

FLUTUAÇÕES TEMPORAIS DOS ELEMENTOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS,
DO MATERIAL EM SUSPENSÃO E DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA
ÁGUA NA PARTE SUL DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E
PRAIA DO CASSINO - RS

BAPTISTA, J.R.*

RESUMO

Em três locais no estuário da Lagoa dos Patos e um na praia do Cassino, em seis períodos de seis dias desde novembro de 1981 até setembro de 1982, foram geradas séries temporais de salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão, amônio, nitrato, fosfato e silicato da água. As amostras foram tomadas uma vez por dia e num dia de cada período, cinco vezes a cada duas horas. Isto foi feito para descrever a variabilidade temporal e espacial destas propriedades e elucidar as principais causas desta variabilidade, através do relacionamento delas entre si e com chuva, vento e temperatura do ar.

As variabilidades diárias e horárias foram importantes em todas as coletas nas áreas estudadas. Foram registradas variações em torno de 20^o/‰ em salinidade, 150 mg/l em material em suspensão, 50 µat-g/l de fosfato e nitrato, 100 µat-g/l de amônio e silicato e 5 µat-g/l de nitrito en-

* Departamento de Química da FURG

tre dias de um mesmo período. Em geral, foram fracas as variações em pH e oxigênio dissolvido, especialmente na praia do Cassino. Através de uma análise descritiva, baseada na sobreposição de gráficos e em fenômenos que pudessem explicar o comportamento dos parâmetros, evidenciou-se que as flutuações da salinidade estiveram associadas às flutuações de chuva, vento, material em suspensão, pH, oxigênio dissolvido e silicato. As variações de amônio e fosfato estiveram diretamente associadas entre si e suas maiores concentrações, com a proximidade das zonas industrial e urbana. As variações de nitrato e nitrito relacionaram-se com as variações da temperatura da água.

Um estudo estatístico, que compreendeu as técnicas de análise de variância dupla (com a análise de classificação múltipla) e análise de regressão linear múltipla, confirmou a interpretação descritiva, verificando que as flutuações observadas foram significativas e detalhou o relacionamento entre os parâmetros.

ABSTRACT - TEMPORAL FLUTUATIONS IN THE DISSOLVED NUTRIENTS, SUSPENDED MATERIALS AND SOME PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE WATER FROM THE SOUTHERN PART OF THE PATOS AND PRAIA DO CASSINO STUARIES (R.S., BRAZIL)

Time series analyses of salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, suspended particulate matter, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and silicate concentration were generated for three locations of south estuary of Patos Lagoon and one in Cassino Beach, Rio Grande do Sul, Brazil, for six periods of six days each between November 1981 to September 1982. The samples were taken once a day and for one day of each period every two hours. This was done to describe temporal and spatial variability of these ecological variables and to elucidate the main factors that cause

variability, through their interrelationship and also with rain, wind and temperature data.

Daily and hourly variability was observed for all sampling sites. Variations of $20^{\circ}/_{\infty}$ in salinity, 150 mg/l in suspended matter, 50 $\mu\text{at-g/l}$ of phosphate and nitrate, 100 $\mu\text{at-g/l}$ of ammonia and silicate, 5 $\mu\text{at-g/l}$ of nitrite, were recorded between days of the same period. In general, the variations of pH and dissolved oxygen were low, specially for Cassino Beach.

A descriptive analysis, based on superposition of graphs showed that salinity fluctuations were associated with rain, wind, suspended matter, pH, dissolved oxygen and silicate fluctuations. The ammonia and phosphate variations were directly related and their high concentrations were due to the proximity of the industrial and urban areas. The nitrate and nitrite variations were associated with the variations of water temperature.

Analysis of variance (with multiple classification analysis) and multiple linear regression, confirmed the descriptive interpretation, verified that the observed fluctuations were significant and provided statistical relationships between the parameters.

INTRODUÇÃO

Localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul, a Lagoa dos Patos constitui-se numa área lagunar de 9900 km². Esta lagoa possui uma orientação nordeste-sudoeste na sua parte superior, norte-sul na parte inferior e comunica-se com o Oceano Atlântico ao sul. A região estuarina compreende desde os molhes da barra do Rio Grande até a Ilha da Feitoria (Fig. 1), uma décima parte do total lagunar; nesta área, regimes de enchente e vazante se alternam, dependendo das condições de chuvas na bacia hidrográfica e ventos locais. No verão, há domínio de águas oceânicas e no inverno,

de águas doces. Os ventos de norte e nordeste predominam na primavera e verão; ventos do sul e sudeste, no outono e inverno. A pluma de saída das águas lagunares, por ocasião de vazante intensa, pode propagar-se até 80 km frente à praia do Cassino (HERZ, 1977), alterando as propriedades físicas e a reserva nutritiva originais das águas da Plataforma Continental (CASTELLO e MÖLLER JR., 1977; HARTMANN et al, 1980).

