

Acta Limnol. Brasil.	Vol. I.	65-87	1986
----------------------	---------	-------	------

VARIAÇÕES TEMPORAIS DOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS (Nitrito, Nitrato, Fosfato e Silicato), NO CANAL DE ACESSO DA LAGOA DOS PATOS, RS, BRASIL - UMA PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

PROENÇA, L.A.* e ABREU, P.C.O.V.**

RESUMO

A circulação no estuário da Lagoa dos Patos sofre fortes influências dos fatores meteorológicos, sendo a maré astronômica de pouca amplitude. O estreitamento do canal de acesso à Lagoa imprime uma alta taxa de variação dos fatores abióticos neste ponto.

Os objetivos do presente trabalho são: a) caracterizar as variações de nutrientes dissolvidos em diferentes escalas de tempo e b) proposição de um programa de amostragem (número e periodicidade de coletas) para futuros experimentos no estuário, condizentes com os custos de coleta e análise e com a variabilidade observada.

As coletas foram realizadas no Terminal de Containers do Porto de Rio Grande (latitude $32^{\circ}07'06''S$ e longitude $52^{\circ}06'10''W$), utilizando-se bomba submersível nas profundidades de 0 e 9 m em períodos de duas em duas horas, diários, semanais e mensais em três estações do ano.

* Departamento de Oceanografia da FURG

** Bolsista da CAPES

As amostras foram acondicionadas em frascos Nalgen de 250 ml e congeladas até o processamento no laboratório, que seguiu a metodologia de STRICKLAND & PARSONS (1972).

A variabilidade observada foi caracterizada pelo Coeficiente de Variação (CV), Análise de Variância Bidirecional (ANOVA TWO-WAYS) SOKAL & ROHLF, 1969) e Teste de Grupamento de Médias de Duncan-AMS (CENTENO, 1982).

O tamanho de amostra proposto para cada nutriente foi obtido pela fórmula de custos e esforços (VENRICK, 1978 e SNEDECOR & COCHRAN, 1979).

Os resultados observados demonstraram maior variabilidade na primavera e verão, sendo o Fósforo o nutriente mais instável e Silicato o mais estável. Somente o Nitrato apresentou maior variação no outono.

A fórmula que propõe o tamanho de amostra considerando os custos de coleta se mostrou eficiente. A periodicidade de amostragem foi proposta a partir dos resultados da Análise de Variância e do Teste de Duncan.

ABSTRACT - TEMPORAL VARIATIONS IN THE DISSOLVED NUTRIENT (Nitrite, Nitrate, Phosphate and Silicate) IN THE ACCESS CHANNEL OF THE LAGOA DOS PATOS (RS, BRAZIL) - PROPOSITION OF A SAMPLE COLLECTION PROGRAM

The circulation pattern of the estuarine region of Patos Lagoon is controlled primarily by meteorological factors. Tidal influence is low due to proximity of an amphidromic point.

High variability of the abiotic factors occurred at the estuary, the highest values being observed at the narrow channel which connects the lagoon to the open sea. The objectives of this study are: a) quantification of temporal variations of dissolved nutrients in different time scales for three different seasons in the channel of Patos Lagoon;

b) proposal of a sampling design for future studies of the estuarine region of Patos Lagoon with regard to both the observed variability and time costs for sampling and analysis.

Sampling was conducted from containers' pier at Rio Grande Harbour (lat. $32^{\circ}07'60''S$, long. $52^{\circ}06'10''W$) located at the channel's narrowest point. Water was collected with a submersible pump from two depths, 0 and 9 m (every two hours, daily, weekly and monthly scales). Samples were stored in Nalgen e bottles (250 ml) and frozen before analysis which followed Strickland and Parsons (1972). The observed variability was characterized by its coefficient of variation 2-way analysis of variance (ANOVA TWO WAYS) (SOKAL and ROHLF, 1969) and by the Duncan-AMS test for joined means as described by CENTENO (1982). The sample size proposed for each nutrient was obtained by VERNICK (1978) and SNEDECOR & COCHRAN (1979) formulae.

The observed data demonstrate higher variability during spring and summer when compared to autumn. For all analysed nutrients, phosphate presents the highest variability, and silicate the lowest. Only nitrate presents high variability during autumn.

The Snedecor and Venrick formulae were effective for estimating sample size based on sample cost. Sampling periodicity was based on the results from the ANOVA and DUNCANS-AMS test.

INTRODUÇÃO

Um estuário pode ser caracterizado como um corpo d' água semi-fechado, tendo uma conexão livre com o mar aberto, dentro do qual a água do mar é misturada e diluída com a água doce derivada da drenagem continental (PRITCHARD, 1967).

A principal diferença entre o ecossistema estuarino

e aqueles de água doce ou oceânica é a grande variabilidade ou instabilidade dos fatores ambientais que ocorre na região de mistura das águas (CASPER, 1967).

Este ambiente se caracteriza, também, como um dos ecossistemas mais produtivos, exportando grande percentual de biomassa produzida para as regiões costeiras adjacentes (TUNDISI, 1970; CAPERON et al, 1971).

Um dos fatores que mais contribui para esta alta produtividade é a concentração elevada de nutrientes oriundos de três fontes básicas: drenagem continental, sedimentos do próprio estuário e água do mar de fundo que penetra neste ambiente (HOBBIE, 1976). Além destas fontes, a poluição pode se caracterizar como um importante fator de incremento nas concentrações de nutrientes (KANTIN & BAUNGARTEN, 1982).

Como todos os fatores abióticos, as concentrações de nutrientes nos estuários também são altamente variáveis, o que se deve principalmente a fatores climáticos, hidrológicos ou até mesmo topográficos (ELLIOT, 1976; KJERFVE, 1978).

