

## MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS NO CULTIVO DE *CRASSOSTREA RHIZOPHORAE* (MOLLUSCA) (GUILDING, 1928) NO ESTUÁRIO DE PAQUATIUA - ALCÂNTARA/MA, BRASIL

Roberto Santos Ramos<sup>1</sup>  
Antonio Carlos Leal de Castro<sup>2</sup>

### RESUMO

Os estuários são por excelência criadouros naturais de vários organismos aquáticos, os quais dependem da qualidade da água como um dos fatores importantes para a manutenção do ciclo vital. O município de Alcântara (02°40'00''S e 44°41'00''W), onde se realizou o trabalho, localiza-se no litoral ocidental do Estado do Maranhão Nordeste do Brasil. O objetivo deste trabalho é monitorar o estuário de Paquatua, onde se desenvolve um cultivo experimental de ostra nativa - *Crassostrea rhizophorae*, observando as variáveis físico-químicas que influenciaram no crescimento dos exemplares. Foram realizadas 9 coletas no período de novembro/2000 a julho/2001, utilizando-se como material: garrafa de Van Dorn, Sonda multiparâmetro MultiLine P4, fluorímetro, refratômetro, kit de filtração para material particulado em suspensão - MPS e disco de Secchi; com obtenção dos dados "in situ" e em laboratório. As coletas dos dados físico-químicos foram feitas uma vez a cada mês em um ciclo completo de maré (12 horas) com intervalos de 2 horas, alternando-se os dias de coleta, nas marés de sizígia e quadratura. As biometrias das ostras também foram feitas uma vez por mês com base em amostras de 30 indivíduos no estágio juvenil, obtendo-se dados de altura, largura, comprimento e peso, sendo utilizada a média destes como valor representativo. Para se inferir sobre as variáveis mais influentes no crescimento da ostra foi feita uma abordagem bibliográfica comparando-se com os dados obtidos no presente trabalho e posteriormente uma Análise de Componentes Principais, cujo fator 1 responsável por 54,76% de explicação da variação associou negativamente o pH, transparência e OD e positivamente o MPS, velocidade e feofitina mostrando então que estas variáveis foram mais importantes no crescimento da ostra.

Palavras-chave: crescimento, variáveis, ostra.

### ABSTRACT

#### Environmental approach of physical-chemistry variables in the growing of *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca) (Guilding, 1928) from Alcântara/Ma, Brazil

Estuaries are the main natural farms of many aquatic organisms that depend on the water quality as one important factor for the maintenance of their life cycle. In the town of Alcântara (02°04.00.S and 44°25.00.W), where this work took place, is the western coast of the Maranhão state, north of Brazil. The aim of this work is to watch over the stuary of Paquatua in Alcântara/MA, where an experimental oyster farm were built, checking and identifying the physical and chemistry that interferes in the oyster growth. A total of 9 incursions to the field were realized in the period of november/2000 to july/2001. Using these equipment: a Van Dorn bottle, MultiLine P4, fluorimeter, Secchi disk, salinity refractometer for the attainment of *in situ* and laboratory data. The physic and chemistry data were collected once per month a 12 hours cycle with an interval of 2 hours accordance with the phases of the moon. Two hours in-between, along 12 hours in each day, one day per month. The biometry measures of oysters were also measured once per month with a sample of 30 individuals in juvenile stage, measuring the height, width, length and weight of these as representative value. To analyze the most influent parameter for the growing of the oysters a bibliographic were made, comparing the data of the present work, and later an Principal components analysis that the 1 factor was responsible for 54,76%. The

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências Biológicas e-mail: roberto.bio@zipmail.com.br

<sup>2</sup> Departamento de Oceanografia e Limnologia, UFMA. Av. dos Portugueses, s/n, Campus Universitário do Bacanga – 65080-540, São Luís – MA. e-mail: alec@ufma.br

explanation of the variation and associate the pH, transparency and DO and positively the MPS, speed and feofitine showing that these parameter were the most important in the growing of oyster.

Key-words: growth, parameter, oyster.

## INTRODUÇÃO

A maricultura, vem se desenvolvendo bastante no Brasil e no mundo, sendo esta uma das atividades econômicas que vem incrementando a atividade pesqueira, contribuindo para a preservação dos estoques naturais. Segundo Sachs *apud* Vinatea & Muedas (1998), há que se levar em conta o desenvolvimento numa soma positiva com a natureza, tendo por base o tripé: eficiência econômica, prudência ecológica e equidade social. De acordo com Ferreira & Magalhães, (1995) *apud* Ferreira (2001), o cultivo de moluscos no mar é uma atividade que se caracteriza pelo baixo custo de implementação e manutenção e pelo rápido retorno do capital, tornando-a assim, uma opção de trabalho e renda das populações de pescadores artesanais. Nesse contexto, a maricultura surge com base nos princípios que norteiam o modelo de desenvolvimento sustentável; no qual vem emergindo como verdadeiro pilar na economia de muitos países do chamado terceiro mundo (Pérez *apud* Vinatea, 1999).

No Brasil, a produção pesqueira é proveniente de dois sistemas: a pesca extrativa e a aquíicultura - MMA (2000).

A difusão da aquíicultura se deve, provavelmente, às condições favoráveis ao desenvolvimento das diversas modalidades de cultivo, que se definem em função da extensão do litoral brasileiro, com um grande potencial para o desenvolvimento da maricultura. Este potencial se sustenta nos seguintes aspectos: existência de extensas áreas estuarinas, fenômeno da ressurgência em vários pontos da região Sudeste-Sul, grande potencial hídrico (rios, lagos e represas), ampla diversidade de espécies aquáticas nativas e aclimatadas, infra-estrutura já existente, clima e áreas adequadas e alta demanda do mercado interno e externo - MMA (2000).

A costa do Maranhão com 640 Km de extensão, possui uma plataforma continental larga e rasa, uma larga faixa de manguezais profundamente recortada e grande aporte de nutrientes trazidos pelos rios para o mar (Stride *et. al.* 1993). Representa o segundo maior Estado da Federação em extensão litorânea, contendo formas bastante variadas como canais, estuários, baías, ilhas e mangues (Nascimento, 1996).

As amplitudes de marés são bem acentuadas, podendo chegar a 8 metros nas marés de sizígia. De acordo com estudos feitos pela Federação Cearense de Meteorologia, ao longo do litoral maranhense, existem 39.000 ha de apicuns ou "salgados" (Widner *apud* Ferreira, *op cit*).

Nos ecossistemas estuarinos observa-se uma alta produtividade primária, caracterizando-os como ecossistemas altamente férteis, sendo também berçários naturais de muitas espécies, dentre as quais se destacam camarões, sururus, peixes e ostras.

Um fator de extrema importância quanto à implementação de projetos voltados para maricultura diz respeito à qualidade da água. A água constitui um dos compostos de maior distribuição e importância na superfície terrestre. Sua importância para a vida está no fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem a sua ação direta ou indireta (Esteves, 1998).