Os primeiros estudos físico-químicos efetuados na área estuarina (CASTELLO, 1976-78), contataram mudanças acentuadas em salinidade e temperatura da água em 24 horas, além das variações estacionais. As pesquisas que se seguiram (COSTA et al, 1978, 1979 e 1982; CRUZ et al, 1982; KANTIN e BAUNGARTEN, 1982; KANTIN et al, 1982) registraram salinidades de 0 a 35‰, na área estuarina, e variações horárias superiores a 10‰. Este estudo mais amplo e detalhado das flutuações da salinidade foi necessário visto que estas variações podem condicionar as flutuações dos nutrientes dissolvidos, do material particulado em suspensão, da temperatura do pH e do oxigênio dissolvido nas águas estuarinas e da praia do Cassino. Também foi objetivo relacionar as flutuações destes elementos entre si e com chuvas e ventos da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Efetuuou-se amostragens em três locais do Canal do Norte e um na praia do Cassino (Fig. 1), este último escolhido por ser um ponto influenciado tanto por águas costeiras como por águas continentais. Na estação 1 ($52^{\circ}10'5''$ W- $32^{\circ}12'3''$ S), as coletas foram à 10 m da linha de arrebenção em direção à praia. As estações 2 ($52^{\circ}5'8''$ W- $32^{\circ}9'6''$ S), 3 ($52^{\circ}5'5''$ W- $32^{\circ}4'5''$ S) e 4 ($52^{\circ}4'3''$ W- $32^{\circ}3'0''$ S) situaram-se, respectivamente, na base interna do molhe oeste, junto ao Pier Petroleiro à 100 m para dentro do canal e no cais do porto Novo. O acesso por via terrestre permitiu coletas com qualquer condição mete-

reológica e com um mínimo intervalo entre elas.

De novembro de 1981 a setembro de 1982, foram realizados seis cruzeiros de seis dias consecutivos: dois na primavera e no outono, um no verão e no inverno. Em um desses seis dias, escolhido ao acaso, efetuou-se cinco amostragens de duas em duas horas, em cada estação. Foram realizadas coletas de água em superfície, com balde plástico, em todas as estações. A estação 3 foi amostrada também em profundidade com garrafa modelo horizontal. As temperaturas da água e do ar foram tomadas, respectivamente, com termômetros de cubeta e comum de mercúrio. As amostras foram distribuídas em garrafas plásticas de acordo com as análises a que seriam submetidas: uma para as determinações de amônio, nitritos, nitratos dissolvidos onde adicionou-se 40 mg/l $HgCl_2$ (GERMAN CHEM. ASSOC., 1981) uma para a dosagem de fosfatos dissolvidos - onde adicionou-se 7 ml/l de clorofórmio (MURPHY e RILEY, 1956); uma para determinação do pH, material particulado em suspensão e silicatos. Na amostragem para determinação do oxigênio dissolvido, utilizou-se frascos apropriados de 300 ml, cujas amostras foram fixadas no local da coleta.

Efetuoou-se a filtração das amostras destinadas às dosagens dos nutrientes dissolvidos e material em suspensão em filtros de acetato de celulose de 0,45 μm de porosidade, tendo os filtrados sido congelados de dois a onze dias a -12° . Métodos manuais, descritos por STRICKLAND e PARSONS (1972), foram empregados nas análises e para leitura das extinções, espectrofotômetro Varian com cubetas de vidro de 1 a 10 cm.

O estudo estatístico compreendeu duas técnicas, processadas em computador IBM 360, através do sistema SPSS (NIE et al, 1975) - análise de variância dupla, onde para decidir se existe pelo menos uma média-calculada entre dias da semana, horas do dia e estações de coleta, nos diferentes parâmetros - significativamente diferente das demais, adotou-se os níveis de confiança de 95 e 99% - análise de regressão linear múltipla, onde incluiu-se os parâmetros hidrológicos e meteorológicos e adotou-se um nível de confiança de 99,9%

e uma tolerância igual a 0,8.

