

HIDROLOGIA E BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA NAS BARRAS ORANGE E CATUAMA (CANAL DE SANTA CRUZ), EM ITAMARACÁ-PE: VARIAÇÃO NICTEMERAL

Hidrology and phytoplankton biomass in the Orange and Catuama inlets (Santa Cruz Channel), Itamaracá Island, Pernambuco State: nictemeral variation

Juciene Andrade de Figueiredo^{1,3}, Kátia Muniz^{1,2}, Sílvio José de Macêdo^{1,2}, Manuel de Jesus Flores Montes^{1,2}, Fernando Antônio do Nascimento Feitosa^{1,2}

RESUMO

O Canal de Santa Cruz se comunica com o mar através das desembocaduras Barra Orange, ao sul (34° 55'W), e Barra de Catuama, ao norte (7° 40'S), que representam dois sistemas hidrodinâmicos de intenso intercâmbio de água fluvial com água marinha. O objetivo do presente trabalho foi estudar sua hidrologia e relacioná-la com a biomassa fitoplanctônica a fim de diagnosticar a relação entre esses fatores e o meio. Foram analisados parâmetros climatológicos e hidrológicos. Para a análise hidrológica, amostras foram feitas coletas nas Barras Orange e Catuama, em agosto de 2001, em marés de sizígia e quadratura, de 3 em 3 horas, correspondendo a um ciclo nictemeral. O método da Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicado aos dados, tendo-se observado que; (a) os nutrientes amônia, nitrato e nitrito se relacionaram positivamente com a salinidade e o oxigênio dissolvido, e inversamente com o silicato; (b) a biomassa fitoplanctônica está relacionada positivamente com o fósforo, indicando que este nutriente pode ser um fator limitante da produtividade primária. Observou-se uma maior concentração de salinidade na camada de fundo, durante a maré de sizígia, nas duas barras. O teor de oxigênio dissolvido foi elevado, indicando uma saturação dos ambientes estudados. O pH apresentou-se sempre alcalino em ambas as barras. Os teores de amônia, nitrito, e nitrato foram mais elevados na preamar, principalmente na maré de sizígia. Os teores de silicato foram mais acentuados em Catuama, durante a baixa-mar. A elevada biomassa fitoplanctônica, com uma variação de 10 a 42 mg.m⁻³ (Orange) e 0,87 a 42 mg.m⁻³ (Catuama), permite a caracterização desse ambientes como eutróficos..

Palavras-chaves: hidrologia, biomassa fitoplanctônica, variação nictemeral, Canal de Santa Cruz, Pernambuco.

ABSTRACT

The Santa Cruz Channel is linked to the sea through the Orange inlet (34°55'W), and Catuama inlet (7°40'S), which make up two hydrodynamic systems with intense interchange of fresh- and salt-water. The present work objective was to study their hydrology and relate it to the phytoplankton biomass, in order to assess its relationships with the environment. Climatological and hydrological parameters were accounted for. Hydrological data were collected at Orange and Catuama sandbanks in August, 2001, during spring and neap tides, each one with a 3-hour interval, corresponding to a nyctemeral cycle. The method of Principal Component Analysis (PCA) was applied to the data, with the following results; (a) the ammonia, nitrite and nitrate nutrients were positively correlated with salinity and dissolved oxygen, and inversely with silicates; (b) the phytoplankton biomass is related to phosphate, showing that this nutrient can be the limiting factor to the primary productivity. A higher salinity at the bottom layer was registered during the spring tide, in both inlets. Dissolved oxygen values were higher at Orange and Catuama inlets, which may be classified as oxygen-saturated zones. The pH was always alkaline in both inlets. The ammonia, nitrite and nitrate contents were higher during high tide, mainly at spring tides. Silicate values were more pronounced at the Catuama inlet, during low tide. The high phytoplankton biomass, with 10 - 42 mg.m⁻³ (Orange inlet) and 0.87 - 42 mg.m⁻³ (Catuama inlet) ranges has allowed those biotopes to be classified as eutrophic.

Key words: hidrology, phytoplankton biomass, nictemeral variation, Santa Cruz Channel, Pernambuco State.

¹ Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

² Professor do Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, Universidade, Recife.

³ Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

Estuários e manguezais são ecossistemas complexos, produtivos, e de grande importância ecológica, econômica e social na costa nordestina, sujeitos a influência fluvial e marinha, o que os torna diferenciados dos demais por propiciar o crescimento e desenvolvimento de várias espécies de organismos típicos destas áreas, representando uma significativa fonte de alimentos para as comunidades carentes.

Um estuário pode ser caracterizado como sendo a interação de duas massas d'água diferentes quimicamente e fisicamente, dando origem a processos e padrões sedimentológicos e biológicos típicos. De uma maneira geral, são corpos d'água geralmente de pequena profundidade, com volumes que dependem dos períodos de seca e chuva, fundos lamosos e cuja dinâmica depende também do balanço entre precipitação, evaporação e altura das marés (Yáñez-Arancibia, 1978; Carter, 1988).

A zona de Convergência estuarina é resultante dos processos de mistura e circulação que ocorrem nos estuários. A convergência pode acontecer em determinados momentos como, por exemplo, quando a superfície da água sofre um vento contrário à direção da maré, e massas d'água se encontram, formando uma "linha" onde é possível observar o acúmulo de folhas de mangue, pedaços de madeira, etc. (Schwamborn & Bonecker, 1996). Poucos estudos têm levado em consideração a convergência estuarina, e sua importância no transporte de organismos e partículas entre o estuário e a água costeira adjacente.

Na teia trófica marinha, o ciclo da vida se inicia com os produtores primários, os autótrofos, e finaliza com a decomposição da matéria orgânica através das bactérias, dando como um dos produtos finais os sais nutrientes. O nitrogênio apresenta-se na forma de amônia, nitrito e nitrato, e o fósforo, na forma de fosfato. A sílica é de origem terrígena, e de grande importância na formação das carapaças de alguns organismos como as diatomáceas. As principais fontes de nutrientes em ambientes marinhos costeiros são: trocas fluviais-estuarinas-costeiras, ressurgências, precipitação, fixação de nitrogênio, e regeneração de nutrientes (Flint, 1985).

No litoral norte de Pernambuco, destaca-se o complexo estuarino de Itamaracá, localizado entre as coordenadas geográficas ($7^{\circ}34'00''$ - $7^{\circ}55'16''$ S e $34^{\circ}48'48''$ - $34^{\circ}52'24''$ W), com vastas áreas de manguezais associadas ao Canal de Santa Cruz e aos estuários de vários rios que nele desembocam (Lira, 1975).

Vários fatores alógenos estão contribuindo para a permanência e/ou degradação de habitats do Canal de Santa Cruz: urbanização, aterros imobiliários, turismo, despejos orgânicos e inorgânicos, e atividade pesqueira. Como resultado, as áreas que servem de abrigo e local para reprodução, alimentação e crescimento de vários organismos vêm sendo afetadas, podendo limitar a produtividade dos pontos de vista biológico e econômico (Eskinazi – Leça & Barros, 2000).

O presente trabalho visa avaliar os parâmetros físico-químicos (transparência da água, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e sais nutrientes), bem como determinar a clorofila *a*, em função das marés de sizígia e quadratura no inverno, nas Barras Orange e Catuama, no Canal de Santa Cruz (Pernambuco-Brasil), inclusive em zonas de convergência, a fim de diagnosticar a influência de todos esses fatores sobre o meio.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas hidrológicas ocorreram na Barra Orange ao sul, e na Barra de Catuama ao norte da Ilha de Itamaracá, em agosto de 2001, em marés de sizígia e quadratura, de 3 em 3 horas, correspondendo a um ciclo nictemeral (24 horas), e cujas estações foram plotadas numa seção transversal e equidistantes entre si: Meio, Continente, e Ilha. Contudo, quando havia Convergência estuarina, o local tornava-se a estação do Meio, a partir da qual as outras estações eram demarcadas: uma equidistante entre a Convergência e a terra firme (Continente) e uma equidistante entre a Convergência e a Ilha de Itamaracá (Ilha) (Figura 1).

