

Consumo de oxigênio e fluxos de nutrientes a partir dos sedimentos na Armação do Itapocoroy, durante o verão de 1998.

Jurandir Pereira Filho¹; Uirá Cavalcanti de Oliveira¹ & Gilberto Caetano Manzoni¹

¹-Universidade do Vale do Itajaí – CTT Mar, R.Uruguai, 458 – Itajaí-SC – 88302-202 Email: jurandir@univali.br; ²IBAMA - SCEN Trecho² - Ed. Sede - Bloco C (COAIR/CGLIC/DILIQ) - Cx. Postal nº 09870 - 70818-900 - Brasília-DF.

ABSTRACT

The bell jar use to assesment of the benthic metabolism in Armação do Itapocoroy: preliminary results. The purpose of this work was to determine the oxygen consumption and the regeneration of nutrients in the sediments under a mussel culture, using an adaptation of in situ benthic chambers (bell jars). Three experiments were carried out in the the summer. Two bell jars were used in each experiment: one under the mussel culture and another one as reference, outside the culture area. On each experiment, water samples were collected from the bell jars every 12 hours, completing a 24 hs cycle (the samplings were collected always at early morning or at late afternoon). On each sample, O₂, dissolved inorganic nutrients (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ and PO₄³⁻) were determined. Particulate Organic Nitrogen and Phosphorus were obtained by the difference between the total and dissolved fraction. The fluxes were calculated from the variation of the concentration in the water of these parameters. The fluxes O₂ indicated that the benthic metabolism was in equilibrium (Production~Mineralization) at both sites (mean of -0,18 mmol O₂.m⁻².d⁻¹ under the mussel culture and -3,2 mmol O₂.m⁻².d⁻¹ on the reference site). The averaged values of NH₄⁺-fluxes were -0,19 mmol N.m⁻².d⁻¹ and -1,09 mmol N. m⁻².d⁻¹ under the ethe mussel culture and reference site respectively.. The PO₄³⁻ fluxes were, -0,96 mmol P. m⁻².d⁻¹ under the culture and -0,05 mmol P. m⁻².d⁻¹ in the reference site. These fluxes values were small compared to the content of nutrients in the water column, sugesting that the regeneration in the sediment was not very important in this environment in the studied period.

Key Words: benthic metabolism, nutrients regeneration, mussel culture, bell jar, in situ incubation

INTRODUÇÃO

A interface água-sedimento e os sedimentos superficiais têm um papel importante na estruturação e no funcionamento de numerosos meios aquáticos. Eles constituem fronteiras onde ocorre sedimentação contínua de material orgânico particulado proveniente das camadas superiores, representando, portanto, locais de intensa mineralização da matéria orgânica e de reciclagem dos nutrientes (Carmouze, 1994). A regeneração dos nutrientes nos sedimentos é particularmente importante nos ambientes costeiros pouco profundos, onde a carga orgânica sedimentar é elevada e a sua mineralização

pode representar uma fonte substancial de nutrientes para a produção primária na coluna d'água (Klump & Martens, 1981). Esta elevada carga orgânica que chega ao sedimento via coluna d'água, cria um ambiente particular, muito favorável à atividade bacteriana (Enell & Logfren, 1988). Desta forma, os sedimentos são de fundamental importância na reciclagem da matéria orgânica originada da coluna d'água e, portanto, na regeneração dos nutrientes inorgânicos nos ambientes costeiros rasos. A compreensão quantitativa da interação entre o sedimento e a coluna d'água requer o conhecimento dos mecanismos que controlam as taxas de remineralização dos nutrientes e as trocas químicas nesta interface (Bernier, 1976). Para se verificar a influência do sedimento na coluna d'água é preciso, portanto, avaliar a taxa de decomposição da matéria orgânica no sedimento e a taxa de renovação dos elementos nutrientes resultantes desta decomposição (Kuroshima, 1995).

