

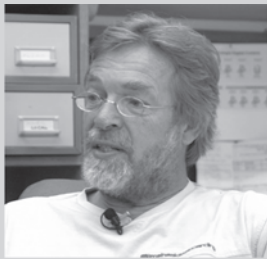
U. SEELIGER & C. ODEBRECHT (Eds.)

O ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS

UM SÉCULO DE TRANSFORMAÇÕES



FURG



Ulrich Seeliger nasceu na Alemanha, onde iniciou seus estudos universitários no Curso de Farmácia. Continuou a formação acadêmica na área de Botânica, na Durham University, na Inglaterra e nos Estados

Unidos, na Rutgers University em Nova Jersey onde obteve o título de Doutor. É Professor Titular no Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), no Brasil, onde coordena projetos de pesquisa em Ecologia Costeira. Foi responsável pela elaboração e coordenação do Curso de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da FURG e atuou como membro e coordenador dos Comitês de Oceanografia e de Ecologia do CNPq. Suas pesquisas levaram a livros e publicações científicas que contribuíram para o conhecimento da costa Latino-Americana e, especialmente, sul-Brasileira. A recente produção de vídeo documentários popularizou estes conhecimentos ecológicos.



Clarisse Odebrecht é de Blumenau, Santa Catarina, e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná, onde despertou o interesse pelas microalgas marinhas. Realizou doutorado em

Oceanografia Biológica no Instituto de Ciências do Mar pela Universidade de Kiel, Alemanha em 1982. Trabalhou como hidrobiologista na Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Paraná, como professora adjunta na Universidade Federal de Santa Catarina e, desde 1984, no Instituto de Oceanografia da FURG. Atualmente, na função de professora titular, atua nos programas de pós-graduação em Aquicultura e Oceanografia Biológica com pesquisas sobre o papel do fitoplâncton na diversidade, ciclos sazonais e mudanças de longo prazo em ambientes marinhos do sul do Brasil, florações de microalgas e o papel de microalgas como alimento de animais em cultivo.

U. Seeliger & C. Odebrecht (Eds.)

O Estuário da Lagoa dos Patos

Um Século de Transformações

56 Figuras



Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Rio Grande - RS

2010

1ª Edição

E824 O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações / Edição de U. Seeliger, C. Odebrecht. Rio Grande : FURG, 2010. – 180p.

ISBN: 978-85-7566-144-4

1. Estuário. 2. Lagoa dos Patos. 3. Região Sul. I. Seeliger, U. II. Odebrecht, C.

CDU – 574(26)

PREFÁCIO

As características de diversidade e de produtividade biológica, bem como as atividades portuárias e de navegação têm imprimido uma importância histórica ao estuário da Lagoa dos Patos no extremo sul do Brasil. Desde o início do século XIX, o interesse neste ecossistema costeiro tem proporcionado registros climatológicos, hidrológicos, dados florísticos e faunísticos. As pesquisas das últimas décadas geraram grande volume de informações sobre a estrutura e os processos ecológicos do estuário, as quais foram publicadas em artigos científicos nacionais e internacionais, além de sintetizados no livro "Os Ecossistemas Costeiro e Marinho de Extremo Sul do Brasil". No entanto, assim como o ecossistema do estuário da Lagoa dos Patos tem sofrido contínuas transformações ao longo do tempo, também nosso conhecimento da sua ecologia requer avanços constantes.

A percepção e a compreensão de mudanças estruturais e de processos em sistemas transicionais, como o estuário, por perturbações naturais ou antrópicas exige a integração de pesquisa e monitoramento de variáveis em longo prazo. Porém, estes estudos têm um custo elevado e, muitas vezes, a obtenção de resultados satisfatórios pode não ser imediata. Não é surpresa, então, que acompanhamentos contínuos por mais de uma década com a manutenção de uma mesma metodologia amostral sejam bastante raros.

Este desafio norteou o propósito do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em 1999, ao criar o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) e inseri-lo na rede mundial do "International Long Term Ecological Research Program-ILTER". Biomas de conhecimento ecológico aprofundado, como do estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, foram então beneficiados por uma linha de financiamento de dez anos, para o desenvolvimento de estudos integrados e de monitoramento de longa duração.

Este livro, além de constituir um documento-síntese dos resultados das pesquisas apoiadas pelo CNPq, também deve ser visto como um ensaio para a compreensão das complexas transformações no estuário da Lagoa dos Patos que marcaram o século XX. Os capítulos relacionam as mudanças decadais recentes de características ambientais e da dinâmica das comunidades do plâncton, nécton e bentos estuarinos. Sempre que possível, são elucidadas as transformações que ocorreram ao longo do último século e comparados os cenários históricos com os atuais. O último capítulo apresenta um resumo dos processos e transformações que desviaram o cenário ambiental quase natural do final do século XIX para o atual. As projeções de mudanças ambientais no futuro próximo podem fornecer sugestões para a sustentabilidade ecológica e para a exploração socioeconômica do estuário da Lagoa dos Patos.

Somos gratos aos nossos colegas colaboradores do *Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD)* - Estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Este livro se tornou uma realidade por suas incessantes pesquisas durante as últimas décadas e por compartilharem valiosos dados originais ainda não publicados. Agradecemos à Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em especial ao Instituto de Oceanografia por disponibilizar sua infraestrutura e logística, que decisivamente contribuiu para o sucesso do Programa PELD no estuário da Lagoa dos Patos. O suporte financeiro do projeto PELD pelo CNPq (processo # 520188/1998.5) foi essencial para a geração de dados, de informações e do conhecimento que levou à publicação deste livro. Agradecemos à Bunge Fertilizantes S/A pelo apoio financeiro na impressão deste material, cuja distribuição gratuita multiplicará esta informação que, em parte, desenhará o futuro do ecossistema estuarino da Lagoa dos Patos. Somos gratos pela colaboração de César Cordazzo e pela incansável revisão do texto por Rosane Garcia Silva para a conclusão deste livro.

ÍNDICE

1. Introdução	11
Ulrich Seeliger	
2. Hidrologia e hidrodinâmica	17
Osmar Möller & Elisa Fernandes	
3. Geomorfologia e dinâmica sedimentar	31
Lauro Calliari, Rosa Piccoli da Cunha & José Antonio Fonseca de Antiqueira	
4. Nutrientes dissolvidos	43
Paulo Cesar Abreu, Clarisse Odebrecht & Luis Felipe Niencheski	
5. A comunidade de microalgas	51
Clarisse Odebrecht, Marli Bergesch, Svetlana Medeanic & Paulo Cesar Abreu	
6. As comunidades zooplanctônicas	67
José H. Muelbert, Erik Muxagata & Sônia M. Kaminski	
7. A assembleia de peixes	79
João Paes Vieira, Alexandre Miranda Garcia & Leonardo Moraes	
8. Hábitats de <i>Ruppia maritima</i> e de macroalgas	91
Margareth Copertino & Ulrich Seeliger	
9. As comunidades de macroinvertebrados bentônicos	101
Carlos Emilio Bemvenuti & Leonir André Colling	
10. A comunidade de crustáceos decápodes	117
Fernando D'Íncio & Luiz Felipe Cestari Dumont	
11. As comunidades das marismas	125
César Serra Bonifácio Costa & Juliano César Marangoni	
12. As dunas costeiras adjacentes ao estuário	137
Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa	
13. Lições ecológicas e futuras tendências	147
Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa	
14. Referências	153

LISTA DOS AUTORES

- Abreu, P.C. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, docpca@furg.br
- Antiqueira, J.A.F. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, joseantiqueira@hotmail.com
- Bemvenuti, C.E. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, docbemve@furg.br
- Bergesch, M. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, docmarli@furg.br
- Calliari, L. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, lcalliari@log.furg.br
- Colling, L.A. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande-RS, andre_colling@yahoo.com.br
- Copertino, M. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, doccoper@furg.br
- Costa, C.S.B. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, costacsb@hotmail.com
- Cunha, R.P. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do RS, Campus Rio Grande, Rua Eng. Alfredo Huch 475, Rio Grande, RS, rosa.picolli@furg.br
- D'Incao, F. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, docdinca@furg.br
- Dumont, L.F.C. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, felipe_dumont@hotmail.com
- Fernandes, E. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, dfsehf@furg.br
- Garcia, A.M. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, amgarcia@mikrus.com.br
- Kaminski, S.M. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, sonia@kaminski.org.br
- Marangoni, J.C. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, julianomarangoni@pop.com.br

Medeanic, S. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, smedeanik@yahoo.com

Möller, O. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, dfsomj@furg.br

Moraes, L. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, lemoraes6@yahoo.com.br

Muelbert, J.H. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, docjhm@furg.br

Muxagata, E. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, e.muxagata@gmail.com

Niencheski, L.F. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, dqmhidro@furg.br

Odebrecht, C. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, doclar@furg.br

Seeliger, U. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, uli@ecomidia.pro.br

Vieira, J.P. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Av. Itália km8, 96201-900 Rio Grande, RS, Vieira@mikrus.com.br

1. INTRODUÇÃO

Ulrich Seeliger

1. INTRODUÇÃO

Ulrich Seeliger

Os ecossistemas costeiros do Atlântico Sul-ocidental são, em grande parte, influenciados pelas interações entre características oceanográficas, condições climáticas e descargas continentais (Kjerfve *et al.* 2001). Entre as latitudes 29-42°S, o encontro das águas quentes da corrente do Brasil vindas do norte, com as águas frias da corrente das Malvinas originadas no Atlântico sul, gera a Convergência Subtropical. A alta pressão do anticiclone do Atlântico Sul controla o clima desta região. Enquanto ventos de NE dominam na maior parte do ano, ventos do quadrante Sul prevalecem no inverno, durante a passagem de sistemas frontais polares (Stech & Lorenzetti 1992; Tomazelli 1993). Condições oceanográficas e climáticas imprimem na região costeira características de uma zona biogeográfica temperada-quente (Semenov & Berman 1979; Seeliger 1992). A descarga de água doce das bacias hidrográficas do Rio de la Plata e do sistema lagunar Patos-Mirim, com valores maiores no inverno e na primavera, diretamente controla os ambientes estuarino-costeiros no Atlântico Sul-ocidental (Seeliger & Odebrecht 1997; Seeliger 2001). A variabilidade interanual da pluviosidade e da descarga de água continental desta região está associada com o fenômeno *El Niño* – Oscilação do Pacífico Sul (*El Niño* Southern Oscillation, ENSO) (Depetris *et al.* 1996; Vörösmarty *et al.* 1996). Anos de *El Niño* proporcionam alta precipitação no verão/outono e causam extensas inundações nas bacias dos rios no sul do Brasil e no delta do Rio Paraná entre o Brasil, Paraguai e Argentina, enquanto condições de estiagem prevalecem em anos de *La Niña* (Marengo 2007).

No extremo sul do Brasil, as Lagoas dos Patos e Mirim (14.227 km²) recebem a água de uma bacia de drenagem de cerca 200.000 km². Na sua extremidade austral, a Lagoa dos Patos forma uma região estuarina de cerca 1000 km² que se conecta ao Oceano Atlântico através de um estreito canal (Fig. 1-1). A passagem da água doce e as trocas de água com o mar determinam a hidrodinâmica, a dinâmica dos sedimentos e as condições físico-químicas da água, condicionantes da estrutura e dinâmica das comunidades de plâncton, nécton e bentos. Eventos de *El Niño* e *La Niña* provocam profundas modificações no regime hidrológico, influenciam no transporte e na migração de organismos, além de alterar os processos ecológicos do estuário (Seeliger 2004).

Após a fundação do povoado de Rio Grande em 1737, o estuário da Lagoa dos Patos se tornou um centro de intensa colonização portuguesa. A riqueza biológica da região costeira fascinava os primeiros colonizadores e a abundância de pescado tem contribuído para o crescimento da região. O estuário também serviu de abrigo para embarcações de todas as bandeiras

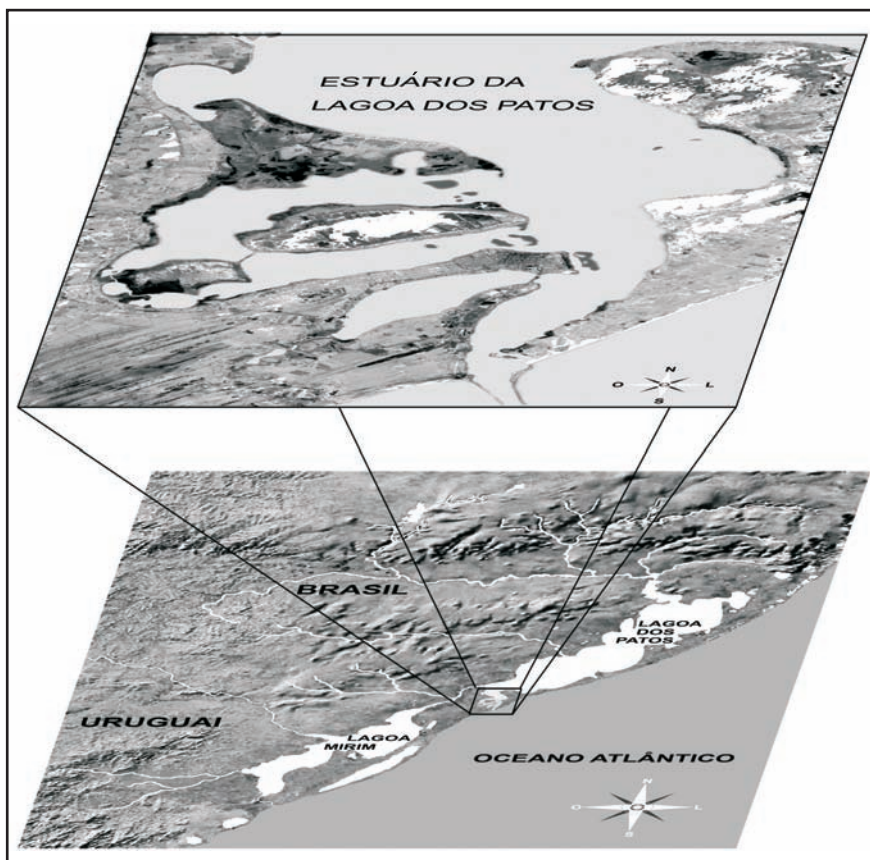


Fig. 1-1. Localização do estuário da Lagoa dos Patos no Sudoeste Atlântico do Brasil

e de porta natural para o comércio, favorecendo o crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico. Desde então, o estuário da Lagoa dos Patos foi objeto de múltiplas atividades humanas, sendo que as primeiras descrições de interferências ecológicas datam do século XIX (von Ihering 1885).

O lento fluxo das águas da Lagoa dos Patos em direção ao Oceano Atlântico favorece a deposição de grandes quantidades de sedimentos da bacia de drenagem no estuário, o que historicamente tem interferido na navegação. Este processo natural tem sido respondido desde 1830 com a dragagem dos canais. O material dragado serviu de aterro ao longo das margens e de áreas rasas para a expansão industrial e residencial da cidade de Rio Grande (Seeliger & Costa 1997).

O fluxo de águas lagunares e de correntes litorâneas continuamente formou e retirou bancos arenosos na estreita abertura da Lagoa, conhecida como Barra do Rio Grande. Desde a chegada dos primeiros colonizadores

muitos navios encalharam até que, em 1917, a construção dos molhes finalmente assegurou a abertura da Barra (Fig. 1-2). Assim, a centenária e contínua interferência humana tem gradativamente alterado tanto a área, como a profundidade e a circulação do estuário inferior (Calliari 1997).

O rápido crescimento demográfico ao redor da Lagoa dos Patos foi responsável pela adição de quantidades crescentes de nutrientes (Niencheski & Windom 1994). A água doce dos principais tributários adiciona efluentes domésticos dos centros urbanos e efluentes de áreas com agricultura intensiva. O excesso de nutrientes para o estuário tem iniciado um processo de eutrofização que levou à deterioração das suas águas (Almeida *et al.* 1993; Baumgarten *et al.* 2001).

Por mais de um século (von Ihering 1896) o estuário da Lagoa dos Patos serviu de expoente do potencial pesqueiro desta região, sustentando até os dias de hoje cerca de 6.000 pescadores artesanais (Reis 1992). Até a década de 1940, a pesca na Lagoa dos Patos e no estuário dependeu de botes a remo e de pequenos barcos de madeira. A introdução de barcos a motor, redes de fibra sintética e meios modernos de estocagem e transporte permitiram aos pescadores artesanais praticarem a pesca de arrasto. Na década de 1980 a sobre-pesca, associada à captura indiscriminada no período de reprodução, levaram à exaustão nos estoques estuarinos de miragaia (*Pogonias cromis*), corvina (*Micropogonias furnieri*) e bagre (*Netuma barba*) (Reis *et al.* 1994).

Perturbações de alta frequência ou de longa duração, sejam elas naturais como o evento de ENSO, ou antrópicas como dragagens, obras de engenharia, eutrofização e pesca, comprometem a persistência do sistema estuarino da Lagoa dos Patos. As perturbações alteram a estrutura e as funções ecológicas do estuário, bem como a integridade e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades ao seu redor (Seeliger *et al.* 1997).



Fig. 1-2. Construção dos molhes da Barra do Rio Grande, entre 1911-15.

2. HIDROLOGIA E HIDRODINÂMICA

Osmar Möller & Elisa Fernandes

2. HIDROLOGIA E HIDRODINÂMICA

Osmar Möller & Elisa Fernandes

INTRODUÇÃO

A Lagoa dos Patos é a maior laguna costeira (~10.000 km²) estrangulada do mundo (Kjerfve 1986). A laguna recebe o aporte de água doce dos rios da parte norte da planície costeira do Rio Grande do Sul e dos rios afluentes da Lagoa Mirim, assim representa um escoadouro natural da bacia hidrográfica (~200.000 km²) para o oceano. A entrada de água salgada do mar para o interior da laguna forma uma área estuarina com limite médio até a região da Ponta da Feitoria, apesar de poder se estender até a parte norte da laguna, ou ficar restrita à desembocadura na Barra do Rio Grande. O afunilamento natural do estuário em direção ao mar é decisivo na circulação por intensificar as correntes de vazante (Fig. 2-1). Enquanto o efeito da maré (0,4 m) é de importância secundária, sendo 80% da energia da maré removida pela fricção, em função da morfologia entre a desembocadura e o médio estuário (Möller *et al.* 2009), a hidrodinâmica da laguna depende principalmente das relações entre a descarga fluvial e a ação dos ventos.

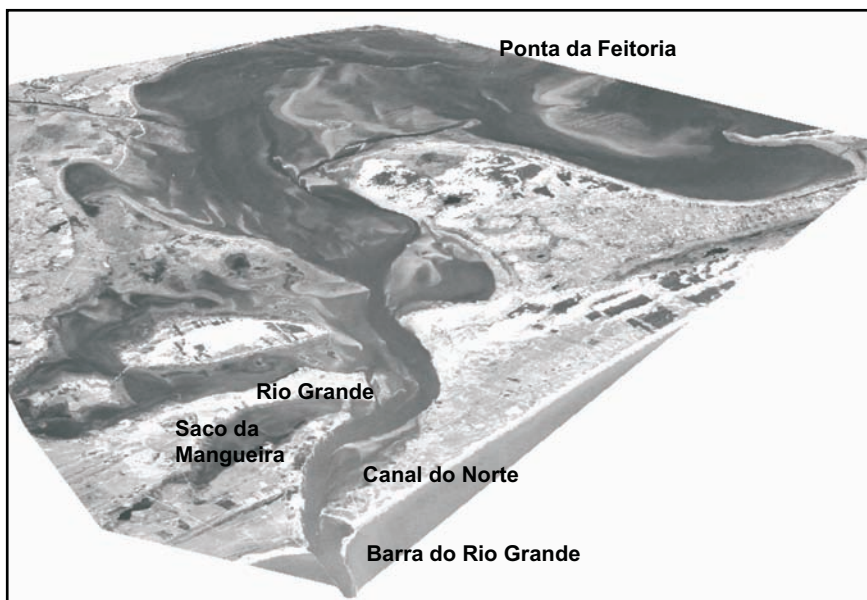


Fig. 2-1. Morfologia da região estuarina da Lagoa dos Patos (modificada de Cunha 2009).

Num período de 24 horas, as oscilações do nível da água nas áreas internas da laguna são causadas pelo efeito combinado da brisa com a maré. A ação do vento soprando ao longo do eixo lagunar (efeito local), associada à variação de nível da água na zona costeira (efeito remoto do vento) gera desníveis de 0,3 a 0,4 m ao longo da laguna (Fig. 2-2) (Möller *et al.* 2001; Fernandes *et al.* 2002). Os efeitos dos ventos de NE e SO atuam no processo de salinização e dessalinização das águas estuarinas (Costa *et al.* 1988; Möller *et al.* 1991) formando estruturas verticais de salinidade que variam entre situações de cunha salina e bem misturado (Calliari 1980). A passagem de frentes meteorológicas, em escala de 3 a 15 dias, eleva o nível do mar na costa sob efeito de ventos SO, forçando águas marinhas para o interior da laguna, em períodos de descarga fluvial fraca ou moderada. A salinidade no estuário decresce de forma exponencial com o aumento da descarga fluvial, descargas superiores a $3.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ praticamente bloqueiam a propagação da água salgada para o interior da laguna (Möller *et al.* 1991; Fernandes 2001; Fernandes *et al.* 2002).

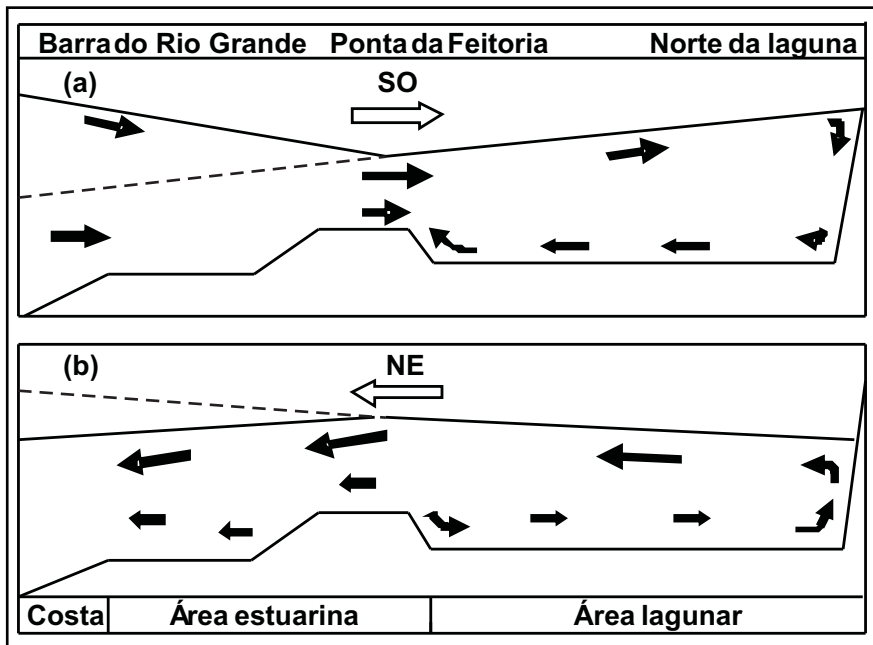


Fig. 2-2. Desníveis da água na região costeira e no interior da Lagoa dos Patos, em função da ação de ventos de SO (a) e de NE (b). A linha tracejada representa o nível caso a Lagoa dos Patos fosse fechada nas duas extremidades (modificada de Möller *et al.* 2001).

A descarga fluvial, o regime de ventos, bem como o nível e a salinidade das águas da região estuarina apresentam variabilidade sazonal (Closs & Madeira 1968; Marques 2005). Descargas fluviais (Fig. 2-3a)

abaixo da média histórica ($2.400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) ocorrem no final da primavera e no verão, e acima da média no final do outono, inverno e início da primavera. O componente do vento paralelo ao eixo longitudinal da laguna (Fig. 2-3b) é dominado por valores negativos (ventos de NE) na primavera e verão, enquanto valores positivos (ventos de SO) ocorrem no outono e no inverno, com a maior frequência na passagem de frentes frias. A combinação dessas condições traz consequências para o nível e para a salinização das águas estuarinas. Valores de nível das águas acima da média ocorrem de outono até início da primavera. No outono são decorrentes do efeito dos ventos de S/SO que forçam a entrada de grandes volumes de águas marinhas para o interior da laguna, enquanto no inverno, a combinação de ventos de S/SO com altas descargas favorece o represamento destas, ocasionando picos de nível em julho (Fig. 2-3c). Apesar dos ventos de NE serem dominantes na primavera, as altas descargas fluviais mantêm os níveis acima da média. Os valores de nível abaixo da média ocorrem no final da primavera e no verão. Descargas abaixo da média, combinadas com o predomínio de ventos de NE são as principais responsáveis pelos níveis baixos da água, no final da primavera e no verão (Fig. 2-3c).

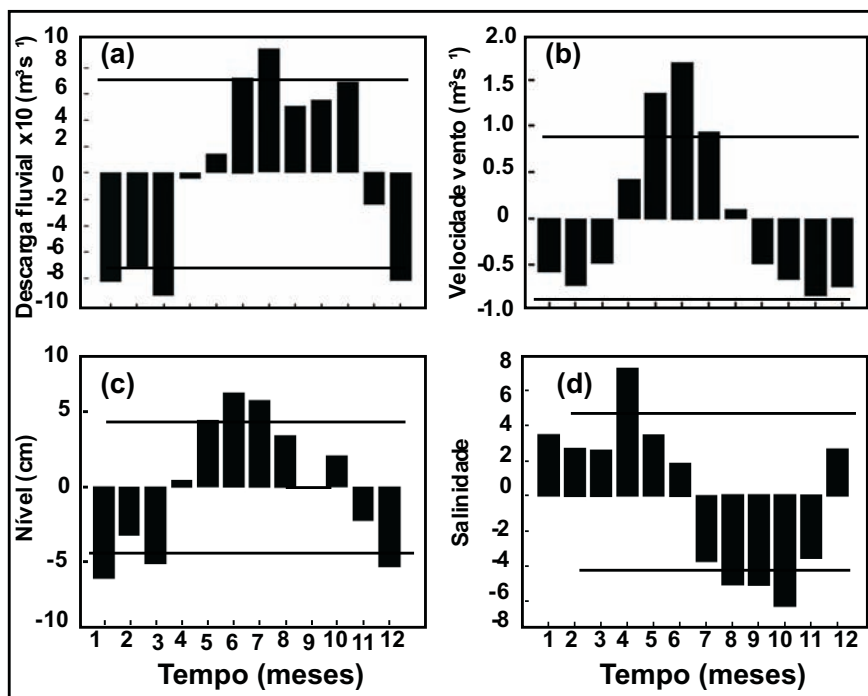


Fig. 2-3. Desvios em relação à média anual da descarga fluvial (a), velocidade da resultante do vento paralela à costa com valores negativos (ventos de NE) e valores positivos (ventos de SO) (b), nível da água (c) e de salinidade (d) no estuário da Lagoa dos Patos (modificada de Marques 2005)

Também a salinidade no estuário segue um padrão sazonal (Fig. 2-3d), com valores acima da média no final de primavera e no verão, devido à baixa descarga, apesar da dominância de ventos de NE. A salinização das águas é intensificada nos meses de abril e maio, em função da dominância dos ventos de SO e descargas fluviais ainda abaixo da média. Fluxos de vazante, derivados do aumento da descarga fluvial, reduzem a salinidade no inverno, mesmo sob ventos de S/SO dominantes. Os dados de séries temporais, claramente, confirmam, através da correlação negativa entre a descarga dos rios e a salinidade do canal do Norte, o efeito decisivo desta variável na circulação da Lagoa dos Patos (Fig. 2-4).

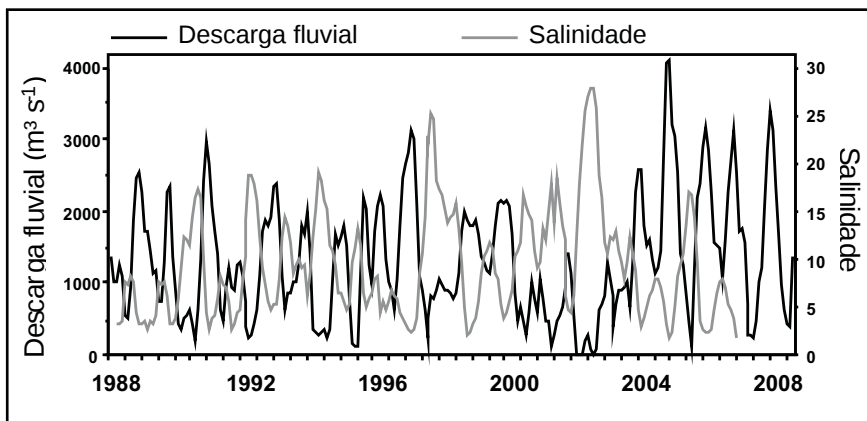


Fig. 2-4. Descarga fluvial (soma dos principais tributários) e salinidade no estuário da Lagoa dos Patos.

