

Kuroshima, K. N. & Bellotto, V. R. 2009. Dinâmica dos nutrientes inorgânicos e orgânicos na Foz do Rio Itajaí-Açú, 93-104p. *In*: Joaquim Olinto Branco; Maria José Lunardon-Branco & Valéria Regina Bellotto (Org.). Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. Editora UNIVALI, Itajaí, SC., 312p.

## **Capítulo 6**

### **Dinâmica dos nutrientes inorgânicos e orgânicos na Foz do Rio Itajaí-Açú.**

**Kátia Naomi Kuroshima<sup>1</sup>, Valéria Regina Bellotto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>-Laboratório de Oceanografia Química e Poluição Marinha, CTTMar-UNIVALI, Cx.P. 360. Itajaí, Santa Catarina, Brazil. 88302-202, <sup>1</sup> E-mail: kuroshima@univali.br. <sup>1</sup> E-mail: bellotto@univali.br

#### **ABSTRACT**

The chemical characterization of Itajaí-Açú estuary was first realized in 1994-95 during a research survey. In this first characterization, waters samples were collected using Niskin bottles during one year, monthly, between August – 94 and August – 95, in 11 stations along Itajaí-Açú River, in three depths (surface, middle water and deep water – near 11 meters). The physic-chemical parameters (salinity, dissolved oxygen, pH, temperature) were determined in situ using Horiba electrodes; inorganic nutrients ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{SiO}_4^{-4}$ ) were determined using colorimetric methods, organic compounds (DON, NOP, POP and POT) were determined by addition of oxidant followed by digestion and colorimetric determination of inorganic compounds; POC was determined by titrimetric methods and Chl-a by spectrophotometric analysis. The chemical characterization of this estuary showed strong influences by river discharge and it was controlled by meteorological conditions. During high river discharge ( $1064.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) the estuary was very homogenous, very well mixed along entire the environment, and the salinity was zero in all the system, and other extremely, during low discharge ( $95.9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a stratified salinity was observed (3.2 at surface and 28PSU at deep water).  $\text{NO}_3^-$  was mainly controlled by river discharge, and it evidences the fluvial water as the main contributor for this nutrient.  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  showed poor correlation with river discharge, evidencing the presence of other processes controlling these nutrients in this system. Temporal evolution during ten years showed a decrease in DO concentrations in 20% and  $\text{SiO}_4^{-4}$  (12%) an increase in  $\text{NH}_4^+$  (88%);  $\text{NO}_2^-$  (150%);  $\text{NO}_3^-$  (70%);  $\text{PO}_4^{3-}$  (86%).

**Key-words:** inorganic nutrients; estuary; mixing zone; Brazil, temporal evolution.

#### **INTRODUÇÃO**

Os estuários se caracterizam como corpos de águas costeiras semifechados onde se observa a mistura de águas marinhas e fluviais, resultando em uma elevada produtividade biológica (Pritchard, 1967). Consequentemente estão sempre próximos de grandes centros urbanos, que desenvolvem diversas atividades nas suas proximidades, como: portuárias, pesqueiras, urbanísticas, recreacionais, entre outros (Scharler & Baird, 2005). Estas atividades geram efluentes de diversos tipos e categorias, os quais são, na maioria das vezes, mal tratados ou lançados sem nenhum tratamento prévio, diretamente nestes

reservatórios, provocando um desequilíbrio nas características químicas da água, atingindo indiretamente os organismos presentes nestes ecossistemas (Ragueneau *et al.* 2002; Zheng *et al.* 2004; Scharler & Baird, 2005).

O primeiro estudo sobre a caracterização química deste estuário foi realizado em 1994-95 pelo projeto financiado pela Fundação Banco do Brasil, por pesquisadores dos laboratórios do CTTMar-Univali. Parte dos dados e resultados serão apresentados neste trabalho, outra parte foi apresentada em monografias de trabalhos de conclusão de curso (Pellens, 1997; Scherer, 1997) e trabalhos apresentados em eventos científicos (Bellotto *et al.* 1995; Kuroshima *et al.* 1995). Posteriormente vários outros trabalhos foram realizados ao longo da sua bacia hidrográfica, incluindo os seus tributários (Pereira Filho *et al.* 2003, 2006; Schettini, 2002; Schettini *et al.* 1998; Schettini & Carvalho, 1998; Soppa, 2004). Passados dez anos desde a sua primeira investigação, este trabalho fará um estudo comparativo desta evolução temporal.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estuário do rio Itajaí-Açú está localizado na porção terminal do mesmo rio, tendo o município de Itajaí na margem sul e Navegantes na margem norte (Fig. 1). Recebe efluentes industriais e domésticos destes municípios, além da contribuição dos vizinhos Blumenau e Gaspar, Itajaí e Navegantes. Nesta região está localizado o maior porto pesqueiro do país, além de diversas indústrias de processamento do pescado (Santa Catarina, 1997).