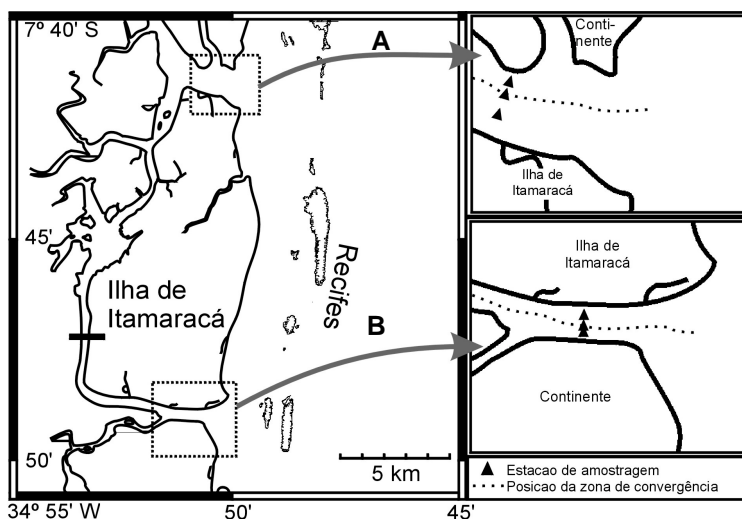


Figura 1 - Mapa do Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz (Itamaracá, PE), indicando suas duas desembocaduras: A, desembocadura norte – Barra de Catuama; e B, desembocadura sul – Barra de Orange, com indicação dos locais de coleta em relação às zonas de convergência.

Para determinação do oxigênio dissolvido, salinidade, e sais nutrientes (amônia, nitrito, nitrato, fosfato, e silicato), as amostras foram coletadas por meio da garrafa de Nansen, em duas profundidades (superfície, e fundo), nos quatro estágios de maré (baixa-mar, enchente, preamar, e vazante). Nas estações Continente e Ilha, para análise de nutrientes e pH, as amostras foram coletadas apenas nas marés enchente e vazante.

A temperatura foi aferida através do CTD e a transparência da água foi obtida através de disco de Secchi com 30 cm de diâmetro.

O oxigênio dissolvido foi medido através do método de Winkler, descrito por Strickland & Parsons (1972) e Grasshoff *et al.* (1983). A salinidade foi medida através do método de Mohr-Knudsen, descrito por Strickland & Parsons (1972), e o potencial hidrogeniônico foi determinado através do pH-metro Beckman, tipo Zeromatic II.

Os sais nutrientes (amônia $\text{NH}_3\text{-N}$, nitrito $\text{NO}_2\text{-N}$, nitrato $\text{NO}_3\text{-N}$, fosfato $\text{PO}_4\text{-P}$) foram analisados de acordo com as técnicas descritas por Strickland & Parsons (1972) e o silicato de acordo com UNESCO (1973) e Grasshoff *et al.* (1983).

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através da determinação da clorofila *a* pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966) após extração em acetona a 90% por 24 horas. As leituras foram obtidas no espectrofotômetro Micronal B-280 nos comprimentos de onda de 630, 645, 665 e 750 nm, sendo os resultados expressos em $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Para o tratamento dos dados e determinar a relação entre os parâmetros hidrológicos, foi usado o método da Análise dos Componentes Principais (ACP), que procura reduzir um grande número de componentes importantes, com o objetivo de projetar o máximo de informação no menor número de dimensões (Massart *et al.*, 1998).

Os dados climatológicos (precipitação, evaporação, velocidade e direção dos ventos) predominantes para o ano de 2001, foram obtidos através do INMET-MA (Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) fornecidos pela Estação Meteorológica do Curado, PE, localizada em $8^{\circ}03'S - 34^{\circ}55'W$, à altitude de 6,9m.

RESULTADOS

Climatologia

A pluviometria para os dias de coleta registrou o valor máximo de 30,2 mm no dia 3/08 e o mínimo de 0,0 mm para os dias 5/8 e 11/8 respectivamente (Figura 2). A velocidade média mensal dos ventos para os respectivos dias de coleta foi moderada, sendo detectado o máximo de $11,2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 3/08 e o mí-

nimo de $2,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 11/08, com orientação predominante S, com exceção do dia 9/08 que foi SE (Figura 3).

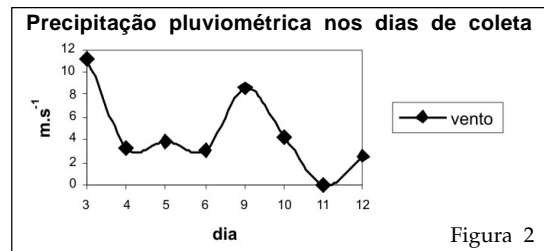


Figura 2



Figura 3

Figuras 2 e 3 - Precipitação e velocidade dos ventos dos dias de coleta em agosto de 2001 respectivamente.

Temperatura

A temperatura da água esteve um pouco mais elevada em Catuama, principalmente na maré de quadratura. Entre a superfície e o fundo não foi observada uma estratificação vertical elevada, a amplitude térmica máxima foi de $1,19^{\circ}\text{C}$ detectada na estação Continente (Figura 4). Na Barra Orange, os valores mínimo e máximo observados foram de $24,48^{\circ}\text{C}$ e $26,55^{\circ}\text{C}$, na estação do Meio, enquanto que na Barra de Catuama os valores limites foram de $24,99^{\circ}\text{C}$ e $26,49^{\circ}\text{C}$, nas estações Ilha e Continente respectivamente.

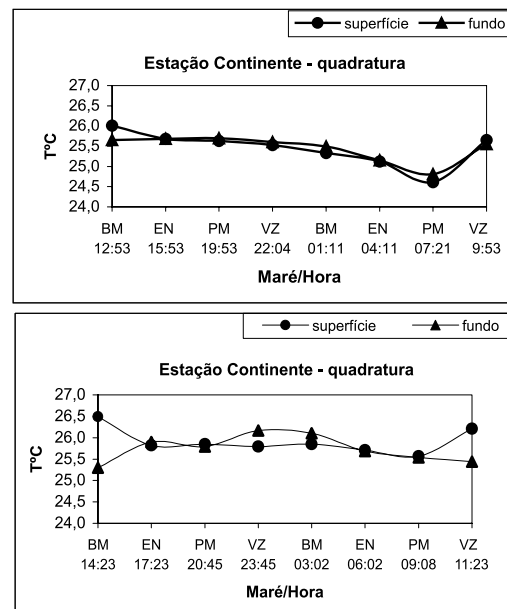


Figura 4 - Variação nictemeral da temperatura nas Barras Orange e Catuama, na estação Continente, na maré de quadratura.

Salinidade

A estratificação vertical da salinidade foi observada principalmente na maré de quadratura, na Barra de Catuama (Figura 5). As salinidades de fundo foram maiores que as de superfície devido à entrada de água marinha naquela camada. De um modo geral, pode-se dizer que Catuama apresentou valores um pouco mais acentuados do que Orange, embora em ambas as barras tenha sido detectada a mesma amplitude de salinidade (28,4 - 35,6‰). Em relação aos picos de salinidade entre-marés, os valores máximos encontram-se nas preamares, e os mínimos principalmente nas baixa-mares, correspondendo a uma variação nictemeral definida.

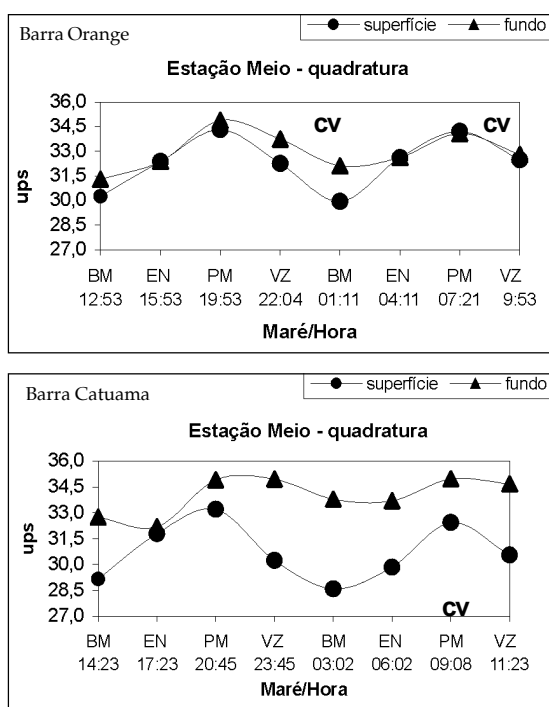


Figura 5 - Variação nictemeral da salinidade nas Barras Orange e Catuama nas estações do Meio e Convergência (cv), na maré de quadratura.

Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido foram características de áreas saturadas e, em geral, os valores de superfície foram semelhantes aos do fundo, assim como não foi detectada diferença marcante entre os níveis de marés de sizígia e quadratura. Na Barra Orange, o valor máximo foi de 6,95 mL.L⁻¹ na estação Ilha, e o valor mínimo foi de 2,38 mL.L⁻¹ na estação Continente (Figura 6). Na Barra de Catuama, o valor máximo e mínimo detectado foi de 5,91 mL.L⁻¹ e 3,05 mL.L⁻¹ respectivamente na estação Continente.

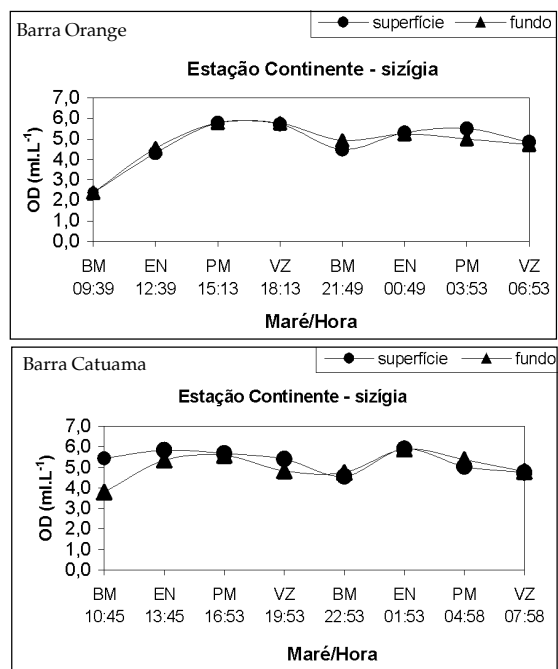


Figura 6 - Variação nictemeral da salinidade nas Barras Orange e Catuama na estação Continente, na maré de sizígia.

pH

O pH na área estudada apresentou-se sempre alcalino, com pequena diferença entre as camadas de superfície e fundo. Na Barra Orange, o valor máximo registrado foi de 8,68 na estação Continente (Figura 7), enquanto o valor mínimo obtido foi de 8,01 na estação Ilha. Catuama apresentou máximo e mínimo de 8,75 e 7,95 nas estações Continente e Convergência, respectivamente.

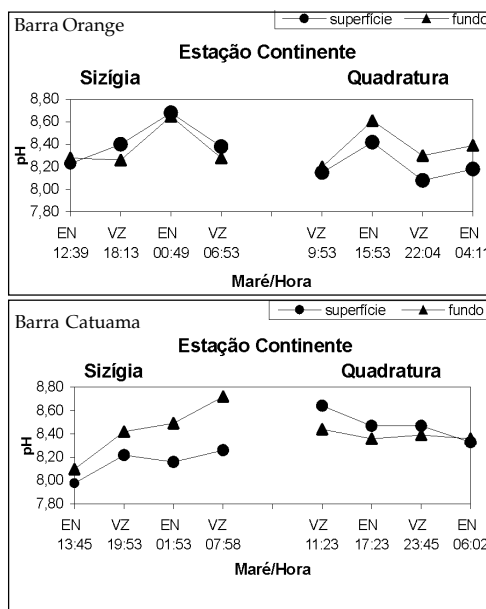


Figura 7 - Variação nictemeral do pH nas Barras Orange e Catuama, na estação Continente, nas marés de sizígia e quadratura.

Nutrientes

A concentração de amônia apresentou estratificação vertical e semelhante em ambas as desembocaduras. Os valores mínimos registrados na sua grande maioria, estiveram abaixo do limite de detecção do método. Na Barra Orange, grande parte dos valores de amônia foram mais acentuados na maré de sizígia. O maior valor obtido nesta barra foi de $0,37 \mu\text{M}$ na maré enchente, na camada próxima ao fundo, na estação Continente. Na Barra de Catuama, foi observada uma estratificação vertical na maré de quadratura, principalmente nas estações Continente (teores maiores na camada de fundo) (Figura 8) e Ilha (teores maiores na camada superficial). O valor máximo obtido foi de $0,20 \mu\text{M}$, na maré enchente, na camada superficial, estação Ilha.

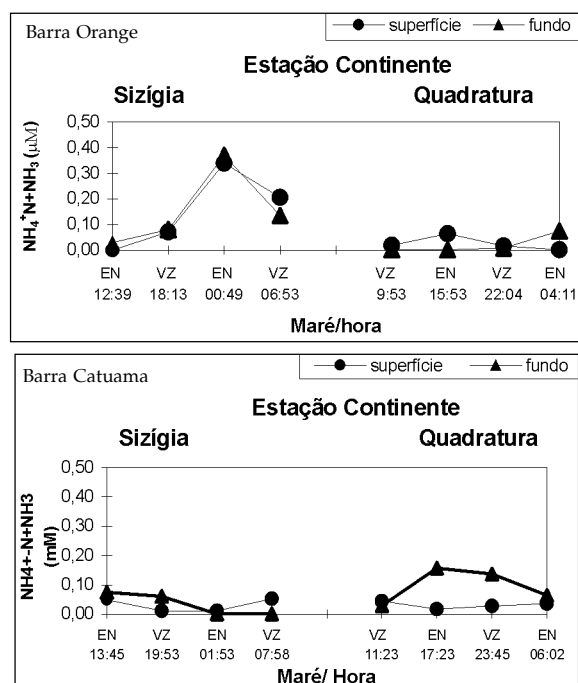


Figura 8 - Variação nictemeral da amônia nas Barras Orange e Catuama, na estação Continente, nas marés de sizígia e quadratura.

Os teores de nitrito não apresentaram uma variação nictemeral bem definida. A estratificação vertical foi muito irregular em ambas as barras, sendo mais evidente na estação Ilha nos dois níveis de maré, em Orange. Da mesma forma que a amônia, os valores mínimos estiveram em sua grande maioria abaixo do limite de detecção do método. A estação do Meio se destacou das outras estações, na maré de sizígia, onde se observou valores bem mais elevados, principalmente durante a preamar. O máximo detectado foi de $0,29 \mu\text{M}$ (Figura 9). As estações Ilha e Continente apresentaram os picos de nitrito na maré de quadratura.

Na Barra de Catuama os valores foram menores do que em Orange. A estação do Meio também se

destacou com maiores valores de nitrito na camada de fundo, durante a preamar, na maré de sizígia. O valor máximo detectado foi de $0,24 \mu\text{M}$. Contudo, na maré de quadratura, os valores registrados para a estação do Meio foram muito baixos. Os picos de nitrito, nas estações Ilha e Continente ocorreram na maré de sizígia, na camada superficial.

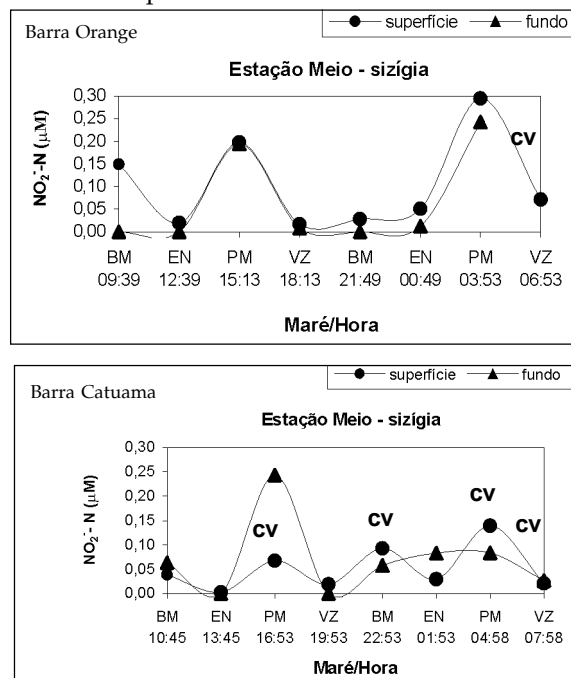


Figura 9 - Variação nictemeral do nitrito nas Barras Orange e Catuama, nas estações Meio e Convergência (cv), na maré de sizígia.