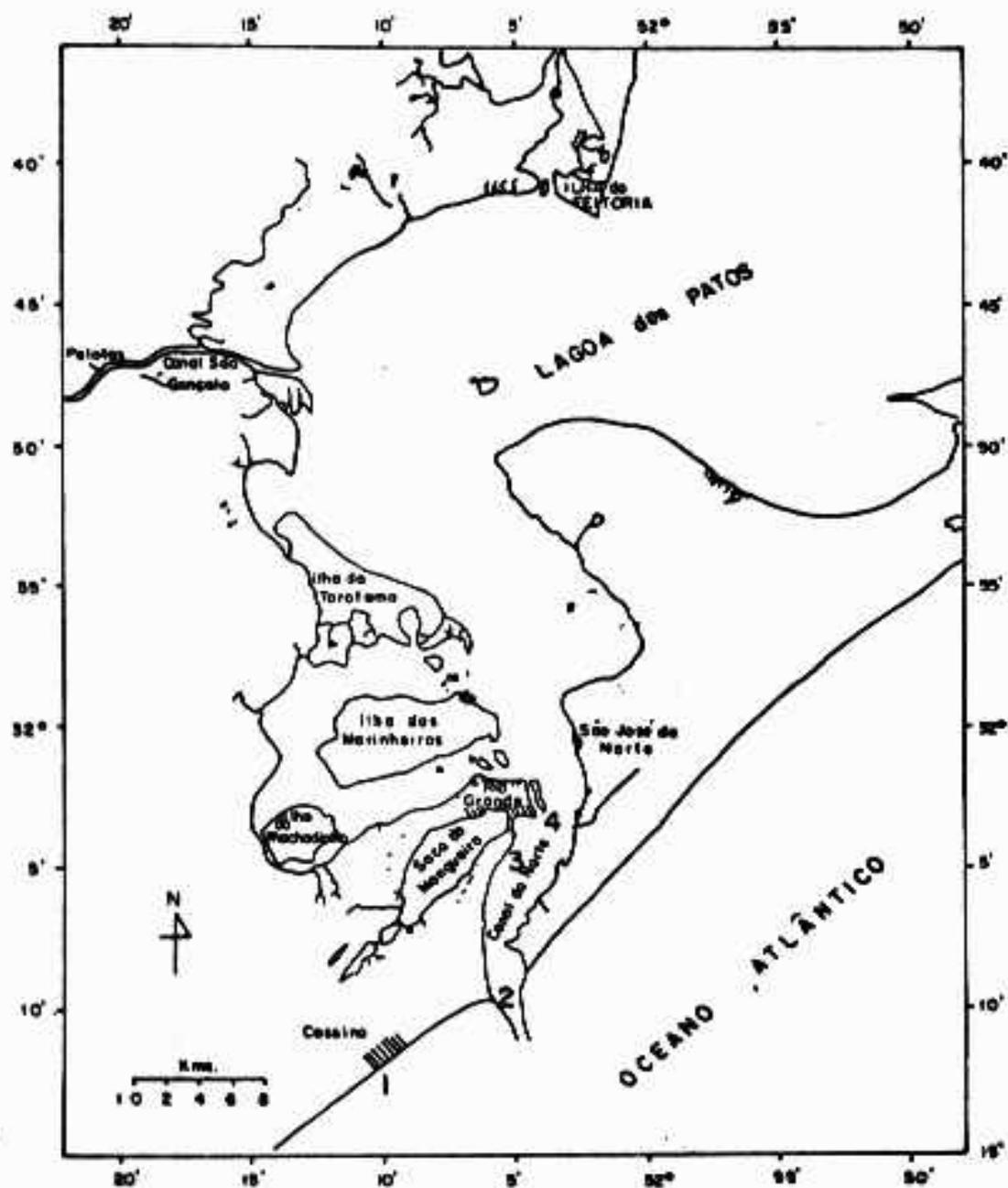


Figura 1 - Estações de amostragem. Estuário da Lagoa dos Patos e praia do Cassino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram as flutuações temporais e espaciais dos parâmetros estudados, durante os seis cruzeiros. O vento, mostrado na Fig. 2, predominou do quadrante sul com velocidade média de 2 m/s. Ventos fortes de nordeste e sudeste manifestaram-se apenas no inverno. O total de chuva local e a média da bacia hidrográfica são mostrados na Fig. 3, onde verifica-se a menor precipitação em abril. As flutuações diárias e horárias dos demais parâmetros foram representadas tendo na abcissa dias da semana e horas do dia; na ordenada, os diferentes parâmetros para todos os cruzeiros. Mostra-se na Fig. 4 os aspectos mais interessantes das flutuações de cada parâmetro.

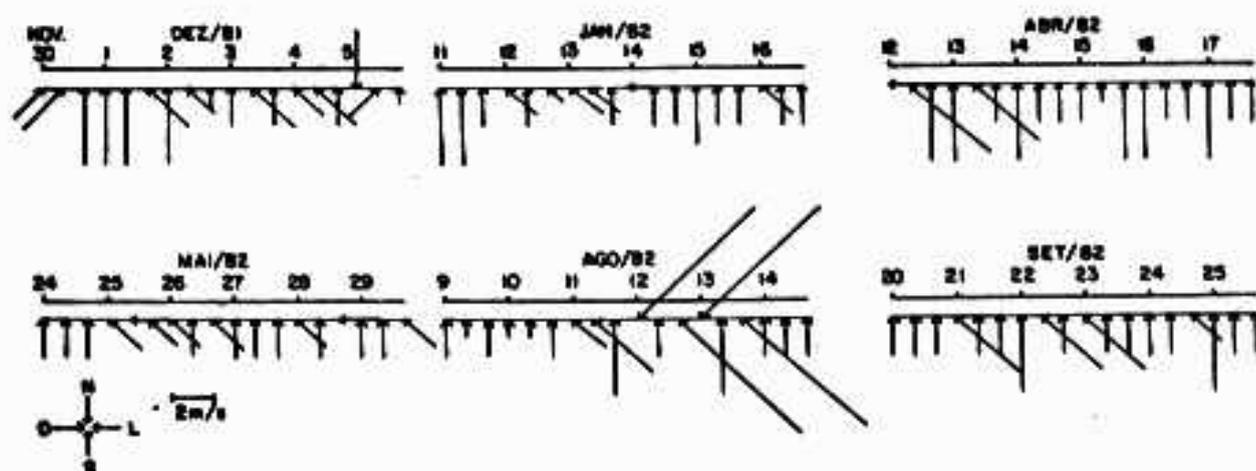


Figura 2 - Representação das três tomadas diárias da direção e intensidade do vento.