Este estuário participa com a maior contribuição de descarga fluvial para o litoral catarinense, com uma vazão média de  $318 \pm 394 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Schettini & Carvalho, 1998). Possui um canal com largura praticamente uniforme (150 a 300 metros) e profundidade entre 5 e 8 metros, atingindo 10 metros em alguns pontos (Rörig, 2005). No entanto, as atividades de dragagem, constantes nos últimos anos, podem estar influenciando estas características.

## Metodologia de Coleta

As amostras de água foram coletadas mensalmente entre agosto de 1994 e agosto de 1995 no estuário do rio Itajaí-Açú, em 11 pontos de coleta, pré-determinados (Fig. 1), sendo o ponto 1 localizado fora da desembocadura do rio, aproximadamente 2km da mesma, e os outros pontos distribuídos equidistantemente ao longo do canal principal do rio, cobrindo os primeiros 20Km de extensão.



Figura 1. Mapa da área de estudo mostrando os 11 pontos de coleta.

As coletas de água foram realizadas em três profundidades (superfície, meio e fundo), com o auxílio de garrafas de Niskin (5litros) e, posteriormente, foram transferidas para frascos de polipropileno, previamente limpos com solução

ácida. Parte destas amostras foi filtrada, obtendo-se três frações: o filtro, o filtrado e a água não filtrada. O filtro foi imediatamente congelado e utilizado posteriormente para a determinação do material particulado em suspensão; o filtrado, também congelado, para a determinação dos nutrientes inorgânicos e a amostra não filtrada foi autoclavada com oxidantes específicos, para a determinação dos compostos orgânicos totais (nitrogênio e fósforo).

### **Metodologia de Análise**

Os parâmetros físico-químicos (salinidade, condutividade, pH, oxigênio dissolvido e temperatura) foram determinados *in situ* utilizando uma multissonda marca Horiba modelo U-10. Todos os eletrodos foram calibrados antes de cada dia de análise utilizando-se soluções padrões.

O Material Particulado em Suspensão (MPS) foi determinado gravimetricamente até obtenção de peso constante e corrigido pelo volume filtrado, segundo método 2540-D descrito em APHA/AWWA/WEF (1998). Os nutrientes inorgânicos foram determinados pelos métodos colorimétricos descritos em APHA/AWWA/WEF (1998), segundo as seguintes metodologias: amônio - 4500-NH<sub>3</sub>-F; nitrito - 4500-NO<sub>2</sub>-B; nitrato - 4500-NO<sub>3</sub>-E; fosfato - 4500-P-E e silicato - 4500-SiO<sub>2</sub>-C.

A matéria orgânica foi determinada na forma de carbono orgânico particulado (COP); nitrogênio orgânico particulado (NOP) e dissolvido (NOD) e fósforo orgânico particulado (POP) e dissolvido (POD). Para a determinação do COP, uma alíquota de amostra bruta foi filtrada em filtros GFF (Whatman) previamente calcinados (45 minutos a 400°C) e pesados. O COP foi determinado titulometricamente (dicromatometria), onde o excesso do dicromato de potássio foi medido e calculado o carbono utilizado. O nitrogênio e o fósforo orgânico foram reduzidos para as suas formas inorgânicas através do persulfato de potássio e determinados respectivamente como nitrato e fosfato pelos métodos colorimétricos descritos anteriormente. A amostra de água não filtrada foi considerada como a soma dos compostos particulados e dissolvidos e a amostra filtrada contendo o

material orgânico dissolvido. A diferença obtida das duas subamostras foi considerada como a fração particulada da matéria orgânica. Todos os procedimentos adotados foram de acordo com a metodologia descrita em Carmouze (1994). Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Dinâmica dos nutrientes inorgânicos e orgânicos.

Para a caracterização deste estuário, foram calculados os valores médios mensais dos parâmetros físico-químicos e da vazão (Tab. I).

Tabela I. Valores médios mensais dos parâmetros físico-químicos avaliados no estuário do Rio Itajaí-Açú.