Em geral pode-se dizer, que os teores de nitrato foram mais elevados na Barra Orange, principalmente nas preamares e na estação do Meio. Os valores mínimos estiveram acima do limite de detecção do método. A maioria dos picos dos teores de nitrato, foram detectados na camada de fundo. Os valores foram elevados na estação do Meio, principalmente na maré de sizígia, com acentuado gradiente vertical nas preamares, enquanto nos outros pontos a coluna de água apresentou-se homogênea. Ressaltam-se alguns valores máximos na maré de sizígia, registrados nas preamares de $3,48 \mu\text{M}$ às 15:13h e de $5,65 \mu\text{M}$ às 3:53h (Figura 10). Nas estações Ilha e Continente, os valores foram também acentuados na maré de sizígia. O valor mínimo observado nesta Barra foi de $0,03 \mu\text{M}$ às 22:04h na estação Continente na maré de quadratura.

Na Barra de Catuama os valores foram baixos. Nas estações Ilha e Continente, tanto para a maré de sizígia como de quadratura, as concentrações estiveram próximas ao limite de detecção do método. Os valores máximos e mínimos obtidos foram de $1,57 \mu\text{M}$ e $0,03 \mu\text{M}$ respectivamente, na estação do Meio, durante a preamar, na maré de sizígia.

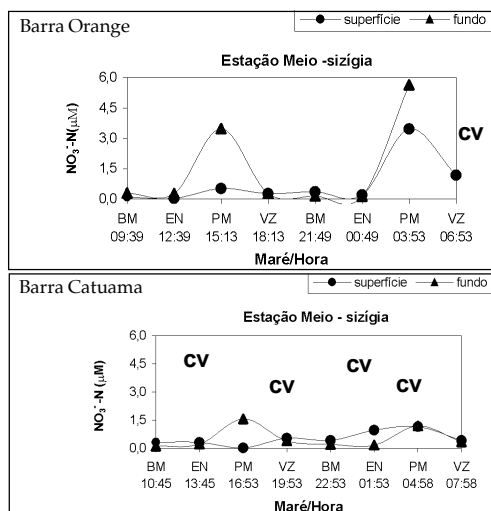


Figura 10 - Variação nictemeral do nitrato nas Barras Orange e Catuama, nas estações do Meio e Convergência (cv), na maré de sizígia.

Em geral, os maiores valores de fosfato foram detectados na Barra Orange mas, em geral, estiveram abaixo do limite de detecção do método, para ambas as Barras.

Na Barra Orange, os valores máximos ocorreram na maré de sizígia. A estação do Meio apresentou picos tanto na preamar quanto na baixa-mar. A estação Continente registrou o máximo valor de fosfato de 0,28 μM na camada de fundo, durante a maré enchente. Na Barra de Catuama, o máximo foi registrado na maré de quadratura, com baixos valores na estação do Meio, na maré de sizígia. As estações Ilha e Continente registraram picos de fosfato de 0,13 μM e 0,30 μM , respectivamente, durante a vazante, na maré de quadratura (Figura 11).

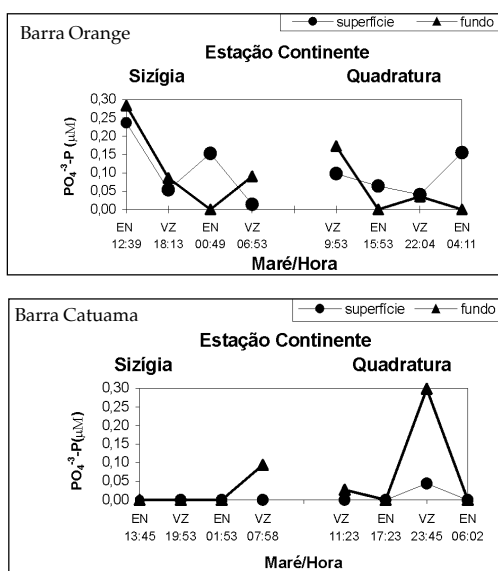


Figura 11 - Variação nictemeral do fosfato nas Barras Orange e Catuama, na estação Continente, nas marés de sizígia e quadratura.

Os valores da relação N:P na Barra Orange, durante a maré de sizígia, estiveram tanto abaixo como acima da relação de Redfield. Na estação do Meio, e na área de Convergência, foram registrados valores bastante acentuados com o máximo de 200,85:1 durante a preamar, na camada superficial, e 286,29:1 durante a vazante, na camada de fundo, respectivamente. A estação Ilha detectou valores um pouco mais elevados do que a relação Redfield com uma variação de 1,93:1 a 47,7:1 (Tabela I).

Tabela I – Estatística descritiva da relação N:P na Barra Orange, Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Maré	P	N	Ilha				Continente			
			Méd.	Min.	Máx.	CV(%)	Méd.	Min.	Máx.	CV(%)
EN	S	4	16,56	47,7	1,93	129,5	5,12	8,8	2,14	67,0
	F	4	23,28	29,4	14,04	28,4	33,91	88,4	1,90	111,2
VZ	S	4	15,72	30,4	3,19	80,3	30,03	81,7	1,44	126,3
	F	4	11,78	29,3	2,78	128,4	9,00	24,8	2,50	117,5

Convenções: EN = enchente; VZ = vazante; P = profundidade; S = superfície; F = fundo; N = número de casos; CV = coeficiente de variação.

Na Barra de Catuama, na maré de sizígia, os valores estiveram um pouco acima da relação de Redfield, com máximo de 67,85:1 na zona de Convergência, durante a preamar, e mínimo de 4,23:1 nas estações Continente e Ilha, durante a vazante. Na quadratura, os resultados foram semelhantes aos encontrados na sizígia, sendo o máximo de 35,5:1 registrado durante a baixa-mar, na estação do Meio, e mínimo de 1,84:1, na estação Continente durante a maré vazante.

As concentrações de silicato foram mais elevadas na Barra de Catuama, principalmente na baixa-mar. Não há uma variação nictemeral bem definida, porém é possível observar uma leve estratificação quanto à profundidade, com valores na sua maioria, mais elevados na superfície. Em Barra Orange, os picos de silicato, na maré de sizígia, ocorreram durante a maré vazante e a baixa-mar, exceto na estação do Meio, que detectou um máximo de 25,6 μM , durante a preamar. Na maré de quadratura, a estação do Meio registrou o máximo de 30,3 μM durante a baixa-mar.

Na Barra de Catuama, na baixa-mar e vazante, foram registrados os picos de silicato, tanto na maré de sizígia, como na de quadratura. A estação do Meio apresentou os maiores valores na maré de sizígia, registrando o máximo de 55,4 μM na camada superficial, durante a baixa-mar (Figura 12).

Clorofila *a*

Os valores mais elevados de clorofila *a*, foram observados na Barra Orange, principalmente durante a baixa-mar em ambas as barras. Nesta maré e na

vazante, a transparência da água foi mais acentuada, variando de 0,70 m a 2,0 m, com influência favorável às concentrações de clorofila *a*, principalmente em Catuama. Na Barra Orange, as concentrações variaram de 10,0 mg.m⁻³ (estação Continente durante a vazante às 18:13h) a 42,63 mg.m⁻³ (estação Continente, durante a baixa-mar às 21:49h (Figura 13). As diferenças entre as estações foram mais acentuadas durante a preamar e a enchente.

Na Barra de Catuama, os valores foram bem mais acentuados na maré de quadratura, e durante a baixa-mar e vazante. A estação Continente se destaca com um pico de 42 mg.m⁻³, porém os valores foram muito semelhantes entre as estações, excetuando-se a baixa-mar, às 14:23h, na qual se observou valores baixos para a estação Meio e Continente, e um pico de 30,0 mg.m⁻³ para a estação Ilha.

Tratamento Estatístico

Para tratamento dos dados hidrológicos, foi realizada Análise de Componentes Principais (ACP) para todos os parâmetros abióticos, exceto a temperatura e a transparência da água, e uma ACP apenas com a biomassa fitoplanctônica e os respectivos dados hidrológicos.