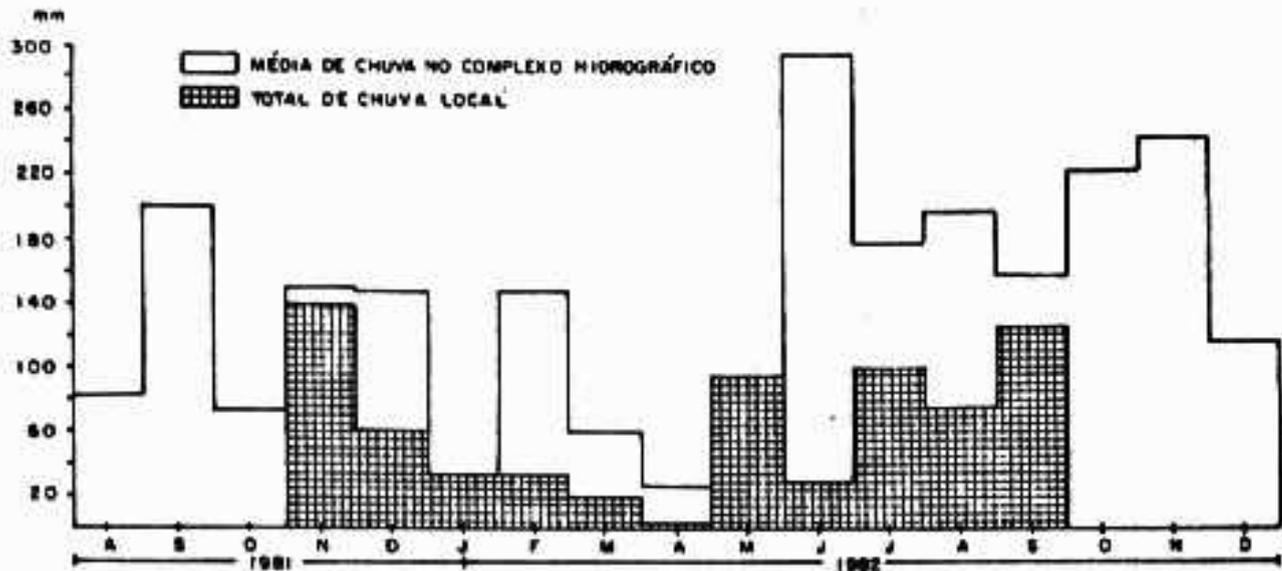


Figura 3 - Total de chuva e média de chuva na bacia hidrográfica no período de coleta.

SALINIDADE - No outono, nota-se uma salinização gradual na área estuarina coincidindo com o menor total de chuva e associada ao vento forte de sul. No início da semana, nota-se o escoamento de água mixohalina em superfície e a penetração de água salgada em profundidade; esta estratificação foi reduzida a cada dia. Numa situação de primavera, quando foi maior o total de chuva, persistiu o regime de vazante em superfície na área estuarina, apesar do vento ser favorável a penetração de água salgada. A salinização ocorreu em profundidade com vento forte sudeste. A salinidade da região estuarina e praia do Cassino mostrou ampla variação e um relacionamento com chuva e o vento dominante, o que está em concordância com HERZ (1977).

TEMPERATURA DA ÁGUA - As maiores variações diárias ocorreram no cruzeiro de fim de primavera: $7,2^{\circ}$ entre dias consecutivos. Nos demais este gradiente ficou em torno de 4° . Deve-se salientar que a diferença entre as temperaturas máximas