Mês	Temperatura (°C)	Salinidade (PSU)	pH	O.D. (mg/L)	Vazão (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Ago-94	18,35 ± 0,2	21,02 ± 12,0	8,10 ± 0,4	6,49 ± 0,9	103,1
Set-94	20,85 ± 1,2	16,24 ± 9,4	7,43 ± 0,4	6,20 ± 1,0	124,9
Out-94	21,99 ± 0,4	10,68 ± 14,1	7,28 ± 0,5	7,03 ± 1,3	604,3
Nov-94	23,08 ± 0,3	13,49 ± 14,4	7,47 ± 0,5	6,48 ± 1,3	511,7
Dez-94	27,23 ± 0,8	12,33 ± 9,8	7,29 ± 0,4	4,82 ± 0,9	234,6
Jan-95	25,97 ± 0,3	2,83 ± 7,8	6,44 ± 0,6	6,91 ± 0,5	1064,8
Fev-95	25,02 ± 0,2	2,87 ± 6,7	6,62 ± 0,5	7,14 ± 0,4	698,4
Mar-95	24,78 ± 0,4	9,79 ± 12,0	6,99 ± 0,6	5,69 ± 0,5	295,4
Abr-95	22,84 ± 0,2	16,74 ± 9,2	7,48 ± 0,3	4,61 ± 0,7	115,9
Mai-95	21,66 ± 0,4	19,78 ± 9,8	8,05 ± 0,3	5,38 ± 1,1	95,9
Jul-95	17,58 ± 0,8	12,49 ± 10,7	7,28 ± 0,5	6,51 ± 1,6	170,0
Ago-95	17,70 ± 0,4	8,77 ± 9,5	7,30 ± 0,5	6,19 ± 0,6	209,3

Estes valores mostram a sazonalidade deste ambiente, representada pelos valores extremos de temperatura registrados: 17,58±0,8°C no mês de julho e a máxima de 27,23±0,8°C para o mês de dezembro. Além da variação da temperatura foi observado que a vazão do rio, influenciada pela pluviosidade local, apresentou uma grande variação, oscilando de 95,9m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> em maio-95 para 1064,8 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> no mês de janeiro-95, sendo a responsável pelas variações de salinidade observadas neste estuário durante o período avaliado. Durante o período de alta

vazão (janeiro) o estuário apresentou-se homogêneo ao longo de todo o estuário, com salinidade zero em todas as profundidades. O ponto 1, localizado externamente ao estuário, apresentou salinidade superficial de 17,5 PSU na superfície e 26,5 PSU no fundo, evidenciando a influência da vazão neste sistema. Já nos meses de baixa vazão, o estuário foi caracterizado pela formação de uma forte cunha salina, com valores de salinidade de fundo próximo de 30 PSU e zero na camada superficial, no ponto mais à montante durante os meses de agosto de 1994 e maio de 1995.

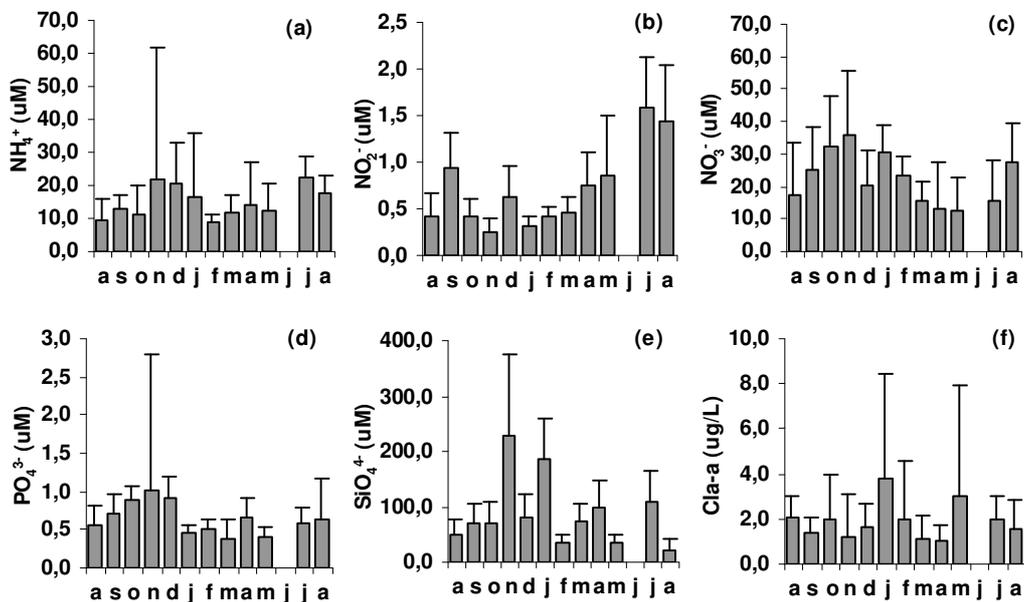


Figura 2. Distribuição temporal dos valores médios mensais e respectivos desvios padrões de (a)  $\text{NH}_4^+$ , (b)  $\text{NO}_2^-$ , (c)  $\text{NO}_3^-$ , (d)  $\text{PO}_4^{3-}$ , (e)  $\text{SiO}_4^{4-}$ , (f) Clorofila-a. Todos os nutrientes estão expressos em  $\mu\text{M}$ , Clorofila-a em  $\mu\text{g/L}$ .