A atividade bacteriana no sedimento pode variar ao longo do ano, em função de parâmetros como temperatura e disponibilidade de matéria orgânica (Klump & Martens, 1989; Kuroshima *et al.* 1993). O aporte adicional de matéria orgânica em um ambiente aquático, como ocorre sob cultivos de moluscos, pode causar alterações no metabolismo natural deste ambiente, com repercussões sobre a atividade pelágica e bentônica. Alguns estudos têm mostrado alguns efeitos da implantação deste tipo de atividade em ambientes costeiros (Tenore *et al.* 1985; Kaspar *et al.* 1985; Folke & Kautsky, 1989; Hatcher *et al.* 1994). Se a carga orgânica, originada da produção de pseudo-fezes pelos moluscos, for excessiva e dependendo das condições hidrológicas locais, o ambiente pode não apresentar condições de degradá-la, que tenderá a se acumular no sedimento. Este acúmulo poderá ainda, com o tempo, levar a progressiva degradação do local, desestruturando todo o ecossistema. A implantação destes cultivos é feita normalmente em águas abrigadas, como baías e enseadas, onde o padrão de circulação tende a ser mais restrito e onde haverá, portanto, uma maior probabilidade de impacto no ambiente.

Vários métodos têm sido utilizados na avaliação do metabolismo bentônico e regeneração de nutrientes, a maioria dos quais baseados no estudo da composição química da água intersticial ou na incubação de sedimentos *in vitro* (Graneli, 1977; Lerman, 1978; Nixon *et al.* 1980; Howes, 1983; Klump & Martens, 1983; Bottomley & Bayly, 1984; Carignan, 1984;

Carignan *et al.* 1985; Ennell & Logfren, 1988; Carmouze *et al.* 1997; entre outros). Estas técnicas são, muitas vezes, dificultadas pela necessidade de se trabalhar com volumes muito pequenos de amostras no primeiro caso ou devido às condições de laboratório nem sempre simularem de maneira conveniente as condições ambientais. Outras metodologias que também têm sido utilizadas, embora com menor frequência no Brasil, é a utilização de incubadores *in situ* (Hall *et al.* 1979; Boynton *et al.* 1981; Balzer, 1984; Machado & Knoppers, 1988; Knoppers, 1996). Estes incubadores apresentam a vantagem de que todo o procedimento de incubação é feito *in situ*, sem que ocorra, portanto, grande variabilidade em relação às condições naturais. Apesar disso, a incubação *in situ* não reproduz totalmente as condições naturais, pois a água incubada fica isolada do meio externo, não estando sujeita a variabilidade natural, principalmente relacionada a turbulência externa.

Neste trabalho, o consumo de oxigênio e o fluxo de nutrientes foram determinados *in situ*, através da utilização de câmaras bentônicas instaladas sob o cultivo de moluscos, localizado na Enseada de Armação de Itapocoroy, no município de Penha, SC.

MATERIAL E MÉTODOS

A área onde foi realizado o experimento foi a Enseada do Itapocoroy, no município de Penha (26°58'S e 48°38'W). A escolha deste local se deu em virtude da UNIVALI manter neste município um Campus avançado (Centro Experimental de Maricultura) onde são desenvolvidos vários estudos referentes às atividades de cultivo de moluscos, além de representar um importante centro de produção de mexilhões no estado. Este local têm mostrado um alto potencial de sedimentação (Schettini *et al.* 1997), o que já pode ser resultado da implantação dos cultivos. Os dados apresentados foram obtidos em janeiro e fevereiro de 1998 (Pereira Filho *et al.* 1998).

Durante o verão foram realizadas três campanhas de amostragens. Em cada campanha, dois pontos distintos foram amostrados, através de incubações, durante ciclos de aproximadamente 24 horas: um deles localizado sob o cultivo e o outro em uma região mais externa este (controle). As profundidades nos pontos de amostragem eram de aproximadamente 4m

(interior do cultivo) e 8m (ponto externo ao cultivo). Estas amostragens consistiram de incubações *in situ*, feitas com a utilização de domos acrílicos (*bell jars*), os quais isolavam um volume d'água conhecido, em contato com uma superfície de sedimento também conhecida .