CENÁRIO HIDROLÓGICO HISTÓRICO

Os primeiros trabalhos sobre a hidrologia na Lagoa dos Patos datam do fim do século XIX e tiveram o objetivo de buscar soluções para melhorar o acesso ao Porto de Rio Grande, evitando, assim, a realização do comércio com o exterior através de Montevidéu (Rodrigues 1903). Numa época de conhecimentos sobre a circulação da água nos estuários, ainda bastante incipientes, o trabalho de Bicalho (1883) mostrou, pela primeira vez, os efeitos da descarga fluvial e dos ventos de nordeste (NE) e sudoeste (SO) nos processos de vazante, com águas de baixa salinidade em superfície, e de enchente com maior salinidade em camadas mais profundas, respectivamente. Os dados indicaram que a velocidade de correntes na Barra do Rio Grande e na zona costeira seria insuficiente para remobilizar e transportar os sedimentos em direção ao mar aberto. A construção de dois molhes convergentes, de aproximadamente 4 km de extensão, poderia provocar a aceleração do fluxo, promovendo o transporte dos sedimentos para mar aberto, permitindo assim, a entrada de

navios com calado superior a 3 m (Fig. 2-5). Os trabalhos seguintes pouco acrescentaram, contudo ressaltaram a importância do balanço

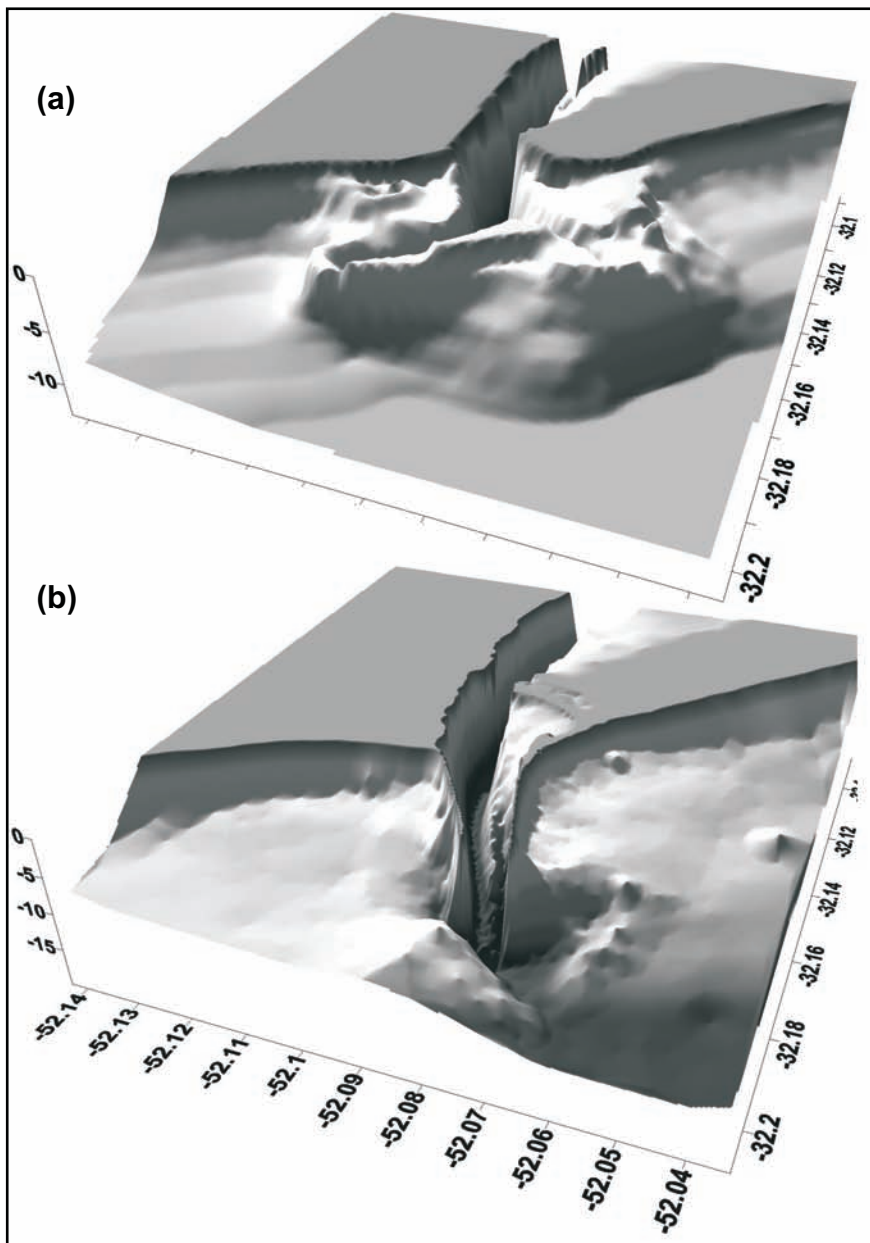


Fig. 2-5. Relevos da batimetria no Canal do Norte e na Barra do Rio Grande em 1887 (a) e atualmente (b).

evaporação-precipitação na salinização das águas (von Ihering 1885) ou apresentaram modelos conceituais da ação do vento no oceano e sobre a lagoa (Fig. 2-6) (Rodrigues 1903). Os trabalhos de Malaval (1915, 1922), engenheiro responsável pela construção dos molhes da Barra de Rio Grande mostraram a influência de aspectos meteorológicos, hidrológicos e hidrográficos na circulação do sistema da Lagoa dos Patos. Analisando regimes de enchente, vazante e de estofa através de desníveis registrados por vários marêgrafos encontrou uma descarga média que coincidiu com valores da ordem de $4.800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ obtidos por Bicalho (1883). Os conhecimentos avançaram, consideravelmente, a partir de 1976, com a implementação de pesquisas da Base Oceanográfica Atlântica da FURG.

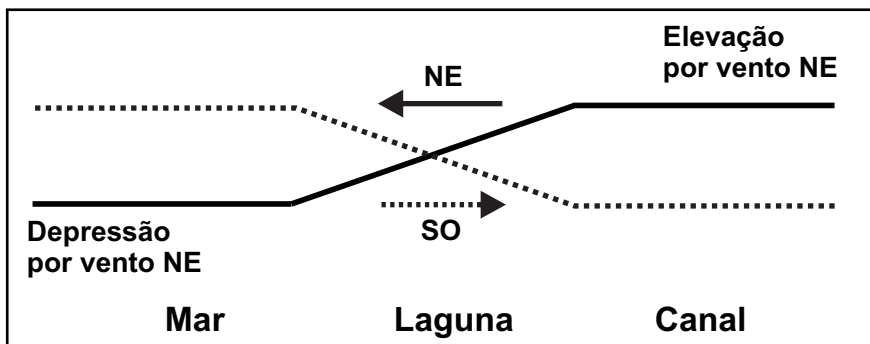


Fig. 2-6. Oscilações de nível da água no estuário da Lagoa dos Patos sob o efeito de ventos de NE e de SO (modificada de Rodrigues 1903)

MUDANÇAS SECULARES NOS PADRÕES HIDROLÓGICOS

Além de ventos, descarga fluvial e amplitude de maré, a morfologia do estuário é o fator determinante nos processos de circulação. Alterações morfológicas introduzidas por dragagens, construção de aterros, molhes e até mesmo pontes, podem alterar a propagação da onda de maré, modificar a estratificação vertical de salinidade e diminuir ou aumentar a penetração de água salgada para o interior do estuário.

A alteração morfológica mais importante no estuário, com impactos irreversíveis na circulação, foi a construção dos molhes na Barra de Rio Grande, entre 1911 e 1915. A estreita desembocadura do estuário, constituída por um delta com bancos de areia que se movimentavam em função de ondas e correntes, deu lugar a um extenso canal que intensificou o afunilamento devido à convergência de suas bordas (Fig. 2-5). Em consequência, o aumento da velocidade média dos fluxos de vazante tornou a circulação lagunar e estuarina mais dependente da descarga dos rios tributários. Devido a maior extensão do molhe leste, parte do fluxo de enchente forçado por ventos de SO (Fig. 2-7a) se concentrou na margem

leste, ocasionando uma circulação lateral que provocou erosão ao longo do molhe leste e a formação de um banco na parte central do Canal do Norte. Os fluxos mais importantes de vazante ocorrem no molhe oeste (Fig. 2-7b) com profundidade controlada por dragagens regulares, enquanto fluxos de

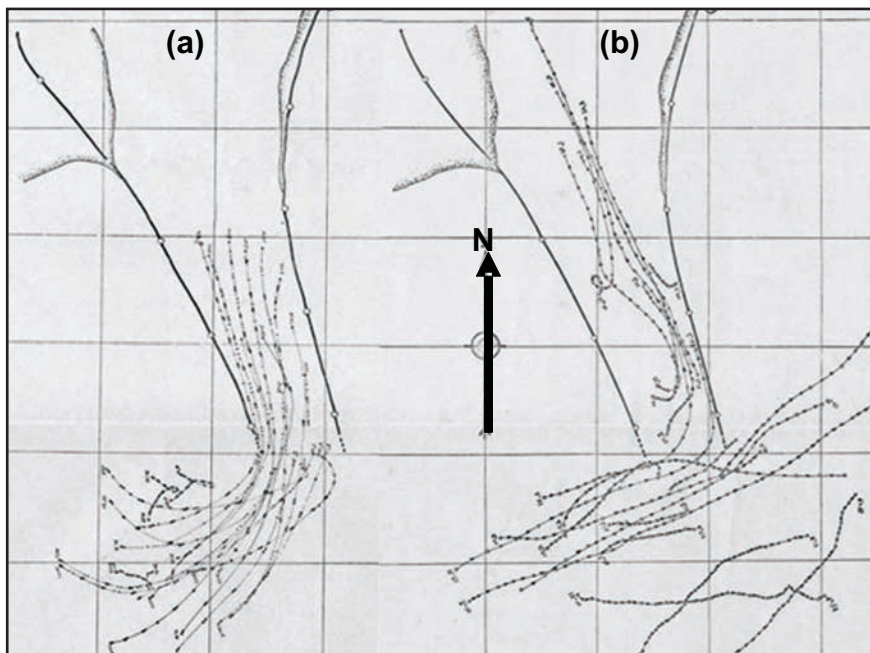


Fig. 2-7. Medições de vazante (a) e de enchente (b) por flutuadores nos molhes da Barra do Rio Grande (modificada de Gafrée 1927)

enchente com água salgada ocupam grande parte da coluna de água no molhe leste, mantendo uma profundidade constante de cerca de 22 m (Gafrée 1927). Simulações do padrão das correntes, da estratificação vertical e da excursão de água salgada para o interior do estuário, baseadas no cenário histórico (Bicalho 1883) (Fig. 2-5a) e atual (Fernandes *et al.* 2008), já considerando o prolongamento, a convergência dos molhes e o aprofundamento do canal (Fig. 2-5b), indicaram que a salinização no estuário médio e no Canal do Norte diminuiu nas águas superficiais, bem como na camada de fundo, embora nesta última, em menor intensidade (Fig. 2-8).

Após a abertura da bacia do Porto Novo, em 1916, o aterro com material dragado complementado por uma ponte estreitou a embocadura do Saco da Mangueira, que é uma enseada semifechada ligada ao estuário (Fig. 2-1). O estreitamento acarretou no aumento das velocidades de

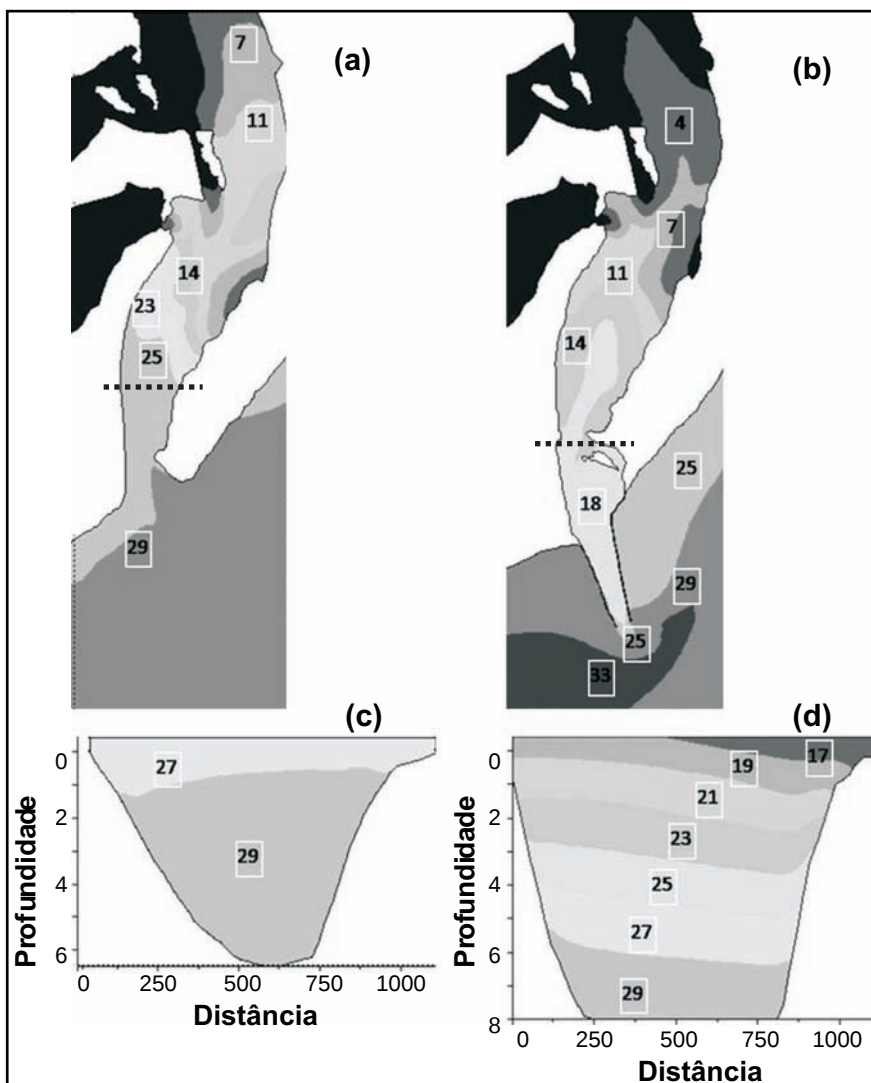


Fig. 2-8. Simulação de salinidades superficiais antes da construção dos molhes (a) e atualmente (b) com os respectivos perfis verticais (linhas pontilhadas) de salinidade no Canal do Norte (c,d) do estuário da Lagoa dos Patos

correntes que aprofundou a embocadura, de 1 m para 10 m. Esse aterro bloqueou a circulação de retorno na margem junto à cidade de Rio Grande (Monteiro *et al.* 2005) diminuindo a renovação das águas próximas à margem que recebem efluentes domésticos, pluviais e industriais, na maioria, sem tratamento (Baumgarten *et al.* 2001).

VARIAÇÕES TEMPORAIS DE LONGO PERÍODO

Em função da posição geográfica da Lagoa dos Patos, eventos intensos de ENOS refletem em grandes variações interanuais da descarga fluvial e de vento, alterando profundamente a circulação das águas lagunares e, conseqüentemente, os processos de dessalinização ou salinização que podem durar por vários meses.

Altas descargas dos rios, que tendem a se repetir no ano seguinte, ocorrem predominantemente durante eventos de *El Niño* (Fernandes *et al.* 2002; Möller *et al.* 2009). Já aos eventos *La Niña* normalmente estão associados os períodos de baixas descargas fluviais (Fig. 2-9) (Garcia *et al.* 2001, 2003; Vaz *et al.* 2006; Möller *et al.* 2009). As variações interanuais do

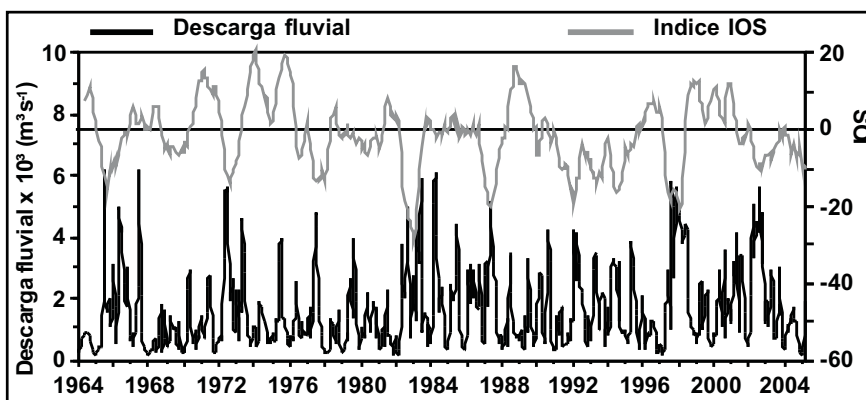


Fig. 2-9. Descarga fluvial e Índice de Oscilação Sul (IOS) (modificada de Möller *et al.* 2009). Valores negativos de IOS (*El Niño*) estão associados a altas descargas dos rios e valores positivos de IOS (*La Niña*) estão associados a baixas descargas fluviais.

regime de ventos da região, também podem estar ligadas aos eventos ENOS. Em anos de *El Niño*, os ventos dominantes são os de NE, enquanto ventos de SO ocorrem com maior frequência durante eventos de *La Niña* (Barros *et al.* 2002; Piola *et al.* 2005). Assim, a combinação de altas descargas e ventos de NE durante anos de *El Niño*, acarreta em fortes vazantes que limitam o estuário à área do Canal do Norte, e a Lagoa dos Patos atua quase como um rio. O fluxo de vazante pode persistir durante vários meses, já que o efeito principal de *El Niño* reside em estender o período de altos fluxos até o mês de dezembro. As águas de origem continental são rapidamente forçadas em direção à desembocadura do estuário, controlado o avanço de águas salinas ou impedindo a salinização da laguna, mesmo durante períodos em que ventos de SO são importantes (Fig. 2-2). Durante eventos de *La Niña* a situação se inverte e baixas descargas e maior ação dos ventos de SO favorecem a intensa salinização da Lagoa dos Patos, como ocorreu nos anos de 1988, 2005 e 2008 quando

águas salinas alcançaram distâncias de até 160 km da desembocadura (Möller & Castaing 1999; Odebrecht *et al.* 2005). A variabilidade na descarga fluvial tem implicações decisivas para a produção camaroneira (Castello & Möller 1978) e para o cultivo do arroz irrigado nas margens da laguna (Macedo *et al.* 2005).

Além da intensa variabilidade interanual, as descargas fluviais dos principais tributários da Lagoa dos Patos crescem numa taxa de cerca de 20 m³/s por ano (Möller *et al.* 2009) (Fig. 2-10). Essa tendência pode ser parcialmente atribuída ao aumento das precipitações atmosféricas na região, mas também à crescente urbanização, ao uso intensivo de solos e ao desmatamento, que contribuem com um maior escoamento superficial para os rios. A tendência dos níveis da água na Barra do Rio Grande (Fig. 2-10) em aumentar na razão de 2,5 mm.ano⁻¹ está aparentemente associada à descarga fluvial dos principais tributários. No entanto, valores no aumento do nível entre 0,7 a 4,2 mm.ano⁻¹ reportadas para esta costa (Emery & Aubrey 1991) podem indicar que outros efeitos, como processos de assoreamento e instabilidade vertical dos marégrafos, podem estar sendo introduzidos nesta tendência.

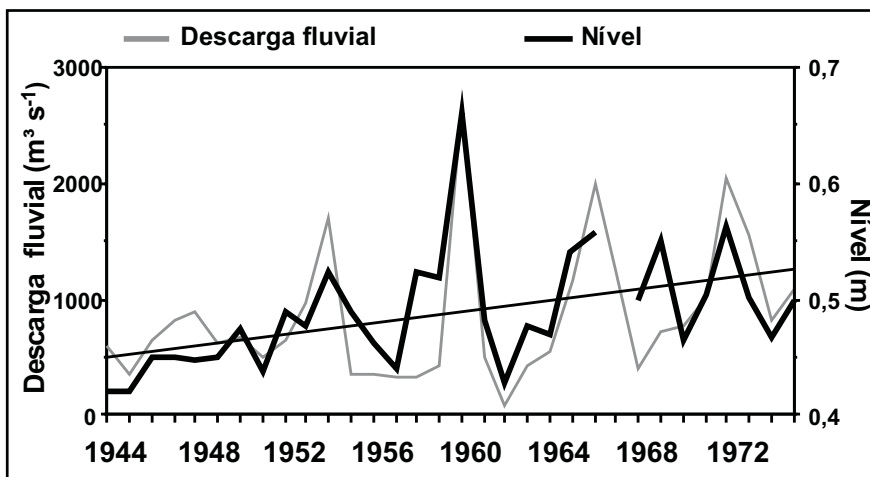


Fig. 2-10. Média anual das descargas fluviais (soma dos principais tributários) e nível das águas na Barra do Rio Grande com tendência linear (linha reta) do nível num período de 31 anos.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo do tempo, tendências de maior descarga fluvial podem diminuir a intensidade de intrusões salinas e aumentar a estratificação no estuário. Este processo será amplificado a partir da maior dominância de ventos de NE em estações com frequências reduzidas, como no outono.

Em termos gerais, a circulação estuarina depende da diferença de nível da água entre o estuário e a zona costeira. O aumento de nível das águas da Lagoa dos Patos, se confirmado, poderá ser determinante para diminuir as ações de ventos de SO. As conseqüentes variações na intensidade de salinização do estuário e da laguna implicam no maior ou menor tempo de residência de substâncias naturais ou introduzidas por atividade humana, em alteração dos processos de sedimentação ou erosão, bem como, em impactos na estrutura das comunidades, nos processos ecológicos e nas atividades pesqueiras. Por outro lado, considerando períodos ainda maiores, um possível aumento do nível do mar será determinante para a circulação e a morfologia da laguna e do estuário.

Agradecimentos: CNPq pelas Bolsas PQ 302812/2007-5 e 308796/2008-0; South Atlantic Climate Change (SACC) contrato CRN2076 financiado pelo Instituto Interamericano para Pesquisas sobre Mudanças Globais (IAI, NSF contrato GEO-0452325). Augusto Muniz Cavalcanti e Bruno Möller que confeccionaram a figura 2-5.

3. GEOMORFOLOGIA E DINÂMICA SEDIMENTAR

Lauro Calliari, Rosa Piccoli da Cunha & José Antonio Fonseca de Antiqueira

3. GEOMORFOLOGIA E DINÂMICA SEDIMENTAR

Lauro Calliari, Rosa Piccoli da Cunha & José Antonio Fonseca de Antiqueira

INTRODUÇÃO

No estuário da Lagoa dos Patos predominam grandes bancos de pouca profundidade (1-5 m) e esporões arenosos recurvados, típicos de enseadas rasas (<1 m) das margens, bem como, o Canal do Norte (18 m) que é via de escoamento com fluxo bidirecional entre a laguna e o Oceano Atlântico (Calliari 1980; Toldo 1991). O transporte fluvial adiciona um considerável volume de sedimentos da vasta bacia de drenagem para o estuário (Martins 1963; Hartmann *et al.* 1980). A carga de sedimentos em suspensão varia, respectivamente, de 30 a 70 mg l⁻¹ em anos de *La Niña* ou de *El Niño*. Entretanto, em períodos de descarga máxima, o transporte de sedimentos em suspensão pode alcançar volumes muito maiores (Paim & Möller 1986). Sedimentos argilo-silticos são típicos de canais profundos e de enseadas rasas protegidas (Martins 1971), enquanto fundos arenosos estão predominantemente associados com as margens e as partes rasas dos grandes bancos (Calliari 1980). As variações geomorfológicas e hidráulicas sedimentológicas destas feições, tanto naturais como antrópicas, podem ser verificadas a partir da carta de Lôpo Netto de 1882 que é a primeira representando o estuário com razoável grau de confiabilidade (Fig. 3-1).

A presença de margens arenosas, pontais, esporões, bancos submersos e ilhas com baixa expressão topográfica apontam para processos ondulatórios, originados pelos ventos predominantes de nordeste, sudeste e sudoeste, como os principais agentes modeladores no estuário. Em vários setores do estuário a erosão da linha da costa é provocada, principalmente, pelos rápidos e frequentes aumentos do nível da laguna. Nessas condições, ondas de pequena amplitude e baixo período erodem as margens e deslocam sedimentos para a parte subaquosa da praia, sendo daí transportados pela deriva litorânea. A extremidade dos corpos arenosos alongando-se para o sul, na parte norte e média do estuário, sugere a predominância de transporte litorâneo em direção ao sul, sob a ação do vento de nordeste. Em contraste, a forma alongada do Pontal da Mangueira para o norte, bem como, os baixios e esporões arenosos próximos à Barra do Rio Grande, indicam transporte litorâneo para norte sob correntes de enchente, tanto da maré meteorológica associada a ventos do quadrante sul os quais represam as águas no estuário, como da maré astronômica (Fig. 3-2).

Na margem noroeste do estuário, na enseada do Laranjal, alternam-se zonas erosivas com zonas acrescionais (Fig. 3-1). A parte sul da

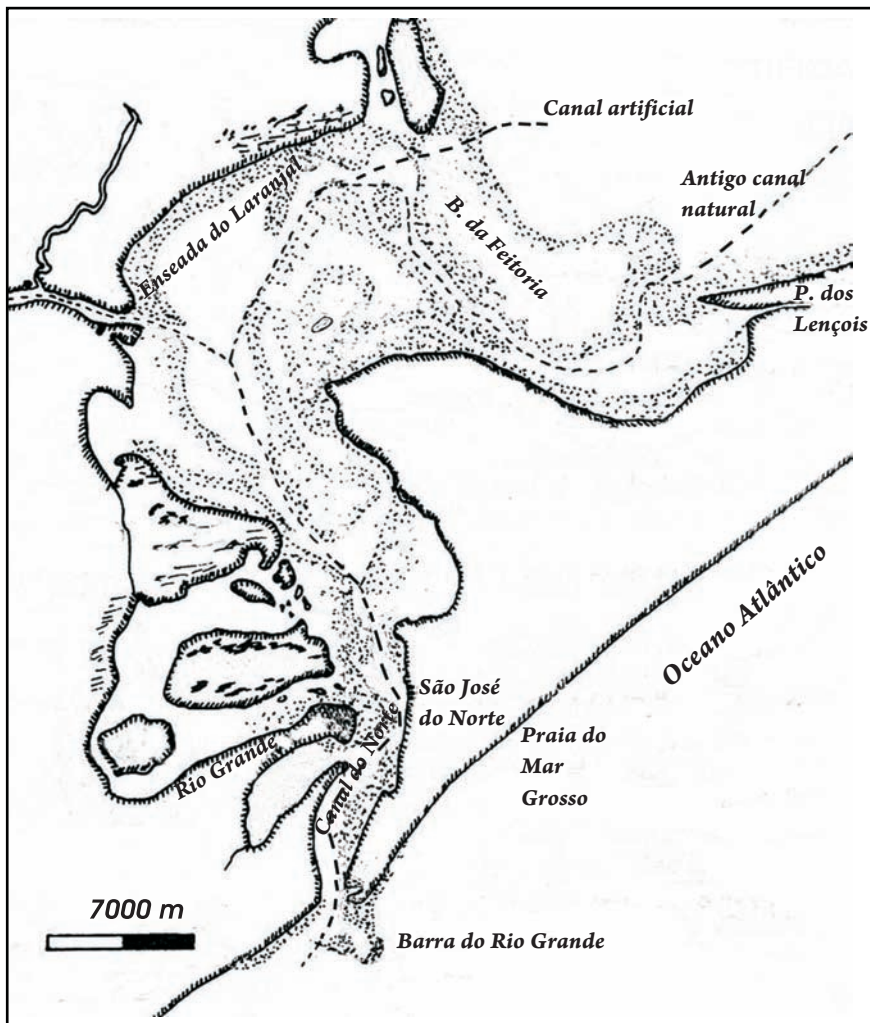


Fig. 3-1. Carta mostrando as principais feições geomorfológicas do estuário (modificado de Lôpo Netto 1882).

enseada tem acreção ($0,21-0,74 \text{ m.ano}^{-1}$) e a parte central erosão ($0,36-0,55 \text{ m.ano}^{-1}$). Mais ao norte ocorrem zonas de erosão, acreção e estabilidade, sendo as taxas de erosão e acreção muito próximas (cerca de $0,45 \text{ m.ano}^{-1}$). Os processos de erosão e de acreção são decorrentes do transporte litorâneo em direção ao sul devido ao vento nordeste. Elevadas taxas de erosão de até 24 m.ano^{-1} ocorrem em alguns setores na costa norte desta enseada, devido a ações antrópicas (Fischer 2005).

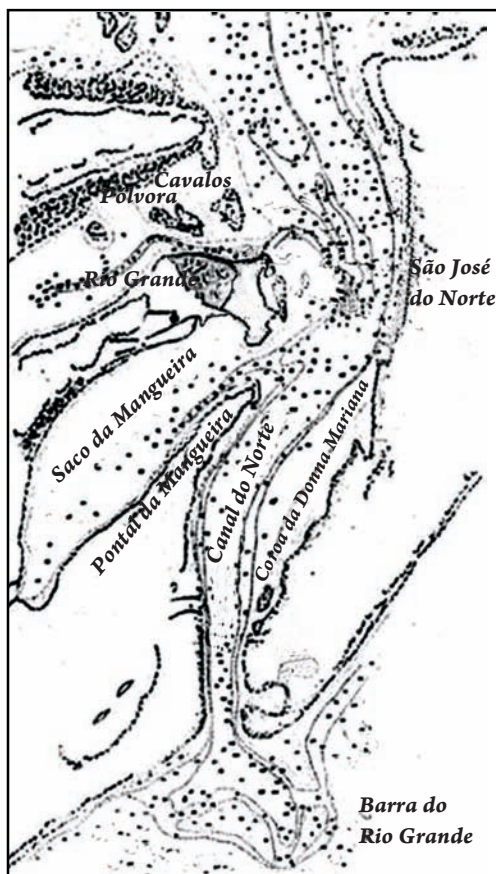


Fig. 3-2. Carta do estuário inferior e da Barra do Rio Grande (modificado de Lôpo Netto 1882).

Também ilhas na parte média do estuário apresentam, respectivamente, processos de erosão ($0,8\text{--}2,55\text{ m.ano}^{-1}$ Pólvora e Cavalos) e de acreção ($0,33\text{ m.ano}^{-1}$ Cavalos) das margens leste e oeste (Souza Vieira & Hartmann 2008) (Fig. 3-2).

Desde cedo se verificou erosão nas duas margens côncavas do Canal do Norte, em frente a São José do Norte e abaixo do Pontal da Mangueira. Durante o nível lagunar elevado, o fluxo de enchente e vazante erode as margens e transporta os sedimentos para o canal (Calliari 1980). A margem oeste do canal apresenta tendências erosivas, ao longo de toda extensão ao sul da entrada do Saco da Mangueira, sofrendo erosão de cerca 5 m.ano^{-1} durante os últimos 160 anos. Ao contrário da margem oeste, a margem leste do Canal do Norte é essencialmente irregular e acrescional. O flanco convexo da margem (Coroa de Dona Mariana) sofre acreção devido à dinâmica das correntes de enchente de águas marinhas,

mantendo a largura do canal em 700 m (Fig. 3-3) (Long & Paim 1987). A deriva litorânea de sedimentos e a dinâmica de correntes e ondas que entram no estuário são responsáveis pelo desenvolvimento de esporões arenosos e pequenas enseadas na extremidade sul até a base do molhe leste (Antiqueira *et al.* 2004).