Na Barra Orange as duas primeiras componentes (PC1 e PC2) explicaram juntas cerca de 56,51% da variância original (Figura 13-a). A primeira componente (PC1) explicou 33,75%, que pode ser interpretada como uma correlação positiva entre pH, oxigênio dissolvido, salinidade, amônia, nitrito, e nitrato, cujo peso mais significativo foi do nitrato com (0,79). O silicato e o fosfato não tiveram nenhuma influência nesta componente. Os compostos nitrogenados estão correlacionados positivamente entre si e com a salinidade, oxigênio dissolvido e pH, fato indicativo de processos oxidativos da matéria orgânica neste local, com influência marinha que, através das correntes de maré, provavelmente está gerando turbulência e ressuspensão desses nutrientes depositados ou regenerados no sedimento.

A segunda componente (PC2) explicou 22,76% da variância total, que pode ser interpretada como um contraste entre o silicato (0,83) e o oxigênio dissolvido (-0,75). Os demais parâmetros não tiveram nenhuma influência nesta componente.

Na Barra de Catuama as duas primeiras componentes (PC1 e PC2) explicaram juntas cerca de 46,39% da variância original (Figura 13-b). A primeira componente (PC1) explicou 25,18% da variância total, que pode ser interpretada como um contraste entre, de um lado o silicato (0,58), e do outro, o oxigênio dissolvido, a salinidade e o nitrato, sendo o peso mais significativo do oxigênio dissolvido com -0,62. O silicato, com peso positivo, está relacionado com a influência limnética, pois quando sua concentração aumenta, valores de oxigênio dissolvido e salinidade, que são principalmente de origem marinha, diminuem. O aumento do nitrato ocorre através da intrusão de água marinha, que gera turbulência, provocando ressuspensão desse nutriente do sedimento. A diferença que podemos perceber entre as duas barras é que em Orange, na PC1, há uma relação diretamente propor-

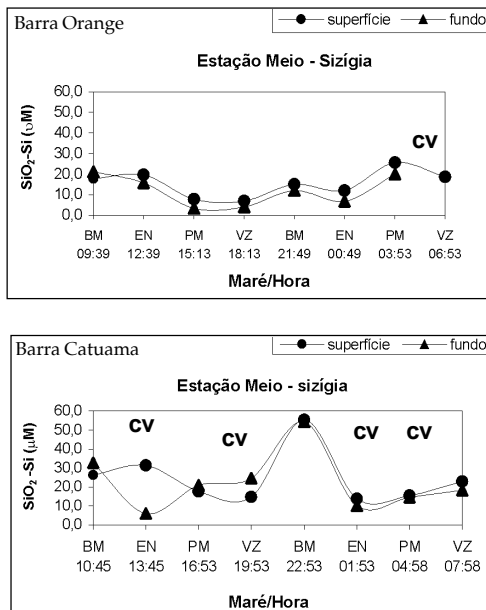


Figura 12 - Variação nictemeral do silicato nas Barras Orange e Catuama, nas estações do Meio e Convergência (cv), na maré de sизigia.

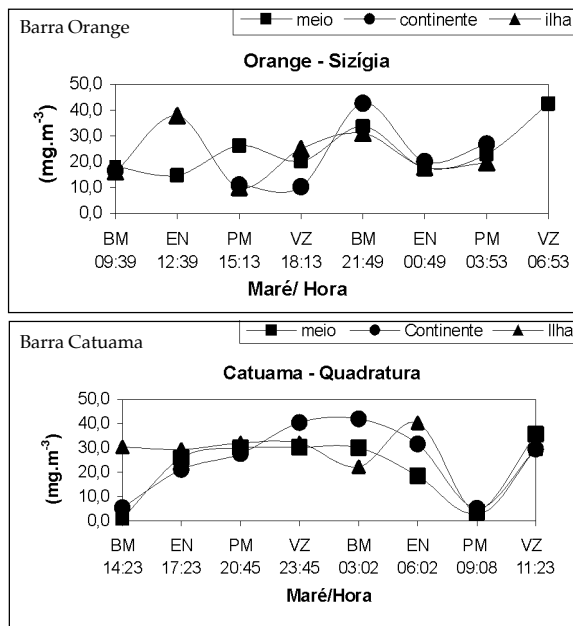


Figura 13 - Variação nictemeral da biomassa fitoplanctônica nas Barras Orange (maré de sизigia) e Catuama (maré de quadratura), nas estações Meio/Convergência, Continente e Ilha.

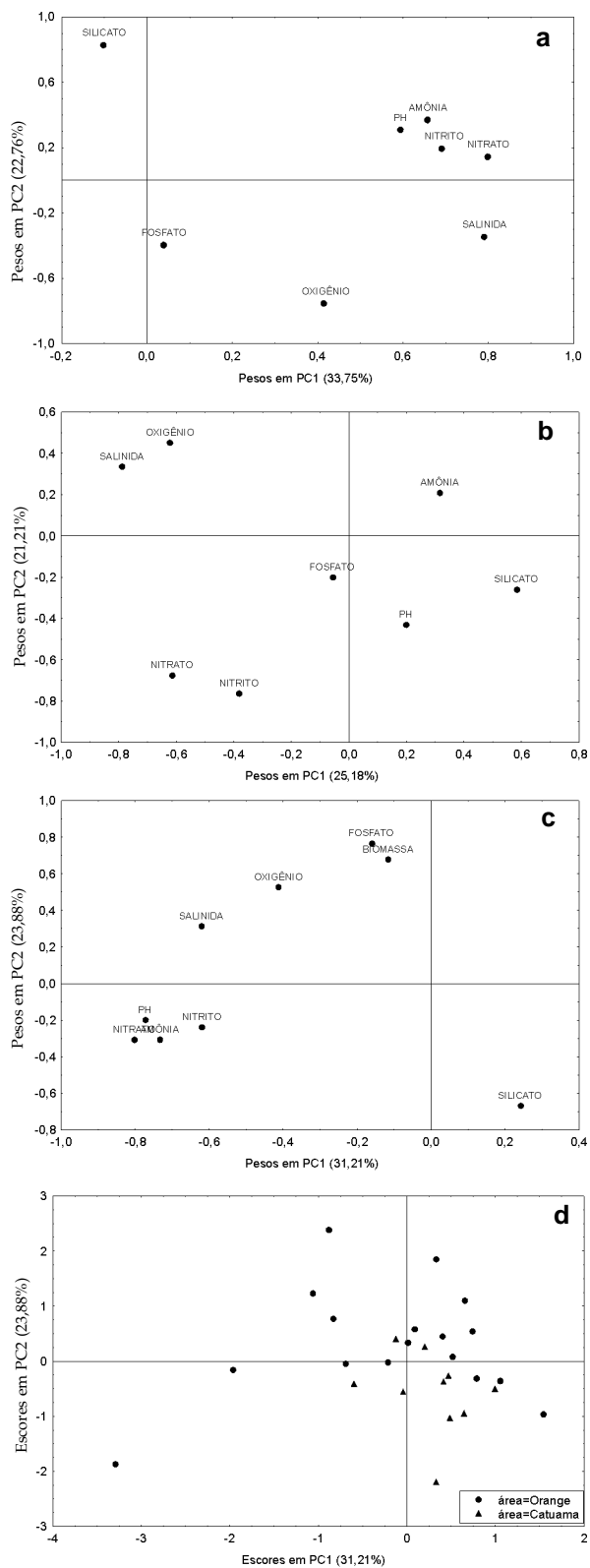


Figura 13 - Gráfico dos pesos nas componentes PC1 e PC2, em Orange (a), em Catuama (b), e com a biomassa fitoplanctônica (c), na análise feita com os parâmetros abióticos. Gráfico dos escores (d) em PC1 e PC2, na análise feita com os parâmetros abióticos e a biomassa fitoplanctônica nas Barras Orange e Catuama.

cional entre a maioria dos parâmetros, e o silicato não se destaca como na Barra de Catuama.

A segunda componente explicou 21,21% da variância total, que pode ser interpretada como um contraste entre oxigênio dissolvido (0,45) e nitrito (-0,76), nitrato (-0,68), e pH (-0,43) com pesos negativos. A amônia e o fosfato não tiveram influência em PC1 e PC2.