O comportamento dos nutrientes inorgânicos pode ser classificado em duas categorias: 1 - os nutrientes com forte influência da vazão, cuja distribuição está diretamente associado a esta variável e 2 - os nutrientes que além de acompanharem a vazão do rio, apresentaram um aumento durante os períodos de baixa vazão.

O  $\text{NO}_3^-$  e o  $\text{SiO}_4^{-4}$  podem ser categorizados na primeira classe, com forte influência da vazão no seu comportamento. As maiores concentrações destes parâmetros foram observadas nos meses de alta vazão, outubro-novembro e janeiro-fevereiro.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{NO}_2^-$  apresentaram um comportamento diferente; foram observadas altas concentrações durante os meses de alta vazão, mas também apresentaram valores elevados durante os meses de baixa vazão: julho e agosto.

A alta vazão pode influenciar de três maneiras: 1- provoca um aumento nas concentrações dos compostos que sofrem influência pelos aportes continentais; 2- provoca uma diminuição para os compostos que sofrem influência dos aportes na região de mistura, pelo processo da diluição das águas e 3- provoca uma diminuição nos compostos que são consumidos e/ou produzidos no ambiente estuarino, porque o tempo de residência destas águas diminui, diminuindo o tempo para a ocorrência destes processos.

A relação N:P (sendo N o somatório de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$ ), durante todo o período apresentou um valor médio de 64, oscilando entre o mínimo de 45,4 e máximo de 104,5, respectivamente para os meses de dezembro e janeiro. Estes elevados valores mostram um enriquecimento deste ambiente por compostos nitrogenados, seja através de entradas antrópicas ou degradação de material orgânico ou a presença de processos de captura do fósforo, como adsorção ao material particulado em suspensão, principalmente nos meses de alta vazão, quando a concentração de material particulado em suspensão atinge os seus maiores valores.

Apesar da comprovação de aportes de compostos nitrogenados, outros ambientes mostram-se mais impactados que este estuário. No rio Camboriú, localizado no município vizinho, foram observados valores médios de  $\text{NH}_4^+$  na ordem de  $280 \pm 521 \mu\text{M}$  (Kuroshima *et al.* 2006), correspondendo a um aumento em torno de 20 vezes, em relação ao estuário em questão; justificado neste caso pelos aportes de efluentes domésticos mal tratados. Já no Sistema estuarino da Baixada Santista, localizado em uma área industrializada, somadas às atividades

turísticas e portuárias do litoral de São Paulo, Braga *et al.* (2000) registraram valores médios de  $\text{NH}_4^+$  entre 26,65 e 60,50 $\mu\text{M}$  nos canais artificiais que recebem águas pluviais e fontes clandestinas de esgotos.

A dispersão dos parâmetros físico-químicos e químicos foi analisada utilizando a Análise de Componentes Principais (ACP) (Fig. 3) e a matriz de correlações (Tab. II). O primeiro plano da ACP, representado na Figura 3, pelos Eixos 1 e 2 explicou a dispersão de 57,8% das variáveis, destacando a salinidade (0,73) e a vazão (-0,93) como as variáveis mais representativas do primeiro Eixo, e o segundo Eixo, representada pelas variáveis Clorofila-a (0,62) e  $\text{PO}_4^{3-}$  (-0,89). O terceiro e o quarto Eixos foram representados respectivamente por  $\text{NH}_4^+$  (-0,84) e Temperatura (-0,70), explicando 11,5% e 9,8% (Fator 4) da dispersão das variáveis.

A avaliação da dispersão apresentada na ACP representada pelo primeiro plano nos permite distinguir dois grandes grupos: o primeiro fortemente influenciado pelos aportes continentais, sendo neste caso representado pela vazão e todos os compostos que apresentaram valores negativos no Eixo 1, e o segundo grupo de variáveis, influenciado pelos aportes marinhos e pelos compostos que são produzidos no ambiente estuarino, neste caso representada pelas variáveis que apresentaram valores positivos no Eixo 1 da dispersão.