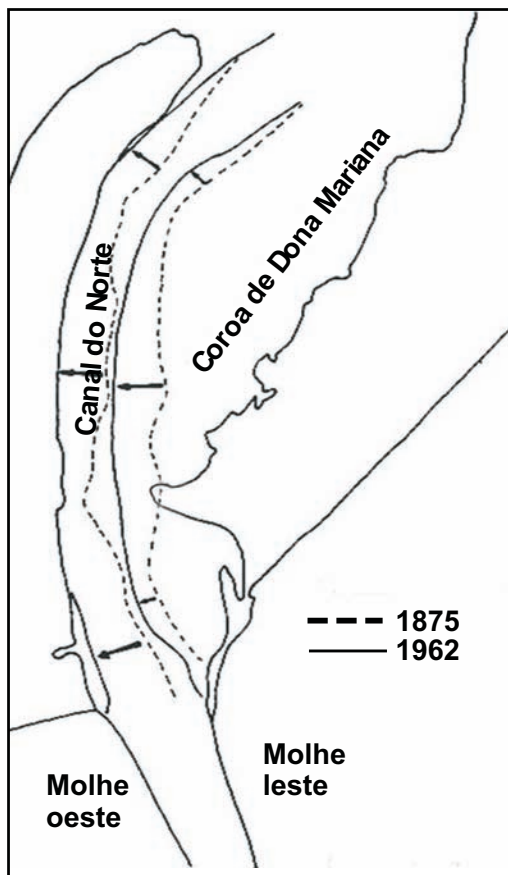


Fig. 3-3. Evolução das margens do Canal do Norte (modificado de Long & Paim 1987)

A instabilidade de profundidade (2,7-3 m) e direção dos canais da Barra do Rio Grande, representando a porção marinha do Canal do Norte, foi um problema histórico para a navegação. Até a primeira década do século XX ocorreram consideráveis migrações da Barra no sentido anti-horário, de sudoeste para nordeste (Fig. 3-4), devido ao transporte por ondulações e vagas de sedimentos arenosos que tendiam a obstruir o canal, sendo impedido pelo forte fluxo sazonal de vazante (Rodrigues 1903). No interior do estuário, a comunicação com o setor médio da Lagoa dos Patos pelo antigo canal, que contornava o Banco da Feitoria na Ponta

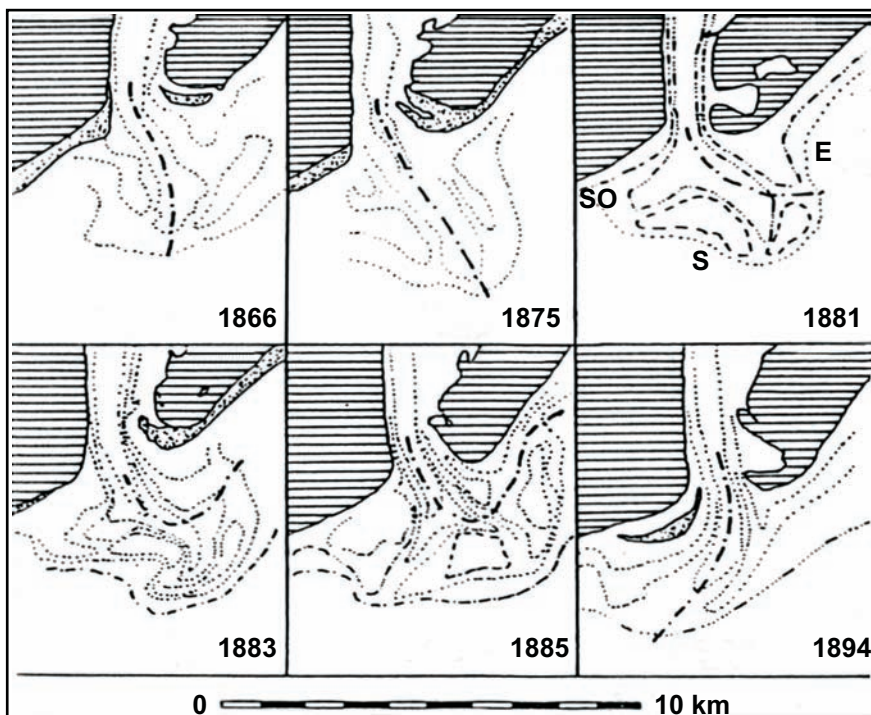


Fig. 3-4. Variação do passe navegável sobre a Barra do Rio Grande (modificado de Rodrigues 1903)

dos Lençóis, representava um antigo problema para a navegação, sendo posteriormente aberto um canal artificial através do Banco da Feitoria (Fig. 3-1).

MUDANÇAS GEOMORFOLÓGICAS E SEDIMENTOLÓGICAS NO SÉCULO XX

A modificação antrópica mais significativa no estuário foi a fixação da Barra do Rio Grande e o aprofundamento subsequente do Canal do Norte que dá acesso ao Porto de Rio Grande. A partir de 1883, iniciou-se o levantamento sistemático da batimetria da Barra e do Canal do Norte com a finalidade de construir molhes para fixar o passe sobre a Barra, e assim a entrada de navios com segurança. Entre 1905 e 1915, foram então construídos dois molhes convergentes, com cerca de 4 Km cada, no rumo SE.

Após a construção dos molhes, o esporão arenoso na raiz do molhe leste mudou o volume e a forma, de lado convexo para o lado côncavo voltado para o oceano (Cunha & Calliari 2009) (Fig. 3-5). Entre 1918 e 1922

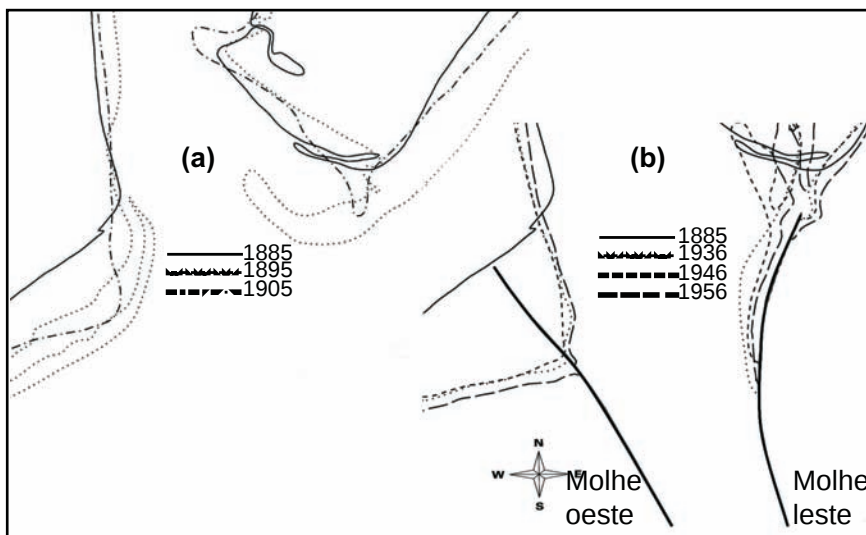


Fig. 3-5. Mudanças na linha da costa na embocadura do estuário da Lagoa dos Patos, antes e após a construção dos molhes.

surgiu um pontal que sofreu períodos de acresção e erosão. Translações desse pontal para nordeste ocorreram de 1941 a 1964, dando origem a uma nova feição geomorfológica (coxa de galinha - drumstick model) conhecida como Pontal do DEPREC. A evolução até sua forma atual levou cerca de 60 anos (Antiqueira *et al.* 2004) e o suprimento sedimentar para a sua formação e manutenção tem origem marinha. O transporte do material para o interior do estuário na direção norte/noroeste é influenciado pelos ventos do quadrante sul e por ondas com incidência oblíqua na raiz do molhe leste. O Pontal do DEPREC acabou isolando a Ponta dos Pescadores e um novo pontal (Fase 1) já está em processo de isolamento ao sul, sendo que uma nova feição (Fase 2) deve formar-se no futuro (Fig. 3-6).

A erosão da maior parte da margem oeste do Canal do Norte foi controlada através de enrocamentos com rochas graníticas após 1936, salvo a margem no extremo sul que se encontra predominantemente desprotegida e continua sofrendo erosão de cerca 5 m.ano^{-1} (Barbosa 2003). Na raiz do molhe oeste, houve um ganho de sedimentos e a linha de costa ao sul do molhe oeste progrediu em cerca de 1000 m (Lélis & Calliari 2006) (Fig. 3-5b).

Outro impacto antrópico significativo no estuário, com objetivo de aumentar a área portuária, e reduzir a distância e o tempo de navegação para chegar ao canal do Norte, foi a abertura da Bacia do Porto Novo e do canal de ligação com o Porto Velho sobre o Baixio do Ladino que apresentava uma zona de assoreamento ativo. Em 1916 foram dragados aproximadamente 17 milhões de metros cúbicos os quais serviram de aterro dos terraplenos de leste, atualmente a Ilha da Base, e especialmente

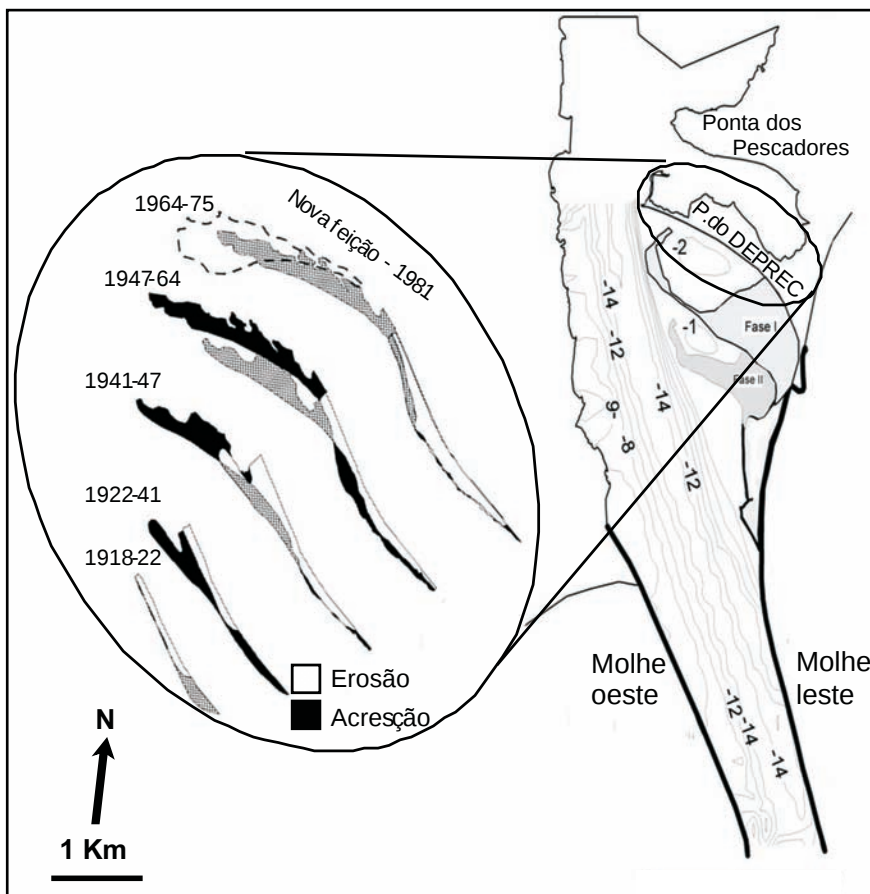


Fig. 3-6. Evolução do Pontal do DEPREC na margem leste do Canal do Norte, de 1918 até hoje, com tendências evolutivas neste século.

ao oeste, para prolongamento da cidade de Rio Grande. O estabelecimento do Porto Novo aumentou a profundidade do Porto Velho e causou alterações do fluxo de vazante e enchente entre o Porto Velho e o Canal do Norte (Fig. 3-7). O aterro com material dragado também reduziu a antiga e larga embocadura ao norte do Pontal da Mangueira, permitindo a ligação com a cidade através da construção de uma ponte, bem como aumentou a profundidade do canal que liga o Saco da Mangueira ao Canal do Norte (Fig. 3-2).

As alterações da morfologia e profundidade, principalmente relacionadas à abertura da bacia do Porto Novo, à retificação de canais internos e à construção dos molhes modificaram as características hidráulicas e sedimentares naturais, causando assoreamentos significativos. Assim, nos últimos 60 anos, 46 milhões de metros cúbicos de

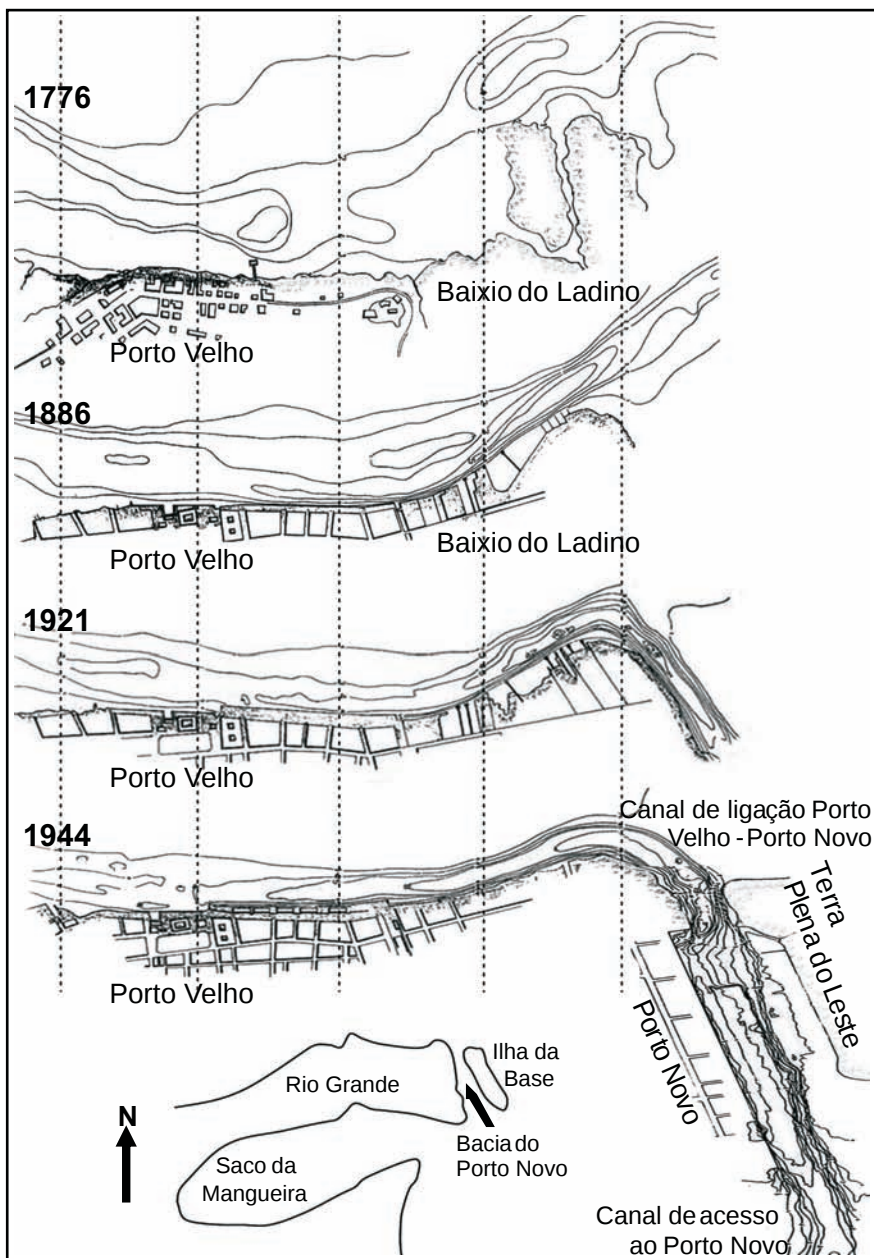


Fig. 3-7. Modificações causadas pela abertura da Bacia do Porto Novo sobre o baixo do Ladino (modificado de DNPVN 1941)

sedimentos finos (argilo-sílticos) têm sido dragados dos diferentes canais no estuário. O maior volume de sedimentos dragados na metade do século passado foi descartado na porção inferior do estuário, especificamente na Coroa da Dona Mariana, no Canal do Norte (Fig. 3-3). Sedimentos finos são remobilizados por correntes de enchente e vazante, podendo se movimentar rapidamente para fora da área de despejo (Aun 1972). Em situação de vazante intensa, os sedimentos finos podem alcançar o depocentro natural da pluma lagunar, assim amplificando o fenômeno natural de remobilização e deposição de lama, por ocasião de tempestades na praia ao sul da Barra (Calliari & Fachin 1993; Calliari *et al.* 2001; Vinzon *et al.* 2009; Marques *et al.* 2009). Apesar da construção dos molhes ter aumentado a profundidade de controle sobre a Barra do Rio Grande, a mobilidade dos sedimentos finos em vários trechos no Canal do Norte necessitou dragagens cada vez mais volumosas nas décadas seguintes. Também a bacia do Porto Novo e os canais de acesso são periodicamente sujeitos a assoreamentos ($30.000 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$) por sedimentos lamosos extremamente finos, requerendo dragagens anuais.

IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS E PREVISÕES

Os molhes de Rio Grande são um exemplo de obra de engenharia costeira bem sucedida na manutenção do canal de navegação, mesmo que dragagens posteriores sejam inevitáveis, em decorrência do aprofundamento que intensificou a penetração da cunha salina e direcionou as correntes de enchente. Os molhes também influenciaram no transporte litorâneo bidirecional, com leve resultante líquido para nordeste, favorecendo a progradação e estabilidade da praia do Cassino sem, no entanto, causar erosão acentuada na Praia do Mar Grosso (Fig. 3-1). A abertura da bacia do Porto Novo e dos canais de acesso, apesar de serem sujeitos a assoreamento com sedimentos e necessitando de frequentes dragagens, ocasionou longos períodos sem dragagem no canal natural do Porto Velho, além de reduzir o tempo de navegação até o Canal do Norte.

Historicamente, aspectos ambientais das dragagens e sítios de despejo no estuário da Lagoa dos Patos não têm sido enfocados de maneira apropriada. As alterações no comportamento hidráulico-sedimentológico produzidas pelas dragagens de aprofundamento e de manutenção dos canais, aumentou a deposição de sedimentos, desencadeando necessidades de novas dragagens de manutenção, cada vez mais volumosas no estuário. Sedimentos finos dragados ainda são esporadicamente lançados em áreas subaquosas, desconsiderando que despejos, mesmo com volume reduzido, produzem efeitos acumulativos comparáveis aos processos geológicos naturais. A dragagem de volumes na ordem de milhões de metros cúbicos requer estratégias de ações que proporcionem o máximo benefício, com o mínimo impacto ambiental.

4. NUTRIENTES DISSOLVIDOS

Paulo Cesar Abreu, Clarisse Odebrecht & Luis Felipe Niencheski

4. NUTRIENTES DISSOLVIDOS

Paulo Cesar Abreu, Clarisse Odebrecht & Luis Felipe Niencheski

INTRODUÇÃO

No estuário da Lagoa dos Patos, a grande produção de matéria orgânica por macro e microalgas se dá devido à disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos (NID), especialmente nitrogênio, fósforo e sílica, presentes em elevadas concentrações na água. A entrada de nutrientes nos ambientes aquáticos é um processo natural conhecido como eutrofização. Atividades humanas, como a produção de efluentes domésticos e industriais, podem gerar cargas de nutrientes maiores do que a capacidade dos micro-organismos, presentes no meio aquático, de incorporar e mineralizar estes nutrientes. Essa eutrofização “cultural” gera desequilíbrios ambientais com acentuada produção de biomassa vegetal. A morte de grandes quantidades de produtores primários provoca o surgimento de “zonas mortas” com baixos teores de oxigênio (hipoxia ou anoxia), que inibe o crescimento de macro-organismos aeróbicos.

O enriquecimento da água do estuário da Lagoa dos Patos por NID se dá principalmente pelo aporte de nutrientes provenientes do ambiente terrestre, que são transportados por rios até as águas costeiras. Existe uma tendência de maiores valores de nutrientes nitrogenados (nitrito e nitrato) e de fosfato em água mais doce no baixo estuário (Proença *et al.* 1988). Entretanto, maiores concentrações de nutrientes nitrogenados foram medidos em água mais salgada no baixo estuário, enquanto somente o silicato apresentou um decréscimo linear ao longo do gradiente halino (Kantin & Baumgarten 1982; Niencheski *et al.* 1986; Baumgarten *et al.* 1995; Windom *et al.* 1999). Estes resultados indicam que vários processos contribuem para a liberação e remoção dos NID no estuário da Lagoa dos Patos.

Um aumento de nutrientes do estuário, após a entrada de água marinha, pode ser causado devido ao retorno de água estuarina ainda contendo elevados teores de NID (Abreu *et al.* 1995). Um enriquecimento da água costeira com nutrientes também pode ser resultado da exportação de água doce através do sedimento permeável das barreiras arenosas nas margens da Lagoa dos Patos junto ao mar (Windom & Niencheski 2003; Niencheski *et al.* 2007).

O aporte de nutrientes de origem antrópica é a principal causa da eutrofização no estuário da Lagoa dos Patos (Kantin *et al.* 1981; Costa *et al.* 1982; Niencheski & Windom 1994). Enquanto elementos nitrogenados são provenientes da deposição e mineralização de efluentes domésticos, as principais fontes de fosfato são as indústrias de fertilizantes químicos no

baixo estuário (Baumgarten *et al.* 1995, 2001). Atualmente, grande parte dos efluentes domésticos e industriais ainda são lançados sem tratamento no estuário da Lagoa dos Patos (Almeida *et al.* 1993; Jorge & Baumgarten 2006). Adicionalmente, efluente líquido proveniente de depósito de lixo e da atividade de cultivo de camarões em cercados (Freitas *et al.* 2008) contribuem localmente com concentrações elevadas de compostos nitrogenados e de fosfato.

Um dos compartimentos mais importantes na ciclagem de NID é o sedimento do estuário. A biomassa da vegetação aquática emersa e submersa acumula-se nos sedimentos onde é degradada e transformada em detrito orgânico, o qual sustenta uma importante cadeia alimentar no ambiente estuarino (Seeliger *et al.* 1998). Durante a decomposição ocorre a remineralização da matéria orgânica particulada para formas inorgânicas de nutrientes dissolvidos, que são novamente utilizados pelos produtores primários (Niencheski & Baumgarten 1997). Nutrientes inorgânicos também são capturados por partículas em suspensão e transferidos para o sedimento, sendo liberados em condições de maior salinidade (Kantin & Baumgarten 1982). Em condições de baixa hidrodinâmica se forma um gradiente de potencial Redox (Eh) no sedimento. Nas camadas mais profundas as condições redutoras facilitam a produção de nutrientes como fosfato e amônio, além de contribuir para suas formas dissolvidas na água intersticial. A camada oxidante na superfície do sedimento captura o fosfato ou amônio, impedindo sua liberação para a coluna de água. A ação de ventos e de água salgada contribui para romper o gradiente de potencial Redox, liberando grande parte dos nutrientes para a coluna de água (Baumgarten *et al.* 2001, 2005). Este processo é menor em locais com aportes de efluentes domésticos e industriais, pois a concentração de NID na coluna de água já é bastante grande, impedindo a difusão dos nutrientes do sedimento para a coluna de água (Baumgarten *et al.* 1993). O fluxo de nutrientes do sedimento supre as necessidades da produção primária por fósforo, enquanto apenas 25% das necessidades de nitrogênio são atendidas (Niencheski & Jahke 2002), o que poderia explicar a limitação de nitrogênio ao crescimento de microalgas no estuário (Proença *et al.* 1994; Abreu *et al.* 1994; Bergesch & Odebrecht 1997).

Os efluentes e a ação dos ventos contribuem para a distribuição horizontal de NID no estuário (Almeida *et al.* 1984). Apesar disso, as maiores concentrações ocorrem na região do Canal da Barra em águas mais salgadas (Kantin & Baumgarten 1982) e as variações espaciais estão diretamente relacionadas às zonas salinas, onde processos distintos atuam na produção e remoção de nutrientes (Windom *et al.* 1999). Em salinidade baixa (< 5) há uma rápida remoção de nutrientes pelos processos de floculação e remoção de partículas através da mistura de água salgada e doce. Uma diminuição de NID nesta faixa de salinidade também pode resultar da sua absorção pelos produtores primários (Niencheski & Windom 1994). Isto ocorre na região norte e límnica da Lagoa dos Patos, onde o fitoplâncton exaure os nutrientes na água ao

formar grande biomassa, resultando em uma água pobre em de NID que chega a região estuarina (Odebrecht *et al.* 2005). Em salinidades intermediárias (5-27) dominam processos de remineralização no sedimento, enquanto em condições mais salinas (>27) ocorrem mudanças lineares nas concentrações de nutrientes, decorrentes de processos de mistura conservativa das diferentes massas de água (Fig. 4-1).

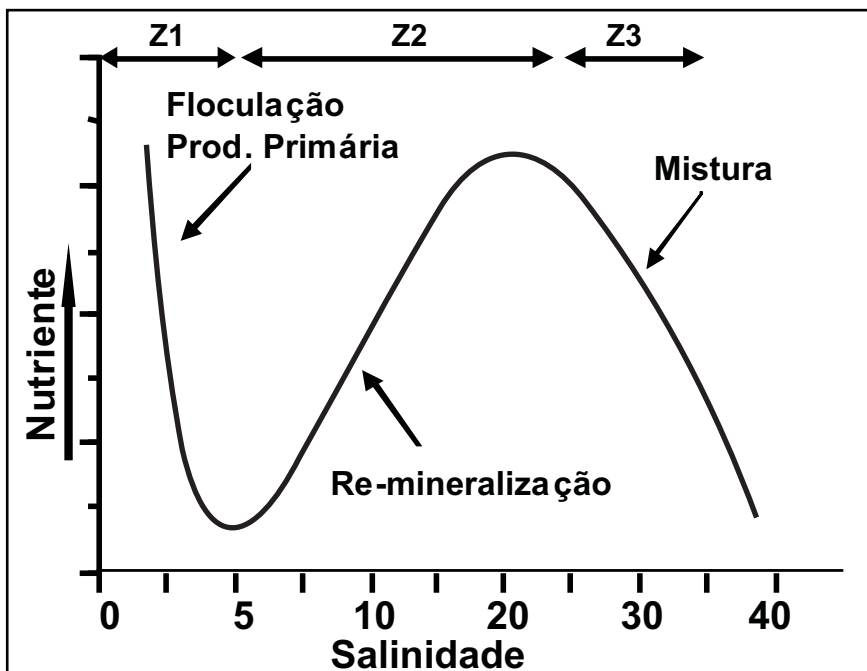


Fig. 4-1. Variação na concentração de nutrientes em zonas distintas do estuário da Lagoa dos Patos devido a diferentes processos de remoção e adição (modificado de Windom *et al.* 1999).

Em geral, as maiores concentrações e variações de NID ocorrem no estuário da Lagoa dos Patos na primavera e verão, provavelmente em função de absorção pelos produtores primários (Proença & Abreu 1986), da influência de salinidade e da interação com o sedimento (Costa *et al.* 1982; Kantin & Baumgarten 1982; Almeida *et al.* 1984; Baumgarten *et al.* 1995). No entanto, acentuadas variações ocorrem também em poucas horas, sem padrão definido (Kantin *et al.* 1981; Baptista 1986), sendo a variação, nesta curta escala temporal, maior do que as variabilidades semanais ou mensais (Proença & Abreu 1986).

VARIAÇÕES DECADAIS

Durante as últimas duas décadas, as concentrações dos nutrientes

inorgânicos dissolvidos (NID) na região estuarina da Lagoa dos Patos mostraram distintos comportamentos (Fig. 4-2). A ausência de correlações de NID com chuva, seston, temperatura e salinidade da água se deve, provavelmente, a processos que ocorrem no sedimento, bem como na intensa hidrodinâmica no estuário. A melhor compreensão sobre as relações entre a variação dos nutrientes e a hidrologia lagunar requer amostragens de NID em curta escala, medindo-se também fatores pouco previsíveis como ventos, precipitação e evaporação, que tem grande influência na hidrologia desta região.

Grandes variações nos níveis de chuva, devido ao fenômeno ENSO interferem na dinâmica do fitoplâncton no estuário da Lagoa dos Patos (Abreu *et al.* 2009). A chuva não representa apenas um maior aporte de NID pela água doce de origem continental, mas muda também a salinidade e as forças iônicas, influenciando a dinâmica dos nutrientes na interface entre as colunas de água e sedimentar do estuário da Lagoa dos Patos. Os fatores que levaram a drástica redução de amônio e fosfato entre 2002/2003 e 2007 e, em menor grau de silicato, podem estar relacionadas com a alta pluviosidade e baixa salinidade no estuário durante o *El Niño* 2002/2003. As baixas concentrações de fosfato e amônio têm relação direta com processos de menor liberação de nutrientes do sedimento, em resposta à prolongada permanência de água doce. Por outro lado, águas com baixa salinidade, mas pobres em nutrientes sugerem um processo de oligotroficação na região estuarina (Odebrecht *et al.* 2005; Abreu *et al.* 2009). O aumento nas concentrações de nitrito e nitrato no mesmo período, independente da salinidade, indica que o aporte desses nutrientes é mais influenciado por processos de nitrificação do que pelo aporte da água doce (Fig. 4-2).

PREVISÕES DE MUDANÇAS

Nos próximos anos, diferentes intervenções humanas devem impactar a dinâmica dos NID no estuário da Lagoa dos Patos. O aumento dos molhes e o aprofundamento do Canal da Barra visam facilitar a navegação, entretanto, esta obra de engenharia poderá gerar modificações na hidrodinâmica do sistema com possíveis diminuições ou aumento de salinidade. A maior entrada de água marinha no estuário, semelhante às condições prevalentes durante eventos de *La Niña* se dá junto ao fundo, na forma de uma cunha salina, revolvendo o sedimento, o que poderá promover uma maior entrada de amônio e fosfato para a coluna de água (Niencheski *et al.* 1994). No caso de um incremento do fluxo de água doce no sistema, haverá menor liberação de nutrientes do sedimento, o que poderá diminuir significativamente o aporte de NID para os produtores primários.

O principal efeito ecológico das dragagens, apesar de serem realizadas em períodos de vazante, está relacionado com a dispersão de

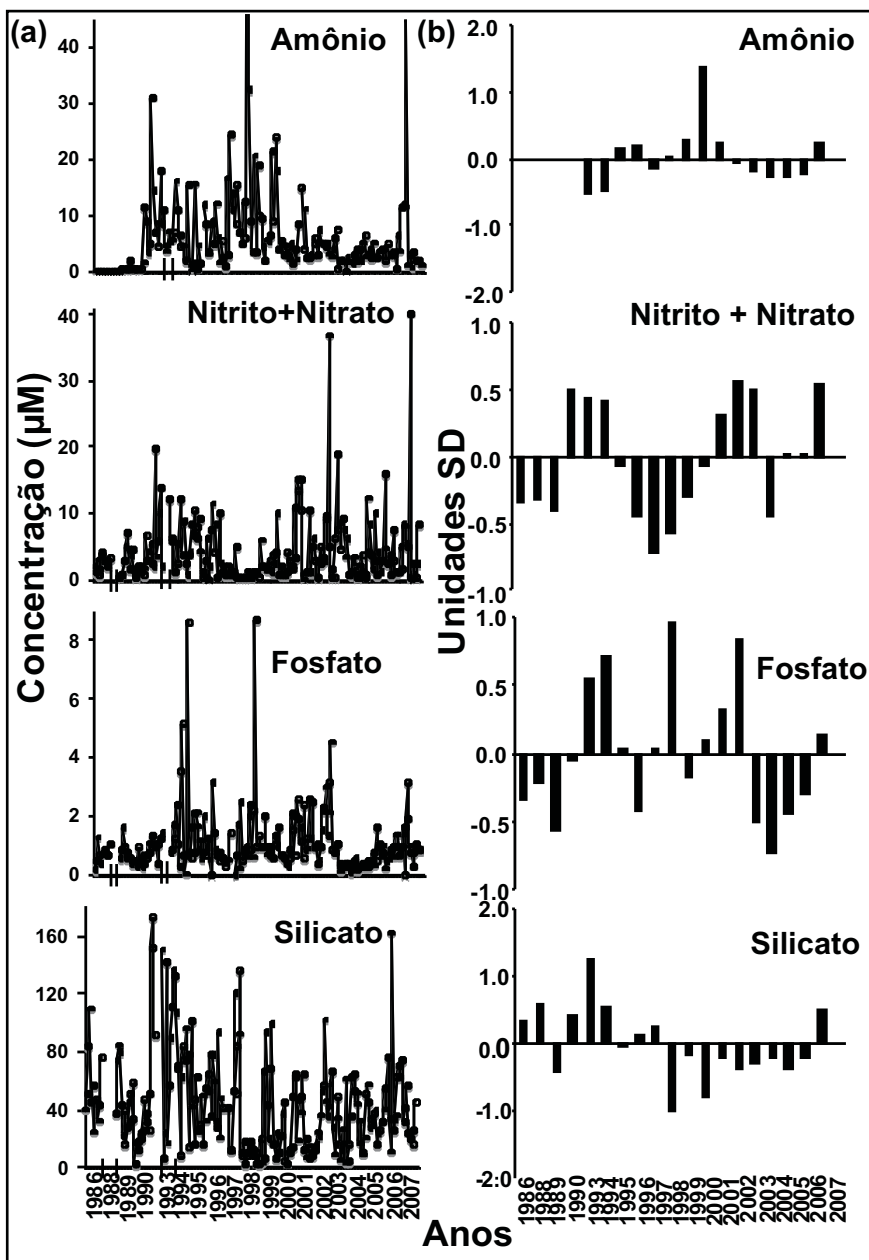


Fig. 4-2. Variação na concentração de amônio, nitrito+nitrato, fosfato e silicato na água do estuário da Lagoa dos Patos (1986-1990 amostragem semanal; 1993-2007 amostragem mensal) (a) e valores anuais de amônio, nitrito+nitrato, fosfato e silicato padronizados (Lehman 2000) (b).

sedimentos finos no estuário. Os sedimentos finos em suspensão podem atuar como “armadilha” na adsorção dos NID, ou ainda, podem soterrar plantas de águas rasas e de marismas, causando elevada mortalidade e maior quantidade de matéria orgânica em decomposição, com posterior aumento na liberação de NID para a coluna de água.