A alta variabilidade nas concentrações de nutrientes também foi observada no estuário da Lagoa dos Patos, sendo resultado da vazão da extensa bacia de drenagem (complexo Patos-Mirim), bem como do regime hidrológico controlado por ventos que causa a penetração da cunha salina e promove a ressuspensão do material depositado no fundo (HERZ, 1977; KANTIN, 1983).

CRUZ et al (1982) observaram variações de grandes amplitudes para os nutrientes, temperatura e salinidade em fundeios de 24 h realizados na desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos.

A alta variabilidade horária dos nutrientes foi observada também por BATISTA (1984). Esta mesma autora sugere um estudo mais apurado destas variações, com um maior esforço de amostragem concentrado em curto espaço de tempo.

Este trabalho tem por objetivo:

- 1) caracterizar as variações de nutrientes em dife-

rentes escalas temporais (de duas em duas horas, diária, semanal e mensal) para os nutrientes dissolvidos Nitrito, Nitrato, Silicato e Fosfato em diferentes épocas do ano; e

2) propor um programa de amostragem (número e periodicidade de amostras) compatível com a variabilidade observada e custos de coleta e análise, eficiente para outros trabalhos nesta região estuarina.

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil) pode ser delimitado geograficamente como a região compreendida entre os molhes da barra e uma linha imaginária que liga a Ilha da Feitoria à Ponta dos Lençóis (CASTELLO, 1976-78) (Fig. 1). Os molhes da barra, que definem os limites da desembocadura da Lagoa dos Patos, apresentam a menor largura do estuário (± 1000 m), dando uma característica afunilada à região.

De acordo com a classificação de estratificação halina (CAMERON & PRITCHARD, 1963), CALLIARI (1980) classifica este ambiente em três tipos básicos: estuário muito estratificado, mediantemente estratificado e homogêneo, condições estas, geradas por efeito dos ventos.

Considerando o regime hidrológico, MALAVAL (1915) determinou valores médios de 108 dias por ano em condição de enchente, 205 dias de vazante e 58 dias de estufa. No inverno, quando predomina a grande vazão do estuário devido à pluviosidade mais elevada, pode-se encontrar valores de fluxo de até $23.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (HERZ, 1977).

As temperaturas observadas acompanham as variações térmicas sazonais, com variações de 11 a 26°C (KANTIN & BAUNGARTEN, 1982). Já a salinidade pode apresentar variações de até 20‰, em poucas horas (CRUZ et al, 1982).