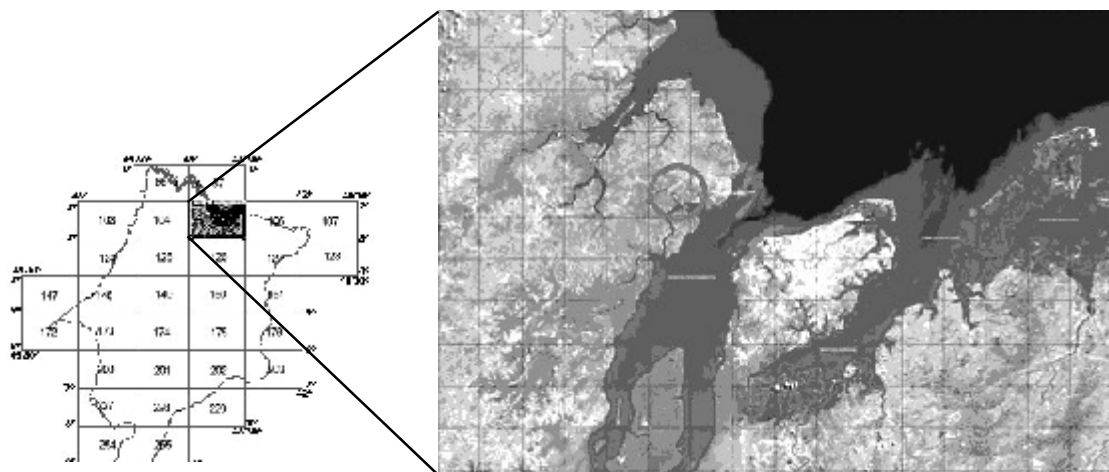
É na água, com suas propriedades físicas e químicas, onde estão contidos macro e micronutrientes, gases dissolvidos, sais, etc, que se faz necessária, sua caracterização bem como o monitoramento de suas variáveis ambientais a fim de justificar o desenvolvimento dos organismos cultivados ou alterações no seu ciclo biológico, que reflete diretamente o meio em que vivem. Dessa forma, faz-se necessário o monitoramento ambiental como um critério decisivo para o sucesso da maricultura local.

O presente trabalho justifica-se pela importância de caracterizar o ecossistema aquático no qual se desenvolveu um cultivo experimental de *Crassostrea rhizophorae* (ostra do mangue), bem como as variáveis mais influentes no seu crescimento, haja vista os processos biológicos ocorrerem em estreita ligação com os fatores ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Foi utilizado como área de estudo o povoado de Paquatua, distante aproximadamente 18 km da sede do município de Alcântara. (2° 40" S e 44° 41" W) (IBGE, 2000), pertencente à microrregião homogênea da Baixada Ocidental Maranhense (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa mostrando o município de Alcântara. Fonte: [www.ma.gov.br](http://www.ma.gov.br) - Satélite Landsat ETM7 (1999/2000). Escala: 1:250.000

O município de Alcântara, possui uma área total de 1.201 km<sup>2</sup> e dista aproximadamente 22 km de São Luís, por mar. Seus limites são; ao sul a Bahia de São Marcos; a leste o Igarapé do Puçá; a oeste o Igarapé do Jacaré e ao norte a convergência do Puçá e do Jacaré, (Reis, 1992). O clima é quente e úmido, situando-se entre os padrões equatorial e tropical, com 2 períodos estacionais definidos: um chuvoso (janeiro a junho) e o outro de estiagem (julho a dezembro) com precipitação anual superior a 2.000 mm (Azevedo, 1995). Sua área de mangue é de 3.643 ha (UFRJ/CVRD apud SEMATUR, 1991).

No povoado existe um igarapé (aproximadamente 600 m de largura), identificado como rio Salgado, conhecido popularmente como Girigol, área em que se implantou o projeto (Figura 2).

### Cultivo

A estrutura de cultivo adotada no local de implantação do projeto foi em forma de balsa, em um canal de maré, com colocação das sementes de ostra em travesseiros (estruturas de polietileno, com ma-



**Figura 2:** Área de cultivo de ostra . Fonte: DSG, 1976.

lhas de 20 mm) os quais abrangiam três estágios: sementes, juvenis e adultos, tendo seu crescimento acompanhado e correlacionado aos parâmetros físico-químicos através de uma análise de Componentes Principais – ACP. As variáveis estudadas foram: pH, Salinidade, Oxigênio Dissolvido - OD, Concentração de Clorofila a (Chl a), Feofitina, Velocidade da Corrente, Temperatura, Transparência, Material Parti-culado em Suspensão – MPS e Amplitude de Maré.

Dentre os estágios de amadurecimento cultivados foi utilizado o estágio juvenil, pelo fato dos indivíduos amostrados serem provenientes da região de Raposa/MA, cujas variáveis físico-químicas assemelham-se com as variáveis ambientais de Paquatua, e também por seu processo de desenvolvimento ser mais suscetível às flutuações ambientais, o que permite uma visualização melhor da influência das variáveis ambientais no seu ciclo de vida.

O sistema de cultivo usado foi o suspenso, recomendado por Chaparro *et. al.*, (1998), que indica sua utilização como berçários, proteção contra competidores por espaço, alimento, predação e centros de engorda para o desenvolvimento da ostra.

#### Coleta de dados

O levantamento de dados foi sistematizado com frequência de 21 dias, obedecendo à alternância de marés de sizígia e quadratura, totalizando 9 coletas no período de nov/2000 a julho/2001. A obtenção de dados físico-químicos foi realizada num ciclo de 12 horas, com intervalos de 2 horas, exceto as amostras de clorofila, que foram coletadas com intervalos de 4 horas.

A biometria das ostras foi realizada uma vez por mês com amostras de 30 indivíduos, obtendo-se dados de largura, comprimento, altura e peso, utilizando-se para isso um paquímetro (acuracidade 0,01 mm) e uma balança analítica (precisão 0,01g).

Para a coleta de água destinada à determinação das variáveis físico-químicas, foi utilizada uma garrafa de Van Dorn, mergulhada a uma profundidade de 1,5 m onde se encontravam os travesseiros contendo as ostras.

Para a coleta e mensuração dos dados físico-químicos e biológicos foram empregados os seguintes procedimentos:

pH - pHâmetro digital; salinidade - refratômetro (Atago modelo 2441);

WTW (MultiLine P4 WTW) da Universal Meter;

Clorofila - Fluorímetro TD 700, neste segue-se a metodologia padronizada por Barroso & Littlepage (1998);

Sólidos Suspensos, neste procedimento foram determinadas as concentrações (g/l) de sólidos suspensos orgânicos e inorgânicos;

Disco de Secchi, os valores obtidos através do disco de Secchi, foram convertidos em profundidade de atenuação vertical da luz, seguindo o método de Poole & Atkins apud Esteves (1998);

Tid Bits (StowAway®Tid bit®), que foi programado para leituras de duas em duas horas e instalado em profundidade de 0,30 m;

Flowmeter Modelo 2030, utilizado para medição da velocidade de correnteza com tempo de exposição de 2 minutos, e conseqüente conversão dos valores de rotação obtidos para velocidade em cm/s;

Para o conjunto de dados foi aplicado a técnica de ordenação de dados multidimensionais conhecido como Análise de Componentes Principais - ACP. Utilizou-se os valores médios das variáveis em um ciclo de coleta, os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk's do programa computacional Statistic.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os membros do filo Mollusca estão entre os animais invertebrados mais evidentes e familiares e incluem formas tais como as ostras. (Ruppert & Barnes, 1996). É um organismo filtrador, consome alimentos de natureza fitoplanctônica como também partículas orgânicas existentes na própria coluna d'água. (Rojas & Munoz, 1998). Pelo seu sabor, aparência e propriedades nutritivas, a ostra, tem ocupado desde épocas primitivas um lugar importante na dieta de povos pesqueiros da América Tropical (Reyes *et. al.*, 1995).

A posição taxonômica da ostra de mangue é a seguinte (Reyes *op cit.*):

Filo: Mollusca  
 Classe: Bivalvia  
 Subclasse: Pteriomorpha  
 Ordem: Pterioidea  
 Subordem: Anysomiania  
 Superfamília: Ostreacea  
 Família: Ostreidae  
 Gênero: *Crassostrea*  
 Espécie: *Crassostrea rhizophorae*

De um modo geral as ostras são fi tófagas e se

alimentam especialmente de diatomáceas. Segundo Ingle (1952) *apud* Reyes (*op cit*), as brânquias são tão eficientes que uma ostra pode filtrar cerca de 37,8 litros de água em um dia.