Apesar da elevada densidade populacional na parte sul da laguna, as concentrações de NID no estuário da Lagoa dos Patos não aumentaram significativamente nas últimas décadas, possivelmente devido à intensa hidrodinâmica que impede o acúmulo de nutrientes em suas águas, limitando eventuais impactos de efluentes para enseadas rasas de menor circulação. Entretanto, caso os efluentes domésticos e industriais causem a liberação de nitrogênio e fósforo para o meio hídrico em proporções diferentes das naturais, pode haver grande modificação na composição das microalgas, como um possível aumento de cianobactérias, as quais possuem algumas espécies potencialmente tóxicas.

5. A COMUNIDADE DE MICROALGAS

Clarisse Odebrecht, Marli Bergesch, Svetlana Medeanic & Paulo Cesar Abreu

5. A COMUNIDADE DE MICROALGAS

Clarisse Odebrecht, Marli Bergesch, Svetlana Medeanic & Paulo Cesar Abreu

INTRODUÇÃO

As microalgas são micro-organismos aquáticos fotossintéticos e, portanto com a capacidade de produzir seu próprio alimento a partir de energia da luz solar, dióxido de Carbono (CO_2) e nutrientes inorgânicos dissolvidos como nitrato, fosfato e silicato. Como produtores primários, microalgas representam a base de importantes cadeias alimentares aquáticas e servem de alimento para protistas como ciliados e flagelados e outros pequenos animais herbívoros como crustáceos e larvas de peixes. As microalgas habitam a coluna de água (fitoplâncton), mas também crescem sobre plantas (epífitas) e no sedimento (microfitobentos). As espécies de hábitat bentônico encontram-se frequentemente na coluna de água quando o sedimento é suspenso.

As microalgas são organismos unicelulares ou coloniais. A maioria das espécies faz parte do nanoplâncton (2-20 μm) e do microplâncton (20-200 μm), apesar do tamanho das menores e das colônias de células poderem variar de menor de 1 μm até 1 mm. No estuário da Lagoa dos Patos, as microalgas constituem um grupo heterogêneo de organismos autotróficos procariontes e eucariontes, compreendendo as diatomáceas, dinoflagelados e outros flagelados com pigmentos como as criptofíceas, haptofíceas, prasinofíceas, rafidofíceas, crisofíceas e euglenofíceas, clorofíceas e as cianobactérias. As diatomáceas e flagelados são os organismos de maior densidade celular (Fig. 5-1). As diatomáceas também

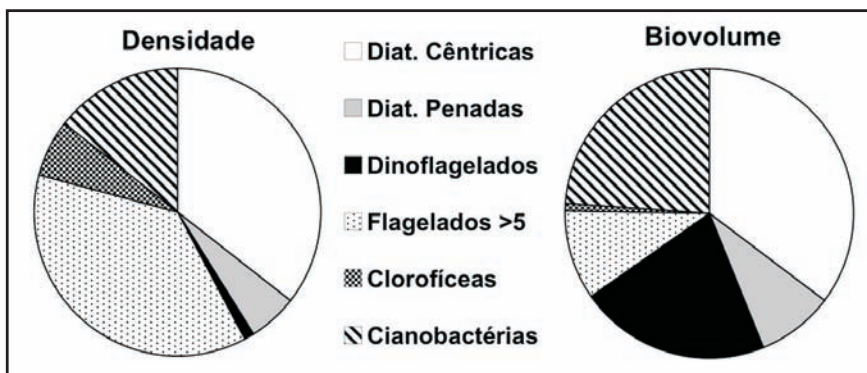


Fig. 5-1. Densidade e biovolume médios dos principais grupos de fitoplâncton observados no estuário da Lagoa dos Patos.

apresentam maior biomassa na comparação do volume celular, entretanto os flagelados são substituídos pelas cianobactérias e dinoflagelados. Estes apresentam densidade celular baixa, enquanto as clorófitas contribuem com o mais baixo valor de biovolume médio.

As microalgas no estuário são de origem marinha, transportadas com a entrada de águas costeiras pelo Canal da Barra da Lagoa dos Patos, que se estende além do estuário até a região central da laguna, ou são de origem límnic oriundas da parte norte da Lagoa dos Patos e da descarga dos tributários. Durante períodos chuvosos com baixa salinidade, espécies de origem límnic têm predomínio, enquanto em períodos mais secos com características marinhas na área sul da Lagoa dos Patos, predominam as espécies de origem marinha.

CENÁRIO HISTÓRICO

Informações micropaleontológicas de microalgas nos sedimentos, quando comparadas com sua composição atual, podem avaliar a influência marinha e fluvial sobre a Lagoa dos Patos, ao longo dos últimos dez mil anos. A composição de espécies de clorófitas, diatomáceas, dinoflagelados e silicoflagelados marinhos e de água doce nos sedimentos da Lagoa dos Patos (Medeanic *et al.* 2001, Medeanic & Correa 2007, Medeanic *et al.* 2008; Weschenfelder *et al.* 2008) comprovaram os períodos de transgressão e regressão marinha (Villwock & Tomazelli 1995) e as respectivas mudanças de salinidade, devido à influência marinha entre 9.400 BP e 5.000 AP e o aumento posterior da influência fluvial. Algumas espécies, como as diatomáceas *Terpsinoe* e *Paralia sulcata*, ocorrem na Lagoa dos Patos desde o Holoceno (Weschenfelder *et al.* 2008; Medeanic *et al.* 2009) até os dias de hoje (Bergesch *et al.* 1995; Medeanic *et al.* 2008), indicando sua adaptação a grandes flutuações ambientais. Outros, como o silicoflagelado marinho *Dictyocha fibula*, foram mais frequentes durante o período de transgressão marinha, entre aproximadamente 7.370-4.940 AP (Medeanic & Correa 2007; Medeanic *et al.* 2009), do que no período de regressão posterior e, apesar de atualmente ocorrer nas águas costeiras adjacentes, são raros no estuário da Lagoa dos Patos em condições desfavoráveis de salinidade (Odebrecht *et al.* 2009).

Os estudos de microalgas iniciaram no começo do século XX na plataforma continental adjacente a Lagoa dos Patos (Cunha & Fonseca 1918; Hentschel 1932). Os primeiros estudos na Lagoa dos Patos, em meados do século XX, relataram diatomáceas do microfítobentos no sedimento, refletindo provavelmente a sua importância nas amostras, além da melhor capacidade de fixação e armazenamento deste grupo, comparado com outras microalgas. O estudo pioneiro de microalgas no sedimento do Canal da Barra registrou sete diatomáceas (*Actinocyclus platensis*, *Melosira granulata*, *Surirella gemma*, *S. rorata*, *Terpsinoë americana*, *T. musica*, *Triceratium scitulum* (Müller-Melchers 1955).

Posteriormente, outros gêneros de diatomáceas (*Biddulphia*, *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Triceratium*) foram encontrados sobre o sedimento junto com foraminíferos e tecamebas (Closs 1962). A espécie *Melosira granulata* (= *Aulacoseira granulata*), também reportada para Argentina e Uruguai, revelou ser uma importante espécie da área límnic da Lagoa dos Patos (Torgan 1997). As diatomáceas mais abundantes no sedimento superficial da região central da Lagoa dos Patos sob a influência da salinização, denominada pré-límnic, são *Actinocyclus*, *Actinoptychus*, *Auliscus*, *Cocconeis*, *Coscinodiscus*, *Cymatosira belgica*, *Diploneis bombus*, *Thalassiosira excentrica*, *Triceratium* e *Paralia sulcata*. *Paralia sulcata* e *Terpsinoe musica* também são abundantes em região límnic mais ao norte da laguna (Medeanic *et al.* 2008).

A interação entre as comunidades de microalgas do sedimento e da coluna d'água no estuário apresenta duas fases principais ao longo do ano (Bergesch *et al.* 1995). Sob condições de baixa salinidade e intensidade luminosa, os compartimentos funcionam como um único sistema com predomínio de espécies bentônicas eurihalinas (*Bacillaria paradoxa*, *Coscinodiscus* sp., *Melosira moniliformis*, *M. octogona*, *Paralia sulcata*, *Synedra tabulata*, *Terpsinoë americana*). Em altas salinidades e intensidade luminosa, comunidades distintas ocorrem no sedimento e na coluna d'água, com predomínio de espécies neríticas marinhas na água (*Chaetoceros* sp. *Coscinodiscus* sp., *Lauderia annulata*, *Pleurosira laevis*, *Skeletonema costatum lato sensu*, *Pseudosolenia calcar avis*) e prevalência de *Coscinodiscus* sp., *Melosira* e *Terpsinoë* no sedimento.

Diatomáceas epífitas sobre a fanerógama *Ruppia maritima* são um importante componente do microfitobentos. O processo da colonização inicia com *Cocconeis placentula*, desenvolvendo-se posteriormente uma comunidade diversa de diatomáceas sobre as folhas de *R. maritima* com espécies de hábitat preferencialmente bentônico (*Amphora*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Biddulphia*) (Ferreira & Seeliger 1985).

No microfitobentos do estuário destacam-se ainda as cianobactérias com 40 espécies (Coutinho & Seeliger 1984, 1986), representadas principalmente por espécies límnicas. Florações significativas de cianobactérias na região da Lagoa dos Patos não foram mencionadas no século XIX (von Ihering 1885), apesar de atualmente algumas espécies ocorrem no plâncton do estuário em quantidade que permite a sua detecção do espaço (www.lei.furg.br/taxonomia). Grandes concentrações de colônias de *Microcystis aeruginosa* (10^9 células L⁻¹) oriundas da área límnic da Lagoa dos Patos são transportadas com o fluxo da água vazante para a região costeira adjacente (Odebrecht *et al.* 1987). Algumas cianobactérias como *Microcystis aeruginosa*, *M. botrys*, *Anabaena circinalis*, e *Cylindrospermopsis raciborskii* produzem toxinas que interferem no crescimento de diversos organismos e afetam a trama trófica no estuário (Yunes *et al.* 1996; Matthiensen *et al.* 1999; Montagnolli *et al.* 2004; Rosa *et al.* 2005).

No primeiro estudo quantitativo de fitoplâncton no estuário da Lagoa dos Patos, realizado no ano de 1978, ficou evidente que diatomáceas, cianobactérias, dinoflagelados e outros flagelados pigmentados são as microalgas do fitoplâncton que ocorrem em maior concentração em enseada rasa (máximo de 3.10^7 células L^{-1}) do que no Canal da Barra (máximo de $7.5.10^5$ células L^{-1}). As diatomáceas marinhas apresentam os valores mais altos de densidade celular no outono, enquanto grandes densidades de organismos flagelados pigmentados são importantes ao longo de todo o ano (Charpy & Calvo 1979).

Mais recentemente, estudos de ultra-estrutura através do uso de técnicas de microscopia eletrônica revelaram uma grande riqueza de microalgas, com 64 espécies de nanoflagelados na região do estuário (Torgan 1997; Bergesch *et al.* 2008a,b) e dezessete espécies de *Thalassiosira* identificadas (Garcia & Odebrecht 2009a,b). Um aumento nesses números, bem como de outros grupos taxonômicos é previsto, na medida em que novos estudos são realizados com o objetivo de determinar biodiversidade de microalgas da região. As principais diatomáceas de origem marinha que se desenvolvem no estuário são *Skeletonema costatum*, *S. pseudocostatum*, *Cerataulina bicornis*, *Cylindrotheca closterium*, *Coscinodiscus* spp., *Odontella mobiliensis*, *Rhizosolenia setigera*, *Pseudosolenia calcar-avis* e *Thalassiosira* spp. Dinoflagelados marinhos autotróficos e/ou mixotróficos como *Akashiwo sanguinea*, *Ceratium* spp., *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum minimum*, *Scrippsiella trochoidea* também encontram condições favoráveis de crescimento (Bergesch *et al.* 1995; Fujita & Odebrecht 2007), bem como espécies heterotróficas, *Gyrodinium* spp., *Noctiluca scintillans* e *Protoperdinium* spp. Entre os flagelados autotróficos, predominam os gêneros *Chrysochromulina*, *Prymnesium*, *Phaeocystis* e *Pyramimonas* que ocorrem em águas de maior salinidade, geralmente no Canal da Barra (Fig. 5-2). Espécies do gênero heterotrófico *Paraphysomonas* são mais comuns em águas de menor salinidade (< 15) no interior do estuário (Bergesch *et al.* 2008a,b). Condições de água doce/oligohalina no estuário da Lagoa dos Patos favorecem espécies de diatomáceas lacustres como de *Aulacoseira* e *Melosira*, de clorofíceas como *Ankistrodesmus*, *Closterium*, *Scenedesmus*, *Planctonema*, mas principalmente de cianobactérias como *Microcystis aeruginosa*, *M. weissflogii*, *M. botrys*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Anabaena circinalis*, *A. oumiana*, *Anabaenopsis* sp. e *Cylindrospermopsis raciborskii* (Fig. 5-3).

VARIAÇÕES DECAIAIS RECENTES

Variações de densidade e composição de fitoplâncton, clorofila *a*, temperatura, salinidade e nutrientes inorgânicos dissolvidos no estuário da Lagoa dos Patos sugerem padrões sazonais relacionados ao ciclo meteorológico, especialmente quanto à disponibilidade luminosa e regime

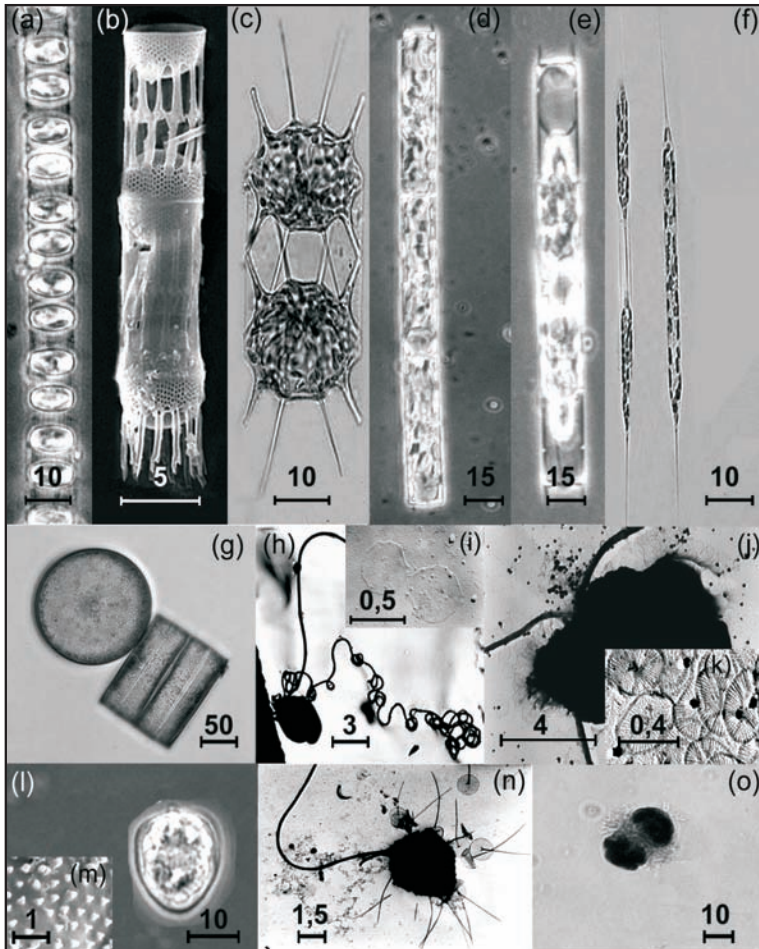


Fig. 5-2. Microalgas marinhas no estuário da Lagoa dos Patos. Diatomáceas: (a) Cadeia de *Skeletonema costatum* e (b) detalhe das frústulas; (c) *Odontella mobiliensis*; (d) *Cerataulina bicornis* e (e) esporo de resistência; (f) *Rhizosolenia setigera*; (g) *Coscinodiscus wailiesii*. Haptófitas: (h) *Chrysochromulina simplex* e (i) escamas; (j) *Prymnesium parvum* e (k) escamas. Dinoflagelado: (l) *Prorocentrum minimum* e (m) espinhos. Crisofita: (n) *Paraphiyomonas vestita* com escamas. Ciliado: (o) *Myrionecta rubra*. Escala em micrômetros.

de chuvas. Portanto, a comunidade de fitoplâncton está sujeita a uma grande variabilidade interanual associada com as variações climáticas.

A variabilidade na composição e na concentração de fitoplâncton em curta escala está associada às variações de salinidade, controladas pela circulação física da água, ambos determinados, principalmente, pela direção e intensidade dos ventos (Fujita & Odebrecht 2007; Abreu *et al.* 2009). Espécies lacustres estão presentes durante a descarga de água

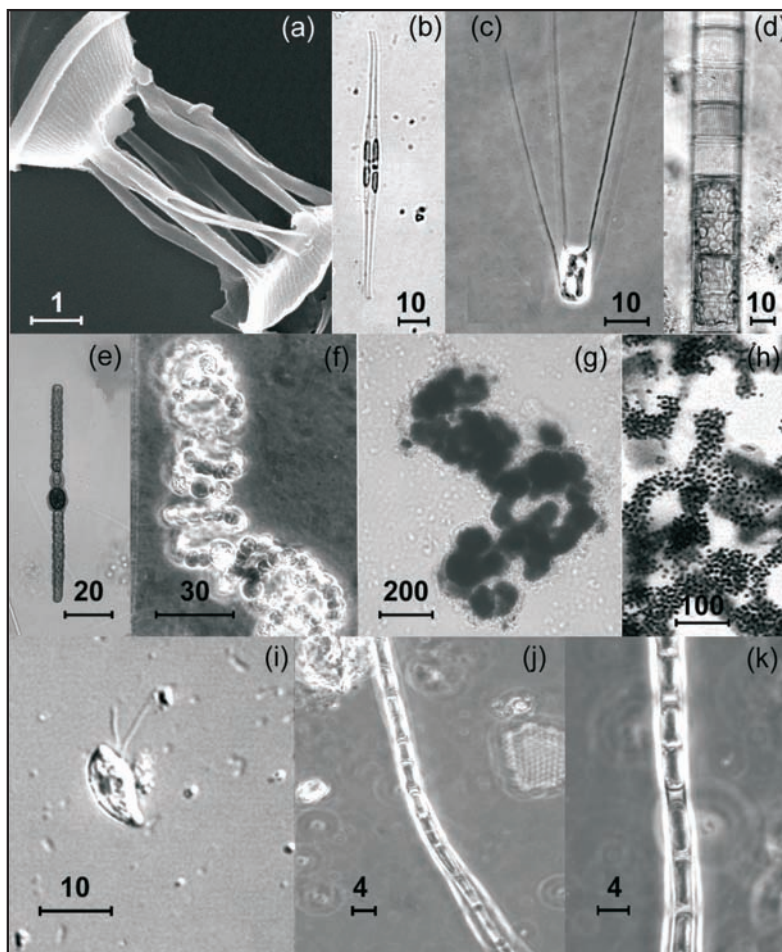


Fig. 5-3. Microalgas salobras e lacustres encontradas no estuário da Lagoa dos Patos. Diatomáceas: (a) *Skeletonema potamos*; (b) *Cylindrotheca closterium*; (c) *Chaetoceros subtilis*; (d) *Aulacoseira granulata*. Cianobactérias: (e) *Aphanizomenon aphanizomenoides*; (f) *Anabaena oumiana*; (g) *Microcystis botrys*; (h) *Microcystis aeruginosa*. (i) Criptofita; (j, k) *Planctonema lauterbornii*. Escala em micrômetros.

doce em situações de vento Nordeste, e a substituição por espécies marinhas ocorre com o aumento de salinidade que acompanha ventos de Sul. A substituição de espécies de fitoplâncton no interior da laguna é mais rápida na primavera (escala de horas) do que no verão (3-4 dias) (Fujita & Odebrecht 2007). Contanto que os processos físicos mediados pelo vento aconteçam em escala próxima à da divisão celular (horas a dias) e influenciem o tempo de residência da água, eles têm grande importância na ecologia de fitoplâncton no estuário da Lagoa dos Patos.

O fitoplâncton em região rasa do estuário da Lagoa dos Patos apresentou grande variabilidade temporal de densidade, biovolume e de clorofila *a*, sendo os valores mais altos geralmente relacionados com períodos de menor salinidade (Fig. 5-4).

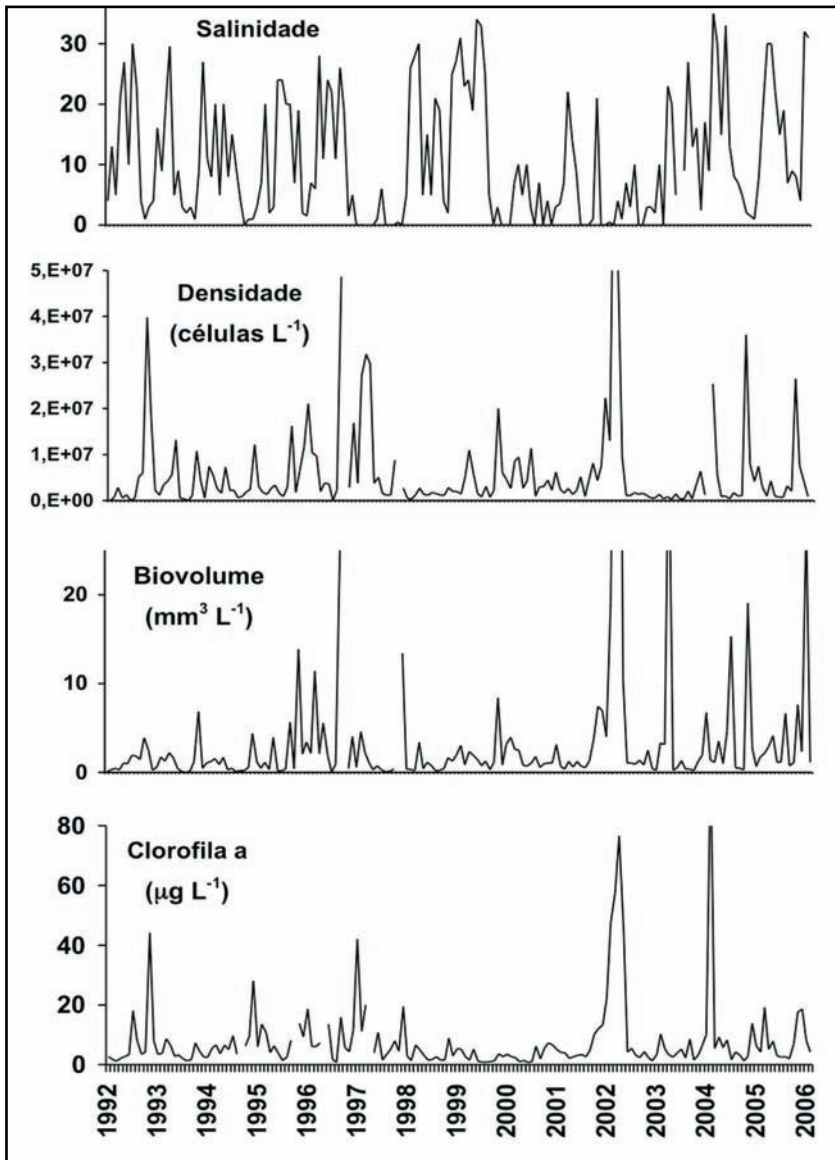


Fig. 5-4. Variação mensal de salinidade, densidade (células L⁻¹) e biovolume (mm³ L⁻¹) do fitoplâncton, e de clorofila *a* (µg L⁻¹) em uma área rasa do estuário da Lagoa dos Patos.

Durante a primavera, o aumento de concentração de clorofila *a* ($10 - 70 \text{ mg m}^{-3}$) é propiciado pela maior residência da água no interior da laguna e condições favoráveis de luz (Abreu *et al.* 2009). A baixa disponibilidade de luz nas águas turvas do estuário da Lagoa dos Patos limita o crescimento, produção primária e respiração do fitoplâncton (Proença 1990; Abreu *et al.* 1994a). Até em áreas rasas, a turbidez da água pode causar condições luminosas limitantes em dias nublados no inverno ($<5 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; transparência Disco de Secchi $<10 \text{ cm}$). Valores máximos de produção primária ($50-160 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) ocorrem na primavera, verão e outono, enquanto no inverno a produção líquida é negativa, inclusive nas áreas rasas (Abreu *et al.* 1994b; Proença 1990). Uma colimitação de luz e nutrientes inorgânicos dissolvidos pode ocorrer em concentrações de nitrogênio abaixo da necessidade do fitoplâncton na região do Canal da Barra, especialmente em períodos de descarga de água doce com menor entrada de nutrientes (Odebrecht *et al.* 2005).

A clorofila *a* do nanoplâncton ($<20 \mu\text{m}$) corresponde a importante fração de biomassa do fitoplâncton ao longo de todo o ano, mas valores elevados durante grandes florações (clorofila *a* $>10 \text{ mg m}^{-3}$) são formados por espécies de micropâncton ($20-200 \mu\text{m}$). Variações no fluxo de água podem atrasar, ou mesmo impedir, o início de florações de primavera, ou favorecer esporadicamente altos valores no inverno (Abreu *et al.* 2009; Bergesch & Odebrecht 1997). No entanto, no inverno a biomassa de bactérias agregadas supera a biomassa de fitoplâncton, constituindo uma importante fração do carbono orgânico particulado na água. A dinâmica da comunidade bacteriana também está relacionada com fatores biológicos, especialmente a pastagem por flagelados e ciliados, demonstrando a complexidade do fluxo de carbono através da teia alimentar microbiana no estuário da Lagoa dos Patos (Abreu *et al.* 1992).

Os altos valores de clorofila *a* nos anos de 1993, 1997/1998 e 2002/2003 e valores relativamente baixos nos anos de 1999/2000, 2000/2001 e 2003/2004 enfatizam variações interanuais. Discrepâncias entre baixos valores de clorofila *a* em 2000/2001 e alta densidade celular podem ser resultado da presença de grande número de organismos pequenos, enquanto um pico de clorofila *a* em dezembro de 2004, sem aumento significativo na densidade celular, pode estar relacionado com um número pequeno de organismos maiores, como colônias da cianobactéria *Microcystis* (Fig. 5-4).

Altos valores de densidade ($>10^7 \text{ indiv L}^{-1}$), de clorofila *a* ($10-70 \text{ mg m}^{-3}$) e predominância de águas doces e oligohalinas no estuário, de agosto de 2002 a março de 2003, estão relacionados com chuvas extremas no Sul do Brasil (*El Niño* 2002/2003). Menores respostas do fitoplâncton ocorreram durante moderados eventos de *El Niño* em 1994 e em 1997/1998. Por outro lado, o período com prolongada predominância de alta salinidade durante o intenso evento de *La Niña* de 1998-2000 correspondeu com baixos valores de clorofila *a* e densidade de fitoplâncton (Fig. 5-4).

Diatomáceas e flagelados são os organismos com maior

concentração (10^6 - 10^7 células L^{-1}), porém baseado no biovolume, flagelados do nanoplâncton têm menor contribuição do que as cianobactérias e os dinoflagelados (Fig. 5-1). As cianobactérias apareceram em maior concentração (10^6 ind. L^{-1}) durante os curtos períodos de grande descarga de água doce, como nos anos de 1997/1998 e de 2002/2003. As clorofíceas também apresentam maiores concentrações no período 2002/2003, enquanto as altas concentrações de dinoflagelados em períodos (1993, 1996, 2005) de pouca variação ENSO seguiram padrões distintos (Fig. 5-5).

As maiores densidades de *Skeletonema* spp. entre as diatomáceas deve-se a presença de espécies oriundas de ambientes límnicos (*S. potamos*, *S. subsalsum*) e marinho (*S. costatum* e *S. pseudocostatum*) (Bergesch *et al.* 2009). A resposta das espécies à variabilidade hidrológica se expressa pela distribuição temporal dos diatomáceas *Aulacoseira* spp. e *Cerataulina bicornis* de origem límnic e marinha, respectivamente (Fig. 5-6). *Aulacoseira* spp. predomina em 1997/1998 e 2002/2003, enquanto a *Cerataulina bicornis* aparece no verão/outono de todos os anos, exceto em 1997 e 2002, e alcança valores mais altos a partir do ano de 2000.

Os dinoflagelados *Prorocentrum minimum* e *Gyrodinium* spp. também apresentam distintos padrões de frequência e abundância, com o primeiro dominando até o ano de 2000, e o segundo, heterotrófico de 2000 até 2003 (Fig. 5-6). No período de transição, grandes concentrações de *P. minimum* ocorreram aparentemente somente em enseadas abrigadas (Charpy & Calvo 1978; Persich 1993; Jesus & Odebrecht 2002) que podem atuar como locais de inóculo para o estuário. Por outro lado, baixas salinidades durante períodos prolongados (1997/1998) ou predação por *Gyrodinium* podem causar a redução do estoque de *P. minimum*.

CENÁRIOS E PREVISÕES DE MUDANÇAS

As microalgas fotossintéticas são a base de importantes cadeias alimentares aquáticas e sua composição, densidade, biomassa e produção tem importantes implicações ecológicas, também ao absorverem CO_2 , cuja concentração está aumentando na atmosfera. Na região do estuário da Lagoa dos Patos a composição, densidade e biomassa de microalgas estão diretamente ligados ao regime de salinidade que depende da circulação da água, a qual é condicionada por variações meteorológicas de curto, médio e longo prazo. As variações de salinidade estão associadas com condições físico-químicas, cujas oscilações em curto prazo (horas, dias) são importantes no metabolismo e fisiologia das microalgas, determinando o seu crescimento e potencial de formação de biomassa. As consequências da variabilidade abiótica de curto prazo se refletem na composição de espécies e de biomassa das microalgas na mesoescala (semanas, meses) e de longo prazo (anos, séculos, eras geológicas).