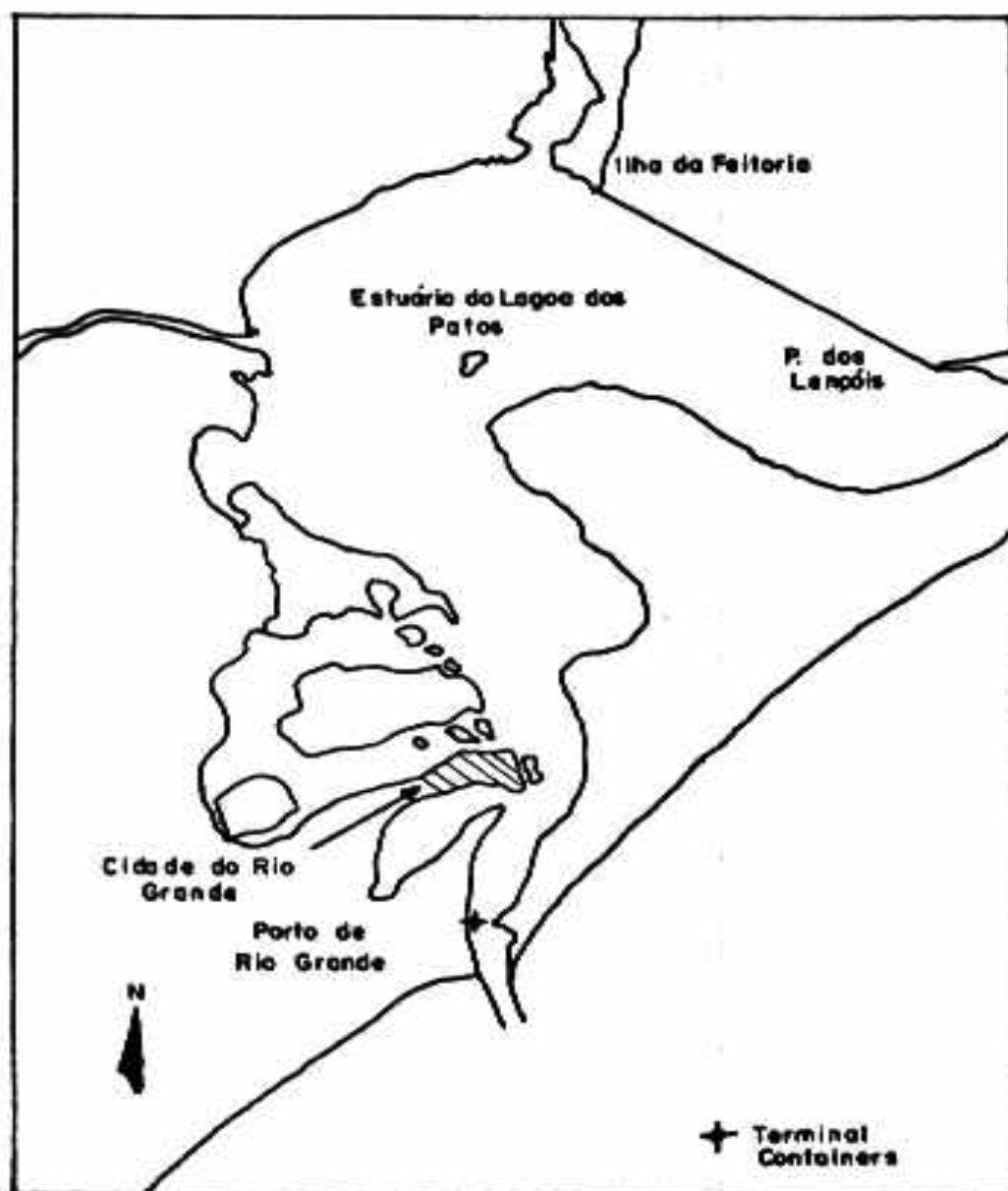


Figura 1 - Estuário da Lagoa dos Patos. Local de Coletas Terminal de Containers de Rio Grande (Latitude $32^{\circ}07'06''S$ e Longitude $52^{\circ}06'10''W$).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram tomadas em um ponto situado na região mais estreita do canal de acesso à Lagoa dos Patos (Fig. 1), junto ao Terminal de Containers do Porto de Rio Grande (latitude $32^{\circ}07'06''S$ e longitude $52^{\circ}06'10''W$), nas profundidades de 0 e 9 m, utilizando-se bomba submersível vibratória ANAUGER (Nº 2-220 V).

Em cada período de amostragem (mês) foram obtidas amostras nas seguintes escalas de tempo: coletas de duas em duas horas em dois dias (condição enchente e vazante), coletas de seis em seis horas durante uma semana e coletas de dois em dois dias até completar o mês de amostragem (Fig. 2). Este mesmo procedimento foi repetido por três vezes nos meses NOV/DEZ 1984 - primavera, FEV/MAR 1985 - verão e ABR/MAI 1985 - outono.

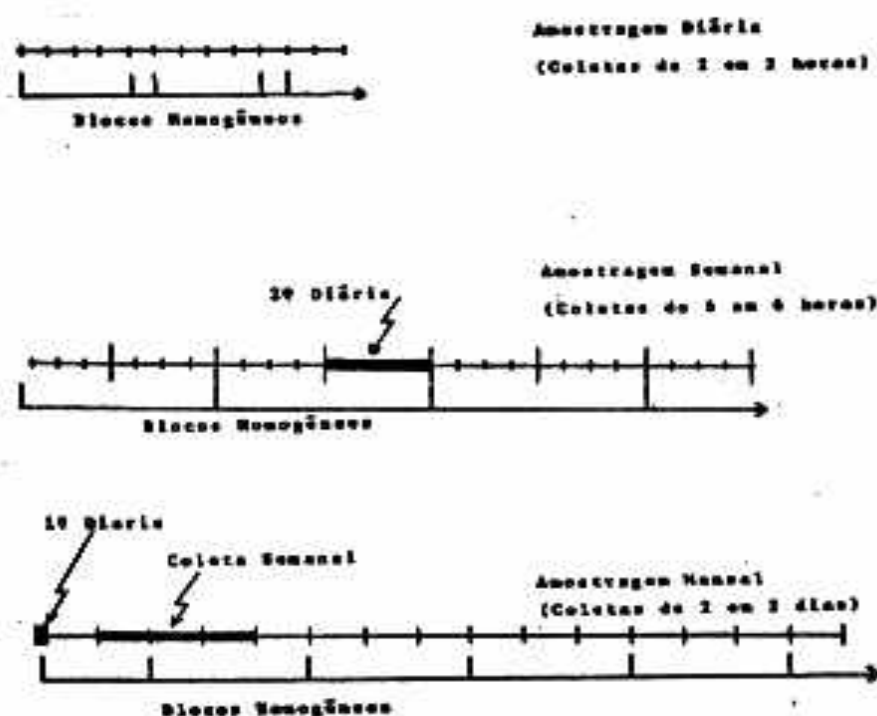


Figura 2 - Periodicidade de amostragem e blocos de resultados homogêneos.

O material coletado foi acondicionado em frascos nalgen de 250 ml, em duplicata, e congelado. No laboratório as amostras foram filtradas em filtro de acetato de celulose Gelman (GA-6, diâmetro 47 mm e porosidade 0,45 μ). As análises dos nutrientes dissolvidos Nitrito, Nitrato, Silicato e Fosfato foram feitas de acordo com a metodologia descrita em STRICKLAND & PARSONS (1972). As densidades óticas referentes às concentrações dos nutrientes foram obtidas através do fotocolorímetro Zeiss Elko.

Para a análise da variabilidade das concentrações utilizamos como fatores indicativos o Coeficiente de Variação (CV) (desvio padrão/média x 100) e a Análise de Variância Bidirecional (ANOVA TWO-WAYS) (SOKAL & ROHLF, 1969). Este teste nos informa se existe alguma diferença significativa nas concentrações de nutrientes entre os tempos e profundidades observados. Para este teste os dados foram normalizados através da melhor transformação ($10g x + 1$, \sqrt{x} , etc.) caracterizada através de papel probabilístico. Havendo diferença significativa entre os tempos, aplicamos o teste de agrupamento de médias de Duncan-AMS (CENTENO, 1982), que grupa as médias (superfície/fundo) em blocos estatisticamente homogêneos.