As amostragens foram realizadas em janeiro e fevereiro (dias 12 e 13 e de 1998. Em cada *bell jar* foram coletadas amostras de água no instante de fixação do equipamento, após passadas algumas horas e no momento de retirada deste, totalizando 3 horários de coletas por ciclo. O horário de início de incubação variou entre os ciclos: início da manhã (aproximadamente 7:00) ou final da tarde (aproximadamente 19:00). Isto foi feito com o objetivo de se tentar diferenciar o metabolismo bentônico e a regeneração de nutrientes durante períodos diurnos e noturnos. De cada amostra foram feitas medições, imediatamente após a coleta, da salinidade e temperatura (com termosalinômetro) e de O₂ dissolvido (com Oxímetro YSI). Além disso, alíquotas destas foram filtradas à vácuo em filtros Millipore HA de 0,45µm de porosidade, e congeladas para posteriores análises de fosfato, nitrato, nitrito, amônio e de fósforo e nitrogênio orgânicos dissolvidos em laboratório.

As determinações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (NO₃⁻; NO₂⁻; NH₄⁺; PO₄³⁻) foram realizadas segundo métodos colorimétricos clássicos, descritos por Strickland & Parsons (1972).

Os valores dos fluxos entre as amostragens, em cada incubação, foram obtidos à partir da expressão: $F = ([]_f - []_i) \cdot V \cdot A^{-1} \cdot \Delta t^{-1}$; onde: F= Fluxo, em mmol.m⁻².h⁻¹; []_i = Concentração da substância (mmol.m⁻³), no início de um intervalo de incubação; []_f = Concentração da substância (mmol.m⁻³), no final de um intervalo de incubação; V = Volume de água incubada (m³); A = Área superficial de sedimento incubado (m²); Δt = Intervalo de tempo (horas) entre medição inicial e final.

Os valores positivos representam aumento da substância na água incubada e, portanto, um fluxo do sedimento para a água e vice-versa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As salinidades dos locais de incubação variaram pouco, em torno de 34 para todas as amostras, enquanto que as temperaturas médias obtidas foram iguais à 25,3°C dentro e fora do cultivo. As concentrações de nitrato presentes tanto sob o cultivo quanto na área controle eram muito baixas e não foram possíveis de determinação. Os dados de carbono orgânico particulado referentes à primeira campanha, realizada nos dias 20 e 21 de janeiro deste ano não constam na tabela devido à problemas durante o tratamento em laboratório.

À partir dos dados brutos foram calculadas as variações de cada parâmetro obtido entre as amostragens, em cada ciclo. Como citado anteriormente, cada ciclo abrangeu um período próximo a 24 horas, de modo que os dados são mostrados como resultado de um período de incubação diurno (variação ocorrida entre início da manhã e final da tarde) e outro noturno (final da tarde e início da manhã), fechando o ciclo. Eles estão expressos como médias entre os três ciclos, em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

– Consumo de O₂

A estimativa do consumo de O₂ pelo sedimento é um indicativo do metabolismo bentônico do sistema. Ela foi feita através da medição das variações do O₂ na água incubada ao longo dos ciclos. A figura 1 mostra os valores médios e desvios padrões entre os três ciclos, no período noturno e diurno.

As variações médias do O₂ referentes aos períodos diurno e noturno dentro do cultivo foram de $0,28 \pm 0,35$ e $-0,30 \pm 0,18$ $\text{mmol O}_2.\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, respectivamente. Fazendo-se o balanço líquido médio para a sua variação, obtemos o valor de $-0,015$ $\text{mmol O}_2 .\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ou $-0,36$ $\text{mmol O}_2.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, representando um balanço heterotrófico líquido. O valor referente ao metabolismo bentônico representa um valor baixo, menos de 0,25% da concentração média da coluna d'água (177.5 $\text{mmol O}_2 . \text{m}^{-3}$). Assim sendo, o metabolismo bentônico, apesar das variabilidades encontradas, tendeu para

um valor geral de equilíbrio entre um metabolismo auto e heterotrófico, na estação situada dentro do cultivo.