A matriz de correlação (Tab. II) corrobora com esta análise, uma vez que a vazão foi o parâmetro que apresentou as maiores correlações com os outros parâmetros avaliados. Esta dispersão nos permite apontar que os seguintes parâmetros são influenciados pelos aportes continentais, desde que estão correlacionados positivamente com a vazão: OD,  $\text{NO}_3^-$ , NOP, POD e POP; salinidade e pH apresentaram uma forte influência dos aportes marinhos e ainda, um terceiro grupo formado por  $\text{NO}_2^-$  e COP, evidenciando que estes compostos são produzidos no ambiente estuarino.

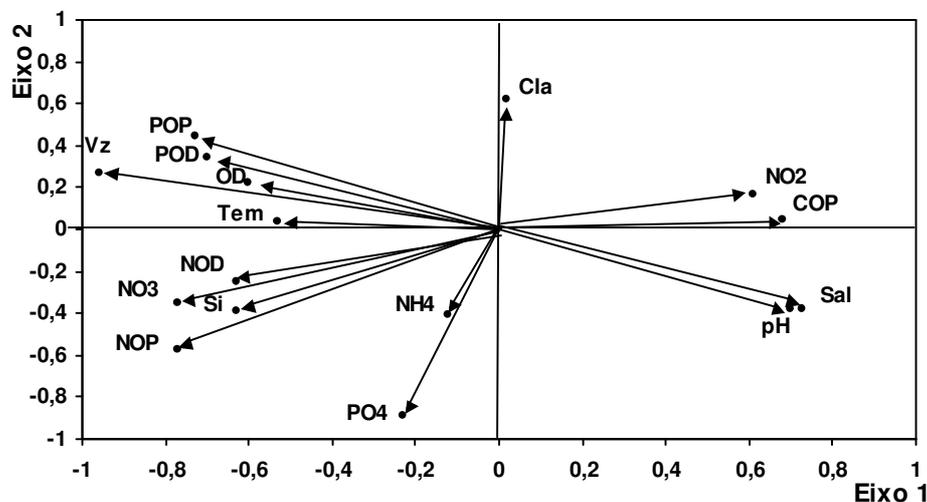


Figura 3. Representação gráfica dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (ACP) realizado com os parâmetros físico-químicos e químicos. Vz = vazão; Tem = temperatura.

Tabela II. Matriz de correlação entre os parâmetros físico-químicos e químicos avaliados.

	Temp	sal	pH	OD	Vazão	Cla-a	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	COP	NOD	NOP	POD	POP
Temp	1,00															
Sal	-0,45	1,00														
PH	-0,54	<b>0,95</b>	1,00													
OD	-0,20	<b>-0,49</b>	-0,39	1,00												
Vazão	0,53	<b>-0,81</b>	<b>-0,78</b>	<b>0,62</b>	1,00											
Cla-a	-0,02	-0,04	0,03	0,10	0,16	1,00										
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,03	-0,09	-0,08	-0,17	0,00	-0,04	1,00									
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>-0,67</b>	0,16	0,18	-0,17	<b>-0,54</b>	0,22	0,36	1,00								
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,14	-0,49	-0,39	<b>0,61</b>	<b>0,65</b>	-0,16	0,25	-0,32	1,00							
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,07	0,11	0,15	-0,02	-0,01	-0,40	0,47	-0,14	0,58	1,00						
SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	0,32	-0,21	-0,28	0,15	0,49	-0,20	0,60	-0,36	0,48	0,37	1,00					
COP	-0,31	0,49	0,33	-0,38	<b>-0,64</b>	-0,19	-0,30	0,36	-0,45	-0,29	-0,36	1,00				
NOD	0,25	-0,26	-0,30	0,46	0,56	-0,17	-0,26	-0,56	0,57	0,43	0,26	-0,35	1,00			
NOP	0,37	-0,25	-0,21	0,36	<b>0,59</b>	-0,37	0,19	<b>-0,71</b>	<b>0,81</b>	<b>0,61</b>	<b>0,70</b>	-0,50	-0,60	1,00		
POD	0,17	-0,46	-0,38	0,58	<b>0,75</b>	0,35	0,04	-0,32	0,45	-0,15	0,45	-0,53	0,21	0,40	1,00	
POP	0,39	<b>-0,56</b>	<b>-0,61</b>	0,42	<b>0,80</b>	0,25	-0,01	-0,41	0,36	-0,31	0,47	-0,35	0,31	0,34	<b>0,67</b>	1,00

\*\*em negrito e sublinhado p < 0,05

O segundo eixo, representado pela clorofila e fosfato não apresentou uma forte contribuição das outras variáveis, mostrando que este eixo não explica a dispersão da maioria das variáveis deste ambiente. Clorofila-a não apresentou uma correlação significativa com nenhum outro parâmetro, mostrando a sua baixa influência na dinâmica dos nutrientes inorgânicos e orgânicos.