Na ACP com a biomassa fitoplanctônica, PC1 e PC2 explicaram cerca de 55,09% da variância original (Figura 13-c). PC1 explicou 31,21% da variância total, e que pode ser interpretada como uma correlação direta entre oxigênio dissolvido (-0,41), salinidade (-0,62), amônia (-0,73), nitrito (-0,61), nitrato (-0,80), e pH (-0,77). O fosfato, a clorofila *a*, e o silicato não tiveram pesos significativos em PC1. A segunda componente principal (PC2) explicou 23,88% da variância total, que pode ser interpretada como um contraste entre, de um lado o fosfato (0,76), a clorofila *a* (0,68), e o oxigênio dissolvido (0,53) com pesos positivos, e de outro lado, o silicato (-0,67) com peso negativo. O silicato deve está sendo consumido pelo fitoplâncton, uma vez que há correlação negativa entre o mesmo e a clorofila *a*, o que pode ser um indicativo da presença de diatomáceas na área. O gráfico de escores em função das áreas estudadas revelou uma pequena separação entre Orange e Catuama em relação a PC2, com os dados de Orange no primeiro e segundo quadrante, e os de Catuama no terceiro e quarto quadrante. Sendo assim, Orange apresenta teores mais elevados de oxigênio dissolvido, fosfato, e clorofila *a*, enquanto Catuama apresenta valores mais elevados de silicato (Figura 13-d).

DISCUSSÃO

As desembocaduras do Canal de Santa Cruz (Barras Orange e Catuama) são pontos de comunicação entre o canal e o mar, onde recebem aporte fluvial através de rios que nelas deságuam. A entrada de água marinha se dá nas duas extremidades com intensidades distintas, havendo mistura desses diferentes aportes devido à força gravitacional das marés e processos de circulação.

O dia 3 de agosto foi o mais chuvoso do período de coleta, com um índice de 30,2 mm, na área em que Flores-Montes (1996) registrou uma média anual de chuvas de 2.663,2 mm, em 1994, valor um pouco mais elevado que em 2001.

A temperatura é um fator de fundamental importância no ambiente marinho, devido a sua ação direta nos processos fisiológicos dos organismos e indireta sobre os fatores ambientais. Esta apresenta uma grande estabilidade sazonal em regiões tropicais, uma vez que depende do período e grau de insolação, variações meteorológicas condicionadas por períodos de maior ou menor nebulosidade.

As temperaturas registradas na área de estudo foram bastante estáveis ao longo da coluna d'água, não evidenciando uma estratificação térmica acentuada, nem uma variação nictemeral definida. A Barra de Catuama apresentou temperaturas um pouco mais elevadas em relação à Barra Orange, estando estes valores próximos aos encontrados por Noriega (2004) no estuário Barra das Jangadas (PE), Flores Montes (1996) no Canal de Santa Cruz (PE), e Losada (2000) nos rios Ilhetas e Mamucaba – Tamandaré (PE), para o período chuvoso.

A hidrologia estuarina é caracterizada por flutuações na salinidade devido ao fluxo de entrada de águas doce e salgada, pelo aumento ou diminuição da temperatura, decorrente de mudanças sazonais nas condições climáticas e por processos de mistura (Roy *et al.*, *apud* Lins, 2002).

Em ambas as barras foi verificada uma pequena estratificação salina com tendência crescente entre o fundo e a superfície, padrão justificado pela presença de água mais densa nas bocas das barras, onde o sistema transporta constantemente água salgada para o seu interior. Todavia, este gradiente de salinidade entre superfície e fundo foi mais marcante durante a maré de quadratura na Barra de Catuama, mostrando que para este nível de maré, a água doce se faz mais presente nesta área e, assim, ocasiona uma barreira maior entre as diferentes massas d'água.

A variação nictemeral da salinidade foi bastante definida, acompanhando o ciclo das marés, com valores mais elevados nas preamares e menores nas baixa-mares, e ligeiramente superiores em Catuama (média de 35,3‰), fato que pode ser atribuído à sua maior largura e profundidade. Contudo, vale ressaltar, que ambas as barras tiveram a mesma amplitude (28,4 - 35,6‰), significando que mesmo sendo a Barra Orange um canal mais estreito e próximo ao Rio Igaracu, há também uma forte presença de água oceânica. O regime salino variou de polialino a eualino.

Em relação às zonas de convergência, por ser um ponto de encontro entre massas d'água, o processo de mistura é intenso, ocasionando uma homogeneidade na coluna d'água e elevando a salinidade nas duas barras.

No meio ambiente aquático, o teor de oxigênio na superfície se encontra em equilíbrio com o ar atmosférico, ao passo que os processos químicos, resultantes de fenômenos biológicos ou não, promovem um desvio dos valores de saturação para mais ou para menos. O valor efetivo do teor de oxigênio dissolvido é o resultado da expressão da interação desses fatores (Santos, 2000).

Na Barra Orange, durante a maré de sizígia, os picos de oxigênio dissolvido foram observados durante a preamar e enchente, coincidindo com o horário de

maior insolação, o que implica dizer que o mesmo foi originado da água marinha, sendo também favorecido pelo processo fotossintético. Na maré de quadratura, os picos ocorreram na vazante e na preamar, em horário noturno, mostrando que os processos de biodegradação da matéria orgânica e respiração não são acentuados, portanto a demanda apresentou oxigênio disponível.

Na Barra de Catuama, foi detectada pequena variação nas concentrações de oxigênio dissolvido, não sendo observada uma estratificação entre a superfície e o fundo nos níveis de maré de sizígia e quadratura, sendo isto bem visível na estação do Meio. Catuama apresenta uma maior profundidade e, como o gradiente vertical de OD é mínimo, ocorre uma intensa mistura na coluna d'água, o que pode ser provocado pela turbulência devida às correntes de marés, agitação gerada pelos ventos e descarga fluvial, oxigenando assim toda a coluna d'água. Orange apresentou alguns picos mais elevados, o que pode ser explicado pela maior biomassa fitoplanctônica nesta área.

Na maioria das águas naturais o pH é influenciado pela concentração de íons H⁺ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera baixos valores baixos, e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água (Esteves, 1998). Os valores alcalinos de pH foram registrados principalmente na preamar e enchente, e no horário de maior insolação, tendo como fatores causais as marés e o processo fotossintético. A conclusão é que esta alcalinidade está correlacionada com as características da água marinha em termos de salinidade e oxigênio dissolvido.

Os nitrogênios orgânico e inorgânico em corpos d'água se encontram sob as formas de nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e gás de nitrogênio. Para Braga (1989), é importante a determinação e o tratamento de cada uma das fases nitrogenadas dissolvidas no meio marinho, para melhor compreensão do ciclo do nitrogênio e de sua atuação como elemento limitante.

A amônia é o nutriente preferencial do fitoplâncton, pois em seu metabolismo celular, durante a conversão em estrutura protéica, a demanda de energia é menor do que o nitrogênio na forma de nitrito e nitrato. Altas concentrações de amônia indicam um ambiente eutrofizado, sofrendo impacto antrópico, através de efluentes domésticos, industriais, fertilizantes, etc. A amônia na Barra Orange foi afetada pela entrada de água marinha, através da turbulência que provavelmente provocou a ressuspensão deste nutriente no sedimento, uma vez que ocorreram valores mais elevados na maré de sizígia, principalmente nos estágios de preamar e enchente.

Na Análise de Componentes Principais, a amônia vem correlacionada positivamente com o pH, oxi-

gênio dissolvido, salinidade, nitrito e nitrato, confirmando que suas concentrações aumentam em presença de água marinha. As concentrações aqui obtidas foram menores do que as encontradas por Flores Montes (1996) no Canal de Santa Cruz, diferença que pode resultar de dois fatores: a influência fluvial menor do que houve anteriormente, implicando em uma redução de material orgânico/ e ou da própria amônia carregada até as barras, e velocidade nos processos de nitrificação.

O nitrito é um nutriente intermediário no processo de nitrificação da matéria orgânica, portanto um composto iônico instável na coluna d'água. Suas concentrações, em ambientes não poluídos são baixas e, segundo Baumgarten & Pozza (2001), valores elevados significam intensa atividade bacteriana e déficit de oxigênio. Valores máximos ocorreram na estação do Meio, principalmente na maré de sizígia, indicando novamente a influência marinha nesta área, através dos processos físicos (turbulência) ocasionados pela água oceânica costeira adjacente.