Para a determinação do tamanho de amostra observando-se a variabilidade ambiental e custos de coleta e análise, empregamos a fórmula de Custos e Esforços (VENRICK, 1978 e SNEDECOR & COCHRAN, 1979), descrita abaixo:

$$n = \frac{s_1}{\sum_{i=1}^2 \sqrt{s_1^2 c_1}} \cdot \frac{C}{\sqrt{c_1}}$$

onde:

n = número de amostras

s_1^2 . . . $i = 1 =$ variância corrigida para população finita da unidade amostral (amostras)

$s_1^2 = s_2^2 =$ variância corrigida para população finita das subamostras da unidade amostral (profundidades)

$C =$ custo total da amostragem caracterizado em tempo
($C = c_1 n_1 + c_2 n_1 n_2$)

c_1 . . . $i = 1 =$ custo da unidade amostral em tempo
 $i = 2 =$ custo das subamostras da unidade amostral em tempo

Com relação a esta fórmula cabe ressaltar que as variâncias entre unidades amostrais (s_1^2) e dentro da mesma unidade, isto é, das subamostras (s_2^2) podem ser obtidas dos valores de Quadrado Médio da unidade e subamostras da Análise de Variância.

O custo de amostragem foi estimado em tempo. Este mesmo custo pode ser estimado em dinheiro ou em qualquer outro parâmetro que expresse o esforço de amostragem.

Para efeitos comparativos empregamos a fórmula para determinação do tamanho de amostra por Erro Padrão, para pequenas amostras ($n < 30$) (CENTENO, 1982).

RESULTADOS

Na Fig. 3 encontramos alguns exemplos de variações máximas de nutrientes nas diferentes escalas de tempo.

A Tab. 1 apresenta os resultados de média (\bar{x}), desvio padrão (s) e Coeficiente de Variação (CV) dos nutrientes para todos os intervalos de tempo analisados. Verifica-se que, de maneira geral, o Fósforo é o nutriente que apresenta as maiores variações, sendo o Silicato o mais estável.

De acordo com as informações dos Coeficientes de Variação, fica evidente que as maiores variações ocorrem nas estações de primavera e verão. Somente o Nitrato apresenta uma alta variabilidade no outono.

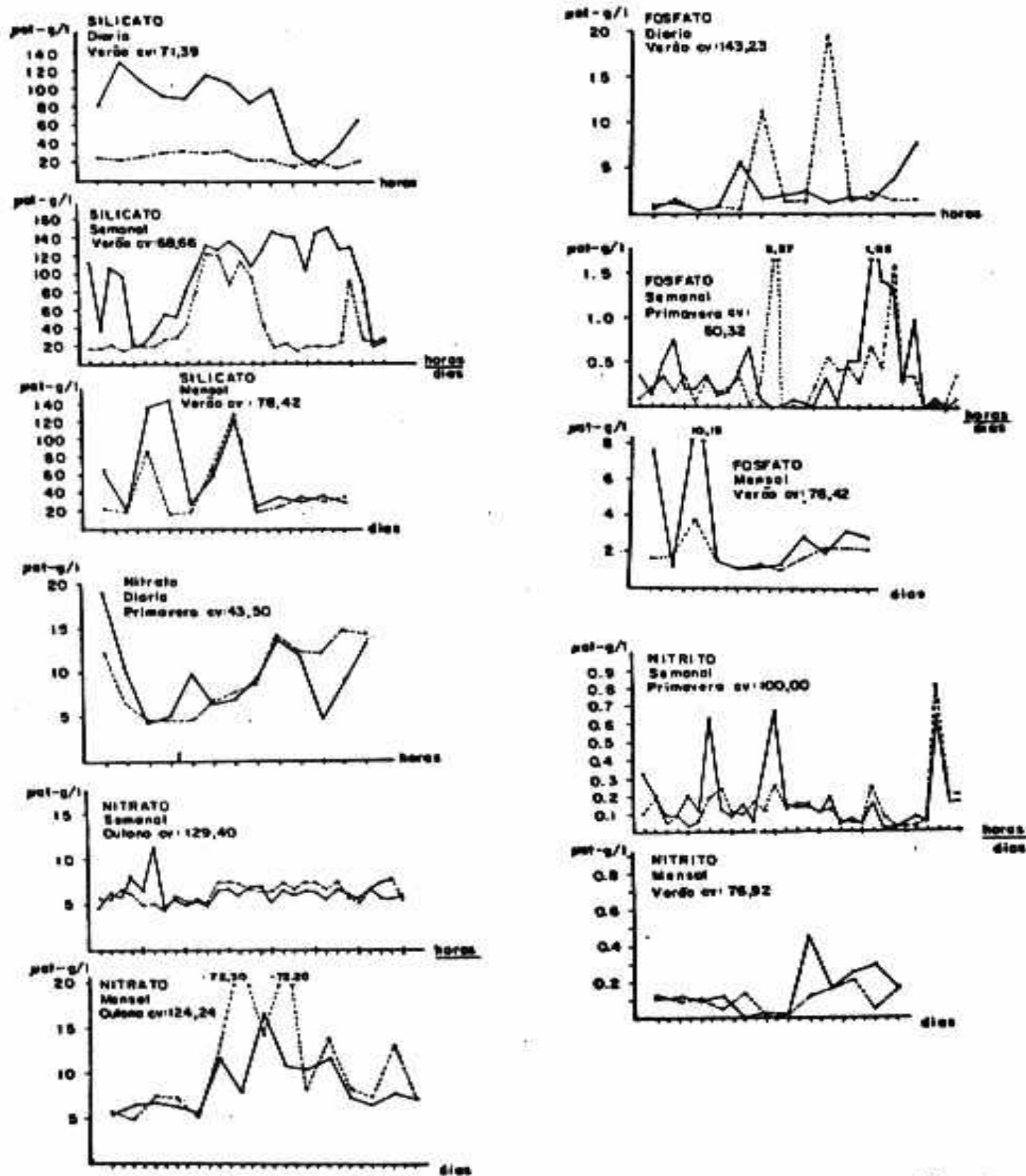


Figura 3 - Amplitudes de variação dos nutrientes nas diversas unidades temporais (—) 0 metros e (---) 9 metros.