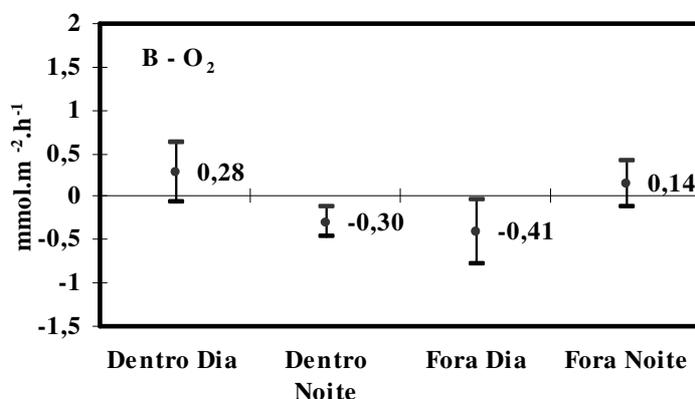


Figura 1. Valores médios e desvios padrões dos fluxos de Oxigênio entre os três ciclos, diferenciado quanto ao período de incubação, diurno ou noturno, e quanto ao local, dentro ou fora da área de cultivo (valores positivos representam aumento da concentração na água incubada e valores negativos representam diminuição).

Na estação fora do cultivo os valores obtidos foram de $-0,41 \pm 0,38$ mmol O₂.m⁻².h⁻¹ e $0,14 \pm 0,26$ mmol O₂.m⁻².h⁻¹ para os períodos diurno e noturno, respectivamente. O balanço líquido foi de $-0,27$ mmol.m⁻².h⁻¹ ou $-6,5$ mmol.m⁻².d⁻¹, correspondendo também a uma respiração líquida, porém não muito elevada. Em resumo, as variações do O₂ apontaram para uma pequena tendência a heterotrofia do sedimento na estação localizada fora do cultivo.

Comparando-se a estação situada dentro do cultivo com a externa a ele, percebe-se que a externa apresentou uma tendência mais marcante à heterotrofia, ao contrário do que seria esperado. Esta estação externa foi feita, em princípio, para servir de referência (controle) em relação à do cultivo. Entretanto foi verificado que ela não foi adequada para este fim, por dois motivos: 1) a diferença de profundidade entre o cultivo (4m) e a estação de referência (8m), o que faz com que a dinâmica sedimentar seja diferente em cada local e 2) principalmente devido a diferença dos tipos de sedimento entre as duas localidades. Embora não tenha sido feita uma análise sedimentológica, a estação do cultivo foi caracterizada por um sedimento grosseiro, tipicamente arenoso. Já a estação externa apresentou um fundo com um sedimento bem mais fino. Esta diferença é marcante na determinação dos fluxos bentônicos, de modo que as duas estações não podem ser facilmente comparadas.

Este sedimento grosseiro no cultivo sugere que, apesar da presença dos cultivos, apenas uma pequena parte do material sedimentar, oriundo destes, permanece no fundo. Apesar de haver uma fonte de material sedimentar (o cultivo) e uma alta taxa de sedimentação potencial (Schettini *et al.* 1997), a maior parte do material provavelmente é carregada para outras regiões pelas correntes e ondas. Estas correntes, talvez relacionadas às variações de maré, seriam também responsáveis pela alta variabilidade registrada nos valores das incubações, pois as incubações são realizadas ao longo de 24 horas, período suficiente para inversões de maré e, portanto, grandes mudanças das condições do meio. Assim, o conhecimento da hidrodinâmica local, bem como a obtenção de um mapa sedimentológico, serão de fundamental importância para a escolha de um sítio controle e para a determinação do metabolismo bentônico e da influência do cultivo de mariscos sobre este.

- Nutrientes Inorgânicos e Regeneração

Os valores médios brutos do nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), entre as três amostragens, dentro da região de cultivo foi de $10,5 \pm 1,9$ e na região fora dele de $10,4 \pm 1,9$ mmol.m^{-3} . Verificou-se que as concentrações de amônio (NH_4^+) corresponderam, em média, a mais de $96 \pm 1,4\%$ do NID. O PO_4^{3-} apresentou concentrações médias sob o cultivo de $0,8 \pm 0,5$ e na área afastada deste tal concentração foi de $1,2 \pm 0,5$ mmol.m^{-3} . Dessa forma, a partir dos valores brutos, a razão média N:P entre os nutrientes, encontrada neste estudo foram de 23:1 e 12:1, respectivamente dentro e fora do cultivo de mexilhões.