Nas últimas décadas, o aumento no aporte de nitrogênio e fósforo

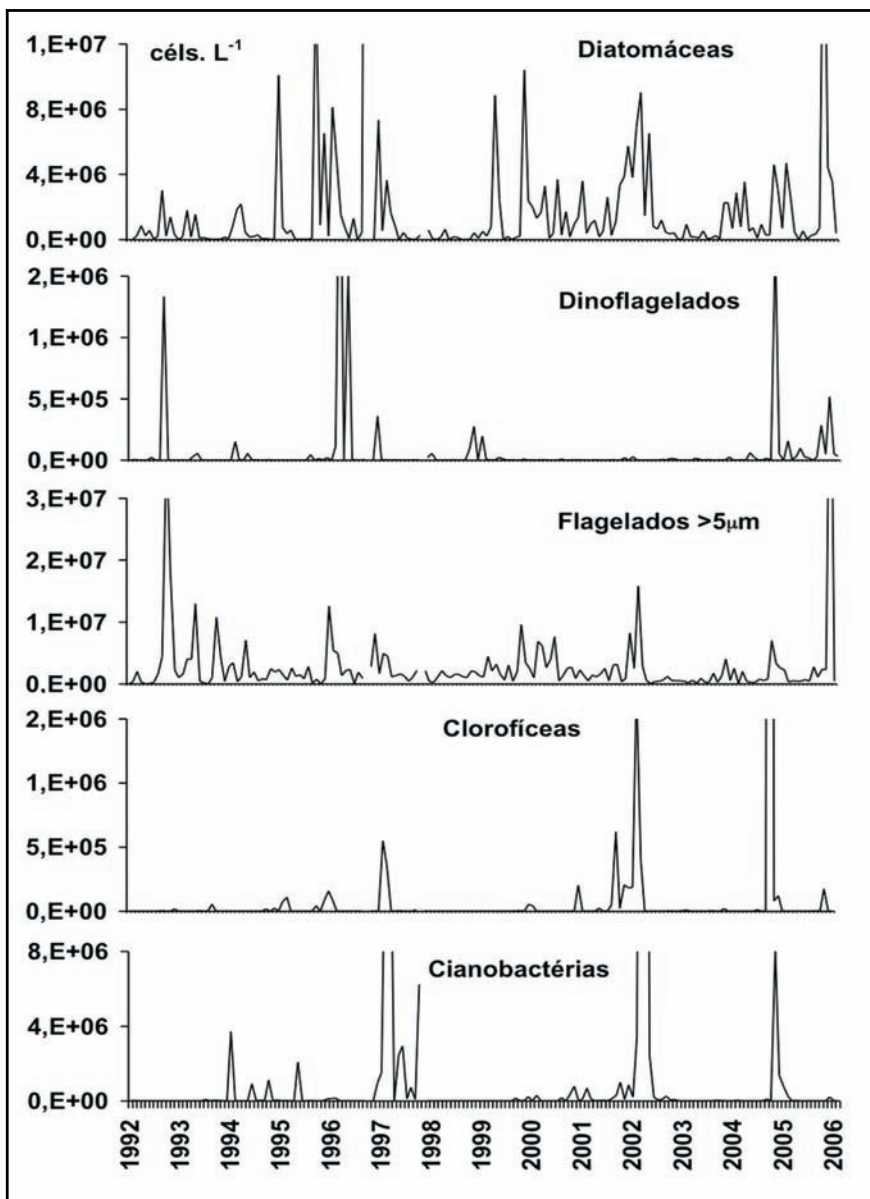


Fig. 5-5. Variação mensal de densidade (células L⁻¹) de diatomáceas, dinoflagelados, flagelados >5µm, clorofíceas e cianobactérias em uma área rasa do estuário da Lagoa dos Patos.

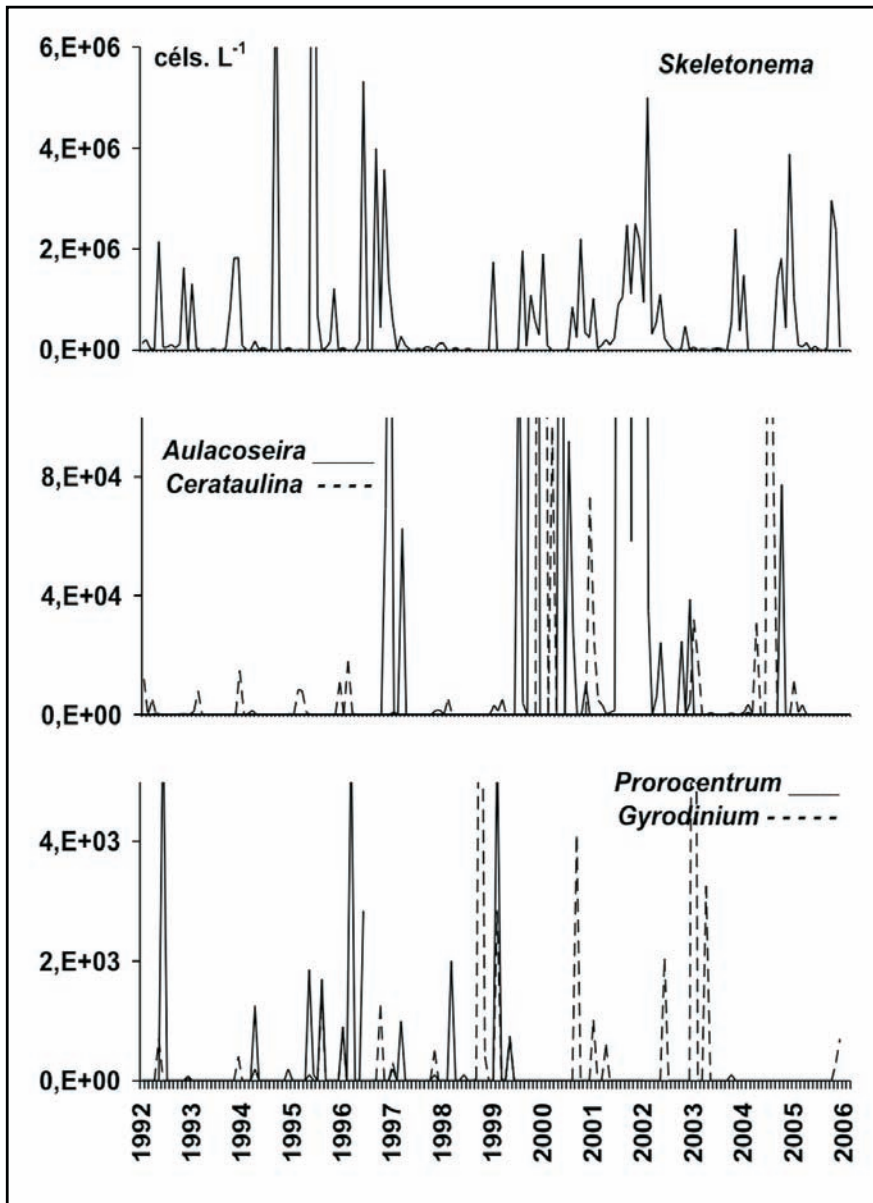


Fig. 5-6. Variação mensal de densidade (células L⁻¹) de *Skeletonema* spp., *Aulacoseira* spp. e *Cerataulina bicornis* (diatomáceas) e de *Prorocentrum* e *Gyrodinium* (dinoflagelados) em uma área rasa do estuário da Lagoa dos Patos.

oriundo dos despejos urbanos e agroindustriais causou águas mesotróficas a eutróficas na região norte da Lagoa dos Patos (Odebrecht *et al.* 2005). Estas condições resultam num desequilíbrio na proporção dos nutrientes para o crescimento de microalgas e, com um aumento no fluxo de água doce, a partir de meados do século XX, a perspectiva é de que as espécies de água doce tendam a predominar em toda a laguna.

Comum desde o Holoceno nos ambientes lacustres na região da Lagoa dos Patos (Medeanic *et al.* 2001, Medeanic 2006), a clorócea *Botryococcus*, apesar de tolerar salinidades entre 2 e 20 (Wehr & Sheath 2003), desapareceu no plâncton da laguna e do estuário nas últimas décadas (Torgan *et al.* 2001). Uma redução significativa de *Botryococcus*, que prefere águas de baixa alcalinidade e baixo teor de nitrogênio e fósforo (Reynolds 2006), pode ser atribuída à poluição doméstica e agrícola (Medeanic & Dillenburg 2005). Além do mais, mudanças ambientais e nutritivas que causam a redução de *Botryococcus* podem implicar num rápido crescimento populacional de cianobactérias (Xu & Jaffé 2009).

O aumento de nitrogênio e fósforo de origem antrópica, sem uma entrada adicional de sílica, favorece o crescimento de flagelados e de cianobactérias em prejuízo de diatomáceas que atualmente são os principais constituintes do fitoplâncton no estuário da Lagoa dos Patos. O sucesso das cianobactérias está relacionado com sua capacidade de tolerar alta concentração de fósforo, fixar nitrogênio atmosférico e regular sua posição vertical na coluna de água em função da intensidade luminosa. Um cenário com dominância de cianobactérias observado em outros ambientes aquáticos no mundo (Paerl & Huisman 2009) ocorreu no estuário da Lagoa dos Patos em 2002/2003, quando a presença de várias espécies causou valores muito elevados de clorofila *a* (1076 g L^{-1}) durante oito meses. Eventos desta magnitude na região estuarina dependem de períodos de chuvas com intensidade do fluxo de água doce não ultrapassando 1500 mm ano^{-1} . Uma redução na concentração e biomassa de microalgas ocorre em situações de chuva acima de 1500 mm ano^{-1} (Abreu *et al.* 2009) quando a descarga fluvial desloca as células para a região costeira. O tempo de residência no estuário é insuficiente para acúmulo de biomassa e a baixa luminosidade da água doce turva inibe o processo de fotossíntese e os nutrientes beneficiam a produtividade primária na plataforma continental adjacente (Ciotti *et al.* 1995).

Num cenário de aquecimento global com aumento do nível do mar, a influência marinha tende a se estender através da região do estuário até 150 km laguna a dentro, como observado em período de seca prolongada durante o evento *La Niña* de 1988 (Odebrecht *et al.* 2005). Na atual região do estuário, as espécies de diatomáceas das águas costeiras adjacentes (*Skeletonema costatum*, *S. pseudocostatum*, *Asterionellopsis glacialis*, *Rhizosolenia* spp., *Coscinodiscus wailesii*, *Thalassiosira* spp.), bem como o silicoflagelado *Dictyocha fibula* e diversos dinoflagelados serão mais frequentes. Nas baías submersas com água marinha transparente, a produção primária de microalgas bentônicas tende a aumentar e, na região

norte da laguna, atualmente límnic, o prolongado tempo de residência da água tende a favorecer a acumulação de biomassa de fitoplâncton. O aumento da produtividade primária planctônica depende do aporte de nutrientes da descarga terrestre durante fortes eventos de *El Niño*. A absorção de nutrientes por diatomáceas reduz a concentração de nitrogênio e silicato, estimulando ainda mais o crescimento de cianobactérias como *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Anabaenopsis* que fixam nitrogênio atmosférico.

6. AS COMUNIDADES ZOOPLANCTÔNICAS

José H. Muelbert, Erik Muxagata & Sônia M. Kaminski

6. AS COMUNIDADES ZOOPLANCTÔNICAS

José H. Muelbert, Erik Muxagata & Sônia M. Kaminski

INTRODUÇÃO

O zooplâncton é composto por organismos heterotróficos que tem condições de natação limitada, sendo seu deslocamento controlado pelas correntes e marés. No zooplâncton são encontrados organismos que permanecem toda sua vida no plâncton e são conhecidos como holoplâncton. Já aqueles que têm apenas parte do seu ciclo de vida no plâncton são chamados de meroplâncton. Exemplo de organismos meroplânctônicos são os peixes, que têm seus ovos e larvas no plâncton, e são denominados ictioplâncton (Fig. 6-1).

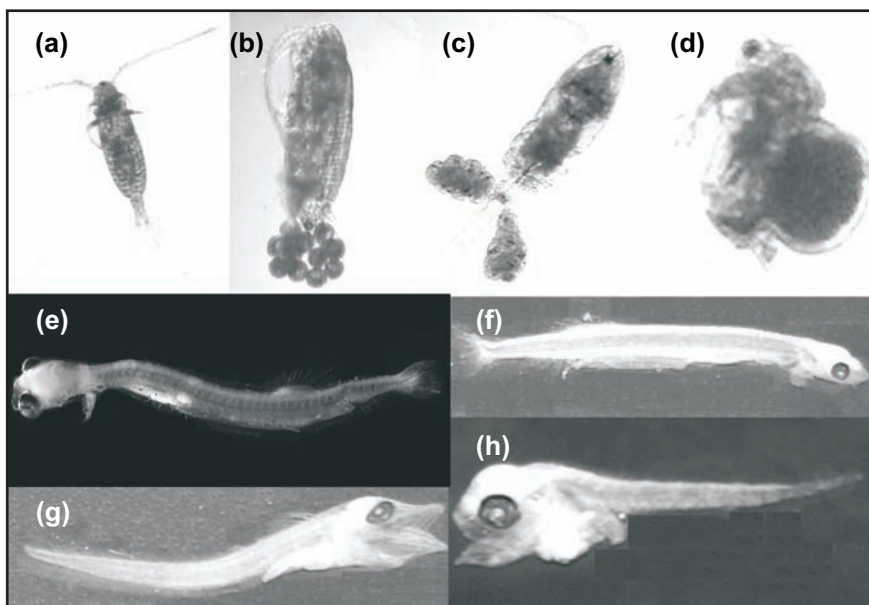


Fig. 6-1. Alguns dos principais representantes do zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. Organismos holoplântônicos: a) *Acartia tonsa*, b) *Notodiaptomus incompositus*, c) *Pseudodiaptomus richardi*, e d) *Moina micrura*. Organismos meroplântônicos: e) *Brevoortia pectinata*, f) *Lycengraulis grossidens*, g) *Trichiurus lepturus* e h) *Micropogonias furnieri*.

Salvo por citação de crustáceos phyllopodos no século XIX (von Ihering 1895), os estudos sobre zooplâncton e ictioplâncton do estuário da Lagoa dos Patos iniciaram somente na década de 70, com o objetivo de verificar a influência do regime hidrodinâmico na sua distribuição espacial,

temporal e no ciclo de vida de espécies (Castello 1976). Nesta época, um total de 84 espécies de zooplâncton foram identificadas (Montú 1980), enquanto o ictioplâncton foi caracterizado pela ocorrência de 16 taxa de peixes, sendo ovos de 5 espécies e larvas de 13 espécies, além de dois gêneros e uma família (Weiss 1981). Estudos posteriores elevaram esses números para 91 espécies de zooplâncton (Montú & Gloeden 1986), enquanto no ictioplâncton, ovos e larvas de 7 e 17 espécies, respectivamente, além de 2 gêneros e 2 famílias de peixes são identificadas (Muelbert & Weiss 1991).

Diferenças na composição e abundância de espécies do zooplâncton no estuário entre as décadas de 70 e 90 se devem, parcialmente, pela utilização de redes mais finas (<200 μm) nas últimas décadas (Muxagata 1995). Um dos componentes mais abundantes do zooplâncton é o copépode do gênero *Acartia*, porém, entre as cinco espécies registradas, apenas *A. tonsa* ocorre em alta densidade (> 40.016 org m^{-3}) (Duarte 1986). *Acartia tonsa* e *N. incompositus* são importantes ao longo de todo o ano, embora os copépodes de menor tamanho, como calanoides (*Parvocalanus crassirostris*), harpacticoides (*E. acutifrons*) e larvas de cirripédios ocorram em grandes números (Muxagata 1995). A ocorrência do copépode *Temora turbinata* e o aumento de importância do cladócero *Bosmina longirostris* são registros recentes (Kaminski 2009).

Como na maioria dos estuários temperados (Miller 1983; Day Jr. *et al.* 1989; Buskey 1993), no estuário da Lagoa dos Patos a ocorrência e a abundância de espécies do zooplâncton e ictioplâncton são determinadas, principalmente, por variações sazonais de salinidade e de temperatura (Montú 1980; Weiss 1981; Duarte 1986). *Acartia tonsa* é mais importante no outono, enquanto *N. incompositus* e *Paracalanus parvus* no inverno; os cladóceros *Moina micrura* e *Bosmina longirostris* na primavera e os copépodos *Temora turbinata*, *Subeucalanus pileatus*, hidromedusas, náuplios de Cirripedia e larvas de crustáceos Decapoda no verão (Kaminski 2009).

Espécies de origem marinha como os copépodos *A. tonsa*, *E. acutifrons*, *Oncaea conifera*, o quetognato *Sagitta tenuis*, náuplios do cirripédio *Balanus improvisus* e a appendiculária *Oikopleura dióica* dominam em salinidades elevadas. Espécies límnicas, como os copépodos *Notodiaptomus incompositus*, *N. carteri*, *Mesocyclops annulatus*, os cladóceros *Eubosmina tubicen* e *Diaphanosoma sarsi* predominam em baixa salinidade. Condições mixohalinas no estuário são caracterizadas pela presença dos copépodos *A. tonsa* e *N. incompositus*, dos cladóceros *Diaphanosoma brachyurum* e *M. micrura* e dos náuplios de *B. improvisus*.

As distintas faixas de salinidade e de estratificação da coluna d'água também caracterizam diferentes assembleias de ovos e larvas de peixes (Filgueras 2009). Condições predominantemente oligohalinas agregam espécies como o mandi (*Parapimelodus nigrebarbis*), *Atherinopsidae*, *Brevoortia pectinata* e *L. grossidens* em uma assembleia típica, enquanto condições oligo-euhalina e oligo-polihalina agregam ovos e larvas de

espécies como peixe-espada (*Trichiurus lepturus*) em outra assembleia. Uma terceira assembleia pode ser subdividida em três grupos. Em águas salgadas e homogêneas ocorre grande concentração de larvas (Bleniidae, *P. brasiliensis* e *P. paru*), enquanto em condições parcial e totalmente estratificadas as larvas de *M. ancylodon*, *S. folletti*, *C. garmani*, *M. furnieri*, Gobiidae e *Menticirrhus* sp. tem ampla distribuição ao longo da coluna d'água e, finalmente, situações meso-polihalinas e oligo-polihalina são caracterizadas por maior ocorrência de ovos de *L. grossidens*, Sciaenidae, *C. garmani* e *B. pectinata*.

O ciclo reprodutivo dos peixes é marcado pela temperatura, assim, o ictioplâncton do estuário tem forte componente sazonal, com maior abundância no verão, sendo os ovos de todas as espécies presentes na primavera (18%) e no verão (80%) (Sinque & Muelbert 1998). As larvas de espécies com desova contínua, como *Brevoortia pectinata*, *Lycengraulis grossidens* e Atherinidae, estão presentes o ano todo, enquanto larvas de *M. furnieri*, *Macrodon ancylodon*, Blenniidae, *Gobionellus* spp., *Peprilus paru*, *Trichiurus lepturus*, *Paralichthys* sp., e *C. garmani* predominam do início da primavera até o final do verão (Muelbert & Weiss 1991). A expressiva presença desses organismos caracteriza o estuário como área de criação para várias espécies de peixes de importância comercial (Montú & Gloeden 1986; Muelbert & Weiss 1991).

CENÁRIO HISTÓRICO

No estuário da Lagoa dos Patos, caracterizado como área de criação para várias espécies de peixes de interesse comercial (Weiss 1981), o zooplâncton tem sido sujeito a perturbações antrópicas e naturais. A construção dos molhes da Barra do Rio Grande, no início do século XX, alterou a intensidade de saída e de entrada de água na zona do Canal do Norte e, consequentemente, o transporte do zooplâncton, modificando significativamente os padrões de composição, distribuição e de recrutamento de ovos e larvas no estuário da Lagoa dos Patos.

O intenso desenvolvimento urbano, durante o século passado, modificou a circulação no estuário. Em algumas enseadas rasas a circulação e as taxas de renovação de água foram reduzidas. Nestas condições, a exposição a efluentes domésticos e industriais causa alterações morfológicas com as observadas em *A. tonsa* (Montú & Gloeden 1982), as quais podem induzir mudanças na estrutura da comunidade zooplantônica e menores índices de diversidade (Montú *et al.* 1998; Cardozo *et al.* 2007). A presença dos rotíferos *Brachionus* sp. (Duarte *et al.* 1991) e do cladóceros *B. longirostris* (Kaminski 2009) evidenciam o agravamento nas condições eutróficas (Zago 1976; Bohrer *et al.* 1988).

A dragagem dos canais de navegação no estuário e a ampliação do Porto de Rio Grande começou a expor os organismos zooplantônicos a compostos nocivos. Um vazamento de grande proporção de ácido

sulfúrico, no ano de 1998, provocou localmente altas concentrações de metais pesados. Entre os organismos zooplancônicos, os cladóceros de água doce apresentaram coloração acentuada, indicando um aumento da hemoglobina devido à diminuição de oxigênio; e a presença de ovos de resistência ou perda de ovos e embriões. Já os copépodes apresentaram rupturas da carapaça, extrusão dos tecidos e prolapsos intestinais, indicando condições ambientais alteradas e tóxicas (Montú & Gloeden 1998). Diversos organismos do zooplâncton (*N. incompositus*, *N. carteri*, *Metamysidopsis elongata*) também apresentam alta sensibilidade ao efluente ácido (Zamboni *et al.* 1998).

VARIAÇÕES DECADAIS

O recrutamento do ictioplâncton no estuário da Lagoa dos Patos apresenta variabilidade interanual, porém sugere também a existência de variações decadais. Eventos de *El Niño* com alta precipitação, e eventos de *La Niña* com baixa precipitação, associados a regimes de vento, influenciam os ciclos de salinização em diferentes escalas temporais e espaciais no estuário da Lagoa dos Patos (Bruno & Muelbert 2009), os quais, por sua vez, controlam a variabilidade interanual de ocorrência, abundância e dinâmica do zooplâncton e do ictioplâncton (Montú & Gloeden 1986; Muelbert & Weiss 1991).

As décadas de 70, 80 e 90 apresentam regularidade nos eventos de salinização e, conseqüentemente, do recrutamento de ovos e larvas de peixes ao estuário (Fig. 6-2). No entanto, entre 2000 e 2004, com salinidades abaixo da média histórica, a regularidade foi interrompida por um período de “limnificação”, o que drasticamente alterou o recrutamento de ovos e larvas, bem como a abundância das larvas. Nessas condições, os copépodes *N. incompositus* apresentaram as maiores frequências, seguidos pelo copépode ciclopóide de água doce *Pseudodiaptomus richardi*. Entre os cladóceros, *M. micrura* foi a espécie mais frequente, seguida por *Diaphanosoma* spp., *Ceriodaphnia dubia* e *B. longirostris*. As larvas de crustáceos decápodos e os náuplios de cirripédios foram frequentes entre os demais organismos. Em 2005, salinidades mais elevadas assemelhando-se aos de 2000 reduziram a participação de espécies de água doce na comunidade zooplancônica, enquanto as de origem marinha, como *A. tonsa*, *T. turbinata*, *S. pileatus*, *Sagitta* spp. e cladóceros marinhos tornam-se mais representativas (Kaminski 2009).

A dominância de copépodes pode ser, em parte, determinada pela salinidade. Variações de salinidade influenciam o potencial reprodutivo (Cardozo 2004), a sobrevivência de náuplios e copepoditos (Tester & Turner 1991; Cervetto *et al.* 1999), o custo energético para o crescimento (Calliari *et al.* 2006) e as taxas de alimentação (Calliari *et al.* 2008) da *A. tonsa* no estuário da Lagoa dos Patos. Enquanto em salinidade 5 o potencial reprodutivo de *Acartia tonsa* é reduzido (Cardozo 2004), a

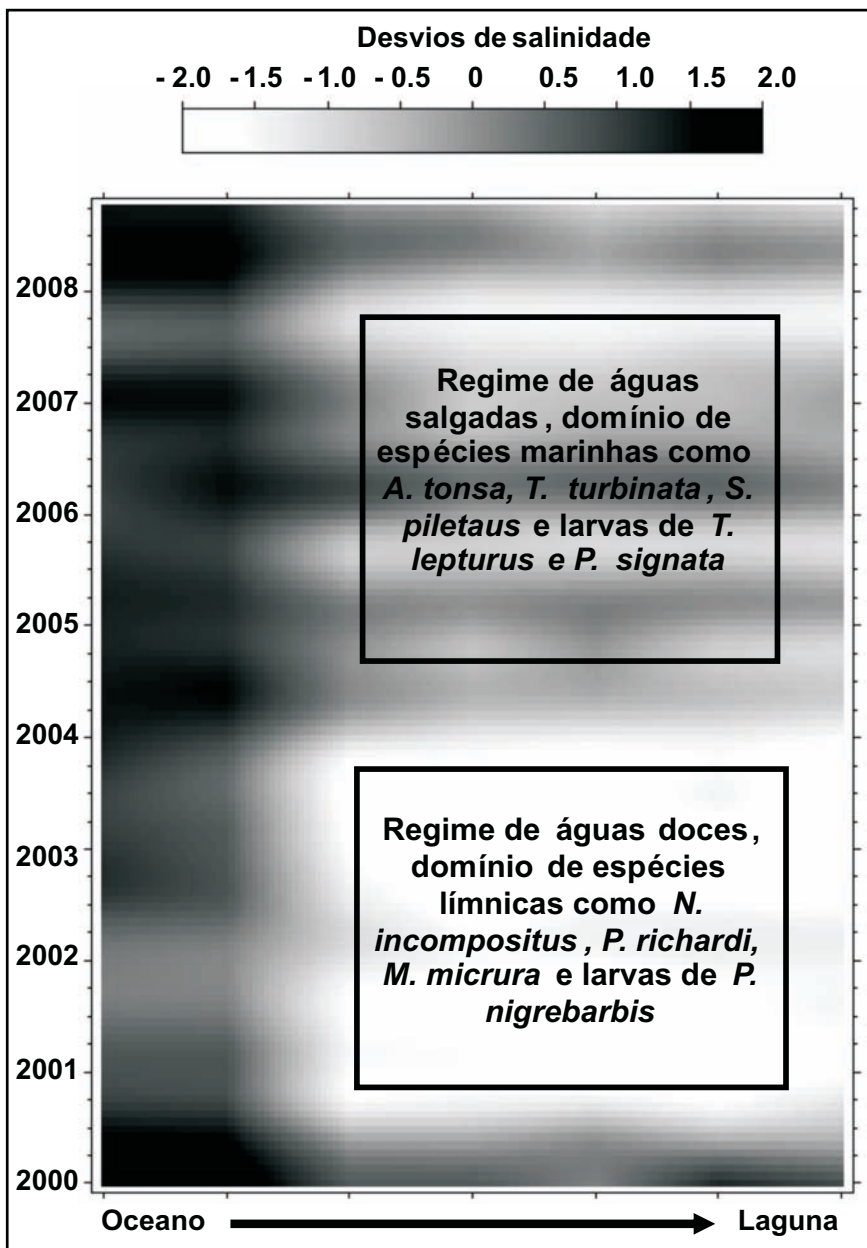


Fig. 6-2. Variações do regime hidrológico no estuário da Lagoa dos Patos, com dominância de espécies de origem continental, em condições de água doce; e de espécies de origem marinha, em condições de água salgada.

produção de ovos por fêmeas de *P. richardi* e o sucesso no desenvolvimento de náuplios até a fase adulta não varia entre salinidades de 5 a 30 no estuário (Kaminski *et al.* 2009), apesar da taxa respiratória aumentar na salinidade de 30, indicando maior requerimento energético para a osmorregulação com o aumento na salinidade (Ávila *et al.* 2008). Por outro lado, *N. incompositus* não se reproduz em salinidade 10, e os adultos morrem em salinidade 15 (Kaminski *et al.* 2009).

O tempo de residência de água e o padrão de circulação no estuário podem favorecer a retenção ou o transporte de ovos e larvas (Muelbert & Weiss 1991). Quando há coincidência entre picos de precipitação e de vazão, o transporte de ovos e larvas para o interior do estuário é inibido, contribuindo para baixas abundâncias no estuário. Sob estas condições, espécies estuarino-dependentes, como *B. pectinata*, *L. grossidens* e *M. furnieri* (Vieira *et al.* 1998) apresentam uma diminuição no recrutamento ao estuário. Esse cenário é intensificado durante períodos de *El Niño*, quando uma diminuição significativa da salinidade está associada com a menor abundância de ovos e larvas. Por outro lado, a baixa precipitação e a intrusão salina propiciam um sucesso maior no recrutamento para dentro do estuário, apesar da abundância de ovos e larvas de peixes poderem apresentar diferentes padrões (Fig. 6-3). Espécies estuarino-dependentes reproduzem nas águas costeiras e os ovos são transportados com a água do mar para o estuário (Ibagy & Sinque 1995) onde suas larvas irão crescer (Muelbert & Weiss 1991). Consequentemente, o recrutamento e a abundância relativa de ovos estão mais relacionados com as condições de intrusão salina do que o recrutamento e abundância larval no estuário. Padrões de recrutamento e abundância também podem variar entre diferentes espécies, em função da distribuição e do tempo de permanência na coluna d'água. Enquanto a presença de larvas de *M. furnieri* no estuário está associada ao ingresso de água salgada e uma redução na abundância coincide com a diminuição de salinidade, um aumento na abundância de larvas de *B. pectinata* e *L. grossidens* pode também ocorrer em situação de vazão (Martins *et al.* 2007) (Fig. 6-4).

CENÁRIOS FUTUROS

A invasão de espécies exóticas do zooplâncton no estuário durante as últimas décadas foi relacionada ao alijamento de água de lastro (Muxagata & Gloeden 1995), e marcada pela presença dos copépodes *Acartia lilljeborgi* e *Parvocalanus crassirostris*, comumente encontrados em estuários do norte do Brasil (Nascimento-Vieira & Sant'Anna 1989; Santana-Barreto *et al.* 1990), bem como de *T. turbinata* (Muxagata 1995; Kaminski 2009) e do misídeo *Promysis orientalis* (Gama *et al.* 2007) provenientes de regiões costeiras do Oceano Índico, Pacífico Oeste e Atlântico Norte (Fleminger 1975; Bradford 1977). Destas espécies, destaca-se o aumento na frequência e abundância de *T. turbinata* no

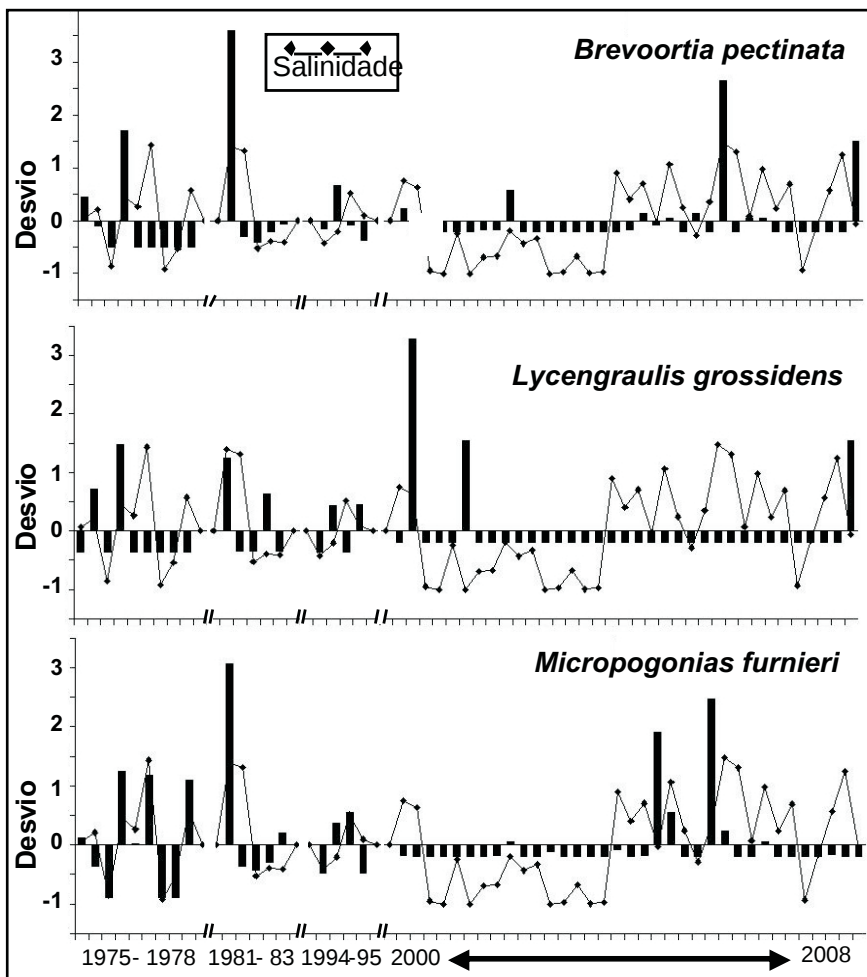


Fig. 6-3. Desvio da abundância média de ovos de peixes e da salinidade no estuário da Lagoa dos Patos.

estuário durante as duas últimas décadas, sendo que atualmente, a espécie tem sua maior importância na composição da comunidade no verão, o que pode ter ocasionado uma diminuição na dominância de *A. tonsa* nessa estação do ano (Kaminski 2009). A condição de contínua reprodução e desovante livre, com alta taxa reprodutiva em ambas as espécies, pode contribuir para uma provável pressão competitiva entre elas (Kaminski & Montú 2005). Alterações na composição da comunidade do zooplâncton, com a eliminação de espécies e predomínio de outras, tenderá a diminuir a diversidade e ocasionar o desequilíbrio na disponibilidade de alimento para larvas de vários peixes e invertebrados.