Tabela 1 - Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para cada nutriente.

ESTAÇÃO DO ANO

	\bar{x}	s	CV	\bar{x}	s	CV	\bar{x}	s	CV
SILICATO									
1 ^a diária	83,98V	23,68	28,20	54,38E	38,82	71,89	105,46V	25,22	23,91
2 ^a diária	28,58E	8,24	28,83	103,73V	25,12	24,22	64,42E	31,29	48,57
Semanal	48,86	29,47	60,32	68,99	47,37	68,66	61,19	32,82	53,64
Mensal	74,54	52,41	70,31	52,40	41,09	78,42	55,41	31,34	56,56
FOSFATO									
1 ^a diária	0,34V	0,38	111,76	3,03E	9,34	143,23	1,18V	0,68	57,63
2 ^a diária	0,21E	0,13	61,90	2,25V	2,36	104,89	0,66E	0,21	31,82
Semanal	0,44	0,76	172,73	2,20	2,22	100,91	0,88	0,36	40,91
Mensal	0,42	0,34	80,95	2,34	2,24	95,73	0,86	0,40	46,51
NITRITO									
1 ^a diária	0,16V	0,05	31,25	0,13E	0,06	46,15	0,18V	0,03	16,67
2 ^a diária	0,13E	0,11	84,62	0,11V	0,06	54,55	0,19E	0,10	52,63
Semanal	0,16	0,16	100,00	0,1	0,08	80,00	0,22	0,11	50,00
Mensal	0,18	0,12	66,67	0,13	0,1	76,92	0,21	0,13	61,99
NITRATO									
1 ^a diária	9,15V	3,98	43,50	5,29E	1,18	22,31	7,68V	1,46	19,01
2 ^a diária	3,28E	1,17	35,67	5,55V	0,94	16,94	6,31E	0,78	12,36
Semanal	3,97	2,80	70,53	5,00	0,86	17,20	7,62	9,86	129,40
Mensal	6,88	4,38	63,66	5,25	1,82	34,67	13,12	16,30	124,24

(V) e (E): Regimes hidrográficos de vazante e enchente

Os resultados do Teste de Análise de Variância Bidirecional (ANOVA TWO-WAYS) e do Teste de Grupamento de Médias Duncan-AMS por nutriente estão registrados na Tab. 2. Podemos verificar que a menor periodicidade diária foi registrada para o Nitrato (outono), com a determinação de blocos homogêneos de 2 em 2 horas. Os menores intervalos semanais são de 1 em 1 dia para Nitrito (primavera), enquanto que Silicato (primavera) registra a menor periodicidade mensal com grupamentos de 4 em 4 dias.

Na Tab. 3 apresentamos como exemplo os diversos resultados parciais da fórmula de número de amostras por custos e esforços. Apresentamos, também, os valores de número de amostras obtidos através da fórmula de erro padrão para pequenas amostras e coeficientes de variação.

Já na Tab. 4 apresentamos a proposta de número e distribuição periódica de amostras (programa de amostragem) para futuros experimentos que visem avaliar as concentrações de nutrientes no estuário da Lagoa dos Patos.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A alta variabilidade das concentrações de nutrientes dissolvidos na região do canal de acesso à Lagoa dos Patos já foi caracterizada anteriormente por outros autores. KANTIN & BAUNGARTEN (1982) e KANTIN (1983) citam variações de até 2,5 $\mu\text{atg}/\ell$ de Fosfato, com maior variação deste elemento no verão. Para as concentrações de Silicato, observam aumentos nas concentrações de 5 até 60 vezes, relacionados com o aumento da temperatura. Com relação aos componentes nitrogenados, estes mesmos autores citam que as concentrações de Nitrato são bastante homogêneas em toda a coluna d'água, com maiores variações na época de primavera e verão. Quanto ao Nitrito, nota-se que este elemento acompanha o mesmo padrão do Nitrato.

Tabela 2 - Resultados da Análise de Variância Bi-direcional (ANOVA - TWO WAYS) (SOKAL & ROHLF, 1969), Teste de Grupamento de Médias DUNCAN-AMS (CENTENO, 1982) e Coeficiente de Variação (CV).

SILICATO Primavera	1^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 28,20	FOSFATO Primavera	1^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 111,76
	2^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 28,83		2^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: 6-6 horas CV: 61,90
	Semanal	Coletas: 6-6 horas ANOVA: Dif. entre Tempos DUNCAN: 2-2 dias CV: 60,32		Semanal	Coletas: 6-6 horas ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 172,73
	Mensal	Coletas: 2-2 dias ANOVA: Dif. entre Tempos DUNCAN: 4-4 dias CV: 70,31		Mensal	Coletas: 2-2 dias ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 80,95
NITRITO Verão	1^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: 18-18 horas CV: 46,15	NITRATO Verão	1^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: Dif. entre Tempos Profundidades DUNCAN: ** CV: 21,93
	2^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: * DUNCAN: 20-20 horas CV: 54,55		2^a Diária	Coletas: 2-2 horas ANOVA: Dif. entre Tempos Profundidades DUNCAN: ** CV: 16,94
	Semanal	Coletas: 6-6 horas ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 80,00		Semanal	Coletas: 6-6 horas ANOVA: Dif. entre Tempos DUNCAN: ** CV: 17,20
	Mensal	Coletas: 2-2 dias ANOVA: * DUNCAN: ** CV: 76,92		Mensal	Coletas: 2-2 dias ANOVA: Dif. entre Tempos DUNCAN: 6-6 dias CV: 34,67

ANOVA: * - Não há diferença significativa entre tempos e entre profundidades

DUNCAN: ** - Dados grupados em um único bloco

Tabela 3 - Comparação entre o número de amostras obtidas pela fórmula de custos e esforços (VENRICK, 1978 e SNEDECOR & COCHRAN, 1979) e fórmula de erro padrão para pequenas amostras (CENTENO, 1982) e coeficiente de variação (CV).

