
UFPR

ISSN 0102-6224