Por outro lado, as correlações significativas observadas entre a vazão e os compostos orgânicos, principalmente para NOP, NOD e POP, evidenciam que estes compostos são originados principalmente por aportes continentais à montante do sistema estuarino e pouca representação foi observada para produção local destes compostos. Exceção pode ser descrita para COP ( $r^2 = 0,64$ ), mostrando uma influência marinha, ou produção local deste composto.

### **Evolução temporal (1994-95 ~ 2003-04)**

Os valores médios dos parâmetros avaliados neste trabalho foram comparados com os valores publicados por Soppa (2004) em seu trabalho de conclusão de curso, onde parte das suas amostragens se localizou no estuário do Rio Itajaí-Açú. Procurou-se desta forma avaliar a evolução temporal das características químicas deste estuário, nos últimos dez anos.

Os dois trabalhos apresentaram metodologias de amostragens, e áreas de coletas diferentes; assim, para a realização desta avaliação comparativa, foram considerados:

1. Os valores médios dos parâmetros apresentados para o período de 1994-95 se referem às concentrações médias de todos os pontos de todo o período amostral, diferenciados em profundidade (superficial e fundo), buscando desta forma minimizar processos pontuais e comparar as características gerais do ambiente;
2. Os valores médios dos parâmetros apresentados para o período de 2003-04 se referem apenas às amostras localizadas no estuário do Rio Itajaí-Açú, obtidas de Soppa (2004), considerando a mesma área amostral deste trabalho; diferenciados em profundidade (superficial e fundo).

Todos os nutrientes inorgânicos avaliados apresentaram um aumento durante estes 10 anos, tanto para as águas de fundo, com maior salinidade, como para as águas superficiais, com influências fluviais; em contrapartida, houve uma

diminuição nas concentrações médias de Oxigênio Dissolvido - OD, nas duas profundidades.