NUTRIENTE	PERIODICIDADE	N		CV
		(Fórmula Custos)	(Fórmula Erro Padrão)	
SILICATO Primavera	1 ^a Diária (Vazante)	3	38	28,20
	2 ^a Diária (Enchente)	3	40	28,83
	Semanal	20	153	60,32
	Mensal	89	240	70,41
FOSFATO Outono	1 ^a Diária (Vazante)	4	157	57,63
	2 ^a Diária (Enchente)	4	48	31,82
	Semanal	23	70	40,91
	Mensal	71	100	46,51
NITRITO Primavera	1 ^a Diária (Vazante)	2	18	31,25
	2 ^a Diária (Enchente)	3	8	84,62
	Semanal	24	702	100,00
	Mensal	84	710	66,67
NITRATO Outono	1 ^a Diária (Vazante)	3	18	19,01
	2 ^a Diária (Enchente)	2	34	12,36
	Semanal	21	462	129,40
	Mensal	77	216	124,24

Tabela 4 - Programa de amostragem - Proposta de número e periodicidade de amostras para futuros experimentos que visem avaliar as concentrações de nutrientes no estuário da Lagoa dos Patos.

NUTRIENTE	UNIDADE TEMPORAL	PRIMAVERA		VERÃO		OUTONO	
		n / Period.	n / Period.	n / Period.	n / Period.	n / Period.	n / Period.
SILICATO	Dia	3 / Bloco Único	2 / Bloco Único			3 / Bloco 4-4 horas	
	Semana	20/ Bloco 2-2 dias	12/ Bloco Único			15/ Bloco Único	
	Mês	89/ Bloco 4-4 dias	74/ Bloco 12-12 dias			78/ Bloco 10-10 dias	
FOSFATO	Dia	3 / Bloco 6-6 horas	4 / Bloco 10-10 horas			4 / Bloco Único	
	Semana	38/ Bloco Único	20/ Bloco 4-4 dias			23/ Bloco Único	
	Mês	83/ Bloco Único	88/ Bloco 6-6 dias			71/ Bloco Único	
NITRITO	Dia	3 / Bloco Único	4 / Bloco 18-18 horas			3 / Bloco 4-4 horas	
	Semana	24/ Bloco 1-1 dia	21/ Bloco Único			18/ Bloco Único	
	Mês	84/ Bloco 15-15 dias	92/ Bloco Único			83/ Bloco 2-2 dias	
NITRATO	Dia	3 / Bloco Único	2 / Bloco Único			3 / Bloco 2-2 horas	
	Semana	19/ Bloco 3-3 dias	20/ Bloco Único			21/ Bloco Único	
	Mês	93/ Bloco 18-18 dias	90/ Bloco 6-6 dias			77/ Bloco Único	
GERAL	Dia	3 / Bloco 6-6 horas	4 / Bloco 10-10 horas			4 / Bloco 2-2 horas	
	Semana	38/ Bloco 1-1 dias	21/ Bloco 4-4 dias			23/ Bloco Único	
	Mês	93/ Bloco 4-4 dias	92/ Bloco 6-6 dias			83/ Bloco 2-2 dias	

CRUZ et al (1982) observaram variações de 2 $\mu\text{atg}/\ell$ de Fosfato e 30 $\mu\text{atg}/\ell$ de Nitrato no período de apenas 24 horas.

BATISTA (1984) relata variações espaciais e temporais bastante elevadas dos nutrientes dissolvidos. Para o Silicato, assinala flutuações que acompanham as variações de salinidade, sendo os maiores valores observados no mês de agosto, e que este elemento demonstrou ser o mais estável. Para o Nitrato, observa variações de até 50 $\mu\text{atg}/\ell$ em um espaço de 24 h nos meses de janeiro, fevereiro e abril. O Nitrito apresenta os maiores valores no verão, sendo este o mesmo comportamento do Fosfato. Este mesmo elemento pode apresentar uma variação de até 30 vezes o valor inicial em 48 h, retornando, também, rapidamente à condição inicial.

As grandes amplitudes de variação das concentrações de Nitrito, Nitrato, Silicato e Fosfato encontradas neste trabalho confirmam o padrão de alta dinâmica já caracterizado em outros trabalhos (CRUZ et al, 1982; KANTIN & BAUNGARTEN, 1982; KANTIN, 1983 e BATISTA, 1984).

Um importante fator observado neste trabalho e nos anteriormente citados é que as amplitudes de variação dos nutrientes para um único dia de amostragem é maior do que a variação semanal ou mensal (vide coeficientes de variação - Tab. 1). Esta observação nos alerta para a possibilidade de se subestimar este ambiente, em um estudo em curto espaço de tempo em que o número de coletas e a periodicidade de amostragem estejam abaixo do mínimo necessário.

Os padrões de variação detectados para os nutrientes estão de acordo com as observações de KANTIN & BAUNGARTEN (1982), KANTIN (1983) e BATISTA (1984), isto é, o Fosfato neste ambiente é o nutriente mais instável, e as estações de primavera e verão são aquelas que apresentam as maiores amplitudes de variação. Em seu trabalho, BATISTA (1984) também cita uma alta variabilidade do Nitrato no outono.