Dentre os nove meses de coleta, foi observado o comportamento das variáveis, analisando-se os períodos de estiagem e chuvoso tal como segue:

**Temperatura**

Os valores médios das variáveis físicas, químicas e biológicas são apresentadas na Tabela 1, enquanto os valores máximos e mínimos durante os ciclos estacionais são mostrados na Tabela 2. Os dados registrados para a campanha nictimeral nas

Tabela 1: Valores das variáveis morfométricas, biológicas e abióticas do ambiente investigado.

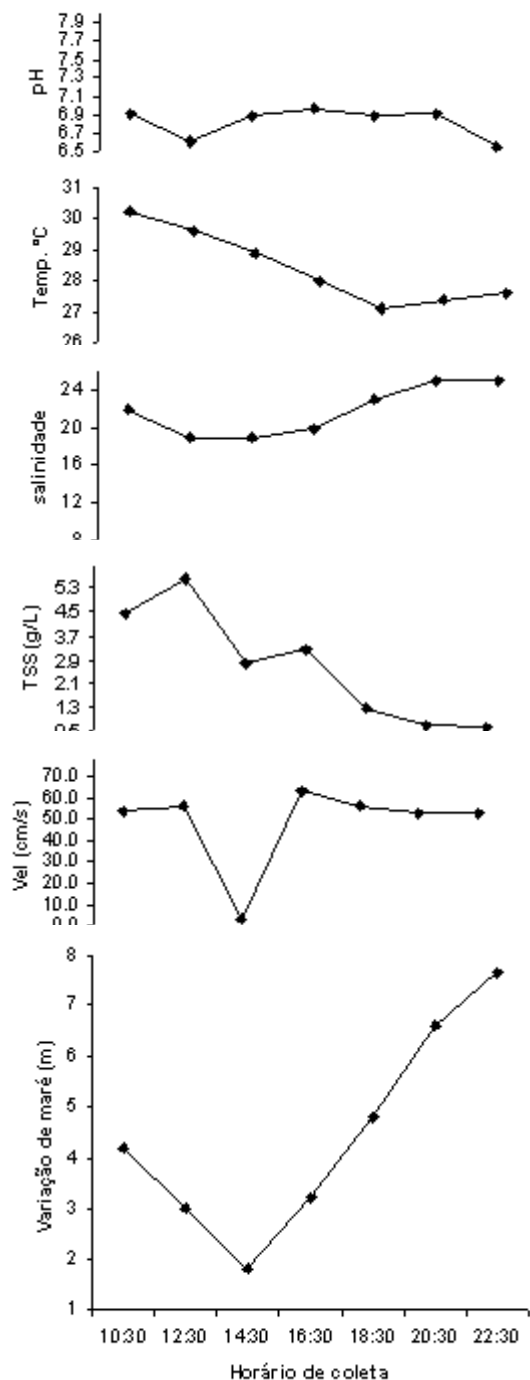
Mês	Altura da concha (cm)	Chl a (µg/L)	Feo (µg/L)	O.D. (µg/L)	Salinidade (UPS)	T (°C)	pH	Secchi (cm)	Vel (cm/seg)	MPS (g/L)
Nov./00	2.04	1.27	1.27	4.58	34.57	28.53	7.61	28.33	10.77	0.2575
Dez./00	2.63	1.20	0.79	4.63	36.43	28.80	7.66	26.25	11.58	0.4419
Jan./01	3.46	1.59	1.73	3.94	32.43	29.77	7.58	21.88	14.56	0.6669
Fev./01	2.38	1.98	1.17	3.81	26.29	29.03	7.00	40.75	12.75	0.3157
Mar./01	2.36	3.03	4.28	2.71	22.29	28.83	7.27	10.50	58.81	1.9613
Abr./01	2.52	2.08	1.21	2.65	18.86	27.53	7.31	32.67	19.45	0.1778
Mai./01	3.67	4.00	7.50	2.14	15.29	28.64	7.50	11.25	36.43	1.4328
Jun./01	3.53	2.63	14.71	2.21	21.86	28.40	6.82	5.13	48.24	2.6480
Jul./01	3.58	1.93	1.42	3.13	21.00	28.10	8.16	22.75	21.03	0.2652

Tabela 2. Valores máximos e mínimos das variáveis físico-químicas e biológicas.

Data/hora	Chl a (µg/L)	Feo (µg/L)	O. D.	Salinidade	Temp °C	pH	Secchi (cm)	Vel (cm/seg)	TSS (g/L)	Prof. (m)
<b>Período Seco</b>										
18.11.00	<b>Quadratura</b>									
MÍNIMO	0,80	0,61	4,16	30,00	27,00	7,33	22	0,85	0,1350	1,04
MÁXIMO	1,66	2,49	4,91	37,00	32,20	7,75	40	29,29	0,3975	5,30
08.12.00	<b>Sizigia</b>									
MÍNIMO	0,43	0,44	4,17	35,00	27,50	7,32	23	2,51	0,2885	0,60
MÁXIMO	2,28	1,54	5,06	40,00	30,50	7,79	29	20,74	0,6335	4,92
14.07.01	<b>Quadratura</b>									
MÍNIMO	1,61	0,86	2,97	20,00	26,40	6,71	14,00	0,90	0,0653	2,95
MÁXIMO	2,33	1,97	3,23	23,00	29,60	10,24	29,00	40,51	0,6700	6,40
MÍNIMO TOTAL	0,43	0,44	2,97	20,00	26,40	6,71	14,00	0,85	0,0653	0,60
MÁXIMO TOTAL	2,33	2,49	5,06	40,00	32,20	10,24	40,00	40,51	0,6700	6,40
<b>Período Chuvoso</b>										
25.01.01	<b>Sizigia</b>									
MÍNIMO	1,26	1,23	3,51	27,00	27,30	7,32	11,50	2,60	1,0260	6,75
MÁXIMO	2,08	2,04	4,17	36,00	31,70	7,71	36,00	30,37	1,0260	6,75
16.02.01	<b>Quadratura</b>									
MÍNIMO	0,67	0,61	3,44	24,00	27,90	0,00	27,00	0,99	0,0940	2,23
MÁXIMO	3,17	1,69	4,06	29,00	30,10	0,00	54,00	27,01	0,7437	5,50
10.03.01	<b>Sizigia</b>									
MÍNIMO	2,65	3,25	1,55	10,00	26,60	6,91	3,00	1,03	0,7270	1,00
MÁXIMO	3,53	4,84	3,69	30,00	30,00	7,53	25,00	122,32	3,6320	7,30
14.04.01	<b>Quadratura</b>									
MÍNIMO	1,44	1,17	2,36	8,00	27,80	7,31	45	0,56	0,1833	2,06
MÁXIMO	3,34	1,95	3,00	21,00	31,70	7,70	89	19,37	1,2267	5,77
05.05.01	<b>Quadratura</b>									
MÍNIMO	2,14	4,37	1,74	10,00	26,40	7,25	5,00	0,31	0,3423	1,42
MÁXIMO	5,10	10,50	2,94	20,00	30,90	7,73	16,00	75,65	2,3437	7,14
23.06.01	<b>Sizigia</b>									
MÍNIMO	1,60	6,61	1,97	19,00	27,10	6,55	3,00	3,40	0,6210	1,80
MÁXIMO	4,17	19,62	2,50	25,00	30,20	6,96	8,00	63,55	5,5987	7,65
MÍNIMO TOTAL	0,67	0,61	1,55	8,00	26,40	0,00	3,00	0,31	0,0940	1,00
MÁXIMO TOTAL	5,10	19,62	4,17	36,00	31,70	7,73	89,00	122,32	5,5987	7,65

marés de sizígias e quadratura (Figuras 3 e 4) mostrou um padrão de variação semelhante ao longo do ciclo completo de maré.