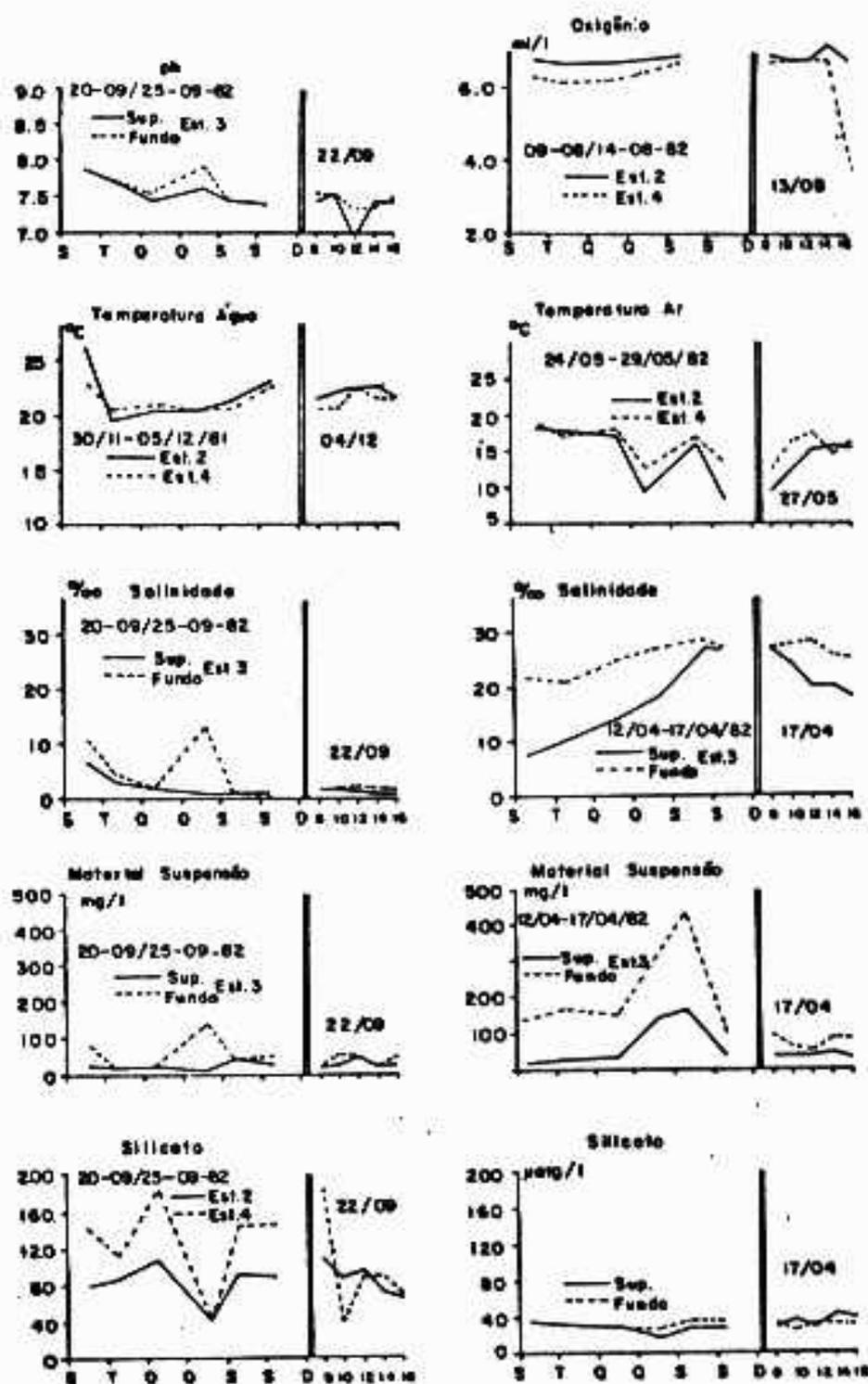


Figura 4a - Aspectos importantes das flutuações diárias e horárias dos parâmetros estudados nas estações de coleta.