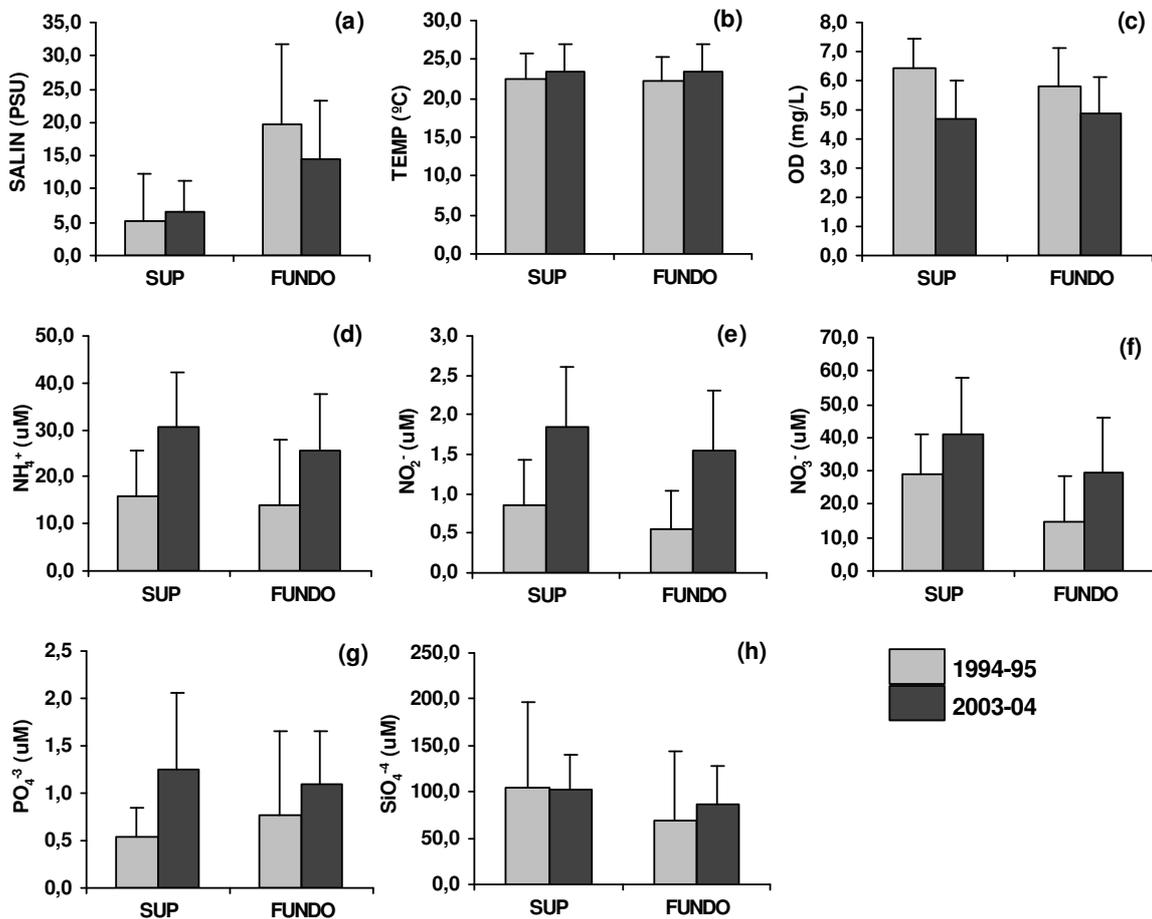


Figura 4. Valores médios dos parâmetros físico-químicos e nutrientes inorgânicos das amostras de 1994-95 e 2003-04. (a) - salinidade (PSU); (b) - oxigênio Dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L); (c) - temperatura (°C); (d) - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (μM); (e) - NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (μM); (f) - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (μM); (g) - PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (μM) e (h) - SiO<sub>4</sub><sup>-4</sup> (μM). Dados de 2003-04 obtidos de Soppa (2004).

Os compostos nitrogenados (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sofreram um aumento médio na ordem de 102%, sendo o NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, o nutriente com o maior aumento, 116% para a superfície e 182% para as águas de fundo. O PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sofreu um aumento na ordem de 130% para as águas superficiais e apenas 40% no fundo; enquanto o oxigênio dissolvido diminuiu na ordem de 20% (Fig. 4).

Monitoramento de 10 anos realizado na região portuária de Hong-Kong evidenciou o aumento de nutrientes inorgânicos nitrogenados e fosfatados na

região, resultados, principalmente, do lançamento de efluentes domésticos, seguido em menor escala das atividades de escoamento de águas pluviais, atividades industriais, portuárias (Yung *et al.*, 1999).

O processo de decomposição da matéria orgânica pode estar explicando estas variações, influenciado por um incremento de compostos orgânicos neste ambiente, os quais são decompostos aerobicamente, diminuindo a concentração de OD nestas águas. O aumento ter sido mais pronunciado para o  $\text{NO}_2^-$ , evidencia a ocorrência do consumo de OD também pelo processo da nitrificação. A reação completa deste processo pode ser descrita pela equação:



Estequiometricamente, podemos inferir um consumo de dois moles de OD para cada mol de  $\text{NO}_3^-$  produzido. Assim, o aumento de  $13,3\mu\text{M/L}$  observado para o  $\text{NO}_3^-$  demanda um consumo de  $26,6\mu\text{M/L}$  de OD, o que corresponde a uma diminuição de  $0,85\text{mg/L}$  de OD. Como a diminuição observada para OD foi de  $1,74\text{mg/L}$ , podemos dizer que aproximadamente 50% da diminuição de OD durante este período, pode ter sido resultado deste processo de nitrificação. Porém outros processos devem ser considerados e merecem atenção: decomposição da matéria orgânica, fluxos na interface atmosfera-água, consumo pelos processos sedimentares. Infelizmente, parâmetros que possibilitem estas quantificações não foram medidos, o que poderia comprovar e determinar a ordem de grandeza e importância destes processos para este ambiente.

## CONCLUSÕES

A dinâmica dos nutrientes é fortemente influenciada pelos aportes continentais e esta pela taxa de precipitação e as condições meteorológicas locais. A distribuição da salinidade pode apresentar-se totalmente homogênea e apresentar características de águas fluviais em períodos de alta vazão, como também bem estratificada com uma cunha salina bastante evidenciada em períodos de baixa vazão. Estas distribuições influenciam as características

químicas deste ambiente. O  $\text{NO}_3^-$  mostrou-se influenciado principalmente pelos aportes continentais, aumentando conforme aumenta a vazão do rio. Houve pouca contribuição deste nutriente neste ambiente. Para o  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  além da contribuição fluvial, parecem ocorrer processos para a sua produção neste ambiente estuarino, como fontes antrópicas, processos de nitrificação, ou decomposição da matéria orgânica. A avaliação da evolução de dez anos mostrou um aumento nos nutrientes inorgânicos, principalmente para os compostos nitrogenados, na ordem de 102% e uma diminuição de 20% na concentração média de OD.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os estagiários voluntários, bolsistas, técnicos e professores que contribuíram para a realização deste trabalho, incluindo coleta de material, processamento das análises e dados. Agradecem à Fundação Banco do Brasil pelo auxílio financeiro e a ProPpec-Univali pelo auxílio financeiro e fomento de bolsas de Iniciação Científica.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA/AWWA/WEF. American Public Health Associations/American Water Works Association/Water Environment Federation. 1998. *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20 Ed. Washington: D.C. CD-ROM.
- Bellotto, V.R.; Kuroshima, K.N. & Pellens, I.C. 1995. Dinâmica de nutrientes inorgânicos no estuário do Rio Itajaí-Açú (Br). *In: Anais do Congresso Latino Americano de Ciencias del Mar*. Mar del Plata.
- Braga, E.; Bonetti, C.V.D.H.; Burone, L. & Bonetti-Filho. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine system – Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 40(2):165-173.
- Carmouze, J.P. 1994. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos, Fundamentos Teóricos, Métodos de Estudo e Análises Químicas*, São Paulo: Editora Edgard Blücher, FAPESP, 253p.
- Kuroshima, K.N.; Barreiros, M.A.B.; Lacava, L. & Costódio, P.F.S. 2006. The Influence of Dioxide Chloride on Water Quality of Balneário Camboriú Beach, Brazil. *Environmental monitoring and assessment*, on-line.