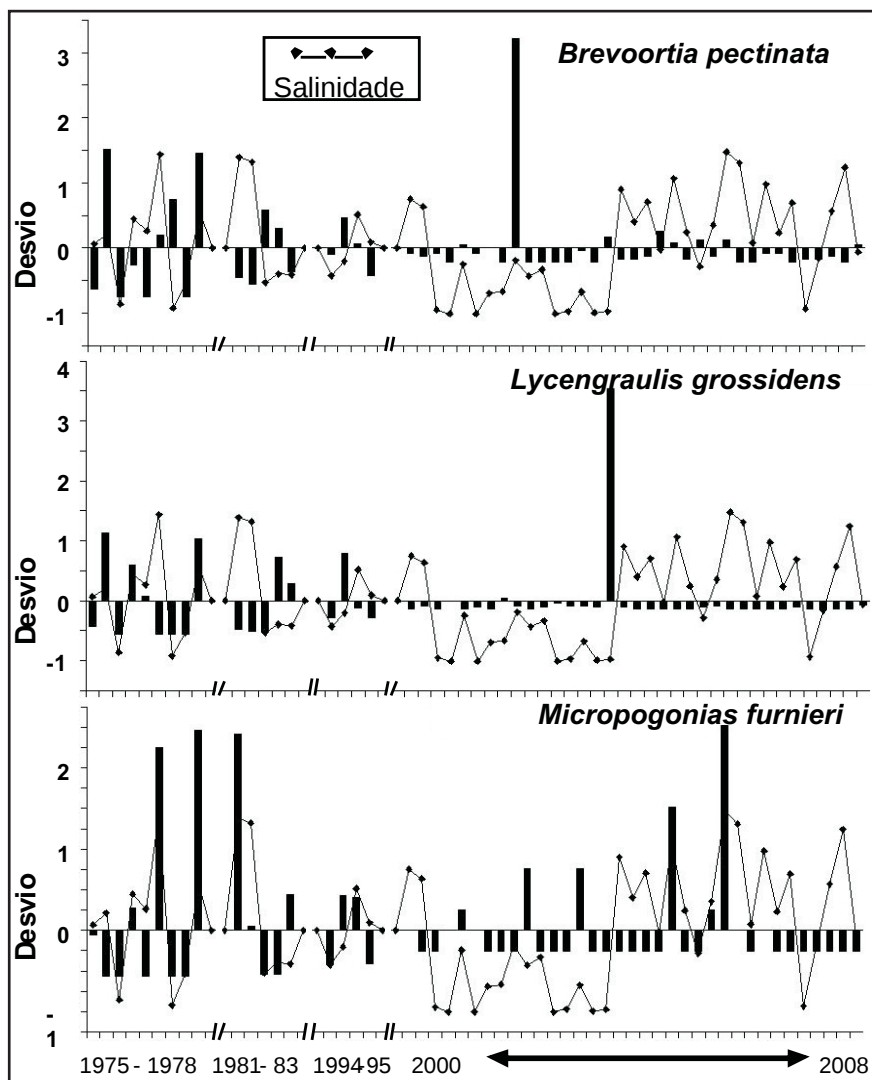


Fig. 6-4. Desvio da abundância média de larvas de peixes e da salinidade no estuário da Lagoa dos Patos.

O aumento da vazão de água doce, observado durante a segunda metade do século XX, pode proporcionar uma significativa alteração do padrão de circulação e estratificação no estuário da Lagoa dos Patos e uma modificação nas assembleias de organismos do zooplâncton. Como consequência destas modificações, pode ser esperada uma redução de espécies de origem marinha no estuário da Lagoa dos Patos, com dominância de espécies planctônicas de origem límnic, como *N.*

incompositus, *P. richardi*, *M. micrura*, outros cladóceros, copépodes e larvas de peixes de água doce (ie. *P. nigrebarbis*). A diminuição no recrutamento de ovos e larvas de origem marinha e de importância comercial no estuário poderá ter profundos reflexos na produção pesqueira do sul do Brasil.

7. A ASSEMBLEIA DE PEIXES

João Paes Vieira, Alexandre Garcia & Leonardo Moraes

7. A ASSEMBLEIA DE PEIXES

João Paes Vieira, Alexandre Garcia & Leonardo Moraes

INTRODUÇÃO

Estuários são zonas de transição entre as zonas límnic e oceânica. Algumas espécies de peixes facilmente superam esses limites, gerando uma interconectividade natural entre as zonas límnic, estuarial e oceânica adjacente. A entrada e saída dos peixes no estuário é um exemplo da importação e exportação de biomassa (Fischer *et al.* 2004), gerando subsídios de carbono entre as teias alimentares das regiões marinhas, estuarinas e límnicas (Garcia *et al.* 2007; Schlacher *et al.* 2009).

A maioria das espécies de peixes que ocorrem no estuário é de origem marinha, sendo que a forma como essas espécies utilizam os habitats estuarinos é muito similar na maioria dos estuários do mundo (Day *et al.* 1989; Vieira & Musick 1993, 1994). No estuário da Lagoa dos Patos, as espécies de água doce apresentam uma correlação inversa com a salinidade. O pico de abundância ocorre no extremo norte da laguna e decrescem em abundância em direção à desembocadura, onde exemplares de peixes de água doce são coletados em períodos de grande vazão (Vieira *et al.* 1998; Garcia *et al.* 2003b). As espécies estuarino-residentes, que têm seus ciclos de vida inteiramente associados ao estuário, apresentam elevados valores de abundância, desde a desembocadura até o Saco de Tapes, porém decrescem no extremo norte da laguna. Picos de abundância de espécies marinhas estão associados com altos valores de intrusão de salinidade no estuário, decrescendo aproximadamente juntos, desde a Barra do Rio Grande até a parte norte da laguna, onde espécies como a corvina (*Micropogonias furnieri*) e a tainha (*Mugil platanus*) ainda podem ser encontradas (Fig. 7-1).

As áreas rasas do estuário (<2 m) oferecem condições favoráveis ao recrutamento de inúmeras espécies e apresentam uma fauna de peixes característica, composta por cerca de 99 espécies, enquanto as águas mais profundas (>2m), com cerca de 84 espécies, servem como corredor para peixes de grande mobilidade ou como refúgio durante a maré baixa, além de abrigar indivíduos de maior tamanho (Vieira *et al.* 1998). Considerando a abundância das espécies de peixes das águas rasas e profundas, coletadas em dois períodos distintos, a Lagoa dos Patos pode ser dividida em estuário (R-I), estuário superior (R-II) e região límnic (R-III) (Fig. 7-1). As diferentes definições dos limites destas zonas ecológicas (Closs & Medeiros 1965; Bemvenuti & Netto 1998; Raseira 2003) provavelmente refletem variações interanuais do padrão de distribuição das águas durante épocas de *El Niño* e *La Niña*, ou limites sazonais de

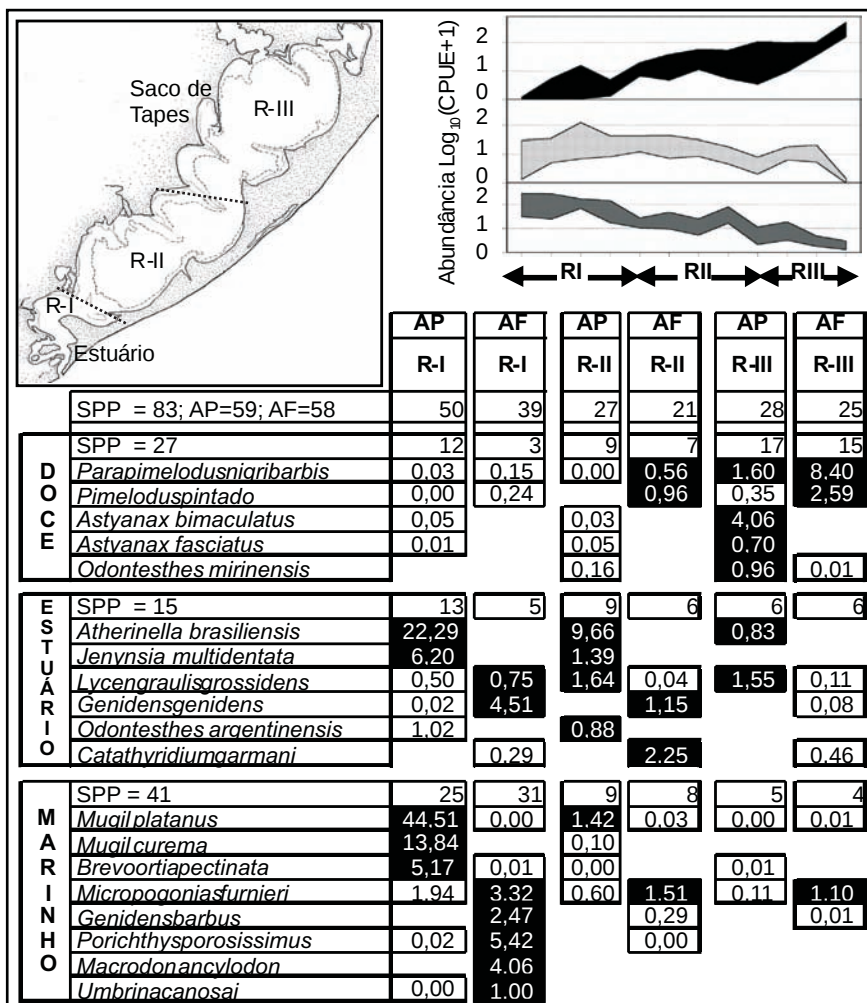


Fig. 7-1. Abundância (CPUE=Captura Por Unidade de Área em 100 m²) de peixes de água doce (preto), estuariais (cinza claro) e marinhos (cinza escuro) nos arrastos de fundo no estuário (R-I), estuário superior (R-II) e zona límnica (R-III) da Lagoa dos Patos (valores extremos máximos e mínimos log₁₀ transformados). A tabela apresenta a abundância de peixes nos habitats de águas rasas (AP) amostradas em 2002, e profundas (AF) amostradas entre 1987-88. Células em negrito representam espécies com abundância maior ou igual a média do habitat. SPP=número de espécies (modificada de Raseira 2003 e de Vieira & Pereira no prelo)

salinidade e temperatura, como também características ecológicas distintas dos grupos taxonômicos analisados (Vieira & Pereira, no prelo).

As maiores abundâncias relativas de peixes ocorrem no estuário (R-I), sendo dominados por espécies de origem estuarina e marinha. Nas

zonas rasas dominam indivíduos de pequeno porte, como juvenis e adultos de *Atherinella brasiliensis* e *Jenynsia multidentata* (estuarinos) e juvenis de *Mugil platanus*, *M. curema* e *Brevoortia pectinata* (marinhos). Na zona de canal, os indivíduos apresentam uma ampla gama de tamanho, predominando juvenis e subadultos de espécies marinhas *Micropogonias furnieri* e *Genidens barbatus*, associados a levas de pós-larvas de miragaia *Pogonia cromis*, pescadinha *Macrodon ancylodon* e castanha *Umbrina canosai*. Espécies estuarinas, como o bagre-guri *Genidens genidens* e a manjuba *Lycengraulis grossidens* também são abundantes (Fig.7-1). Ainda assim, a maioria das espécies de origem marinha é transitória, associadas à entrada de água salgada, com exceção dos juvenis e subadultos da tainha (*M. platanus*) nas zonas rasas, e da corvina (*M. furnieri*) na zona de canal, que permanecem abundantes ao longo do ano em toda a laguna (Vieira *et al.* 1998).

No estuário superior (R-II), o tamanho dos peixes é semelhante aos do estuário, embora as abundâncias sejam menores (Fig. 7-1). Nesta região dominam ainda os peixes estuarinos como *A. brasiliensis*, *J. multidentata*, *L. grossidens* e *Odontesthes argentinensis*, além da tainha. Na zona de canal, não ocorre o pico de abundância de juvenis como no estuário, e a associação de peixes é dominada por espécies tipicamente estuarinas, como os linguados-zebra *Catathyridium garmani* e o bagre-guri, seguidas da corvina, enquanto em períodos de baixa salinidade, espécies típicas de água doce, como o mandi *Parapimelodus nigribarbatus* e o pintado *Pimelodus pintado* são abundantes (Vieira *et al.* 1998; Garcia *et al.* 2003b).

Na região límnic (R-III) das zonas rasas e profundas domina o mandi, enquanto o pintado e a corvina são mais abundantes em zonas mais profundas. Espécies de água doce, como os lambaris (*Astyanax bimaculatus*, *A. fasciatus*), o peixe-rei (*Odontesthes mirinensis*), o peixe-rei estuarino (*Atherinella brasiliensis*) e a manjuba são abundantes nas zonas rasas (Fig. 7-1). Espécies de água doce de importância comercial como os peixes-rei do gênero *Odontesthes*, e o pintado, bem como espécies marinhas, como a tainha, corvina e bagres-marinhos (*Genidens barbatus* e *G. planifrons*) têm ampla distribuição na lagoa e usam tanto as zonas rasas como as profundas para sua reprodução, criação e alimentação.

CENÁRIO HISTÓRICO

Registros arqueológicos de cerca de 5.100 anos A.P. atestam que os bagres-marinhos, a corvina e a miragaia eram pescados e consumidos por povos indígenas das culturas Chaná, Umbu, Vieira e Tupiguarani (von Ihering 1885; Calippo *et al.* 2000). Com a chegada de pescadores portugueses, no final do século XIX, começaram as atividades pesqueiras artesanais no estuário da Lagoa dos Patos, explorando as mesmas espécies de peixes que os nativos.

Por mais de um século a atividade pesqueira no estuário da Lagoa

dos Patos e zona costeira adjacente se constituiu na base socioeconômica da região (Haimovici *et al.* 1997). Até a década de 40, o setor pesqueiro se desenvolveu baseado essencialmente na pesca artesanal, realizada eminentemente no estuário e região costeira adjacente, quando a pesca industrial começou a atuar na plataforma continental do Rio Grande do Sul. Após a década de 70, a pesca industrial se intensificou, devido a fatores como o fim dos acordos de pesca com a Argentina e o Uruguai, o que limitou a área de atuação à costa brasileira, e o aumento dos incentivos fiscais (Antero-Silva 1990; Reis & Rodrigues 2003; Vasconcellos *et al.* 2005; Kalikoski *et al.* 2006).

O ciclo de vida da maioria das espécies de peixes comerciais, que até recentemente sustentavam a pesca artesanal do sul do Brasil (Reis *et al.* 1994; Haimovici *et al.* 1997; Vasconcellos *et al.* 2005), está relacionado ao uso do estuário da Lagoa dos Patos, como zona de reprodução e/ou recrutamento (Chao *et al.* 1982; Reis & D'Incao 2000; Vasconcellos *et al.* 2005). Por exemplo, a pesca da tainha (*M. platanus*) intensifica-se, em abril e maio, quando densos cardumes se formam durante a chamada "corrida da tainha para o mar", ocasionada pela chegada das águas frias do rebojo do inverno (Vieira *et al.* 2008). Os bagres-marinhos, cujos adultos migram ativamente para os estuários, no início da primavera para reproduzir-se, são pescados no período reprodutivo, antes mesmo de o macho liberar os ovos encubados na boca durante o verão (Chao *et al.* 1985). A corvina, assim como a miraguaia (*Pogonia cromis*), se aproximam do estuário na primavera e no verão para desovar e facilitar a entrada das suas larvas, utilizando as zonas rasas dos estuários para criação (Vieira *et al.* 1998).

Nas últimas décadas, os estoques das espécies exploradas pela pesca artesanal colapsaram ou estão sobre pescados, assim, a produção de peixes, como um todo, vem caindo, apenas a tainha e o camarão-rosa ainda apresentam viabilidade econômica (Reis *et al.* 1994; Haimovici *et al.* 1997, 2006; Haimovici 1998; Reis & D'Incao 2000; Vasconcellos *et al.* 2005) (Fig. 7-2). Por exemplo, os bagres-marinhos e a miragaia, que utilizavam o estuário como zona de reprodução e criação estão quase extintos. A captura média da miragaia, que pode atingir até 1,70 m de comprimento, pesar mais de 50 kg e chegar à idade de 43 anos (Fischer *et al.* 2004), declinou entre 1974 e 1994 de 1.044 para 63 tons. ano⁻¹ no estuário e na região costeira (Haimovici 1998; Vasconcellos *et al.* 2005). Atualmente, as capturas não atingem 10 tons. Ano⁻¹ no estuário, apesar de serem obtidas na região oceânica, ocasionalmente, até 40 tons (CEPERG 2002 a 2007). Os adultos dos bagres-marinhos (*G. barbatus* e *G. planifrons*), que alcançam até 1,20 m de comprimento e podem atingir até 36 anos de vida, representavam o segundo recurso mais importante da pesca artesanal (3,7 mil tons. ano⁻¹). Na década de 80, a pesca colapsou e a média de captura ficou abaixo de 300 tons. ano⁻¹ (Antero-Silva 1990; Reis *et al.* 1994) (Fig. 7-2).

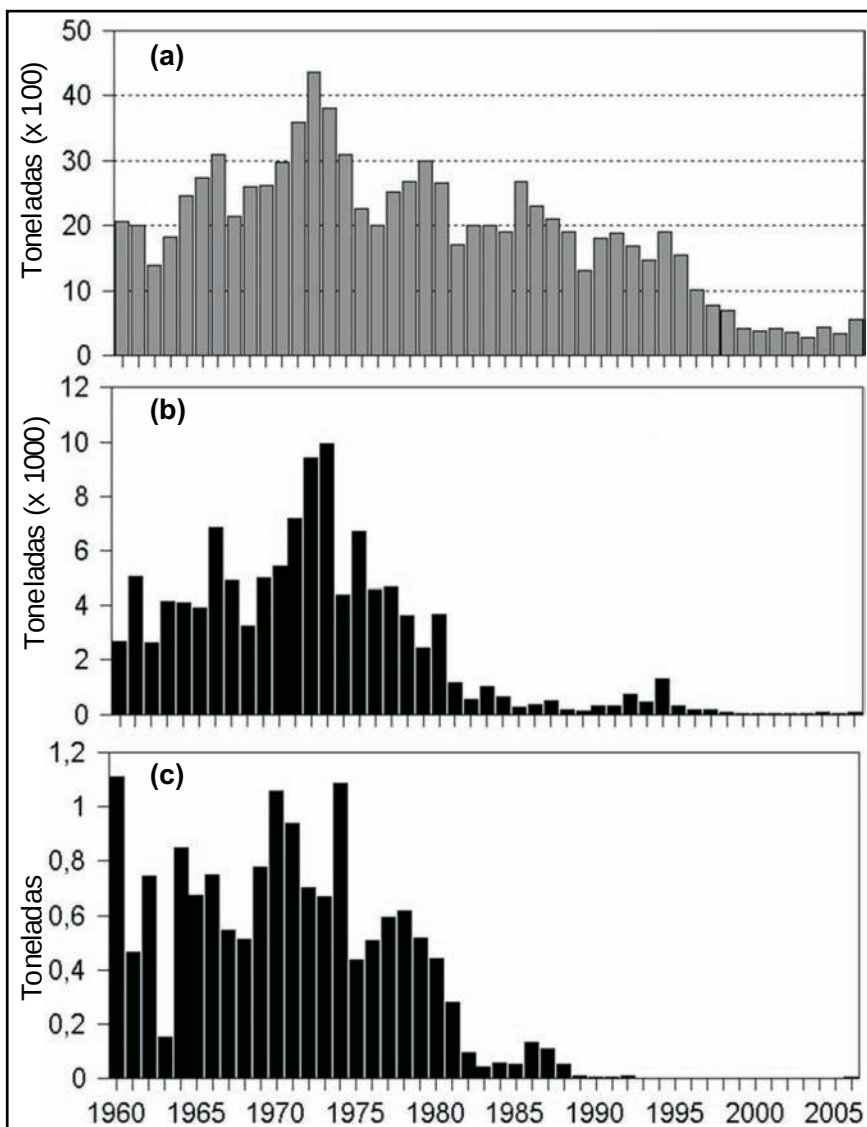


Fig. 7-2. Desembarque anual total de peixes (a), de bagres-marinhos *Genidens barbus*, *G. planifrons* e *G. genidens* (b) e de miraguaia *Pogonias cromis* (c) da pesca artesanal da Lagoa dos Patos (SUDEPE e CEPERG).

VARIAÇÕES DECADAIS

A discriminação dos impactos diretos ligados à pesca e dos indiretos da degradação ambiental, além dos efeitos de fatores climáticos naturais

sobre a fauna de peixes pode ser facilitada por estudos ecológicos de longo prazo (Likens 1989). Atividades pesqueiras, a degradação do ambiente lagunar e estuarino, e eventos de *El Niño* e de *La Niña* podem influenciar a estrutura e dinâmica da ictiofauna no estuário da Lagoa dos Patos (Garcia & Vieira 2001; Garcia *et al.* 2001; Garcia *et al.* 2004a), impactar o recrutamento de espécies importantes para a pesca artesanal (Garcia *et al.* 2003a; Vieira *et al.* 2008; Möller *et al.* 2009), bem como alterar a migração reprodutiva de algumas espécies e, conseqüentemente, a produção pesqueira estuarina (Vieira *et al.* 2008; Odebrecht *et al.* 2010).

Nas últimas décadas, diversas causas antrópicas levaram a um acentuado declínio da pesca artesanal no estuário da Lagoa dos Patos. Por exemplo, atividades pesqueiras durante a migração entre o estuário e oceano (Chao *et al.* 1985; Reis *et al.* 1994), quando as espécies agregam para a reprodução formando densos cardumes, facilitam sua captura (Vieira *et al.* 2008). A reprodução é um evento crítico para a manutenção das espécies, conseqüentemente, a pesca intensa nesse período reduz os estoques e aumenta a sua vulnerabilidade (Haimovici *et al.* 1989, 1997, 2006; Reis *et al.* 1994; Haimovici & Umpierre 1996; Vieira *et al.* 1996; Vasconcellos *et al.* 2005; Kalikoski *et al.* 2006). Além do mais, uma alta proporção de juvenis de corvina e bagres-marinhos, entre outros, são capturados e descartados pela pesca do camarão-rosa, prejudicando os estoques (Vieira *et al.* 1996; Loebmann & Vieira 2006). Finalmente, a ação indireta da urbanização, industrialização, atividade portuária e degradação ambiental implicam no declínio da pesca artesanal (Almeida *et al.* 1993; Asmus 1997; Odebrecht *et al.* 2010).

Atualmente, a assembleia de peixes do estuário da Lagoa dos Patos é composta por mais de 167 espécies (Chao *et al.* 1982, 1985; Vieira *et al.* 1998). Entre 1979 a 1984 foram registradas 55 espécies nas zonas rasas e, cerca de quatro novas espécies foram registradas a cada ano, de 1997 até o presente. A maioria desses registros é de espécies ocasionais, sendo que apenas 11 espécies são abundantes e frequentes ao longo das últimas décadas nos arrastos de praia (Fig. 7-3).

Em épocas de *La Niña* dominam períodos de estiagem, com menor intensidade da descarga continental e penetração da água salgada, o que favorece a entrada de grande variedade de espécies marinhas no estuário, com destaque para as consideradas estuarino-dependentes, como os juvenis da corvina e da tainha. Nesses períodos a presença de peixes de água doce é restrita àquelas com certa tolerância à salinidade (2º ordem, sensu Myers 1938), como o cará *Geophagus brasiliensis* (Garcia *et al.* 2003b).

Os efeitos de episódios *El Niño* sobre a assembleia de peixes são distintos daqueles que ocorrem durante épocas de *La Niña* (Garcia *et al.* 2001) (Fig. 7-4). Nessa época, o deslocamento da massa de água da região média e superior da laguna, em direção a barra, transporta mais do que 28 espécies de peixes de água doce para a região estuarina, sendo o mandi *P. nigribarbis*, o lambari *A. eigenmanniorum* e o dentado *Oligosarcus*

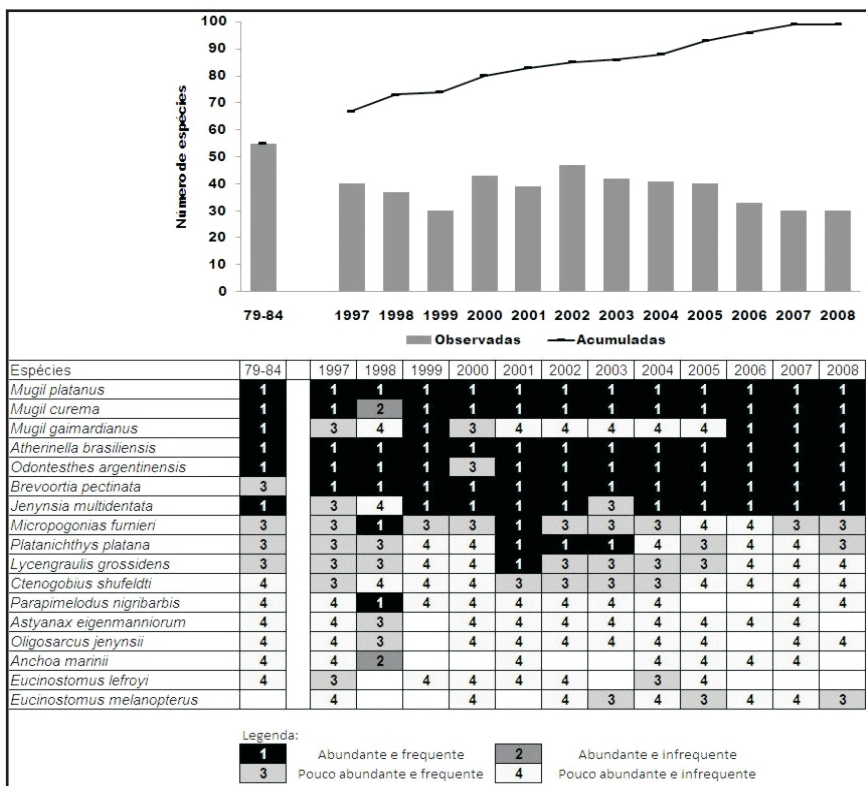


Fig. 7-3. Número anual e acumulado de espécies coletadas com arrastos de praia no estuário da Lagoa dos Patos (1979-1984 BELAP; 1997-2008 PELD) e tabela com abundâncias e frequências relativas das espécies.

jenynsii as espécies mais abundantes (Garcia *et al.* 2003a,b). Este deslocamento ocasiona um aumento dos índices de diversidade de peixes no estuário (Garcia & Vieira 2001; Garcia *et al.* 2004a) assim, durante fortes eventos *El Niño* ocorre um processo de 'limnização' com acentuada entrada de espécies de água doce. Esse processo pode ser considerado análogo a "tropicalização" na região equatorial do Pacífico, em anos de *El Niño*, quando espécies de peixes tropicais ampliam sua distribuição, acarretando um aumento na diversidade na região costeira ao sul (Arntz & Fahrbach 1996; Lehodey *et al.* 1997). Enquanto as espécies de água doce aumentam, a abundância dos peixes estuarino-residentes diminui. Algumas, como o pequeno peixe-rei estuarino *A. brasiliensis* são carregados para a região marinha adjacente (Garcia *et al.* 2001) outros, como o barrigudinho *J. multidentata* parecem utilizar as margens vegetadas do estuário que ficam alagadas (Garcia *et al.* 2004b). Também os peixes marinhos "estuarino-dependentes", que utilizam a região estuarina como zona de crescimento e alimentação para os juvenis,

diminuem em abundância devido a forte saída de água doce pela estreita Barra (Vieira *et al.* 2008) (Fig. 7-5).

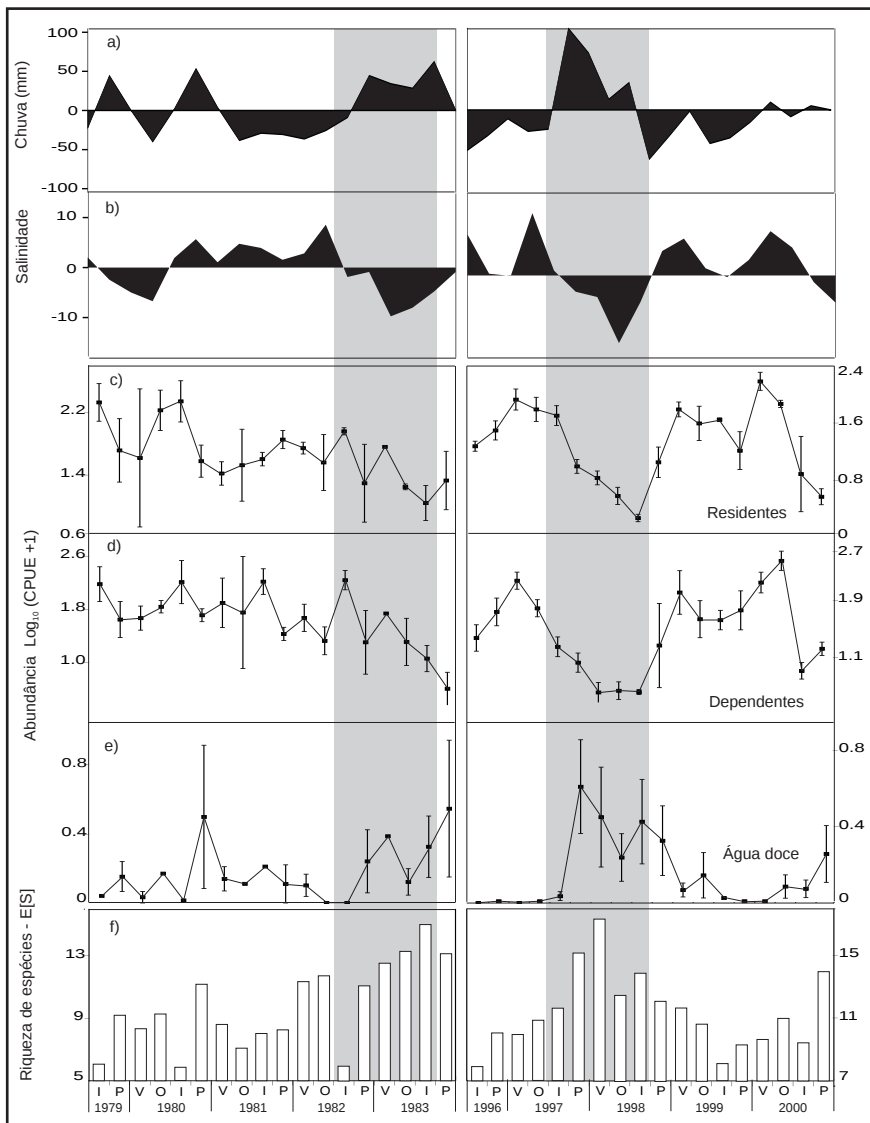


Fig. 7-4. Anomalias sazonais médias de precipitação na bacia de drenagem da Lagoa dos Patos (a) e de salinidade no estuário (b). Variação sazonal na abundância média (indivíduos por arrasto) de peixes estuarino-residentes (completam todo o ciclo de vida no estuário) (c), estuarino-dependentes (desovam no mar, mas utilizam o estuário como área de berçário para os juvenis) (d), peixes de água doce (habitam a porção límnica da lagoa) (e) e da riqueza de espécies (f). Barras cinzas verticais representam eventos de *El Niño*.