As médias consideradas neste trabalho em ambos os ciclos estacionais nos períodos de estiagem (Novembro, Dezembro/00 e Julho/01) mostraram



pouca variação (Tabela 1). É importante observar que no mês de janeiro houve um pico de crescimento nas ostras, e que provavelmente além de outros fatores ambientais interferentes, o aumento do aporte de água doce ocasionada pelas chuvas, contribuiu para uma relativa estabilidade térmica da ostra, o que possivelmente tenha favorecido o seu crescimento.

Comparando-se os resultados com os dados obtidos no trabalho realizado por Miranda & Guzenski (1999), sobre o cultivo larval da ostra do mangue em diferentes condições de temperatura, salinidade e densidade, observou-se que no presente trabalho esta variável apresentou pequena amplitude de variação, isto sugere que este fator ambiental em decorrência de sua estreita variação não tenha afetado o crescimento das ostras.

Este mesmo autor, levando em consideração o crescimento em comprimento e a sobrevivência, obteve nas condições em que foi realizado o experimento, como melhor resultado para o cultivo larval de *C. rhizophorae*, a temperatura de 25 °C. Segundo ele, esta temperatura é mais facilmente encontrada na costa brasileira, sendo que a temperatura de 22 °C, em que se verificou mortalidade, é condição rara na região nordeste.

Segundo Hardy (1981) apud Vinateia (1999) a temperatura é um dos principais fatores limitantes numa grande variedade de processos biológicos,

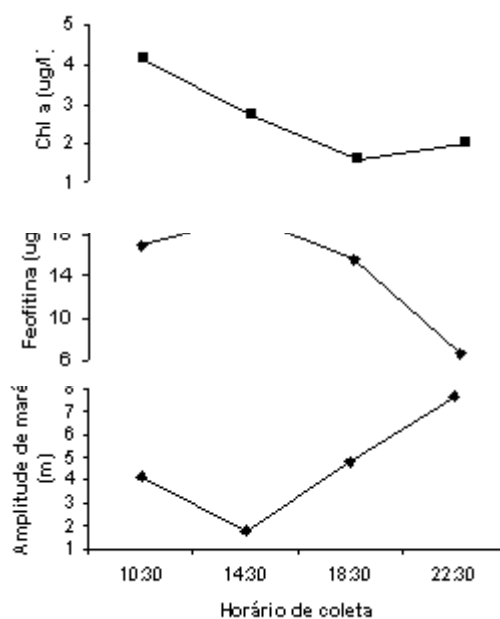
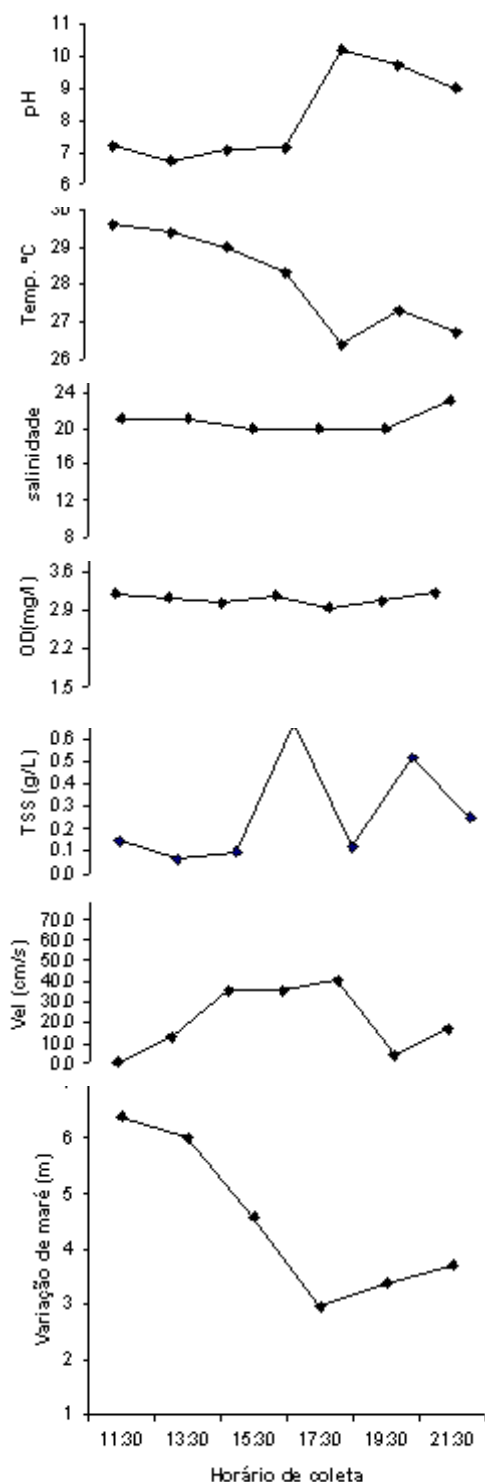


Figura 3. Comportamento das variáveis ao longo do dia de coleta. Dia 23.06.01 - maré de sizígia.

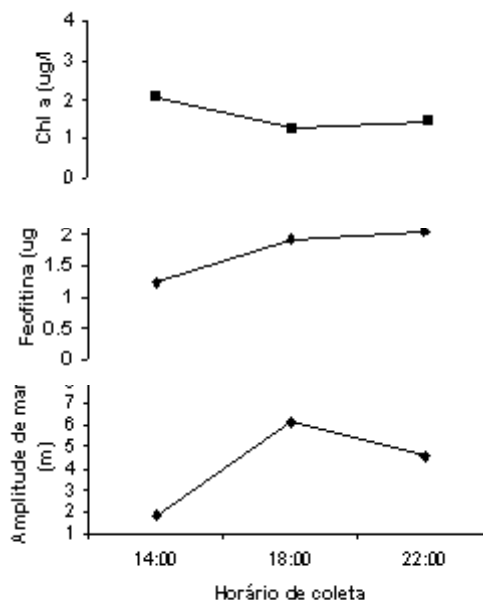


desde a velocidade de simples reações químicas até a distribuição ecológica de uma espécie animal. Esta variável desempenha um importante papel sobre os organismos aquáticos, afetando principalmente o crescimento, a taxa de alimentação, o metabolismo, a sobrevivência e a reprodução (Chaparro *et al*, 1998).

**Salinidade**

Foi verificado que a salinidade no período de estiagem variou de 20 a 40 UPS (Tabela 2), aparentando aumentar com a enchente. Nas marés de Sizígia, esta variação parece ser mais acentuada. Em relação ao período chuvoso, foi registrado nos meses de março, abril e maio, diminuição significativa da salinidade chegando a 8 UPS no mês de abril, o que possivelmente provocou um estresse nas ostras, acarretando inclusive a mortalidade de alguns indivíduos.

Como a salinidade varia em função do ciclo de maré e precipitação, ao se observar as Figuras 3 e 4, verifica-se que a salinidade parece acompanhar a variação da maré, o que corrobora os trabalhos de Ferreira (2001) durante sua campanha nictimeral realizada no mesmo local do presente estudo. Siegle, *et al* (1998) no seu trabalho em um estuário de Santa



**Figura 4.** Comportamento das variáveis ao longo do dia de coleta. Dia 14.07.01 maré de quadratura.

Catarina, observou que os maiores teores foram encontrados durante a preamar, o mesmo acontecendo no presente trabalho. Comparativamente aos estudos de Brandini, (2000), em que a salinidade do litoral do Amapá e Pará apresentou variações de 30 a 36 UPS, o igarapé de Paquatua mostrou amplitudes mais elevadas.