Os resultados obtidos para o nitrito não apresentaram uma variação nictemeral definida, e sua irregularidade indica a ação de que existiram várias influências: consumo por parte do fitoplâncton; turbulência, provocada principalmente pelos movimentos de marés; aporte de águas continentais e ventos; liberação pelos sedimentos; processos de nitrificação e desnitrificação; e diluição pelas águas marinhas.

Os maiores valores de nitrato foram obtidos na preamar e na camada de fundo, e seus valores mínimos estiveram acima do limite de detecção, de modo que a comunidade fitoplanctônica deve estar assimilando o nitrato na camada fótica. Na Barra Orange, os valores de nitrato apresentaram uma variação de $0,03 \mu\text{M}$ a $5,64 \mu\text{M}$, com o valor máximo detectado na estação do Meio, a qual sofre menos influência limnética e tem como fator preponderante o efeito da mistura e processos de circulação causada pela água marinha. Comparando as estações na maré vazante, observou-se um valor de $2,05 \mu\text{M}$ para a estação Continente e $3,79 \mu\text{M}$ para a estação Convergência, onde ambas as estações tiveram valores elevados de nitrato. O que difere entre elas, é que na estação Continente há um aporte fluvial maior, e processos oxidativos devem estar ocorrendo com mais intensidade do que na Convergência, onde prevalecem processos físicos de mistura causando a ressuspensão deste nutriente do sedimento.

A Barra de Catuama apresentou concentrações mais baixas, o que pode ser reflexo de processos de nitrificação de maior envergadura na Barra Orange, devido provavelmente a uma maior influência antrópica.

O fitoplâncton absorve fósforo sob as formas orgânica e inorgânica mas, segundo Karl & Tien (1992),

este constitui um nutriente limitante em ecossistemas aquáticos devido à sua baixa concentração, especialmente em locais menos profundos e com abundância de carbonatos. Desse modo, em estuários e oceanos, a produção primária e o aumento da biomassa fitoplanctônica são influenciados pela concentração e fluxo de fósforo.

Na Barra Orange as concentrações apresentaram-se baixas, porém um pouco mais elevadas na maré de sizígia, onde a estação Continente registrou o pico máximo provavelmente devido à influência fluvial que recebe. O fosfato não teve peso significativo nas duas componentes, não ficando assim evidente qual massa de água (fluvial ou marinha) está exercendo maior interferência nos teores de fosfato.

Na Barra de Catuama a maré de quadratura apresentou maiores concentrações de fosfato, favorecendo a contribuição da água fluvial nos teores deste nutriente, sendo mais acentuada na estação Continente. As concentrações de fosfato na zona de Convergência, durante a maré de sizígia, foram baixas, mostrando que processos de mistura e ressuspensão não tiveram tanta influência nas concentrações de fosfato. Assim como em Orange, o fosfato não teve peso significativo nas duas componentes principais, indicando que em Catuama também não houve um fator preponderante atuando nos teores de fosfato.

Os valores de fosfato encontrados neste trabalho estiveram, em sua maioria, abaixo do limite de detecção. A biomassa fitoplanctônica esteve correlacionada positivamente com o fosfato e, sendo mínimas as concentrações deste nutriente, a produção primária também será mínima, o que exclui o caráter limitante deste nutriente.

Estuários que possuem concentrações de nutrientes com alto coeficiente N:P são limitados pelo fósforo e apenas aqueles com concentrações de baixo coeficiente são limitados pelo nitrogênio (Boynnton *et al.*, 1982). Então, a demanda do fitoplâncton por nutrientes for elevada, e tanto nitrogênio como fósforo poderão ser exauridos primeiro, dependendo da relação ambiental.

Na Barra Orange, foram detectados valores bastante acentuados. A estação do Meio registrou valores de N:P bastante oscilatórios, com valores bem abaixo da relação de Redfield nas marés de baixa-mar e vazante. A clorofila *a*, para esta estação, se fez presente em todo ciclo nictemeral, mas a baixa-mar e a vazante registraram os maiores valores. É provável que para estes estágios de maré, o fitoplâncton esteja consumindo nitrato e fosfato, excluindo a condição de limitantes por esses nutrientes neste momento.

As estações Ilha e Continente, na Barra Orange tiveram relações de N:P com valores próximos da relação de Redfield (16:1), com concentrações elevadas

de clorofila *a*, portanto, tanto o nitrogênio como o fósforo não estão sendo nutrientes limitantes nestas áreas.

Na Barra de Catuama a relação N:P apresentou menores coeficientes de variação em todas as estações e, em sua maioria, acima da relação de Redfield. É possível observar que grande parte das concentrações de fosfato e nitrogênio esteve abaixo do limite de detecção. Ao contrário de Orange, alguns picos de clorofila *a* tiveram teores baixos. Na maré de quadratura, durante a baixa-mar, a estação do Meio registrou 0,08 mg.m⁻³ de clorofila *a* e uma relação N:P de 13:1 (teor de fosfato neste ponto foi abaixo do limite de detecção). Portanto, a biomassa primária é menor, indicando que em alguns momentos o fosfato é o nutriente limitante.

Flores Montes (1996) registrou o máximo valor de 1,473 µM de fosfato e o mínimo de 0,120 µM na Barra Orange, e 1,743 µM e 0,124 µM, respectivamente, na Barra de Catuama, no período chuvoso, concentrações bem mais elevadas que as do presente estudo. Macêdo *et al.* (1982) acreditam que as concentrações de fosfato no Canal de Santa Cruz sejam influenciadas diretamente pelos transportes fluviais e pela precipitação pluviométrica, em virtude da existência de jazidas de fosfato na área costeira entre Olinda e Itamaracá. Dentre os mecanismos que regulam as concentrações de fosfato em estuários, pode-se supor que a baixa pluviometria no mês de agosto de 2001 desfavoreceu a entrada de água fluvial rica em nutrientes. O fosfato pode estar sendo mais adsorvido do que liberado, e a atividade biológica na camada superficial ser maior que a velocidade de resposta do sistema *buffer* do fosfato.

O silicato é conhecido por ser uma parte essencial nas estruturas sólidas dos silicoflagelados, diatomáceas, alguns radiolários e esponjas, sendo por isso considerado um importante nutriente (Muniz *et al.*, 1996). Suas concentrações foram maiores na Barra de Catuama, e mais presentes durante a baixa-mar e vazante, indicando a influência fluvial favorecendo nos teores deste nutriente.

Pelo método da ACP, a clorofila *a* está correlacionada negativamente com o silicato em PC2, confirmando o consumo deste nutriente por parte do fitoplâncton, que é explicado pela relação inversa do seu teor com a biomassa fitoplanctônica.

A clorofila *a* é o pigmento fisiologicamente mais importante presente em todos grupos vegetais (Varela & Massa, 1981), sendo sua quantidade um bom estimador da biomassa fitoplanctônica presente nas águas naturais. Segundo Passavante & Feitosa (1989), os estudos sobre a variação espaço-temporal da clorofila *a* são de grande importância ecológica, pois permitem avaliar o potencial de produção orgânica dos ecossistemas aquáticos, podendo fornecer indicações

sobre a quantidade de matéria orgânica disponível aos demais níveis tróficos.

Na Barra Orange, durante a maré de sizígia, a estação Continente apresentou uma maior biomassa fitoplanctônica, na baixa-mar, onde o fluxo de água fluvial é acentuado e teor de nutrientes é elevado. Na estação Convergência, também foi detectado um valor elevado de clorofila *a*, provocado pela linha d'água que forma, onde há provavelmente um acúmulo de organismos fitoplanctônicos e material em suspensão. As estações Meio e Ilha, por sua vez, registraram também concentrações significativas de clorofila *a* devido à boa disponibilidade de nutrientes presentes também nestas áreas.

Na Barra de Catuama, os maiores valores de clorofila *a* foram observados na maré de quadratura, nas estações Continente e Ilha, durante a baixa-mar, mostrando que a água fluvial é um fator importante na contribuição da produtividade primária.