A utilização da Análise de Variância (ANOVA) para detecção de variabilidades espaço-temporais é indicada por

PLATT & DENMAN (1975) em situações em que a análise espectral não possa ser empregada por ausência de dados obtidos em regime de medição contínua.

Analisando-se a Tab. 3, podemos caracterizar três padrões básicos de resultados do Teste de Análise de Variância Bidirecional (ANOVA TWO-WAYS) e do Teste de Grupamento de Médias Duncan-AMS, neste experimento.

A situação Silicato-primavera representa o padrão em que a ANOVA não detecta diferenças significativas para dados que apresentam pequena dispersão da média. Confirmando esta observação o teste de Duncan apresenta um único bloco homogêneo para todos os resultados. Nas condições em que o espaçamento de amostragem foi aumentado (semana e mês), aumentando também o coeficiente de variação, a ANOVA detecta uma diferença significativa entre os tempos e o teste de Duncan apresenta agrupamentos ou blocos com valores estatisticamente "iguais".

No segundo caso, temos a condição em que Fosfato-primavera e Nitrito-verão apresentam altos valores de coeficientes de variação, denotando alta variabilidade, e a ANOVA e o teste de Duncan não caracterizam maiores grupamentos. Muitos fatores podem ter contribuído para tal efeito. Entre outros, podemos observar que o Fosfato e o Nitrito apresentaram as menores concentrações dos quatro nutrientes analisados, sendo que as diferenças entre as concentrações se deram nos algarismos após a vírgula em valores menores que a unidade. Além disso, o processo de normalização aplicado a valores tão pequenos pode ter causado uma redução maior da variância existente. Estes fatos fazem com que os valores de variância observados não se enquadrem no grau de detecção dos testes. Para contornar tal problema, poderíamos reduzir o limite de confiança da Análise de Variância ou somar um determinado valor (10, 100, etc.) a todos os resultados, fazendo com que os dados entrem no nível de detecção.

Apesar da Análise de Variância e o Teste de Duncan não terem apresentado diferenças significativas para Fosfa-

to e Nitrito, é de grande importância caracterizar de maneira adequada os efeitos destas variações no ambiente. BATISTA (1984) ressalta o fato de que as flutuações de nutrientes não detectados pela Análise de Variância podem ser de grande importância ecológica.

A terceira situação, relacionada a Nitrato-verão, é aquela em que a Análise de Variância detecta uma diferença significativa entre os tempos e o Teste de Duncan apresenta um bloco praticamente homogêneo.

Este comportamento pode ter sido originado da ocorrência de poucos dados discrepantes encontrados no início ou no final da seqüência de amostragem, fazendo com que o teste de Duncan grupe os dados em dois blocos, em que um deles abarca a maioria dos resultados, podendo-se caracterizar o resultado geral como um bloco homogêneo.

Uma outra possibilidade é a possível homogeneização das médias por ocasião de uma estratificação da coluna d'água, que gera uma alta variância dos dados mas que, de maneira geral, apresenta resultados médios bastante semelhantes.

A determinação do tamanho de amostra de um experimento pode ser obtida de diversas maneiras. COCHRAN & COX, 1957 e SOKAL & ROHLF, 1969 apresentam a fórmula do número de replicações por teste de significância. CENTENO (1982) apresenta exemplos do uso da fórmula do Erro Padrão na determinação do número ótimo de amostras em situações em que a variância amostral foi obtida por pequenas amostras ($n < 30$) ou por grandes amostras ($n > 30$) utilizando-se da distribuição "t" de Student ou da distribuição normal, respectivamente.

As fórmulas citadas anteriormente levam em consideração apenas a variância dos dados observados. Entretanto, um outro fator de extrema importância que deve ser observado na amostragem é o custo de obtenção de cada coleta. SNEDECOR & COCHRAN (1979) apresentam a regra geral de que "o número de amostras deve ser mais numeroso em comparação com um estra-

to que seja extraordinariamente variável; e menos amostras onde a coleta seja exageradamente custosa".

Estes mesmos autores, além de VERNICK (1978) apresentam formulações para o estabelecimento do tamanho de amostra que levam em consideração a variabilidade e custos de amostragem estratificadas ou por etapas (amostras e subamostras).

A diferença entre os dois processos de determinação do tamanho de amostra (Erro Padrão e Custos e Esforços) está bem caracterizada na Tab. 4. Nesta tabela verificamos que o tamanho de amostra gerado pela fórmula de Erro Padrão torna, muitas vezes, a amostragem quase que proibitiva.

Podemos observar também que, de maneira geral, ambas as fórmulas apresentam um maior tamanho de amostra quando ocorrem os maiores valores de coeficiente de variação.

De acordo com os trabalhos que apresentam indicações de desenhos de amostragem (COCHRAN & COX, 1957; SOKAL & ROHLF, 1969; SNEDECOR & COCHRAN, 1979 e CENTENO, 1982) existem várias propostas de distribuição das amostras para se evitar a tendenciosidade ou vício, e se obter um valor representativo da unidade experimental.

Entre os muitos modelos existem os experimentos aleatórios, os aleatórios estratificados, experimentos em blocos casuais, quadrados latinos, etc.

A nossa proposta é de que o número de amostras caracterizado para cada unidade temporal pela fórmula de custos e esforços nas diversas épocas do ano seja distribuído pelos blocos periódicos determinados pela Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Duncan-AMS. Essa distribuição tem a vantagem de atender a periodicidade já observada no ambiente, otimizando-se a amostragem em função dos recursos disponíveis.