Segundo Nikolic (1970), Nikolic & Afonso (1971) e Nikolic, *et al.* (1978) *apud* Reyes (1995), para seleção de área adequada para o cultivo de ostra do mangue, a salinidade da água deve estar entre 28 e 36 UPS. Nos estuários maranhenses, esta faixa de amplitude pe frequentemente superada.

**Oxigênio Dissolvido**

Concentrações muito baixas de Oxigênio Dissolvido – OD podem levar os organismos cultivados a estresse e até mesmo à morte quando expostos por longo período, bem como à redução no consumo de alimento, tornando-os suscetíveis às enfermidades e a ataques de predadores.

De acordo com Body (1979) *apud* Vinatea (1997), as concentrações de oxigênio dissolvido são mais altas a 0 °C e decrescem com o aumento da temperatura, sendo observada esta afirmação em algumas coletas (Figuras 5 e 6).

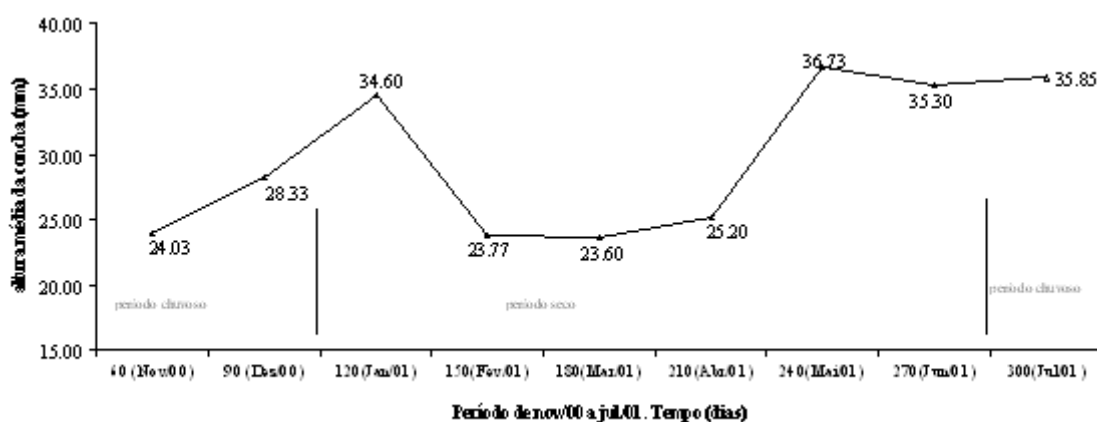


Figura 5. Crescimento de *C. rhizophorae* no estágio juvenil

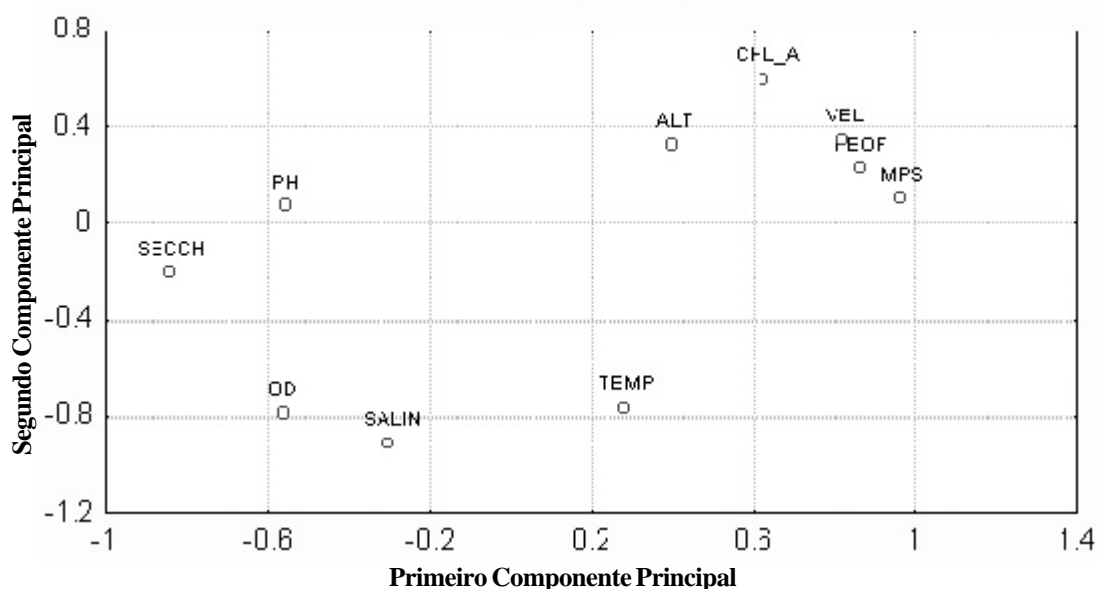


Figura 6. Representação gráfica da análise de componentes principais, integrando as variáveis dimensionadas ao longo do período de amostragem.



Na área estuarina de Paquatua, onde o cultivo está sendo implantado, observou-se uma dinâmica muito grande das marés, que certamente renovam o igarapé com águas ricas em OD. De certo modo, o comportamento da variação de OD parece acompanhar a amplitude de maré (Figuras 5 e 6).

A variação no período de estiagem foi de 2,97 a 5,06 mg/l (Tabela 2), e no período chuvoso foi de 1,55 a 4,17 mg/l, apresentando pouca variação ao longo do dia, nas coletas realizadas. Conforme Nikolic (1970), Nikolic & Afonso (1971) e Nikolic, *et al.* (1978) *apud* Reyes (1995), para seleção de área adequada para o cultivo de ostra do mangue, a concentração de oxigênio dissolvido deve estar entre 2 e 5 mg/l. Baixos níveis de oxigênio dissolvido são os maiores limitantes em aquicultura (Boyd e Watten, 1989 *apud* Ferreira 2001). Segundo Chang & Ouxang (1998) *apud* Ferreira *op cit* concentrações críticas de oxigênio podem ser alcançadas depois de maciça mortalidade do fitoplâncton e sua decomposição subsequente. Boyd (1989) *apud* Ferreira (2001), considera que a concentração crítica de oxigênio é de 1,5 mg/l, pois abaixo dela há uma redução drástica no crescimento dos organismos. Tal variável mostrou ao longo do trabalho pouca variação aparentemente “estável”, não influenciando diretamente no crescimento da ostra.

Ao se compararem os valores mínimos e máximos das marés de sizígia e quadratura, os intervalos obtidos foram bem próximos, demonstrando claramente que a dinâmica de maré, envolvendo a alta velocidade da corrente com conseqüente turbilhonamento e oxigenação da água, minimiza o efeito dos processos relacionados à Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO. Esperava-se que no período chuvoso a taxa de oxigênio dissolvido na água diminuísse, pois o aporte de água decorrente das chuvas, elevaria o nível do igarapé onde a matéria em decomposição presente na água e nas margens do canal, causaria aumento no consumo de oxigênio.

Segundo Kepenyés & Váradi (1984) *apud* Vinatea (1997), quando a atividade fotossintética começa a aumentar gradativamente durante as primeiras horas da manhã, o OD também começa a ser incrementado. O valor máximo de OD, em vários casos em que o nível de saturação é alto, pode ser observado ao entardecer; já ao anoitecer, a atividade fotossintética diminui rapidamente dando lugar aos processos de respiração, provocando uma diminuição do oxigênio dissolvido na água. Este comportamento também foi observado nas marés tanto

de sizígia quanto de quadratura. Em relação aos períodos seco e chuvoso, observou-se que os valores máximos de concentração de O.D. ocorreram no período de estiagem, enquanto que no período chuvoso, os valores de concentração foram decrescendo ao longo dos meses.