As médias dos fluxos de amônio encontradas na área de cultivo, para os três ciclos, durante os períodos diurno e noturno foram, respectivamente, $-0,018 \pm 0,001$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e $0,003 \pm 0,037$ $\text{mmolN.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$; enquanto que na área afastada deste os valores encontrados, na mesma ordem, foram $-0,099 \pm 0,127$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e $0,008 \pm 0,023$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. Desta forma, o balanço líquido estimado para 24 horas foi de $-0,008$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ou $-0,19$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ dentro do cultivo e $-0,045$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ou $-1,09$ $\text{mmol N.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ fora dele.

Para o PO_4^{3-} , os valores médios dos fluxos foram iguais à $-0,006 \pm 0,008$ $\text{mmolP.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e $-0,001 \pm 0,009$ $\text{mmolP.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ na área de cultivo e $-0,010$

$\pm 0,006 \text{ mmolP.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ e $0,006 \pm 0,013 \text{ mmolP.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ fora dela, respectivamente durante os períodos diurno e noturno. O balanço diário estimado foi, então, de $-0,004 \text{ mmol P.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ou $-0,084 \text{ mmol P.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ na área de cultivo e $-0,002 \text{ mmolP.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ou $-0,05 \text{ mmolP.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ na área afastada deste.

Os valores dos fluxos não foram muito significativos se comparados à concentração média dos nutrientes na coluna d'água. O valor médio do NID no cultivo, por exemplo, foi de 10.5 mmol.m^{-3} , resultando num conteúdo de 42 mmol.m^{-2} (profundidade de 4m). O fluxo médio de NH_4 a partir do sedimento foi de $-0.19 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para a mesma área, correspondendo a menos de 0.5 % do conteúdo de NID. Para a estação externa ao cultivo, a concentração média de NID foi de 10.4 mmol.m^{-3} , correspondendo a um conteúdo de 83 mmol.m^{-2} (profundidade de 8m). O fluxo médio de NH_4 nesta estação foi de $-1.1 \text{ mmol N.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, totalizando menos de 1.5 % do conteúdo de NID na coluna d'água.

Os fluxos de fosfato também não foram muito significativos se comparados com seu conteúdo na coluna d'água. No cultivo, o conteúdo médio foi $3.2 \text{ mmol P.m}^{-2}$ e a média dos fluxos foi de $-0.084 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, representando aproximadamente 2.5% de seu conteúdo. Já na estação fora do cultivo, o conteúdo médio de fosfato foi de 9.6 mmol.m^{-2} contra um fluxo $-0.05 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Nesta estação, o fluxo representou aproximadamente 0,5 % de seu conteúdo na coluna d'água.

Em resumo, os fluxos dos nutrientes inorgânicos foram baixos em relação à sua concentração na coluna d'água, principalmente no cultivo. Isto sugere que a contribuição dos sedimentos no que se refere à regeneração de nutrientes *in situ* é pouco significativa neste ambiente. Os valores médios, brutos e dos fluxos, dos principais parâmetros considerados podem ser observados na tabela I.

Para o balanço total dos fluxos no ciclo de 24 horas, verifica-se que os valores médios das razões NID:PID dentro e fora do cultivo foram, respectivamente, $2:1 \pm 0,5$ e $2:1 \pm 4,8$ ambos abaixo da razão de Redfield de 16:1. Em um trabalho realizado na Lagoa de Araruama (RJ) foram encontrados valores de 34:1 na primavera e 580:1 no outono (Knoppers *et al.* 1996).

Tabela I. Médias das concentrações (em mmol.m^{-3}) e dos balanços diários dos fluxos (em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) para o NID, PID e para a razão NID/PID, obtidas à partir dos resultados encontrados nas três campanhas, para os locais de incubação situados dentro e fora da área de cultivo.