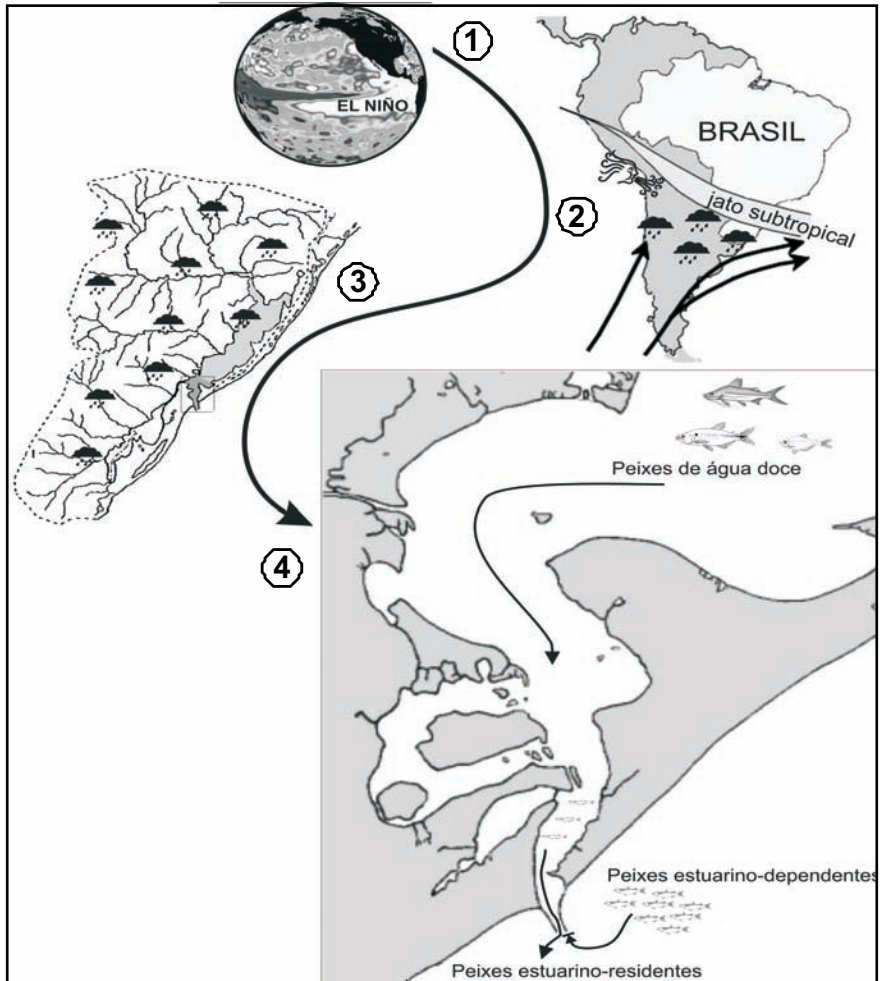


Fig. 7-5. Diagrama conceitual representando as principais etapas e processos relacionando o fenômeno *El Niño* e seus efeitos indiretos sobre a fauna de peixes do estuário da Lagoa dos Patos. (1) Aquecimento anômalo da temperatura da água do mar na região equatorial do Oceano Pacífico que caracteriza a ocorrência de um episódio *El Niño*. (2) Bloqueio atmosférico de frentes frias no sul do Brasil provocado pela intensificação do jato subtropical. (3) Aumento da precipitação sobre a bacia de drenagem da Lagoa dos Patos. (4) Alterações nos padrões de entrada e saída do estuário de diferentes grupos (guildas) de peixes com penetração para o interior do estuário por peixes de água doce que usualmente habitam a porção norte da lagoa; deslocamento para fora do estuário de peixes que, usualmente, vivem restritos a região estuarina (estuarino-residentes) e diminuição da entrada de peixes que desovam no mar, mas que usam o estuário como área de berçário para os juvenis (estuarino-dependentes).

CENÁRIOS E PREVISÕES DE MUDANÇAS

As marcadas interações entre o fenômeno ENOS e os peixes do estuário da Lagoa dos Patos podem ter implicações importantes num cenário de mudanças climáticas. Alguns estudos sugerem que eventos *El Niño* poderão se tornar mais frequentes e intensos, com o agravamento do aquecimento global (Timmermann *et al.* 1999). Outros estudos apontam um aumento sistemático nas chuvas e nas vazões dos rios do sul do Brasil e projetam tendências da continuação do aumento nos próximos 100 anos (Marengo 2007). Nesse caso, poderão ocorrer importantes mudanças na vazão de água doce pelo estuário da Lagoa dos Patos. Os peixes do estuário, sendo sensíveis às alterações nos padrões de salinidade, poderiam ser utilizados para monitorar possíveis impactos das mudanças climáticas na fauna aquática da região (Garcia *et al.* no prelo).

8. HÁBITATS DE *RUPPIA MARITIMA* E DE MACROALGAS

Margareth Copertino & Ulrich Seeliger

8. HÁBITATS DE *RUPPIA MARITIMA* E DE MACROALGAS

Margareth Copertino & Ulrich Seeliger

INTRODUÇÃO

O estuário da Lagoa dos Patos é formado por cerca de 170 km² de áreas rasas (<1.5 m), as quais fornecem condições propícias ao estabelecimento e desenvolvimento de fanerógamas submersas enraizadas e macroalgas bentônicas. As fanerógamas são dominadas pela espécie estuarina *Ruppia maritima*, embora espécies mais oligohalinas (*Zanichellia palustris*) e límnicas (*Elodea*, *Myriophyllum brasiliense*, *Potamogeton striatus*, *Ceratophyllum demersum*) ocorram durante longos períodos de água doce ou em regiões ao norte do estuário (Cafruni *et al.* 1978; Cafruni 1983; Asmus 1989; Mazo 1994; Seeliger 1997a).

A distribuição das pradarias de fanerógamas no estuário é dependente do gradiente salino, do tipo de sedimento e da exposição à ação das ondas (Costa & Seeliger 1989; Mazo 1994). As plantas podem crescer em salinidades baixas, as quais afetam a alocação da biomassa, a reprodução (Knack 1986) e a germinação (Koch & Seeliger 1988). As pradarias abundam em sedimento arenoso, com baixos conteúdos de matéria orgânica, em áreas de reduzida circulação. O limite superior da distribuição vertical é controlado pela exposição ao ar (<20% ano⁻¹) e o inferior pela atenuação da luz em profundidade até 2 m. Em populações intermareais, ainda que expostas à dessecação, as biomassas e a alocação para estruturas reprodutivas são maiores do que nas populações da zona submareal. Em profundidades até 1.5 m, a baixa intensidade luminosa inibe a formação de flores, priorizando a perenização da pradaria (Costa & Seeliger 1989; Silva 1995) com o crescimento vegetativo contínuo, embora com biomassas significativamente menores.

A distribuição sazonal das populações de fanerógamas submersas no estuário ocorre em função do fotoperíodo, da temperatura e de salinidade que influenciam o ciclo reprodutivo e a formação da biomassa (Cafruni *et al.* 1983; Silva 1995; Colares 1998; Colares & Seeliger 2006). Na primavera e verão, as pradarias de *R. maritima* brotam vegetativamente de rizomas perenes ou, em áreas de vegetação escassa ou fragmentada, pela germinação das sementes no sedimento. No auge de crescimento, no verão, a média de biomassa das pradarias é de aproximadamente 25 g PS m⁻², entretanto picos podem exceder 120 g PS m⁻² (Cafruni 1983; Mazo 1994; Silva 1995). Nessa época, as plantas lançam caules verticais, produzem inflorescências, frutificam e começam a liberar as sementes. O declínio das pradarias começa no outono, decorrente da senescência e morte dos caules reprodutivos e das folhas maduras. A produção de

sementes depende da biomassa vegetativa *a priori*, do tempo de permanência da pradaria e do nível e transparência da água (Cafruni *et al.* 1983; Silva 1995). A baixa taxa de germinação requer condições favoráveis da dinâmica do sedimento, da temperatura e da salinidade, além de uma elevada densidade de sementes para garantir o estabelecimento e sobrevivência das plântulas na primavera (Cordazzo 2004).

Macroalgas bentônicas são componentes importantes da vegetação aquática submersa do estuário da Lagoa dos Patos (Asmus 1984; Silva 1995; Seeliger 1997b). Espécies de *Ulva* (*Ulva clathrata*, *U. intestinalis*, *U. ramulosa*, *U. flexuosa*, *U. micrococa*) e cladophorales (*Cladophora* sp., *Rhizoclonium riparium*) crescem em abundância sobre os fundos rasos e areno-lodosos. Quando suspensas na coluna d'água, as algas formam densas massas flutuantes, conhecidas como algas de deriva, as quais continuam a fotossintetizar e crescer enquanto permanecem na zona fótica (Coutinho & Seeliger 1986). As condições variáveis de temperatura, salinidade e transparência da água refletem-se em substituições de espécies dominantes de curto ciclo de vida e rápido incremento das biomassas. Baseados nas biomassas, taxas fotossintéticas e no conteúdo de nutrientes do tecido das algas, estima-se uma produtividade primária média de 1-10 g C e 0.2-4g N m⁻².dia⁻¹ para o verão, equivalendo a uma produção total de cerca 100-1000g C e 18-360 g N. m⁻² até o final da estação de crescimento. Enquanto temperatura, salinidade e transparência da água influenciam no crescimento, as correntes estuarinas e ventos locais (Lanari & Copertino 2006) são responsáveis pelo transporte de macroalgas para os canais profundos, onde os acúmulos de detritos são, em parte, exportados para a região costeira adjacente.

As pradarias de plantas submersas e as macroalgas formam habitats permanentes ou temporários para a fauna estuarina (Capítoli & Ortega 1993; Bemvenuti 1997; Garcia & Vieira 1997), apesar da cobertura de macroalgas por mais de seis meses poder inibir o desenvolvimento das fanerógamas, devido à redução da intensidade luminosa.

A presença dos fundos vegetados aumenta a complexidade estrutural dos habitats de áreas rasas, com reflexos diretos nas dinâmicas populacionais e nas comunidades animais, residentes temporários ou permanentes no estuário. Maiores abundâncias da fauna bentônica ocorrem dentro dos fundos vegetados, particularmente das espécies oportunistas (ex. *Heleobia australis*) (Rosa & Bemvenuti 2007). Fundos desenvolvidos de fanerógamas formam habitats sazonalmente estáveis e complexos devido às folhas e rede de rizomas. Pradarias de *R. maritima* são habitats preferenciais para o camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) e o siri azul (*Callinectes sapidus*) (Garcia *et al.* 1996). Maior diversidade de peixes é observada dentro de pradarias de fanerógamas do que fora delas, principalmente devido ao aumento na riqueza de espécies estuarinas temporárias, como peixes de água doce (Garcia & Vieira 1997). Algumas espécies de peixes (*S. folletti*, *J. lineata*, *G. brasiliensis*) predam dentro das pradarias pequenos crustáceos da coluna d'água, outros (*M. platanus*) se

alimentam de algas epífitas. A vegetação submersa é ainda fonte de alimento para tartarugas marinhas (*Chelonia midas*) (Azevedo 2007) e para aves aquáticas (*Coscoroba coscoroba*, *Fulica* spp.), sendo que centenas de indivíduos do cisne-de-pescoço-preto (*C. melanocoryphus*), ave endêmica e ameaçada do sul da América do Sul, são avistadas pastando sobre as pradarias durante o verão. Além de formar habitats de alimento e proteção, as pradarias captam e reciclam nutrientes, estabilizam os fundos areno-lodosos e protegem as margens estuarinas (Asmus 1989; Silva & Asmus 2001).

VARIAÇÕES SECULARES

A primeira descrição da vegetação submersa no estuário da Lagoa dos Patos data do final do século XIX (von Ihering 1885). Plantas aquáticas superiores que formaram pradarias, eram presentes nas enseadas do estuário e, provavelmente, também em áreas mais ao norte, devido à frequente penetração da água salgada para dentro da laguna (Bicalho 1883; von Ihering 1885). Macrófitas aquáticas de água doce, que atualmente ocorrem no estuário em anos de baixa salinidade, foram somente registradas, naquela época, na região norte da laguna. Durante as frequentes enchentes de inverno, registradas desde o início do século XIX (Bicalho 1883), a vegetação de água doce, especialmente água-pé (*Eichhornia crassipes*) eram transportadas pelo estuário até a praia (von Ihering 1885). Mesmo com menor impacto antrópico daquele século, macroalgas verdes oportunistas, como Ulvales e Cladophorales, já eram abundantes nas áreas rasas do estuário. Entretanto, densas colônias da cianofícea *Aphanothece*, que atualmente são comuns nas áreas rasas do estuário, não foram mencionadas naquela época.

A diversidade de macroalgas aumentou no início do século XX no baixo estuário da Lagoa dos Patos, após a construção dos molhes de 4 km mar adentro, no Canal da Barra da Lagoa dos Patos (Seeliger 2004). No meio de um extenso litoral arenoso, o substrato rochoso dos molhes foi colonizado por organismos vindos de regiões tropicais ao norte, e temperado frias ao sul. Mais de 30 espécies de clorófitas, rodófitas e feófitas bentônicas se beneficiaram deste substrato para se estabelecer (Coutinho 1982; Coutinho & Seeliger 1986; Seeliger 1997b) e, nas décadas seguintes, os componentes mais eurihalinos começaram a colonizar outros substratos consolidados, como trapiches, diques e estacas, no estuário da Lagoa dos Patos.

VARIAÇÕES DECADAIS

As condições climáticas e hidrológicas, assim como as interferências antrópicas (dragagem, pesca predatória, poluição) têm influenciado a

distribuição, estrutura e a abundância da vegetação submersa no estuário da Lagoa dos Patos (Odebrecht *et al.* 2009). Apesar da grande variabilidade sazonal e interanual, durante os últimos 30 anos, nos verões da década de 80 (1980-83) e 90 (1991-93) as pradarias de *R. maritima*, com elevadas biomassas e plantas mais altas e densas, ocuparam 40 a 57 % das enseadas rasas do estuário. A partir de 1996, uma redução significativa das biomassas totais e parâmetros populacionais médios de *Ruppia maritima* apresentou fortes correlações com o aumento da descarga fluvial no estuário (Fig. 8-1 e Fig. 8-2).

Períodos de altas descargas fluviais, relacionadas a fortes eventos ENSO (outubro/novembro 1997, janeiro-setembro 1998, setembro/outubro 2000, julho/setembro/outubro 2001, junho/agosto-outubro/dezembro 2002) (Möller *et al.* 2009) causaram a redução ou eliminação de pradarias no estuário, permanecendo apenas aquelas nas enseadas protegidas. Picos de cheias nos outonos de 2002/2003 e primavera de 2003 refletiram-se em altas taxas de mobilização dos sedimentos em fundos rasos (Fig. 8-3) e em elevadas taxas de erosão de sedimentos finos e orgânicos em áreas intermareais (Costa *et al.* 2005), os quais soterraram as pradarias. Enquanto no ano de 2002, um terço de novas plantas rebrotou de antigos rizomas, após a remoção da rede de rizomas perenes, no ano de 2003 as novas plantas originaram-se, exclusivamente, da germinação de sementes (Cordazzo 2004). A baixa germinação, provavelmente, resultou de um

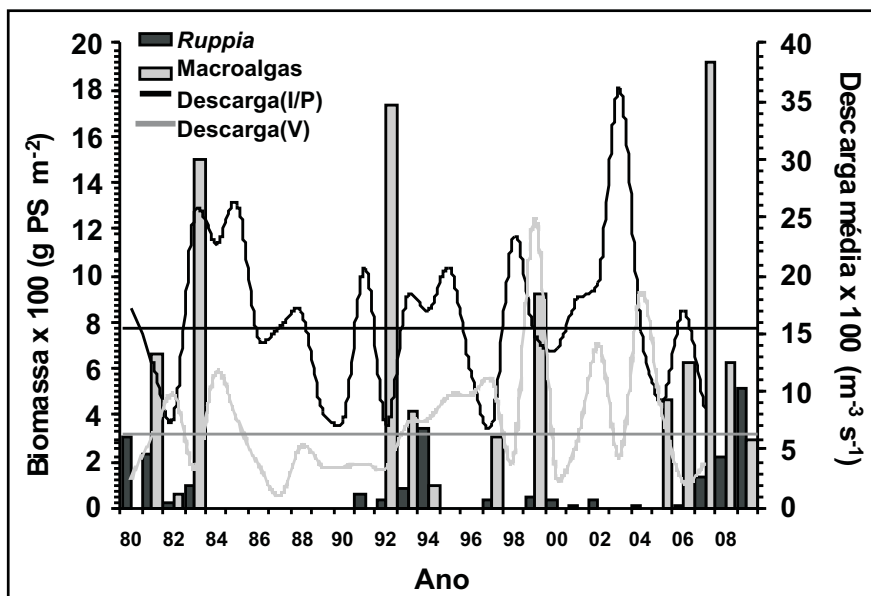


Fig. 8-1. Biomassa da vegetação submersa (soma das médias mensais) em fundos rasos do estuário e descarga média dos principais tributários da Lagoa dos Patos no inverno/primavera (I/P) e no verão (V).

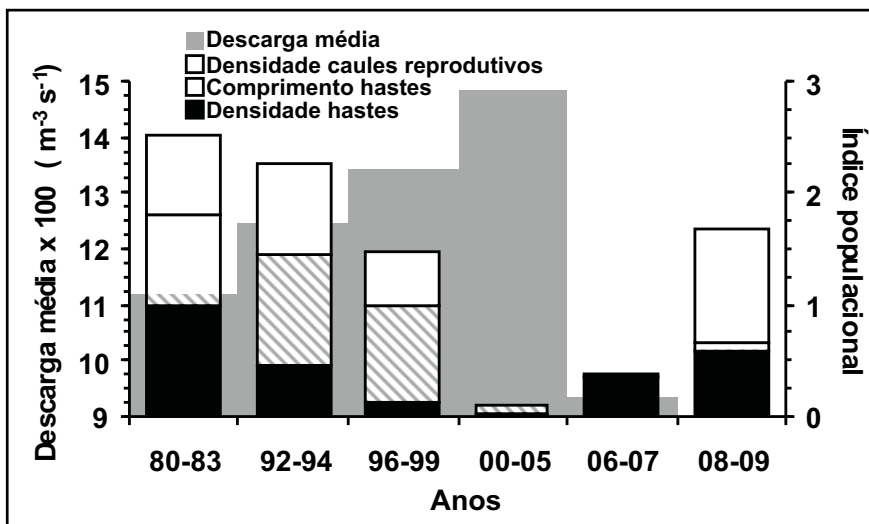


Fig. 8-2. Estrutura populacional de *R. maritima* a partir das médias de índices populacionais no pico de crescimento e descarga fluvial média dos principais tributários da Lagoa dos Patos.

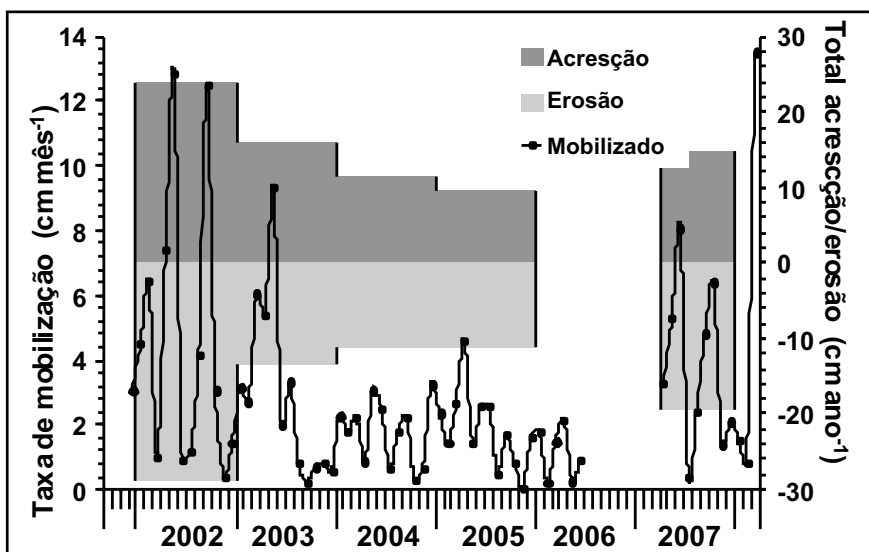


Fig. 8-3. Taxa mensal de sedimento mobilizado e sedimento total anual removido e acrescido numa enseada rasa do estuário da Lagoa dos Patos.

reduzido banco de sementes ou de seu forte soterramento por acresção de sedimentos. Ao final de 2003, as descargas fluviais de inverno e as condições de salinidade, transparência e o nível da água voltaram a ser

mais favoráveis (Fig. 8-4), entretanto, os efeitos de elevadas descargas fluviais, no verão de 2004, impediram a recuperação concomitante das pradarias (Fig. 8-1). A ausência da rede de rizomas e pequeno banco de sementes com baixas taxas de germinação diminuíram as chances de restabelecimento das pradarias nas primaveras e verões de 2004 a 2005. Manchas esparsas e descontínuas, com plantas pequenas de *R. marítima*, apareceram nos verões de 2006 e 2007, entretanto, o estabelecimento tardio das plântulas com pouca biomassa subterrânea facilitou sua remoção precoce aos primeiros sinais de maior hidrodinâmica de outono (Fig. 8-2).

O aparecimento de pradarias mais densas e desenvolvidas, durante o período de forte *La Niña* de 2007/2008, esteve relacionado com a

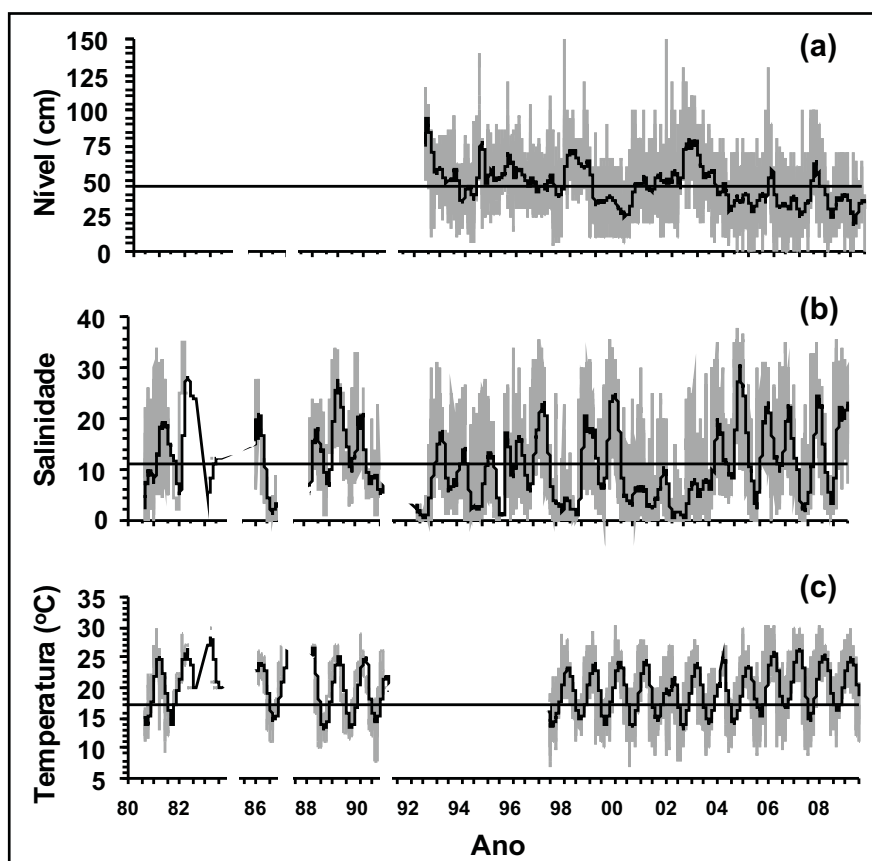


Fig. 8-4. Variação diária e médias móveis (90 dias) do nível (a), da salinidade (b) e da temperatura da água (c) em fundos rasos do estuário da Lagoa dos Patos.

exposição dos bancos de sementes no inverno anterior a baixas temperaturas (43% dos dias $<15^{\circ}\text{C}$) e salinidades (93% dos dias < 5), as quais quebram a dormência e aumentam a taxa de germinação (Seeliger *et al.* 1984; Cordazzo 2004). Na primavera e verão, as condições ótimas de temperatura, salinidade, nível da água, baixa descarga fluvial e maior estabilidade do substrato favoreceram a germinação e o crescimento das plântulas. Densas pradarias de *R. maritima* com caules verticais, flores e frutos ocuparam as enseadas, nos verões de 2008 e 2009, onde outrora haviam desaparecido. Apesar de menores extensões e biomassas do que nas décadas de 80 e 90, a alta densidade de caules reprodutivos e a permanência da rede de rizomas, durante o inverno de 2009 (Fig. 8-2), sugerem a presença de abundantes pradarias na primavera e verão de 2010. Como ocorre em outros ambientes costeiros expostos a eventos extremos de tempestades e furacões (Poiner *et al.* 1989; Preen *et al.* 1995), a recuperação das pradarias de *Ruppia maritima* após intensa perturbação hidrodinâmica e dinâmica dos sedimentos, tem sido um processo lento no estuário da Lagoa dos Patos.

Na ausência ou escassez de pradarias, áreas rasas foram ocupadas na primavera e no verão por densas extensões de macroalgas de deriva (Fig. 8-1). Longos períodos de baixo nível da água e descarga fluvial e pouco vento nos verões de 2005, 2006 e 2007, além de condições favoráveis de luz e temperatura (cerca de 80% dos dias $>25^{\circ}\text{C}$), favoreceram o rápido crescimento de *Ulva clathrata* e *Cladophora*. As altas taxas de produtividade diária ($1\text{--}6\text{ g C m}^{-2}$) dessas algas devem-se a sua eficiência fotossintética e captação de nutrientes (Copertino *et al.* 2004; Copertino *et al.* 2009). Densas massas de algas de deriva com biomassas de $300\text{--}1000\text{g PS m}^{-2}$ cobriram 70-90% de áreas rasas no estuário. A relação inversa entre biomassas de macroalgas de deriva e das fanerógamas *R. marítima*, em períodos de verão, pode indicar interações de causa-efeito entre esses componentes do estuário da Lagoa dos Patos (Fig. 8-5). Uma transição das pradarias de fanerógamas para fases dominadas por macroalgas oportunistas indica uma redução na qualidade ambiental do estuário, sendo sintomático de ecossistemas aquáticos eutrofizados. Sem remoção pelas correntes para os canais profundos ou para as águas costeiras, a baixa renovação da água e altas temperaturas levam a decomposição bacteriana da biomassa das algas de deriva nas áreas rasas, causando anoxia e aumento de sulfetos tóxicos, tanto na água, como nos sedimentos subsuperficiais.

Mudanças estruturais da predominância de pradarias de *R. maritima* para dominância de macroalgas de deriva, também caracterizam distintos habitats nas áreas rasas. Massas entrelaçadas de macroalgas de deriva, devido ao seu transporte pelas correntes para áreas mais profundas, formam um habitat instável para organismos infaunais e epifaunais (Rosa & Bemvenuti 2007), bem como para os juvenis de peixes e crustáceos (Souza 2001), prejudicando a pesca do camarão nas áreas rasas (Barenho 2008).

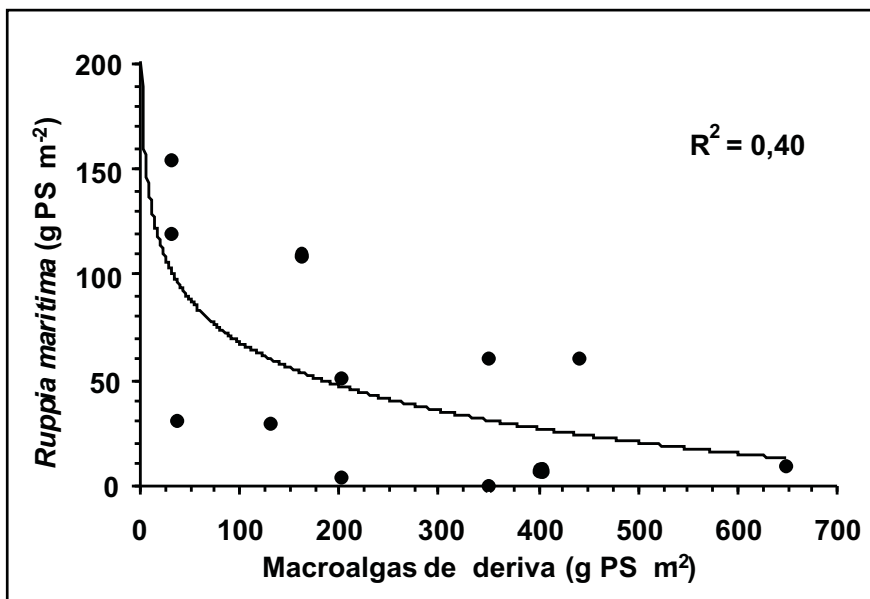


Fig. 8-5. Correlação entre biomassa de fanerógamas submersas e de macroalgas de deriva nos picos de crescimento entre 1981 e 2009.