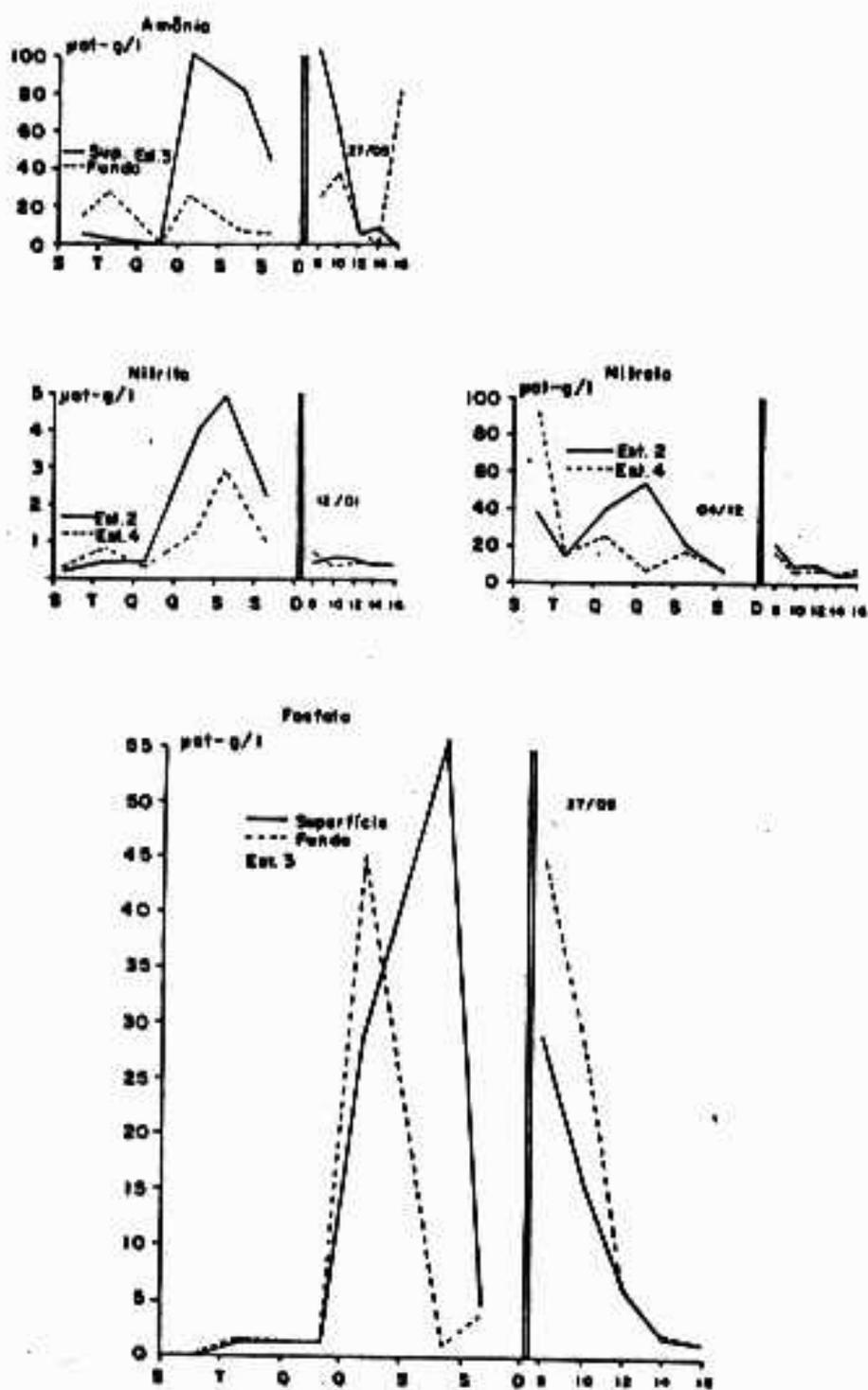


Figura 4b - Aspectos importantes das flutuações diárias e horárias dos parâmetros estudados nas estações de coleta.

e mínimas de um dia não ultrapassou 3° , em qualquer um dos cruzeiros. A temperatura da água não foi uma propriedade conservativa já que seu relacionamento direto com temperatura do ar foi intenso.

TEMPERATURA DO AR - Observou-se grandes flutuações durante os cruzeiros, com gradientes de até 13° entre dias não consecutivos. Em primavera, encontrou-se as menores variações diárias e horárias.

pH - Em geral, foram fracas as variações em pH, especialmente na praia do Cassino. Notou-se um padrão de aumento do pH com a salinidade: na estação 1 encontrou-se os maiores valores. Uma relação inversa entre pH e salinidade foi atribuída a atividade fotossintética (FROLANDER, 1964; MORRIS, 1978; DAHM et al, 1981). Deve-se ressaltar que o pH de águas com salinidade menor do que 2‰ variou numa faixa ampla (6,9 a 8,4).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - As variações e os teores em oxigênio acompanharam as flutuações da temperatura da água e com valores próximos às condições de saturação. No inverno, registrou-se a diferença máxima horária de 99 para 59% de saturação, o que pode ser explicado por um consumo pelos sedimentos redutores em virtude do alto teor de material em suspensão encontrado (POSTMA, 1967; ODUM, 1970; MORRIS et al, 1978).

MATERIAL EM SUSPENSÃO - Variações de mais de 150 mg/ℓ, em superfície e de mais de 300 mg/ℓ, em profundidade, foram observadas de um dia para outro e acompanharam, em geral, as flutuações da salinidade. Durante a penetração de água salgada, a variação de 1,7 para 13,6‰ em salinidade foi acompanhada do aumento de 7 vezes no teor do material em suspensão. Também ventos mostraram-se diretamente associados ao material em suspensão: por ocasião de ventos fortes nordeste-sudeste causou a resuspensão do material particulado de-

positado, favorecido pela pouca profundidade dos locais amostrados. Este comportamento não conservativo do material em suspensão também tem sido observado por vários autores (POSTMA, 1967 e 1980; BURTON, 1976; DWINKER, 1980).

SILICATOS - A variabilidade mínima na área estuarina foi encontrada em período de máxima salinidade; do mesmo modo, os maiores teores e as flutuações máximas foram observadas nas situações de vazante-mínima salinidade. O caráter não conservativo dos silicatos pode ser atribuído em parte a sua utilização biológica (KANTIN e BAUMGARTEN, 1982; CALVO e CHARPY, 1979) e em parte a sua remoção inorgânica durante a mistura de águas doces com águas mais salgadas (SHOLKOVITZ, 1976; WILLEY, 1978).

FOSFATOS E COMPOSTOS NITROGENADOS DISSOLVIDOS - As mudanças nos teores de fosfato, amônio, nitrito e nitrato foram bruscas, tanto de um dia para outro como dentro de um mesmo dia, em especial nas estações 2, 3 e 4. Observou-se que as maiores concentrações estiveram associadas às estações próximas à cidade. Para fosfato, notou-se um aumento de 30 vezes e retorno ao valor anterior ao fim de 48 horas. Altos teores de fosfato e amônio coincidem neste cruzeiro (Fig. 4); notou-se que valores acima de 100 $\mu\text{at-g}/\ell$ tornaram-se próximos a zero no prazo de 8 horas. Para nitrito, os teores mais elevados (5 $\mu\text{at-g}/\ell$) foram observados no verão e em geral, as variações horárias foram fracas. Nitratos apresentaram flutuações de mais de 50 $\mu\text{at-g}/\ell$ dentro de um dia. O comportamento não conservativo verificado para os nutrientes dissolvidos é comum a vários estuários (POSTMA, 1967 e 1980; BURTON, 1976; ASTON, 1980).