Parâmetros	Dentro		Fora	
	Valor Bruto	Fluxo Diário	Valor Bruto	Fluxo Diário
NID	10,5 ±1,9	-0,19	10,4 ±1,9	-1,09
PID	0,8 ±0,6	-0,08	1,2 ±0,5	-0,05
NID/PID	23:1	2:1 ±0,5	12:1	2:1 ±4,8

Essa diferença com os valores encontrados sob o cultivo na Praia de Armação pode ser decorrente do fato da Lagoa de Araruama ser um ambiente hipersalino, rico em carbonatos. Além disso, a própria presença dos cultivos poderia ocasionar uma certa remoção de nitrogênio da coluna d'água. Kaspar *et al.* (1985), reportou que a presença de um cultivo de mexilhões (*Perna canaliculus*) em regiões costeiras mais abrigadas pode remover parcelas de nutrientes nitrogenados da coluna d'água. Isso ocorre, segundo o autor, em função de um acúmulo de N no tecido dos organismos, que apresentam uma razão N/P muito superior que a prevista por Redfield para o fitoplâncton.

Resultados semelhantes têm sido encontrados em outros ambientes de cultivo (Tenore *et al.*, 1982). Kaspar *et al.* (1985) também reporta a influência e modificações que a implantação de cultivos de mexilhões pode provocar na distribuição do nitrogênio em ecossistemas aquáticos. Tal sugestão é reforçada por Folke & Kautsky (1989), que também relacionam tal alteração da razão N/P com maiores riscos de ocorrências de florações de algas nocivas.

Todavia, foi observado que não houve diferença significativa entre as razões N/P dos fluxos sob o cultivo e fora dele, aproximadamente 2:1 para ambos, o que estaria indo ao encontro das prováveis causas da redução do nitrogênio na coluna d'água descritas anteriormente. Essa semelhança dos valores pode ser decorrente de aspectos ambientais distintos entre os dois locais de incubação, como por exemplo: o tipo de sedimento, a profundidade e a velocidade de correntes, como já foi discutido anteriormente para os fluxos de O_2 .

O dados aqui apresentados são resultado de uma primeira tentativa de adaptação e utilização, neste ambiente, da metodologia descrita. Ainda que não sejam significativos nos seus valores absolutos, eles sugerem que a maior parte da matéria orgânica particulada derivada do cultivo no período de realização deste trabalho, não permaneceu sob este, fazendo com que o metabolismo bentônico e, conseqüentemente, a regeneração fossem bastante reduzidos no local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a PROPPEX (Pro-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Extensão) da Universidade do Vale do Itajaí, pelo suporte financeiro ao trabalho, através do FAP e de uma bolsa de iniciação científica Probic.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balzer, W. 1984. Organic Matter Degradation and Biogenic Element Cycling in a Nearshore Sediment (Kiel Bight). *Limnology and Oceanography*, 29 (6): 1231-1246
- Berner, R. 1976. The Benthic Boundary Layer from the View Point of a Geochemist, *In* McCave, I.V. The Benthic Boundary Layer. Plenum. 323p.
- Bottomley, E.Z. & Bayly, I.L. 1984. A Sediment Porewater Sampler Used in root Zone Studies of the Submerged Macrophyte, *Myriophyllum spicatum*. *Limnology and Oceanography*, 29 (3): 671-673.
- Boynton, W.R.; Kemp, W.M.; Osborne, C.G.; Kaumeyer, K.R. & Jenkins, M.C. 1981. Influence of Water Circulation Rate on *in situ* Measurements of Benthic Community Respiration. *Marine Biology*, 65: 185-190.
- Carignan, R. 1984. Interstitial Water Sampling by Dialysis: Methodological Notes. *Limnology and Oceanography*, 29 (3): 667-670.
- Carignan, R.; Rapin, F. & Tessier, A. 1985. Sediment Porewater Sampling for Metal Analysis: a comparison of Techniques. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49: 2491-2497.
- Carmouze, J.P. 1994. *O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos*. Ed. Edgard Blucher.
- Carmouze, J.P.; Bellotto, V.; Maddock, J. & Romanazzi, A. 1997. A Versatile *In Situ* Porewater Sampler. *Mangroves and Salt Marshes*, 1: 73-78.
- Ennel, M. & Logfren, S. 1988. Phosphorus in Interstitial Water: Methods and Dynamics. *Hidrobiologia*, 170: 103-132.
- Folke, C. & Kautsky, N. 1989. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *AMBIO – A Journal of the Human Environment*, 18 (4): 233-243.
- Graneli, W. 1977. Measurement of Sediment Oxygen Uptake in Laboratory Using Undisturbed Sediment Cons. *Vatten*, 3: 1-15.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. & Kremling, K. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. 2nd. Verlag Chemie. 417p.
- Hall, C.A.S.; Tempel, N. & Peterson, B.J. 1979. A Benthic Chamber for Intensely Metabolic Lotic Systems. *Estuaries*, 2: 178-183.
- Hatcher, A.; Grant, J. & Schofiel, B. 1994. Effects of Suspended Mussel Culture (*Mytilus* spp.) on Sedimentation, Benthic Respiration and Sediment Nutrient Dynamics in a Coastal Bay. *Marine Ecology - Progress Series*, 115: 219-235.