O aporte fluvial associado à transparência da água foi um importante fator que influenciou na biomassa primária. Porém, a disponibilidade de nutrientes através da ressuspensão do sedimento, causado pelas correntes de maré, parece também favorecer significativamente nos teores de clorofila *a*, uma vez que, na estação do Meio, que está mais susceptível à ação das correntes, e nas preamares, foi registrado valores elevados de biomassa fitoplanctônica.

Os valores de clorofila *a* total registrados no estuário do Rio Jaguaribe (Itamaracá-PE), estudado por Santos-Fernandes (1998), durante a baixa-mar, variaram entre 4,06 mg.m⁻³ e 35,49 mg.m⁻³, sendo considerado como área de boa produtividade primária. A Bacia do Pina, com valores entre 2,70 mg.m⁻³ e 256,10 mg.m⁻³, é um ambiente hipereutrofizado e o Rio Goiana, com valores entre 13,55 mg.m⁻³ durante a baixa-mar e 9,97 mg.m⁻³ na preamar, é ambiente eutrofizado (Feitosa, 1999). Na Praia Carne de Vaca-Goiana (PE), Campelo (1999) encontrou teores de clorofila *a* variando de 0,75 a 18,94 mg.m⁻³, classificando também o ambiente como eutrófico.

Na Barra Orange registrou-se uma variação de clorofila *a* de 10,04 mg.m⁻³ a 42,63 mg.m⁻³, e na Barra de Catuama de 0,87 mg.m⁻³ a 42,0 mg.m⁻³, podendo ser caracterizadas como ambientes eutróficos, suportando boa produtividade primária.

Os resultados do estudo mostraram que as Barras Orange e Catuama são ambientes oxigenados, com boa disponibilidade de nutrientes. Entretanto a hidrodinâmica do local, associada a fatores climatológicos como o ciclo pluviométrico, ocasionou momentos de concentrações mínimas das substâncias nutritivas, como foi observado para o fosfato. Porém, isto não chegou a comprometer a biomassa fitoplanctônica, uma vez que esta apresentou concentrações

características de ambientes eutróficos. É importante notar que houve indícios de uma pequena degradação ambiental na estação Continente (Barra Orange), onde foi registrado o menor pico de oxigênio dissolvido. Nisto reside o grande perigo no que diz respeito à saúde do ecossistema, que mesmo tendo uma alta capacidade depuradora, pode comprometer-se caso esta ação antrópica aumente progressivamente, provocando uma seletividade nas espécies. As barras mostraram-se favorecidas em termos de teores de nutrientes pela entrada de águas marinha e fluvial, revelando que é preciso preservar sua morfologia e monitorar sua descarga fluvial.

CONCLUSÕES

1. A salinidade do Canal de Santa Cruz variou do regime polialino para o eualino, sendo a Barra de Catuama, em média, mais salina e estratificada do que a Barra Orange.

2. Ambas as barras são bem oxigenadas caracterizando-se como ambientes não poluídos. A estação Continente, na Barra Orange, apresentou os menores valores de oxigênio dissolvido, demonstrando ser esta a estação que mais sofre com os possíveis impactos antrópicos.

3. O pH sempre esteve alcalino em ambas as barras, indicando uma forte influência marinha.

4. A concentração de silicato foi influenciada pela água fluvial, com valores mais elevados observados na Barra de Catuama.

5. A estação do Meio apresentou valores mais elevados de nutrientes, revelando que sua posição é um ponto estratégico no processo de circulação.

6. A biomassa fitoplanctônica foi mais elevada na Barra Orange, principalmente na baixa-mar e vazante. Seus teores revelam que ambas as barras constituem ambientes eutrofizados, com boa produtividade primária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braga, E.M. *Estudo dos nutrientes dissolvidos nas águas da enseada das Palmas, Ilha Anchieta (Ubatuba, SP), com ênfase às formas nitrogenadas e contribuição por aportes terrestres e atmosféricos*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 207 p., 1989.

Baumgarten, M.G.Z. & Pozza, S.A. *Qualidade de águas*. Editora da FURG, 166 p., Rio Grande, 2001.

Boynton, W.R.; Kemp, W.M. & Keefe, C.W. A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. p. 69-90, in Keneddy, V. S. (ed.), *Estuarine comparisons*. Academic Press, London, 1982.

Campelo, M.J.A.; Passavante, J.Z.O. & Koenig, M.L. Biomassa fitoplanctônica (clorofila a) e parâmetros ambientais na Praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v.27, n.2, p.27-41, 1999.

Carter, G.W.R. *Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, London, 617 p., 1988.

Eskinazi-Leça, E. & Barros, H.M. Introdução. p.1-6, in Barros, H.M.; Eskinazi-Leça, E., Macêdo, S.J. & Lima, T. (eds.), *Gerenciamento participativo de estuários e manguezais*, 252 p., Recife, 2000.

Esteves, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência, 2ª edição, 602 p., Rio de Janeiro, 1998.

Feitosa, F.A.N.; Nascimento, F.C.R. & Muniz, K. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Baía do Pina (Recife-PE). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v. 27, n.2, p.1-13, 1999.

Feitosa, F.A.N.; Silva-Cunha, M.G.G.; Passavante, J.Z.O.; Neumann-Leitão, S. & Lins, I.C. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v.27, n.2, p.15-25, 1999.

Flint, R.W. Coastal ecosystem dynamics: relevance of benthic processes. *Mar. Chem.*, Amsterdam, v.16, n.4, p.351-367, 1985.

Flores Montes, M.J. *Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 199 p., Recife, 1996.

Grasshoff, K. *et al. Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, 2ª edição, 417 p., New York, 1983.

Karl, D.M. & Tien, G. Magic: a sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, v.37, n.1, p.105-116, 1992.

Lins, P.A.M. *Hidrologia e hidrodinâmica do baixo estuário do Rio Ipojuca, Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 74 p., Recife, 2002.

Lira, L. *Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente à Ilha de Itamaracá, PE*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 102 p., Porto Alegre, 1975.

Losada, A.P.M. *Biomassa fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba, e na Baía de Tamandaré (Pernambuco-Brasil)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 88 p., Recife, 2000.

Macêdo, S.J. & Costa, K.M.P. Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco-Brasil. XXIII. Condi-

- ções hidrológicas do estuário do Rio Botafogo. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v.17, p. 81-122, 1982.
- Massart, D.L. et. al. *Handbook of chemometrics and qualimetrics. Part A*. Elsevier, Amsterdam, 1998
- Muniz, K.; Ruiz de Villa, C. & Cruzado, A. Estudio estadístico de la variabilidad del silicato en el Mediterráneo occidental (Golfo de León y Mar Catalán). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v.24, p.1-17, 1996.
- Noriega, D.E.C. *Influência e grau de poluição dos rios Pirapama e Jaboatão no estuário da Barra das Jangadas (PE-Brasil): ciclo temporal*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 163 p., Recife, 2004.
- Santos, M.L.S. *Influência dos rios Amazonas e Pará sobre a biomassa fitoplanctônica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 92 p., Recife, 2000.
- Santos-Fernandes, T.L.; Passavante, J.Z.O.; Koenig, M.L. & Macêdo, S.J. Fitoplâncton do estuário do Rio Jaguaribe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil): biomassa. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, v. 26, n.2, p.1-18, 1998.
- Schwamborn, R. & Bonecker, A.C.T. Seasonal changes in the transport and distribution of meroplankton into a Brazilian estuary with emphasis on the importance of floating mangrove leaves. *Arq. Biol. Tecnol.*, v.39, p.451-462, 1996.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, Ottawa, n.167, p.1-311, 1972.
- UNESCO. *Determination of photosynthetic pigments in sea water*. Report of SCOR/UNESCO, 69 p., Paris, 1966.
- UNESCO. *International oceanography tables*. Wormly, v.2, 141 p., 1973.
- Varela, R. & Massa, I. Concentración de clorofila *a*, feopigmentos y matéria em suspensão em laguna de Raya, Islã de Margarita, Venezuela. *Fundacion La Salle de Ciências Naturales*, n. 105, p. 39-64, 1981.
- Yánes-Arancibia, A. Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de Brianza, México. Alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. *Anais Centr. Ciên. Mar Limn.*, México, v.3 n.1, 93-124, 1976.