A fim de analisar-se as relações entre os parâmetros, através de uma interpretação estatística, aplicou-se uma análise de regressão linear múltipla, onde descobriu-se a melhor equação linear para a estimativa dos parâmetros e

avaliou-se a contribuição de um parâmetro ou de um grupo destes sobre a variação de outro. A Fig. 5 mostra o relacionamento entre os parâmetros surgidos através desta análise. A temperatura da água esteve associada com a chuva e temperatura do ar, os quais juntos explicaram 83% de suas variações. A salinidade relacionou-se à chuva e ao material em suspensão, os quais explicaram 71% das variações desta. Do mesmo modo, 58% das variações em pH foram explicadas pelas variações da salinidade e da temperatura da água. Fosfato e amônio mostraram uma associação, que foi mais intensa na estação 3 - onde podem ter origem comum nos lançamentos residuais industriais. A relação inversa de fosfatos com chuva pode ser explicada pela remoção de fosfato dissolvido em águas de baixa salinidade, por processos de complexação, queilação ou absorção com substâncias orgânicas ou minerais em suspensão (POMEROY et al, 1965; HANNAH et al, 1973; UPCHURCH et al, 1974; CORREL et al, 1975; GREEN et al, 1978; MAYER e GLOSS, 1980). Nitrito e nitrato estiveram diretamente associados à temperatura da água: aumento de nitrogenados no verão são comuns em ambientes estuarinos, segundo NIXON (1981).

A análise de variância dupla mostrou que as diferenças observadas nos diferentes parâmetros, entre dias de um mesmo cruzeiro, entre horas de um dia e entre estações de coleta foram realmente importantes e portanto, não poderiam ser consideradas casuais, na maioria dos cruzeiros efetuados.

Conclui-se que o estudo estatístico de um modo geral confirmou a variabilidade e o relacionamento dos parâmetros estudados, evidenciados de modo descritivo.

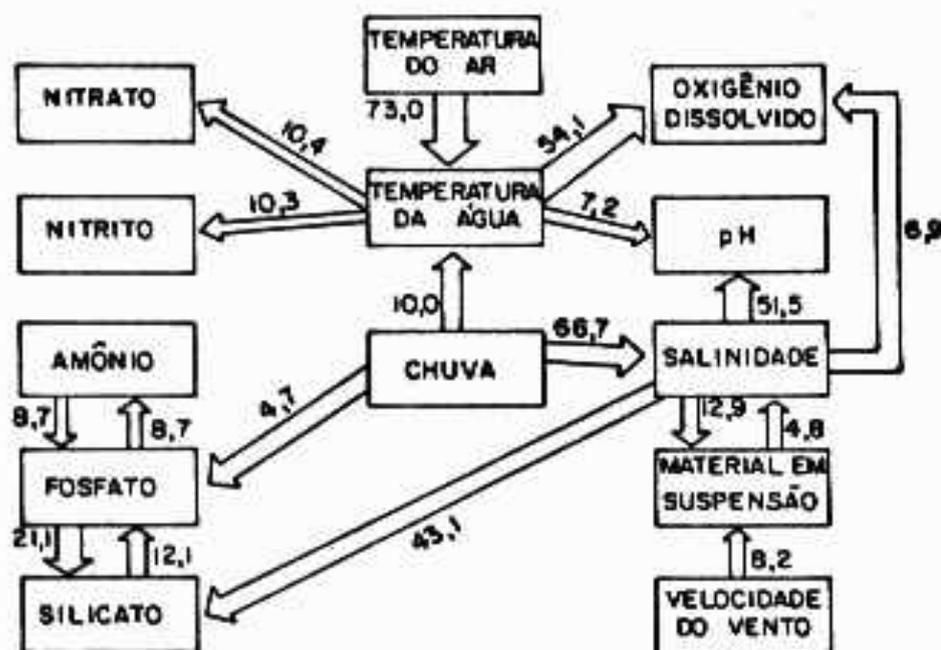


Figura 5 - Relacionamento entre parâmetros hidrológicos e meteorológicos, considerando todas as estações. Os números indicam a % da variância explicada por cada parâmetro e o sentido da seta, a variável dependente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTON, S.R. Nutrients, dissolved gases, and general biogeochemistry in estuaries. In: OLAUSSON, E. & CATO, I., ed. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. New York, John Wiley, 1980. p. 233-61.
- BURTON, J.D. Basic properties and processes in estuarine chemistry. In: BURTON, J.D. & LISS, P.S., ed. Estuarine chemistry. London, Academic Press, 1976. p. 1-36.
- CALVO, I. & CHARPY-ROUBAUD, C.J. Fitoplâncton. S.i, 1979. p. 36-103. (Relatório final do Convênio entre Universidade do Rio Grande e Companhia Industrial e Comercial (CEDIC))