- Howes, B.L. 1983. Effects of Sampling Technique on Measurements of Porewater Constituents in Salt Marsh Sediments. *Limnology and Oceanography*, 30 (1): 221-227.
- Kaspar, H.F.; Gillespie, P.A.; Boyer, I.C. & Mackenzie, A.L. 1985. Effects of Mussel Aquaculture on the Nitrogen Cycle and Benthic Communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. *Marine Biology*, 85: 127-136.
- Klump, J.V. & Martens, C.S. 1981. Biogeochemical Cycling in an Organic Rich Coastal Marine Basin - II. Nutrient Sediment-Water Exchange Processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45 (1): 101-121.
- Klump, J.V. & Martens, C.S. 1989. The Seasonality of Nutrient Regeneration in an Organic-Rich Coastal Sediment: Kinetic Modeling of Changing Pore-Water Nutrient and Sulfate Distributions. *Limnology and Oceanography*, 34 (3) 559-577.
- Knoppers, B.; Souza, W.F.L.; Souza, M.F.L.; Rodriguez, E.G.; Landim, E.F.C.V. & Vianna, A.R. 1996. In situ measurements of benthic primary production, respiration and nutrient fluxes in a hypersaline coastal lagoon of SE Brazil. *Revista brasileira de oceanografia*, 44(2): 153-163.
- Kuroshima, K.N. 1995. *Decomposição da Matéria Orgânica no Sedimento da Lagoa da Barra - Maricá (RJ)*. Dissertação de Mestrado. (Universidade Federal Fluminense). 95 p.
- Kuroshima, K.N.; Bernardes, M. & Carmouze, J.P. 1993. Decomposition of Organic Matter in Lagoa da Barra (Maricá-RJ). *Perspectives for Geochemistry in Tropical Countries. Proceedings*: 215-218.
- Lerman, A. 1978. Chemical Exchange Across Sediment-Water Interface. *Ann. Ver. Earth Planet Sci.*, 6: 281-303.
- Machado, E.C. & Knoppers, B.A. 1988. Sediment Oxygen Consumption in an Organic Rich Sub-tropical Lagoon, Brazil. *Science of the Total Environment*, 75: 341-349.
- Nixon, S.W.; Kelly, J.R.; Furnas, B.N.; Oviatt, C.A. & Hale, S.S. 1980. In Tenore, K.R. & Hull, B.C. (Eds) *Marine Benthic Dynamics*. 451p. Univ. South Carolina Press.
- Pereira Filho, J.; Oliveira, U.C. & Manzoni, G.C. 1998. O Uso de Bell Jar na Avaliação do Metabolismo Bentônico na Armação do Itapocoroy: Resultados Preliminares. *Notas Técnicas da Facimar*, 2 (1): 81-92.
- Schettini, C.A.F.; Resgalla Jr., C. & Kuroshima, K.N. 1997. Avaliação Preliminar da Taxa de Sedimentação na Região de Cultivo de Moluscos (*Perna perna*) na Enseada da Armação-SC. *Notas Técnicas da Facimar*, 1: 01-08.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish. Res. Board. Can. Bull. 310 p.
- Tenore, K. R.; Corral, J. & Gonzalez, N. 1985. Effects of Intensive Mussel Culture on Food Chain Patterns and Production in Coastal Galicia, NW Spain. *Symposium International on Utilization of Coastal Ecosystem. Proceedings*. 1: 321-328.