Considerando-se os problemas observados na ANOVA para Fosfato e Nitrito, e verificando-se a grande diferença existente entre o tamanho de amostra obtido pela fórmula de custos e aquela de erro padrão, sugerimos que os futuros ex

perimentos atendam ao número máximo de amostras e à máxima periodicidade caracterizada para os nutrientes analisados, no intuito de minimizar estes erros e atender à alta variabilidade observada no ambiente.

Uma vez que o presente trabalho foi realizado em uma região considerada de máxima dinâmica do estuário, a proposta de planejamento de experimento pode ser estendida para outras regiões do estuário, onde o regime hidrológico é menos variável do que na zona do canal de acesso.

Outra observação importante é que, dependendo do tipo de caracterização temporal que se quer dar ao ambiente (curto, médio ou longo prazo), o pesquisador poderá utilizar-se da unidade temporal (dia, semana ou mês) que seja mais adequada aos objetivos de seu trabalho, isto é, num estudo a longo prazo (anos) não se justifica utilizar a unidade temporal dia, uma vez que a variabilidade denotada para este período representa apenas uma pequena parcela da variação a longo prazo.

Portanto, é importante caracterizar a escala de tempo de que se fará uso, para melhor utilizar o programa de amostragem proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, J.R. Flutuações diárias e horárias dos elementos dissolvidos, material em suspensão e características físicas da água na parte sul do estuário da Lagoa dos Patos e praia do Cassino (RS - Brasil). Rio Grande, RS, Fundação Universidade do Rio Grande, 1984. Tese Mestrado.

CALLIARI, L.J. Aspectos sedimentológicos e ambientais da região sul da Lagoa dos Patos. Rio Grande, RS, Fundação Universidade do Rio Grande, 1980. 190p. Tese Mestrado.

CAMERON, W.M. & PRITCHARD - Estuaries. In: HILL, M.N., ed.

- The seas. New York, John Wiley, 1963. p. 306-24.
- CAPERON, J.; CASTELL, S.A.; KRANSNICK, G. Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: eutrophication. Limnol. Oceanogr., 16(4): 599-607, 1971.
- CASPERS, H. Estuaries: analysis of definitions and biological considerations. In: AUFF G.H. ed. Estuaries. Washington, Am. Ass. Adv. Sci., 1967. p. 6-8.
- CASTELLO, J.P., coord. Projeto Lagoa. B.O.A. s.i. (Série Relatórios, 1-9).
- CENTENO, A.J. Curso de estatística aplicada à biologia. Goiania, Universidade Federal de Goiás, 1982. 188p.
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental design. New York, John Wiley, 1957. s.p.
- CRUZ, M.H.S.; CALLIARI, L.J.; CARDOSO, J.N.; HARTMAN, C.; KANTIN, R. Flutuações horárias das características físicas e químicas na desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos. Resumos Simpósio Internacional sobre Utilização de Ecossistemas Costeiros: planejamento, poluição e produtividade. Atlântica, Rio Grande, 5(2): 32, 1982.
- ELLIOT, A.J. A study of the effect of meteorological forcing on the circulation in the Potomac estuary. Baltimore, The Johns Hopkins University, 1976. 32p. (Special Report, 56)
- HERZ, R. Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos. São Paulo, USP, 1977. (Tese Doutorado)
- HOBBIE, J.E. Nutrients in estuaries. Oceanus, 19(5): 41-7, 1976.

- KANTIN, R. & BAUNGARTEN, M.G.Z. Observações hidrográficas no estuário da Lagoa dos Patos. Distribuição e flutuação dos sais nutrientes. Atlântica, Rio Grande, 5(1): 76-92, 1982.
- KANTIN, R. Hydrologie et qualité des eaux de la region Sud de la Lagune dos Patos (Brésil) et de la Plateforme continentale adjacente. Bordeaux, Université de Bordeaux I, 1983. 185p. Tese Doutorado
- KJERFVE, B. Bathymetry as an indicator of net circulation in well-mixed estuaries. Limnol. Oceanogr., 23: 816-21, 1978.
- MALAVAL, M.B. Notes sur la Barre de Rio Grande; étude des phénomènes pendant les années 1911, 1912, 1913 et 1914. Rio Grande. Departamento Nacional de Portos e Navegação, 1915. 25p.
- PLATT, T. & DENMAN, K.L. Spectral analysis in ecology. Ann. Rev. Ecol. Syst., 6: 189-210, 1975.
- PRITCHARD, D.W. What is an estuary: physical viewpoint. In: LAUPF, G.H., ed. Estuaries. Washington, Amer. Assoc. Adv. Sci., 1967. p. 3-5. (Publication, 83)
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Metodos estadisticos. Mexico, CECSA, Mexico, 1979. 703p.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. San Francisco, Ca., W.H. Freeman, 1969. 776p.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical handbook of seawater analysis. 2 ed. Ottawa, Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310p.

TUNDISI, J.G. O plâncton estuarino. B. Inst. Oceanogr., USP, 19: 1-22, 1970.

VENRICK, E.L. The implication of subsampling. In: SOURNIA, A., ed. Phytoplankton manual. s.l. UNESCO, 1978. p. 75-87.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Dra. Clarisse Odebrecht (Laboratório de Fitoplancton - FURG) pelo incentivo e colaboração em todas as fases deste trabalho. Agradecemos, também, as importantes sugestões oferecidas pelo Dr. Felipe Niencheski (Laboratório de Hidroquímica - FURG) e pelo Engº Tabajara L. de Almeida (Departamento de Matemática - FURG).

ENDEREÇO DOS AUTORES

PROENÇA, L.A. e ABREU, P.C.O.V.
Laboratório de Fitoplâncton
Departamento de Oceanografia
Fundação Universidade do Rio Grande
Caixa Postal, 474
96200 Rio Grande - RS