- CASTELLO, J.P., coord. Projeto Lagoa. s.l. B.O.A., 1976-1978. (Série Relatórios, 1-9)
- CASTELLO, J.P. & MÖLLER JR., O.O. Sobre as condições oceanográficas no Rio Grande do Sul. Atlântica. Rio Grande, 2(2): 25-110, 1977.
- CORREL, D.L.; FAUST, M.A.; SEVERN, D.J. Phosphorus flux and cycling in estuaries. Estuarine Res., 1: 108-35, 1975.
- COSTA, N.R., coord. Parâmetros ambientais. s.l, 1978. p. 141-273. (Relatório final do Convênio entre Universidade do Rio Grande e Companhia Industrial e Comercial (CEDIC)).
- _____. Parâmetros ambientais. s.l, FURG, 1979. (Dados não publicados)
- COSTA, N.R.; KANTIN, R.; NIENCHESKI, L.F.; BAPTISTA, J.R.; BAUMGARTEN, M.G.Z. Estudo da poluição orgânica nas águas que rodeiam a cidade do Rio Grande. Eng. Sanit., 21(2): 222-31, 1982.
- CRUZ, M.H.S.; CALLIARI, L.J.; CARDOSO, J.N.; HARTMANN, C.; KANTIN, R. Flutuações horárias das características físicas-químicas na desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos. Atlântica, Rio Grande, 5(2): 32, 1982.
- DAHM, C.N.; GREGORY, S.V.; PARK, P.K. Organic carbon transport in the Columbia river. Estuar. Coas. Shelf. Sci., 13(6): 645-58, 1981.
- DWINKER, J.C. Suspended matter in estuaries: adsorption e desorption processes. In: OLAUSSON, E. & CATO, I., ed. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. New York, John Wiley, 1980. p. 121-51.

- FROLANDER, H.F. Biological and chemical features of tidal estuaries. J. Water Pollut. Control Fed., 36(8): 1037-49, 1964.
- GERMAN CHEMISTRY ASSOCIATION. Preservation of water samples. In: _____. Water research. London, Pergamon Press, 1981. p. 233-41.
- GREEN, D.B.; LOGAN, T.J.; SNECK, N.E. Phosphate adsorption-desorption characteristics of suspended sediments in the Maumee river basin of Ohio. I. Environ. Qual., 7(2): 208-12, 1978.
- HANNAH, R.P.; SIMMONS, A.T.; MOSHIRI, G.A. Nutrient productivity relationships in a bayou estuary. J. Water Pollut. Control Fed., 45(12): 2508-20, 1973.
- HERZ, R. Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos. São Paulo, USP, 1977. Tese Doutorado
- KANTIN & BAUMGARTEN, M.G.Z. Observações hidrográficas e no estuário da Lagoa dos Patos: distribuição e flutuações dos sais nutrientes. Atlântica, Rio Grande, 5: 76-92, 1982.
- KANTIN; COSTA, N.R.; BAPTISTA, J.R.; PHILOMENA, A.L.; GIESTA, S.M.; NIENCHESKI, L.F. Contaminação das águas ao redor da cidade do Rio Grande: óleos e fenóis. Ci. e Cult., 33(2): 239-46, 1981.
- MAYER, L.M. & GLOSS, S.P. Buffering of silica and phosphate in turbid river. Limnol. Oceanogr., 25(1): 12-22, 1980.
- MORRIS, A.W. Chemical processes in estuaries: the importance of pH and its variability. In: KRUMBEIN, W.E., ed. Environmental biogeochemistry and geomicrobiology. Germany,

s.c.p., 1978. v. 1, p. 179-81.

- MORRIS, A.W.; MANTOURA, R.F.C.; BALE, A.J.; HOWLAND, R.J.M.
Very low salinity regions of estuaries: important sites for chemical and biological reaction. Nature, 274: 678-80, 1978.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. The storage of sea water samples for the determination of dissolved inorganic phosphates. Anal. Chim. Acta, 14: 318-19, 1956.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINS, J.G.; STEINBRENNER, K.; BENT, D.H. SPSS: Statistical package for the social sciences. 2 ed., Nova York, McGraw-Hill, 1975. 675p.
- NIXON, S. Nutrients dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL LAGOONS, Bordeaux, 1981. Proceedings ... p. 357-71.
- ODUM, W.E. Insidious alteration of the estuarine environment. Trans. Am. Fish. Soc., 99(4): 836-47, 1970.
- POMEROY, L.R.; SMITH, E.E.; GRANT, C.M. The exchange of phosphate between estuarine water and sediments. Limnol. Oceanogr., 2: 167-72, 1965.
- POSTMA, H. Chemistry of coastal lagoons. In: CASTANHARES, L.A. & PALEGER, F.B., ed. Lagunas costeras, un simposio. Mexico, Univ. Autonoma de Mexico, 1967. p. 421-30.
- _____. Sediments transport and sedimentation. In: OLAUSSON, E. & CATO, I., ed. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. New York, John Wiley, 1980. p. 153-86.
- SHOLKOVITZ, E.R. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and

sea water. Geochim. Cosmochim. Acta, 40: 831-45, 1976.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical hand book of seawater analysis. 2 ed. Ottawa, Fisheries Research Board Of Canada 1972. 310p. (Bulletin, 167)

UPCHURCH, J.B.; EDZWALD, J.K.; O'MELIA, C.R. Phosphates in sediments of Pamlico estuary. Environ. Sci. Technol., 8 (1): 56-8, 1974.

WILLEY, J.D. Release and uptake of dissolved silica in seawater by marine sediments. Mar. Chem., 7: 53-65, 1978.

ENDEREÇO DO AUTOR:

BAPTISTA, J.R.
Departamento de Química
Universidade do Rio Grande
Caixa Postal 474
96200 Rio Grande - RS