Comparando-se aos trabalhos de Furtado (2001) e Ferreira (2001) realizados respectivamente nos igarapés de Paquatua e de Anajatiua/Quebra-Pote-São Luís, observou-se que suas faixas de variação de OD foram bem maiores. As concentrações desse gás observados no presente experimento parecem acompanhar de forma inversamente proporcional aos valores de temperatura, conforme o padrão esperado para essas variáveis.

### Velocidade de corrente

A velocidade de corrente atua no ambiente através do fluxo de correntes, provocando ressuspensão de material particulado com conseqüente movimento contínuo dessas partículas no meio, principalmente nos horários correspondentes à metade do ciclo de marés. Isso pode causar estresse na ostra, uma vez que a elevação da concentração de material particulado contribui para o aumento da turbidez que, por sua vez, força a ostra a canalizar energia de crescimento para a filtração das partículas (Tabela 1). Concomitantemente, o aumento desses sólidos propicia maior absorção da radiação, elevando a temperatura e diminuindo conseqüentemente a solubilidade do oxigênio. Este aumento de temperatura está de acordo com Boyd (1979) *apud* Vinatea (1997), que menciona nos seus trabalhos que as concentrações de oxigênio dissolvido são mais altas a 0° C e decrescem com o aumento da temperatura. Dentre outros aspectos considerados por Poly (1998), este elemento é importante na instalação de cultivo. A intensidade deste fator em determinadas épocas do ano pode ser de tal forma acentuada a ponto de destruir com facilidade, qualquer estrutura mantida na água.

As velocidades amostradas nas duas estações variaram de 0.31 a 122,32 cm/seg. Esta faixa de variação ao se comparar com Nikolic (1970), Nikolic & Afonso (1971) e Nikolic, *et al.* (1978) *apud* Reyes (*op cit*) que diz que as débeis correntes marinhas devem estar em torno de 30 cm/seg, sugere que o efeito do turbilhonamento intenso gerado pelas correntes marinhas no local do expe-

rimento tenha influenciado no crescimento de *C. rhizophorae* (Figura 5) e (Tabela 3).

**pH**

O pH é uma variável muito especial nos ambientes aquáticos, podendo influenciar muitos fenômenos químicos e biológicos. Seu efeito nos organismos cultivados relaciona-se ao metabolismo e processos fisiológicos. Segundo Esteves (1998), o pH atua sobre as comunidades aquáticas diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extra celular e entre os organismos e o meio. Para Nikolic (1970), Nikolic & Afonso (1971) e Nikolic, *et al.* (1978) *apud* Reyes *op cit*, o pH da água deve estar entre 7,9 e 8,1.

No período de estiação o pH variou de 6,7 a 10,2; sendo que esta faixa de variação foi maior no mês de julho de 2001 que nos demais meses. Nos meses chuvosos o intervalo obtido foi de 6,5 a 7,7; sendo que as variações ao longo do dia na maioria dos meses foram poucas (Tabela 2).

Verificou-se ainda que os menores valores de pH ocorreram na estação chuvosa, provavelmente devido à maior influência das águas fluviais, típicas do período.

Deduz-se que estas variações não foram representativas para afetar o crescimento da ostra, comparando-se aos intervalos de Swingle (1961); Calabrese (1969) *apud* Vinatea (1997) que mostraram pH variando de 4 a 11, os quais são considerados, respectivamente, pontos letais de acidez e alcalinidade para organismos aquáticos. Por conseguinte no presente estudo, não foram observados valores de pH próximo aos limites considerados.

É importante salientar que os efeitos das variações de maré com o turbilhonamento constante, também minimizam os processos metabólicos que influenciam na determinação do pH.

**Clorofila a**

A produção primária pode ser estimada como a capacidade de um ecossistema, a partir de seus organismos clorofilados, sintetizar compostos orgânicos de elevado potencial energético utilizando energia radiante ou química, o que permite, a partir da mesma, estimar a disponibilidade alimentar para herbívoros e os demais consumidores da teia trófica (PAIVA, 2001).

**Tabela 3.** Fatores extraídos da Análise de Componentes Principais com as variáveis abióticas e bióticas.

Variáveis ambientais e bióticas	Componentes Principais	
	Eixo 1	Eixo 2
Altura	0.396761	0.325987
Clorofila a	0.624682	0.601677
Feofitina	0.862662*	0.233936
Oxigênio Dissolvido	-0.566802	-0.781904*
Salinidade	-0.303113	-0.902936*
Temperatura	0.277294	-0.758099*
pH	-0.557519	0.076137
Secchi	-0.841807*	-0.198389
Velocidade	0.817701*	0.352074
NPS	0.961236*	0.110019

A concentração de pigmentos fotossintetizantes é extensivamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton. Para o fitoplâncton a concentração destes pigmentos constitui aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco (Barroso & Littlepage, 1998).

A produtividade de um local é verificada, mediante a quantificação de clorofila a, como um índice de biomassa fitoplanctônica em determinado volume de água expresso em mg/m<sup>3</sup> (Poly, 1998). Ocorrem também produtos de degradação da clorofila a, que são utilizados como indicadores indiretos de produtividade, que são os feoforbídeos e feofitinas constituindo os feopigmentos e os clorofilídeos (Barroso & Littlepage, *op cit*). Segundo Agudo (1988), a determinação quantitativa da relação dos pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e feofitina a) em ambientes aquáticos tem grande importância no estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica.

As concentrações de clorofila a foram maiores ao longo do dia e menores na parte da noite, haja vista ocorrer diariamente a migração do fitoplâncton na coluna d'água em função da variação da radiação solar. A variação foi de 0,43 a 2,3 µg/l, no período seco e de 0,67 a 5,10 µg/l no período chuvoso (Tabela 2).

Conforme o trabalho realizado por Teixeira *et al.*, (1988) *apud* Brandini, (2000), verifica-se que o valor máximo obtido no Golfão Maranhense é de 20 mg/l. Já na Plataforma Continental Amazônica, sob influência dos rios Pará e Amazonas, as concentrações de chl a nas estações localizadas próximo à costa, variaram de 0,03 mg/l. a 9,79 mg/l. e nas oceânicas entre 0,0 a 1,85 mg/m<sup>3</sup> (Santos, 2000). Essas diferenças nos teores de Chl a refletem uma dinâmica hidroquímica sustentada pelos diversos efeitos da vazão de material alóctone e variação de maré que lhe é peculiar. Isso evidencia também que em áreas de mangue as concentrações são mais elevadas que

em áreas oceânicas.

Poli (1998), menciona que o valor mínimo da concentração de chl a para ocorrer crescimento de ostras em regime de cultivo que é de  $4 \text{ mg/m}^3$ . Verifica-se que a maioria das concentrações determinadas no presente trabalho encontra-se abaixo desse valor, porém o crescimento das ostras continuou e a concentração de Chl a possivelmente foi influenciada pela alta demanda de sedimentação, bem como pelo turbilhão-namento elevado provocado pela alta velocidade de corrente que dispersa mais os componentes suspensos.

Verificou-se que ao longo da campanha, as concentrações de chl a, mostraram-se relativamente maiores nas marés baixas (Figura 7). Deduz-se que, provavelmente, o aporte de água que entra no estuário incrementa as concentrações de pigmentos e que ao sair do estuário através da baixamar, lixívia as áreas marginais, ricas em nutrientes além do que, com a diminuição da zona eufótica o fitoplâncton fica mais concentrado. Contrariamente, nas marés altas o fitoplâncton fica mais diluído, o que reduz sua concentração no meio.