- Kuroshima, K.N.; Bellotto, V.R.; & Castro, M. 1995. Dinâmica dos nutrientes no sistema costeiro de Santa Catarina (Br). Primavera-1994. *In: Anais do Congresso Latino Americano de Ciências del Mar. Mar del Plata.*
- Pellens. I.C. *Dinâmica de Nutrientes Inorgânicos no Estuário do Rio Itajaí-Açú / SC.* 1997. Monografia de Conclusão de Curso de Oceanografia da Univali. Itajaí, SC.
- Pereira Filho, J.; Spillere, L.C. & Schettini, C.A.F. 2003. Dinâmica de Nutrientes na Região Portuária do Estuário do Rio Itajaí-Açú, SC. *Revista Atlântica*, 25(1):11-20.
- Pereira Filho, J.; Spillere, L.C.; Schettini, C.A.F. 2006. Itajaí-Açú river estuary (Santa Catarina, Brazil): preliminary budget for dissolved inorganic nutrients. *Journal of Coastal Research*, SI39: 702-706.
- Pritchard, D.W. 1967. Observations of circulation in coastal plain estuaries. *In: G.H. Lauff (Ed). Estuaries Am. Assoc. Adv. Sci.* 83:37-44.
- Ragueneau, O.; Lancelot, C.; Egorov, V.; Vervlimmeren, J.; Cociasu, A.; Déliat, G.; Krastev, A.; Daoud, N.; Rosseau, V.; Popovitchev, V.; Brion, N.; Popa, L. & Cauwet, G. 2002. Biogeochemical transformation of inorganic nutrients in the mixing zone between the Danube River and North-western Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 54: 321-336.
- Rörig, L.R. 2005. *Usos múltiplos e qualidade das águas da Bacia do Baixo Itajaí-Açú-SC: elementos para um gerenciamento integrado.* Dissertação (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. 295p.
- Santa Catarina - Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 1997. *Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral*, Florianópolis: 163p.
- Scharler, U. & Baird, D. 2005. The filtering capacity of selected Eastern Cape estuaries, South Africa. *Water SA*. 31 (4): 483-490.
- Scherer. P.F. *Avaliação dos compostos orgânicos no estuário do Rio Itajaí-Açú.* 1997. Monografia de Conclusão de Curso de Oceanografia da Univali. Itajaí – SC.
- Schettini, C.A.F. & Carvalho, J.L.B. 1998. Suspended sediment balance in the estuary of Itajaí-Açú river during a low discharge period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 70 (2):325-334.
- Schettini, C.A.F. ; Kuroshima, K.N.; Pereira-Filho, J.; Rörig, L. R. & Resgala Júnior, C.1998. Oceanographic and ecological aspects of Itajaí-Açú river plume during a high discharge period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 70 (2): 335-351.
- Schettini, C.A.F. 2002. Caracterização física do estuário do Rio Itajaí Açú. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 7 (1): 123-142.
- Soppa, M.A. *Monitoramento dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no Baixo curso do Rio Itajaí-Açú.* Monografia de Conclusão de Curso de Oceanografia da Univali. Itajaí – SC. 2004. 94p.
- Yung, Y.K; Yau, K.; Wong, C.K.; Chan, K.K.; Yeung, I; Kueh,C.S.W.; Broom, M.J.. 1999. Some observations on the changes of physico-chemical and biological factors in Victoria Harbour and vicinity, Hong-Kong, 1988-1996. *Marine Pollution Bulletin*, 39 (1-12), 315:325.
- Zheng, L; Chen, C, & Zhang, F, 2004, Development of water quality model in the Satilla River estuary, Georgia, *Ecological Modelling*, 178: 457-482.