Conforme Ovalle (1992), a dinâmica das marés atua diretamente sobre os processos biogeoquímicos dos manguezais, definindo períodos distintos de atividade metabólica.

Ainda em se tratando da distribuição vertical do fitoplâncton, Ruttner (1930) *apud* Esteves (*op cit.*) cita os principais fatores que podem influenciar a distribuição vertical destes organismos, dentre os quais destacam-se a densidade específica dos organismos, composição química do meio, herbivoria, turbulência da água, taxa de renovação da água, ra-

dição solar e temperatura da água. Em relação à turbulência, vale lembrar que este é um fator importante para a distribuição vertical do fitoplâncton, uma vez que a maioria destes organismos não dispõe de movimentos próprios.

Em relação à distribuição horizontal George & Heavey (1978) *apud* Esteves (*op cit.*), consideram que os fatores que influenciam a distribuição do fitoplâncton estão reunidos em dois grupos, nos quais os ventos e a turbulência seriam incluídos entre os fatores responsáveis pela redistribuição horizontal das populações no ambiente lacustre. Observou-se no presente experimento que essa redistribuição diferencia-se do ambiente lacustre basicamente por apresentar fluxo e refluxo de maré, caudal fluvial e correntes.

Em relação aos níveis de feofitina obtidos após a acidificação com ácido clorídrico, verificou-se que eles se mostram abaixo dos valores de Clorofila a, pois são produtos de degradação deste pigmento. Esta variável permite observar mesmo que de forma indireta, um quadro preliminar da produtividade no ecossistema.

#### Material Particulado em Suspensão - MPS e Transparência

A turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação (Esteves *op cit.*). Segundo este mesmo autor, os principais responsáveis pela turbidez da água são as partículas suspensas e, em menor proporção, os compostos dissolvidos. De acordo com Tarouco (1988) *apud* Ferreira (2001), grande quantidade de material em suspensão diminui

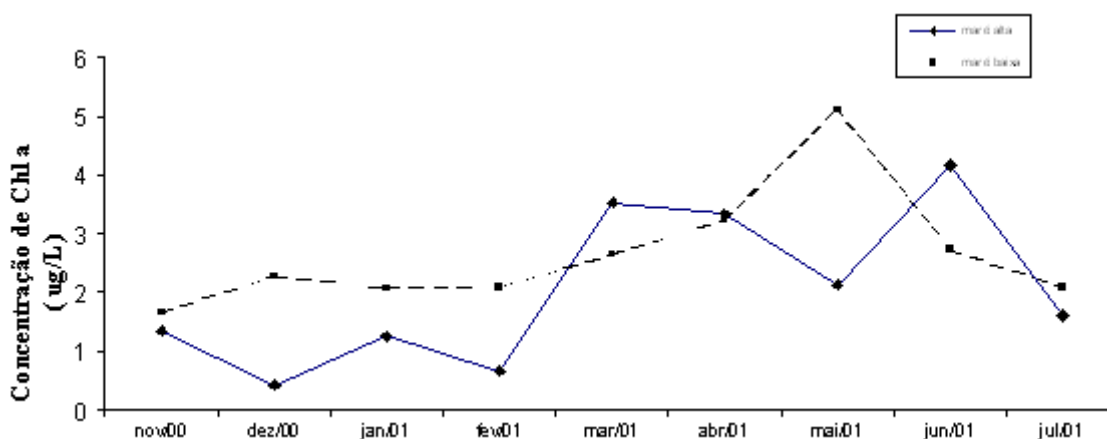


Figura 7. Concentração de Chl a nos picos de maré alta e baixa ao longo da campanha.

o teor de oxigênio dissolvido, pois dificulta as trocas com a atmosfera, impossibilitando também a penetração de luz.

A medida de transparência é considerada inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho ótico. (Preisendorfer, 1986 *apud* Esteves, 1998).

As maiores concentrações de MPS foram encontradas durante a baixamar, enquanto na preamar foram registrados os menores valores. Essas concentrações parecem indicar uma relação inversa com o oxigênio dissolvido (Ferreira 2001), fato também observado por Furtado (2001) no estuário próximo ao povoado de Anajatiua na Baía do Arraial, Ilha de São Luís/MA.

No período chuvoso a transparência aumentou relativamente em comparação com o período seco (Tabela 2). O valor mínimo obtido foi de 0,03 m de transparência no mês de março, provavelmente, devido ao grande turbilhonamento causado pela ação das marés, juntamente com a própria dinâmica hidrográfica local. Os sólidos suspensos atingiram concentrações de 5,60 g/l, o que reflete uma turbidez alta. É importante salientar que os maiores valores do MPS foram verificados na estação chuvosa e que nesta mesma época foi observado maior mortalidade das ostras (Figura 5).

Observou-se no presente experimento que os maiores valores de transparência ocorreram nas marés de quadratura, o que era de se esperar, pois, contrariamente às marés de sizígia, as marés de quadratura têm seus efeitos minimizados, em decorrência da menor amplitude de marés.

### Análise de Componente Principal

Na Análise de Componentes Principais, observou-se que o primeiro fator contribuiu com 54,76% de explicação da variação dos dados enquadrado o segundo componente participou com 16,23% da variação total (Tabela 4). Os escores que contribuíram para a formação do primeiro eixo estiveram relacionados negativamente com pH, transparência e OD e positivamente com MPS, velocidade e feofitina

**Tabela 4.** Autovalores obtidos pela Análise de Componentes Principais com as variáveis bióticas e abióticas.

Eixo	Autovalores	Porcentual total da Variância	Autovalor Acumulado	Acumulado %
1	5474424	54.74424	5474424	54.74424
2	0.423123	14.23123	7.099547	70.99547

(Figura 7), sendo que os escores de maior correlação foram representados pela feofitina, Secchi, velocidade e MPS. Os dois eixos extraíram 70,99 % da variância total.

Este padrão mostrado na Figura 6, bem como as cargas observadas, refletem uma associação positiva e correlacionada de MPS, velocidade e feofitina, mostrando que em decorrência da alta velocidade de corrente, causada provavelmente pela proximidade da área com a baía de São Marcos e elevadas amplitudes de marés, os efeitos destas são amplificados e o turbilhonamento causado provoca grande ressuspensão de material particulado, mantendo-se suspenso em grandes concentrações, principalmente nos horários de maior velocidade. A ressuspensão do material particulado atenua a radiação no meio. Ao penetrar na coluna d'água, a radiação é submetida a profundas alterações, tanto na sua intensidade quanto na qualidade espectral. Estas alterações dependem de vários fatores, dentre eles destacam-se a concentração de material dissolvido e a concentração de material em suspensão.

A feofitina, produto de degradação da chl a e que indiretamente estima comunidades fitoplancônicas, associou positivamente numa ordem decrescente de correlação as variáveis MPS, velocidade, chl a e altura da ostra, mostrando sua pouca influência com a última variável (Figura 7). Isso demonstra que a produtividade primária não teve influência significativa no crescimento da ostra, mas foi fortemente influenciada pela velocidade e material particulado em suspensão.

O segundo fator com 16,23% de explicação da variação, relaciona negativamente a salinidade, OD e positivamente a altura. Analisando-se esta disposição como também o valor dos escores, observa-se que a altura da ostra tem um peso inversamente proporcional ao da salinidade e OD, mostrando que as influências dessas variáveis sobre o crescimento da ostra foram mais significativas.

As flutuações sazonais de salinidade nesta área mostraram-se próximas em alguns momentos e abaixo dos valores ideais estimados para áreas de cultivo, chegando inclusive a 8 UPS, como menor valor detectado na estação chuvosa.

As concentrações de oxigênio dissolvido por sua vez mostram-se bem flutuantes, principalmente na estação chuvosa, presumindo-se que o alargamento da faixa intervalar desta variável neste ambiente ocorre, principalmente, pela intensidade dos processos metabólicos ocorridos neste ecossistema.

Conforme Ovalle (*op cit*), a dinâmica das marés atua sobre os processos biogeoquímicos dos manguezais, definindo períodos distintos de atividade metabólica. Com a subida da maré, o fornecimento de oxigênio pela atmosfera é interrompido no sedimento com os organismos aeróbicos, esgotando o oxigênio presente na interface água sedimento e tornando-se quiescentes. O ambiente torna-se francamente anaeróbico, com pequenas zonas aeróbicas, principalmente em torno de raízes. Desta forma, os organismos anaeróbicos proliferam, utilizando os compostos de carbono como substrato e o oxigênio presente no sulfato das águas de inundação como acceptor de elétrons na respiração.

### CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos e análise dos resultados, percebe-se que a produtividade em ecossistema de mangue, na qual foi implantado o projeto de cultivo de *Cassostrea rhizophorae* (Ostra do mangue), está associada com a dinâmica de marés que atua de forma intensa na ressuspensão de material sedimentar.

As variáveis físico-químicas que tiveram influências mais significativas no crescimento da ostra foram aparentemente o material particulado em suspensão, velocidade de corrente, salinidade e OD, cujos processos metabólicos requeridos pela ostra neste ambiente seriam mais utilizados na filtração ao invés do crescimento, o que denotaria dispêndio maior de energia para a manutenção dos processos metabólicos dos organismos cultivados.

Acredita-se que elevadas amplitudes de marés, juntamente com as velocidades de corrente e a sazonalidade nessa área, sejam fatores dominantes agindo direta e indiretamente neste ecossistema, como também no comportamento das variáveis estudadas.

Possivelmente o melhor período de cultivo de *C. rhizophorae* seja na estação seca, considerando que seu crescimento foi mais evidenciado neste período.

É importante salientar que os dados e informações obtidos neste trabalho permitem observar um quadro preliminar do ambiente destinado ao cultivo de ostras, haja vista o ambiente ser muito dinâmico, sendo influenciado predominantemente por correntes de marés e elevadas amplitudes que certamente interferem na caracterização dos parâmetros físico-químicos. Um estudo por um período de tempo mai-

or, abrangendo mais variáveis, permitirá um conhecimento mais apurado deste ecossistema.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUDO, E. G. (Coord.). Guia de coleta e Preservação de amostras de água. 1 ed. São Paulo, CETESB, 1988
- AZEVEDO, C. G. Diatomáceas (Bacillariophyceae) epifitas em *Bostrychia montagne* dos manguezais de Parnaçu, ilha de São Luis – Estado do Maranhão. São Luís – MA, [s. n.], 99 p. 1995.
- BARROSO, F. G. & LITTLEPAGE, J. Protocolo para análise de clorofila a e feopigmentos pelo método fluorimétrico (Fluorímetro TD – 700). Vitória. ES: [s. n.], 1998, 18 p.
- BRANDINI, F. P. SILVA, A. S. & PROENÇA, L. A. Oceanografia e maricultura in: Valenti, W. C., Poly. C. R., Pereira, J. A. & Borghetti, J. R. Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília, CNPQ/MCT, p. 107 – 142, 2000.
- CHAPARRO, O. R. et al. Manual de Cultivo de La ostra chilena (*Ostrea chilensis*). Ed. da Universidad Austral de Chile/Instituto de Biología Marina, 1998. 16 p. il. 15 cm.
- ESTEVEZ, F. Fundamentos de Limnologia. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- FURTADO, J. G. C. Caracterização hidroquímica de uma região estuarina com potencial à maricultura no povoado de Anajatiua/Quebra Pote (Baía do Arraial, São Luís – MA. Maranhão:[ s. n. ], 2001. 60 p (monografia).
- FERREIRA, S. A. Dinâmica nictimeral de parâmetros hidroquímicos no baixo-estuário do rio salgado, com potencial à maricultura, no povoado de Paquatua/Alcântarama (período chuvoso). Maranhão: [ s. n.], 2001 61 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contagem da população. Capturado em 28 jun. 2000. Online. Disponível na Internet. <http://www.ibge.gov.br/estatística/população/contagem/brcont96.shtm>
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Recursos hídricos. Capturado em 26 jun.2000. Online. Disponível na Internet. <http://www.mma.gov.br/port/CGMI/Institu/index.html>.
- MIRANDA, M. B. B. & GUZENSKI, J. Arquivos de ciências do mar. Cultivo larval da ostra do mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), Em diferentes condições de temperatura, salinidade e densidade. Vol. 32, Fortaleza: UFC. P. 73 – 84, 1999 .
- NASCIMENTO, M. N. Terra das Palmeiras: Geografia e História do Maranhão. São Paulo: F.T.D., 1996. 128 p.
- OVALLE, A. R. C. Dinâmica hidroquímica de um canal de

- maré em um ecossistema de manguezal. Rio de Janeiro: [s. n.], 1992. 159 p. (tese de doutorado)
- PAIVA, R. S. Parâmetros, Físicos, químicos, biomassa e produção primária do fitoplâncton na Plataforma Continental Amazônica, 1 ed. São Paulo [s.n.]: 2001. 153 p.
- POLY, C. R. (coord). *Biologia e cultivo de ostras*. Florianópolis: [s. n.], 1998. 70 p.
- REIS, R. C. G. Macroalgas marinhas bentônicas do litoral da cidade de Alcântara – Município de Alcântara, Estado do Maranhão – BR. Monografia do Curso de Ciências Biológicas, São Luís – UFM, 1992. 61p
- REYES, L. M. A. et. al *Fundamentos de acuicultura marina*. Santafé de Bogotá, 1995. 225 p.
- ROJAS, I. B.& MUNOZ, J. E. *Manual de cultivo de mitilídios*. Valdivia Universidad Austral de Chile/Instituto de Biología Marina, 1998. 16 p. il. 15 cm.
- RUPPERT, Edward E. & BARNES, Roberto D. *Tradução Paulo Marcos Oliveira. Zoologia dos invertebrados*. 6. Ed. São Paulo: Roca, 1996. 1029 p.
- SEMATUR. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO –Diagnóstico dos principais problemas Ambientais do Estado do Maranhão. Maranhão: [s. n.], 1991. 194 p. il. 23 x 31.5 cm.
- SIEGLE et. al. Estuário do rio Camburiú, Balneário Camburiú – SC. Hidrografia e sedimentos em suspensão. In: XI Semana Nacional de Oceanografia e suas interfaces, 1998, Pelotas. Anais... Pelotas. Anais...Pelotas: XI Semana Nacional de Oceanografia, 1998. P. 463 – 465.
- STRIDE, R. K., ALVES, M. I. M. & RAPOSO, L. A. B. Pesca experimental de camarão com redes tresmalhos no litoral maranhense. São Luís: CORSUP/EDUFMA, 1993.
- VINATEA, L. A. Princípios químicos da qualidade da água em aquíicultura. Florianópolis: UFSC, 1997. 166 p.
- VINATEA, L. A. MUEDAS, W. L. A aquíicultura Brasileira está preparada para enfrentar os desafios sócio-ambientais do século XXI? In AQUICULTURA BRASIL 98, 1998 Recife. Anais... Recife: Associação de cultivo de camarão. 1998 p 545 – 558.
- VINATEA, L. A. Aquíicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquíicultura brasileira. Florianópolis:UFSC, 1999. 310 p.

*Distribuído em março de 2006.*