PREVISÕES

Reduções de fanerógamas submersas têm sido registradas em todas as regiões costeiras, e as causas têm sido atribuídas à perda de habitats para ocupação urbana, eutrofização, dragagem e pesca predatória (Ralph *et al.* 2006; Orth *et al.* 2006; Burkholder *et al.* 2007; Waycott *et al.* 2009). Adicionalmente, flutuações interdecadais da biomassa e extensão de pradarias sugerem que mudanças climáticas globais são causas importantes das suas reduções em regiões costeiras pouco impactadas (Marba & Duarte 1997; Johnson *et al.* 2003). A variabilidade interanual das pradarias de *R. maritima* e as relações com macroalgas de deriva mostraram-se fortemente relacionadas com as condições climáticas e suas consequências para a hidrodinâmica e a dinâmica dos sedimentos no estuário da Lagoa dos Patos, durante os últimos 30 anos. Um contínuo aumento de precipitação (5-10%) e de temperatura média anual (2-4°C) para o sul do Brasil até 2100 (Marengo 2007), bem como maiores descargas fluviais (20-60% até 2020) para a bacia do Paraná-Prata (Milly *et al.* 2005) é prevista por modelos climáticos otimistas. Neste cenário, mudanças na vegetação aquática submersa e o desaparecimento de “espécies fundadoras” (*sensu* Dayton 1972), como *Ruppia maritima*, seriam esperadas, com consequências negativas ao equilíbrio ecológico do estuário da Lagoa dos Patos e à disponibilidade de recursos pesqueiros da região.

9. AS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Carlos Emilio Bemvenuti & Leonir André Colling

9. AS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Carlos Emilio Bemvenuti & Leonir André Colling

INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados bentônicos ou macrozoobentos compreendem um grupo de invertebrados com tamanho superior a 1 mm, que apresentam uma relação direta com o fundo, o que determina uma relativa uniformidade nos seus modos de vida, apesar da variedade de suas origens filogenéticas. As distintas populações do macrozoobentos, coexistindo e interagindo entre si e com o meio ambiente num determinado hábitat, constituirão associações de organismos. Essas associações, por sua vez, estão estruturadas com base em determinados atributos, tais como a composição específica, padrões de distribuição, valores de abundância ou densidade, biomassa, diversidade de espécies e a estrutura trófica dos organismos que as integram. Já a dinâmica relaciona-se com as flutuações temporais dessas associações, que variam em função das taxas de natalidade, mortalidade e das migrações populacionais.

A variabilidade espacial e temporal das associações macrozoobentônicas é dependente de variáveis físico-químicas, como a temperatura, salinidade, características do substrato e de interações biológicas como competição, predação, entre outras. Em ambientes estuarinos, por exemplo, as flutuações de salinidade influenciam desde variações diárias até interanuais na composição, abundância e diversidade do macrozoobentos. Na escala espacial, por outro lado, é notória a influência das características do substrato sobre a estrutura das associações.

Apesar do inegável papel regulador da salinidade e das características do substrato sobre o macrozoobentos estuarino, não é possível desconsiderar o efeito das demais variáveis físicas e biológicas, que na maioria das vezes, atuam de forma sinérgica sobre os organismos. Neste contexto, deve ser considerado que atributos como abundância, diversidade e distribuição apresentam-se no meio ambiente como um mosaico, refletindo a variabilidade espaço-temporal dos fatores físicos e biológicos que regulam as populações macrozoobentônicas.

VARIAÇÕES SECULARES

As primeiras informações sobre o macrozoobentos da Lagoa dos Patos e setor nordeste da Lagoa Mirim resultam das observações do naturalista alemão Hermann von Ihering, no final do século XIX, efetuadas

nas margens, durante embarques, com base no material obtido nas dragagens do incipiente Porto de Rio Grande ou na captura de organismos através das redes de pesca (von Ihering 1885). Já nessa época, o naturalista observa que as variações de salinidade influenciam na baixa diversidade do macrozoobentos estuarino. Nas suas considerações sobre a composição do macrozoobentos estuarino, referindo-se aos crustáceos menciona: “Dentre os crustáceos maiores, somente o caranguejo da marisma *Helice granulata* (agora *Neohelice granulata*), uma espécie de siri azul *Lupea* (agora *Callinectes sapidus*) e um camarão de água doce *Palaemon brasiliensis* (agora *Palaemonetes argentinus*) ocorrem constantemente em grande número. No verão aparece ainda o camarão rosa *Penaeus brasiliensis* (agora *Farfantepenaeus paulensis*) de tamanho grande e de gosto saboroso”. Von Ihering relata que toda a fauna de moluscos está reduzida a dois bivalvos, *Solecurtus platensis* (agora *Tagelus plebeius*) e *Corbula* (Azara) *labiata* (agora *Erodona mactroides*), que nunca são encontrados em grande número, enquanto um caracol minúsculo, *Hydrobia australis* (agora *Heleobia australis*), aparece aos milhões. O registro de pequenos crustáceos entre as densas massas de plantas nas margens, provavelmente se refere a anfípodos e isópodos, os quais são comuns entre macroalgas e a gramínea *Ruppia maritima* nas enseadas estuarinas.

O naturalista comenta sobre a maior diversidade de moluscos como *Anodonta*, *Uno*, *Leyla*, *Cyrena*, *Ampullaria*, *Chilina*, *Hydrobia* entre outros, na água doce do Guaíba e de seus afluentes, que contrasta com a baixa diversidade da fauna na parte central da Lagoa dos Patos, onde a influência periódica da água salgada extingue toda a vida animal de uma só vez, se não for constituída por formas eurihalinas. Surpreendeu-se ao encontrar, nessa região, somente moluscos de espécies de *Hydrobia* e *Corbula*, sendo algumas conchas de *Corbula* incrustadas com *Balanus* vivos, os quais são raramente observados em água quase doce.

Von Ihering relata uma situação semelhante na parte nordeste da Lagoa Mirim. Enquanto espécies de *Planorbis*, *Physa* entre outras, ocorrem na água doce do Rio Jaguarão, a presença de *Corbula labiata* na parte nordeste da Lagoa Mirim indica uma influência marinha do estuário da Lagoa dos Patos através do Canal São Gonçalo.

A maioria dos comentários de von Ihering, no final do século XIX, sobre a macrofauna bentônica, pode ser estendida para os dias de hoje. Suas observações sobre o macrozoobentos, centradas nas espécies de moluscos e crustáceos decápodos, sofreram compreensíveis limitações devido à ausência de equipamentos para amostragem, como pegadores de fundo e a falta do apoio de pessoal qualificado. Estas restrições devem ter impossibilitado, por exemplo, a captura e registro de importantes grupos da fauna marinha costeira, representados por isópodos, anfípodos e poliquetas marinhos. Principalmente poliquetas assentam com considerável número de espécies na região do Canal da Barra da Lagoa dos Patos em períodos de salinidade elevada, o que é mais frequente nos meses de verão e outono, quando coincidem ventos do quadrante sul e um baixo nível da água.

O poliqueta *Laeonereis acuta*, abundante no estuário, vive enterrado em tocas de cerca 15 cm de profundidade nos planos de águas rasas, que às vezes ficam expostos, sendo assim raramente observado na superfície do sedimento. É provável que a falta de equipamentos apropriados impediu sua retirada do substrato e visualização, assim von Ihering não menciona esse poliqueta na composição do macrozoobentos da Lagoa dos Patos, no final do século XIX.

Outra espécie cavadora é o tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii* que coabita com *L. acuta* no interior do sedimento, nos planos rasos do estuário. O crescimento do tanaidáceo ocorre através de sucessivas mudas da carapaça, e durante o verão grandes quantidades de carapaças vazias (exúvias) são liberadas no meio ambiente, flutuando ou depositadas no sedimento. Caso esse tanaidáceo tenha sido tão abundante no final do século XIX, como é hoje no estuário da Lagoa dos Patos, é surpreendente que von Ihering não o tenha encontrado. No entanto, altas densidades de *K. schubartii* da região estuarina ocorrem em sedimentos arenosos com teores elevados de finos, os quais são usados para construir seus tubos. Essa espécie não ocorre nos demais estuários do Rio Grande do Sul, os quais possuem sedimentos com menor proporção de finos (Rosa Filho & Bemvenuti 1998a,b). É provável que a construção dos molhes no início do século XX, na Barra da Lagoa dos Patos, tenha favorecido maior aporte de sedimentos finos para a região estuarina, facilitando a colonização pelo tanaidáceo. No entanto, como a carapaça de *K. schubartii* não deixa restos fósseis, não há como comprovar se a espécie realmente não integrava o macrozoobentos do estuário da Lagoa dos Patos no século passado.

O bivalvo *Erodona mactroides* é uma espécie abundante e de reconhecida importância trófica em ambientes oligohalinos e mixohalinos (Bemvenuti 1997b). De acordo com von Ihering, ela ocorria na Lagoa dos Patos e no setor norte da Lagoa Mirim que, na época, ligava-se com o estuário através do Canal São Gonçalo. A construção de uma eclusa em 1977, no Canal São Gonçalo, interrompeu o aporte de águas estuarinas no setor norte da Lagoa Mirim. Sem condições de sobreviver em locais permanentemente doces (Bemvenuti & Netto 1998), *E. mactroides* foi extinta na Lagoa Mirim, e hoje, está restrita a regiões mixo e oligohalinas da Lagoa dos Patos.

O bivalvo *Bankia fimbriatula* é uma espécie que perfura a madeira de calões de pesca, trapiches e cascos de embarcações na região estuarina da Lagoa dos Patos. A ausência do registro dessa espécie como integrante do macrozoobentos estuarino no final do século XIX, pode ter mais de uma causa. *Bankia fimbriatula*, uma vez no interior da madeira, deixa apenas um pequeno furo na superfície, desse modo, mesmo durante severas infestações que são registradas durante fortes salinizações na região estuarina, os furos são de difícil visualização, principalmente quando imersos. Além do mais, com a expansão da pesca artesanal na segunda metade do século XX na região, ocorreu o incremento da pesca do camarão, na qual é utilizado um tipo de rede conhecida como saquinho ou aviãozinho que é sustentada por calões de madeira enterrados no fundo.

Atualmente, grande número desses calões espalhados pela região estuarina somados às embarcações e trapiches utilizados pelos pescadores artesanais, servem como substratos potenciais para a colonização pelos perfurantes. Assim, é esperado que no final do século XIX, pela menor disponibilidade de substrato, os bivalvos perfurantes fossem menos abundantes e com distribuição mais restrita.

VARIAÇÕES DE LONGO PRAZO

A comparação do macrozoobentos infaunal (no interior do sedimento) e da epifauna sedentária (de pouca mobilidade sobre o substrato) que vive nas pradarias de *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos, mostra a formação de três grupos distintos, refletindo as diferenças encontradas na composição e abundância dos organismos nos verões de 1981-82 (Asmus 1984), 1993-94 (Geraldi 1998) e 2007-08 (Colling com. pes.) (Fig. 9-1a).

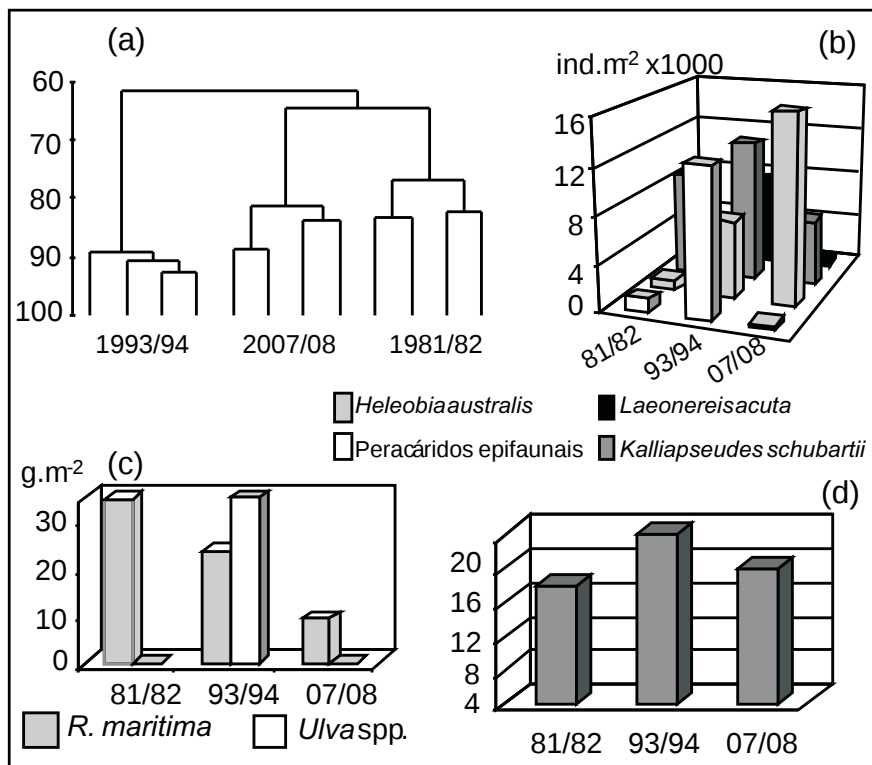


Fig. 9-1. Similaridade interdecadal (Bray Curtis) do macrozoobentos (a), densidade da fauna dominante (b), biomassa da vegetação macrófita (c) e número de espécies do macrozoobentos (d) nas pradarias de *Ruppia maritima* com distintas concentrações de macroalgas numa enseada estuarina nos verões de 1981-82, 1993-94 e 2007-08.

No verão de 1993-94, as maiores densidades do macrozoobentos e o elevado número de juvenis do poliqueta *Laeonereis acuta* e de crustáceos isópodos e anfípodos, coincidiram com a elevada biomassa de algas filamentosas do gênero *Ulva*. A bem sucedida associação entre os recrutamentos de *L. acuta* e a presença dos crustáceos com os fundos de macroalgas se deve a maior oferta de hábitat, abrigo e alimento encontrada neste tipo de substrato (Bemvenuti 1987; Geraldi 1998; Souza 2001). Entre os talos de *Ulva*, os juvenis de *L. acuta*, apesar de integrarem a infauna, quando adultos ingerem microalgas epífitas e se beneficiam da proteção oferecida pela alga (Fig. 9-1b,c).

Considerando a associação entre epifauna e macroalgas, não surpreende o baixo número de isópodos e anfípodos no verão de 1981-82, uma vez que, a maior abundância da macroalga *Ulva* na pradaria de *R. marítima* ocorreu antes do verão, quando os crustáceos também apareceram em maiores densidades (Asmus 1984; Bemvenuti 1987). Na ausência de *Ulva* nas pradarias e a consequente escassez de *L. acuta* e dos crustáceos no verão de 2007-08 foi registrada a dominância de *Heleobia australis*. Essa espécie oportunista pode ocorrer em densidades elevadas, independente da presença da vegetação macrófita, desde que o sedimento contenha a mistura de areia fina, silte e argila que possibilite sua alimentação como comedora de depósito de superfície (Bemvenuti *et al.* 1992) (Fig. 9-1b,c).

A ocorrência e abundância das macroalgas filamentosas nas pradarias de *Ruppia marítima* atuaram como o principal condicionante do número de espécies e abundância (Fig. 9-1d) de, especialmente, isópodos, anfípodos e juvenis de *Laeonereis acuta*. No caso dos crustáceos peracáridos, a ausência de fases larvais na coluna d'água e a limitada capacidade de locomoção dos juvenis e adultos, determinam que a distribuição desses organismos seja bastante dependente do transporte passivo. Neste processo, manchas de macroalgas filamentosas à deriva são potenciais vetores da distribuição desses crustáceos na região estuarina. Assim, estas manchas de macroalgas transportando a epifauna sedentária encontrarão entre as plantas de *Ruppia marítima* enraizadas no substrato, uma excelente área de ancoragem com maior estabilidade para a flora e fauna.

VARIAÇÕES INTERDECAIS

Relações de causalidade entre as variáveis físicas e biológicas com associações macrobentônicas podem ser identificadas de forma confiável, através de séries temporais de longo prazo.

Em geral, as menores densidades e número de espécies do macrozoobentos nas enseadas estuarinas que ocorrem nos períodos de inverno refletem a limitação da atividade reprodutiva da infauna, em função das baixas temperaturas (Bemvenuti 1987; Rosa & Bemvenuti 2006).

Entretanto, alguns peracáridos epifaunais como os anfípodos podem reproduzir com sucesso durante o inverno no interior de bancos de macroalgas do gênero *Ulva* (Bemvenuti 1987). Esta estratégia influenciou para a alta densidade do macrozoobentos no inverno de 1999, ocasião em que anfípodos, junto com a espécie dominante *Heleobia australis*, foram abundantes no interior de bancos de *Ulva*. Também o período invernal de 2003 mostrou uma elevada abundância, refletindo o sucesso dos recrutamentos de *Erodona mactroides* no verão anterior, logo após a influência do fenômeno *El Niño* na região (Colling *et al.* 2007a).

O período de verão, quando ocorre o incremento da atividade reprodutiva da maioria dos integrantes do macrozoobentos, apresentou maior número de espécies e densidades mais elevadas, mas também maior variabilidade. Isto decorreu da ocorrência do fenômeno *El Niño*, de um período de forte estiagem e da presença de pradarias de *Ruppia maritima*. A alta pluviosidade, a forte vazante e a turbidez nas águas estuarinas durante eventos de *El Niño*, provocam baixas salinidades (Garcia *et al.* 2001; Colling *et al.* 2007a) e causam a depleção da camada nefelóide na superfície do sedimento, com a consequente diminuição do consumo de oxigênio pela comunidade bentônica (Zarzur 2007). A menor oferta de alimento para os comedores de depósito, e a maior demanda energética para a osmorregulação podem limitar o esforço reprodutivo, influenciando nos recrutamentos, que se refletiram nas baixas densidades do macrozoobentos nesse período (Fig. 9-2).

Períodos de forte estiagem, como no verão de 2005, podem prejudicar os recrutamentos e a densidade da macrofauna bentônica. Os efeitos adversos deste verão quente e seco, com uma severa redução no nível da água, provavelmente influenciaram a atividade reprodutiva e a sobrevivência dos assentamentos nos planos lamosos. Por outro lado, a ocorrência estival de pradarias de *Ruppia maritima* e de macroalgas associados, coincide com as maiores densidades do macrozoobentos (Asmus 1984; Geraldi 1998; Souza 2001; Rosa & Bemvenuti 2007). Além de espécies de anfípodos, isópodos e de *H. australis* que integram a epifauna sedentária, ocorre também maior densidade da infauna nas pradarias, aumentando a disponibilidade de alimento para juvenis de camarões, siris e caranguejos, que têm maior abundância nos fundos vegetados do que nos planos lamosos adjacentes (Garcia *et al.* 1996; Kapusta & Bemvenuti 1998).

Alterações nas características do substrato e na hidrodinâmica influenciam a estrutura da associação macrozoobentônica, a partir da ocorrência de eventos estocásticos de grande intensidade e persistência, como os provocados pelo fenômeno *El Niño* e a presença de pradarias de macrófitas submersas. As modificações do substrato devido à presença de *R. maritima* se tornam evidentes através de acompanhamentos semestrais. Entretanto, a identificação de alterações, provocadas por eventos de *El Niño*, exige um acompanhamento mensal do macrozoobentos, embora modificações nas características do substrato

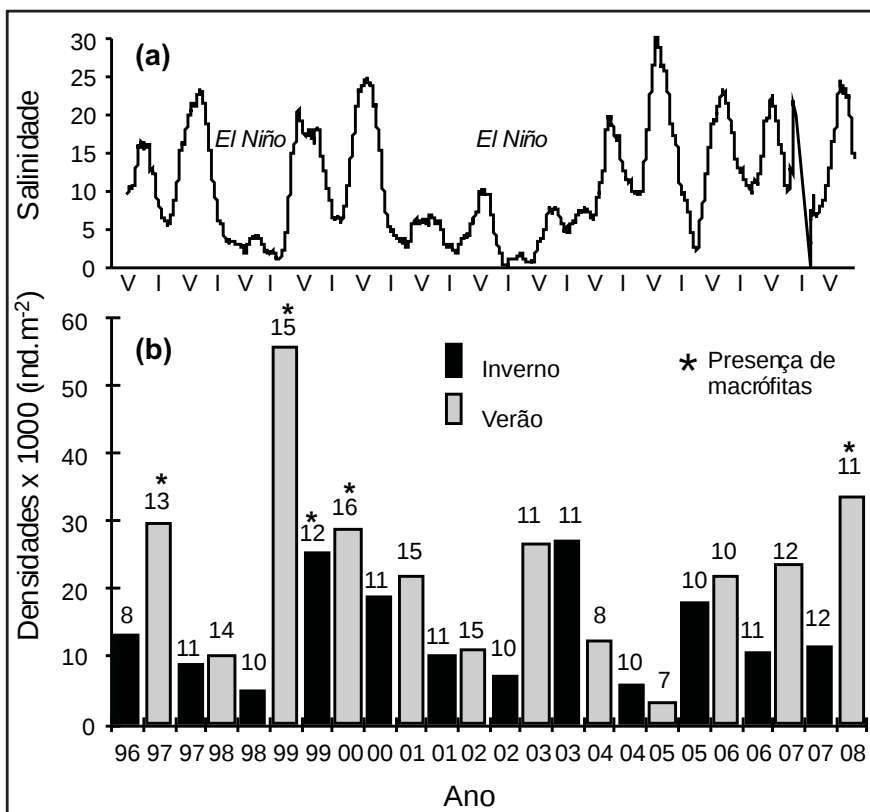


Fig. 9-2. Salinidade sazonal média (a) e densidade semestral (b) com número de espécies do macrozoobentos no verão (V) e inverno (I) de 1996 a 2008 numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos.

possam ocorrer em intervalos bem menores, quando provenientes das passagens de frentes frias na região.

No período de maior influência do *El Niño*, entre outubro de 2002 e fevereiro de 2003, coincidente com as baixas densidades do macrozoobentos, ocorreram fortes vazantes, baixas salinidades e os maiores teores de sedimentos finos (silte + argila), aos quais estiveram associados baixos percentuais de matéria orgânica. Dessa forma, não ocorreu a relação direta entre finos e os teores de matéria orgânica, que é comum nas análises das características do sedimento (McAll & Tevesz 1982). Os teores de matéria orgânica aumentaram somente após o período de influência do fenômeno, coincidindo com o incremento das densidades do macrozoobentos e da salinidade. A relação inversa entre os finos e a matéria orgânica, além dos efeitos físico-químicos no sedimento, pode também alterar a disponibilidade de alimento no substrato (Fig. 9-3).

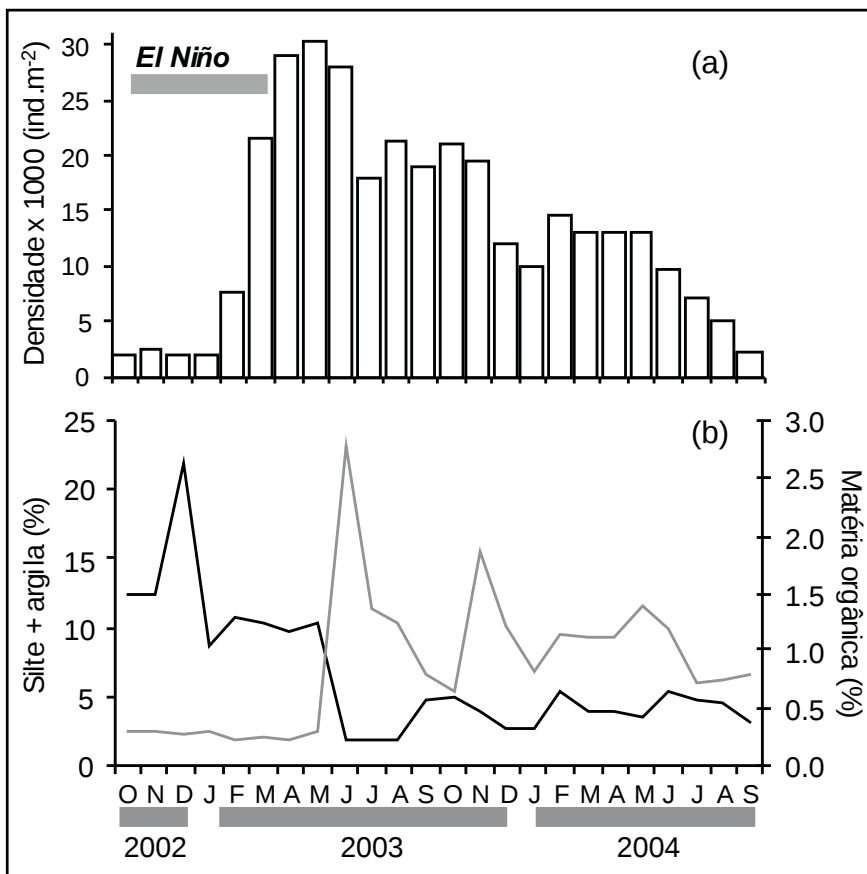


Fig. 9-3. Densidades mensais médias do macrozoobentos (a) e média mensal do silte+argila e da matéria orgânica nos sedimentos (b) numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos.

A baixa abundância do macrozoobentos durante o *El Niño* foi influenciada pelo atraso no recrutamento das espécies dominantes *Erodona mactroides* e *Kalliapseudes schubartii*, que ocorreram somente após o fenômeno (Colling *et al.* 2007a). Estas falhas nos recrutamentos podem ser devidas a perdas larvais pelas excessivas vazantes, como no caso do bivalvo, ou decorrentes do menor investimento reprodutivo do tanaidáceo. No caso de *K. schubartii*, a drástica redução do recrutamento no verão durante o *El Niño*, pode ter sido influenciada tanto pela demanda energética devido à necessidade de osmorregulação, como pela menor disponibilidade de alimento para o estoque parental. Neste período, além da menor taxa de matéria orgânica, também a manutenção de um elevado nível da água e grau de turbidez podem ter prejudicado os produtores primários, diminuindo a oferta de alimento para o tanaidáceo.

CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS

A amplitude e baixa previsibilidade das variações ambientais de regiões estuarinas caracterizam a maioria destes sistemas como naturalmente estressados. É compreensível que regiões estuarinas como a que ocorre na Lagoa dos Patos, tenham um baixo número de espécies do macrozoobentos, ocupando amplos nichos em cadeias tróficas curtas, cujos dominantes apresentam características oportunistas (Bemvenuti 1997 a,b). A tolerância ao estresse, tanto natural como antrópico, que as associações macrozoobentônicas apresentam na região estuarina reflete a resistência e resiliência dos seus integrantes (Bemvenuti *et al.* 2003). Essas características influenciam para que ainda não tenham sido identificados impactos sobre o macrozoobentos, decorrente das dragagens periódicas no infralitoral e canais de navegação. Apesar das menores densidades da espécie dominante *Heleobia australis* ocorrerem em áreas submetidas a dragagens (Bemvenuti *et al.* 2005), as variações espaço-temporais e a resiliência, características da espécie, dificultam o estabelecimento da relação de causalidade entre a abundância e a remoção do sedimento.

Mesmo sendo resistentes e resilientes, dependendo da intensidade e periodicidade dos impactos, os limites de tolerância do macrozoobentos estuarino podem ser ultrapassados nas águas rasas, sob influência dos esgotos urbanos. Nesses locais, o sedimento apresenta uma coloração escura, é pobre em oxigênio e possui um cheiro característico de gás sulfídrico. São notórias as mudanças na composição e número de espécies, decorrentes principalmente do desaparecimento dos crustáceos, estando as associações limitadas à presença de poliquetas comedores de depósito e de *Heleobia australis* (Angonesi 2000; Rosa Filho 2001).

A resistência e resiliência das espécies que habitam os estuários são influenciadas pelas variações sazonais de temperatura, que condicionam sua fisiologia e comportamento. Alterações no regime de temperatura que poderiam modificar a reprodução sazonal de espécies estuarinas, como *K. schubartii*, provavelmente iriam provocar novas demandas de recursos, com consequências imprevisíveis no ecossistema.

Um evento que foi atribuído à ocorrência de temperaturas elevadas para o período de inverno, com médias quinzenais acima de 16°C, foi um fenômeno de epitoquia do poliqueta *Neanthes succinea*, registrada durante 2006 na região. A epitoquia é um fenômeno no qual indivíduos reprodutivos pelágicos (epítocos) nadam até a superfície, onde eliminam óvulos e espermatozoides. Este fenômeno foi excepcional, tanto pela alta concentração de epítocos (enxameamento), como pela ocorrência durante o inverno, contrariando os eventos até então registrados, que ocorreram sempre no verão e com poucos exemplares envolvidos (Colling *et al.* 2007b).

As variações de salinidade no estuário, que são fortemente influenciadas pelo nível da água na Lagoa dos Patos, direção e intensidade

dos ventos, são as principais responsáveis pela composição de espécies, diversidade e até abundância da macrofauna bentônica, podendo caracterizar cenários recorrentes num futuro próximo.

Amostragens efetuadas durante períodos com salinidades entre 10 e 35 na região estuarina mostraram a ocorrência de até 66 espécies do macrozoobentos (Bemvenuti & Netto 1998; Rosa Filho & Bemvenuti 1998a; Rosa-Filho 2001; Bemvenuti *et al.* 1992, 2003, 2005). Principalmente na região da Barra, há notório aumento da diversidade pelo recrutamento de juvenis de dezenas de espécies de poliquetas marinhos, bem como de isópodos, anfípodos e bivalvos. Essas espécies, na sua grande maioria, raramente são encontradas em densidades elevadas (Bemvenuti *et al.* 2005) e desaparecem após um prolongado predomínio de água doce no Canal da Barra (Bemvenuti *et al.* 1992). O gastrópode epifaunal *Heleobia australis*, que apresenta ampla distribuição na região estuarina, ocorre inclusive nos canais, onde pode alcançar densidades superiores a 45.000 ind. m⁻² (Bemvenuti *et al.* 1978). Igualmente, nos períodos favoráveis de salinidade, são maiores as densidades do poliqueta infaunal *Heteromastus similis*, que se caracteriza pela ampla distribuição, desde os canais até as águas rasas. O tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii* aproveita condições estivais favoráveis para um intenso investimento reprodutivo em áreas entre a borda dos canais até o limite inferior dos planos lamosos o que, geralmente, se reflete na sua dominância nas enseadas estuarinas (Bemvenuti 1997c). Na parte mais alta dos planos lamosos predomina o poliqueta cavador *Laeonereis acuta*, que tolera as rigorosas condições de dessecação comuns neste local, e isópodos e anfípodos epifaunais que utilizam os bancos de macroalgas e fundos de pradarias de espermatófitas como hábitat. (Fig. 9-4).

Nas marismas estuarinas, os caranguejos *Neohelice granulatus* e *Armases rupripes* são os espécies dominantes (Capitoli *et al.* 1978; Bemvenuti 1987). O caranguejo *Uca uruguayensis*, apesar de ocorrer com relativa abundância somente nas marismas da região da Barra, durante a severa estiagem, em 2005, sob condições de intensa salinização (Fig. 9-2a) ampliou sua distribuição e abundância para o interior do estuário.

Na mesma época, as condições de salinidade favoreceram a reprodução e disseminação das larvas do bivalvo perfurante de madeira *Bankia fimbriatula*, resultando num drástico aumento na distribuição e abundância da espécie na região estuarina, diminuindo somente entre 2007 e 2009, sob salinidades mais baixas. A severa infestação dos substratos de madeira no ambiente estuarino provocou a substituição da maioria dos trapiches e fundo de embarcações. A difícil identificação das perfurações nas fases iniciais e a tolerância dos Teredinidae à exposição ao ar, decorrente da capacidade de realizar respiração anaeróbica utilizando reservas de glicogênio, dificultam medidas de controle (tintas tóxicas, cobertura de fibra) e a eliminação dos bivalvos já instalados.

A influência da água doce, com predomínio de salinidades de até 5, provoca a mortalidade da maioria das espécies de isópodos, anfípodos,

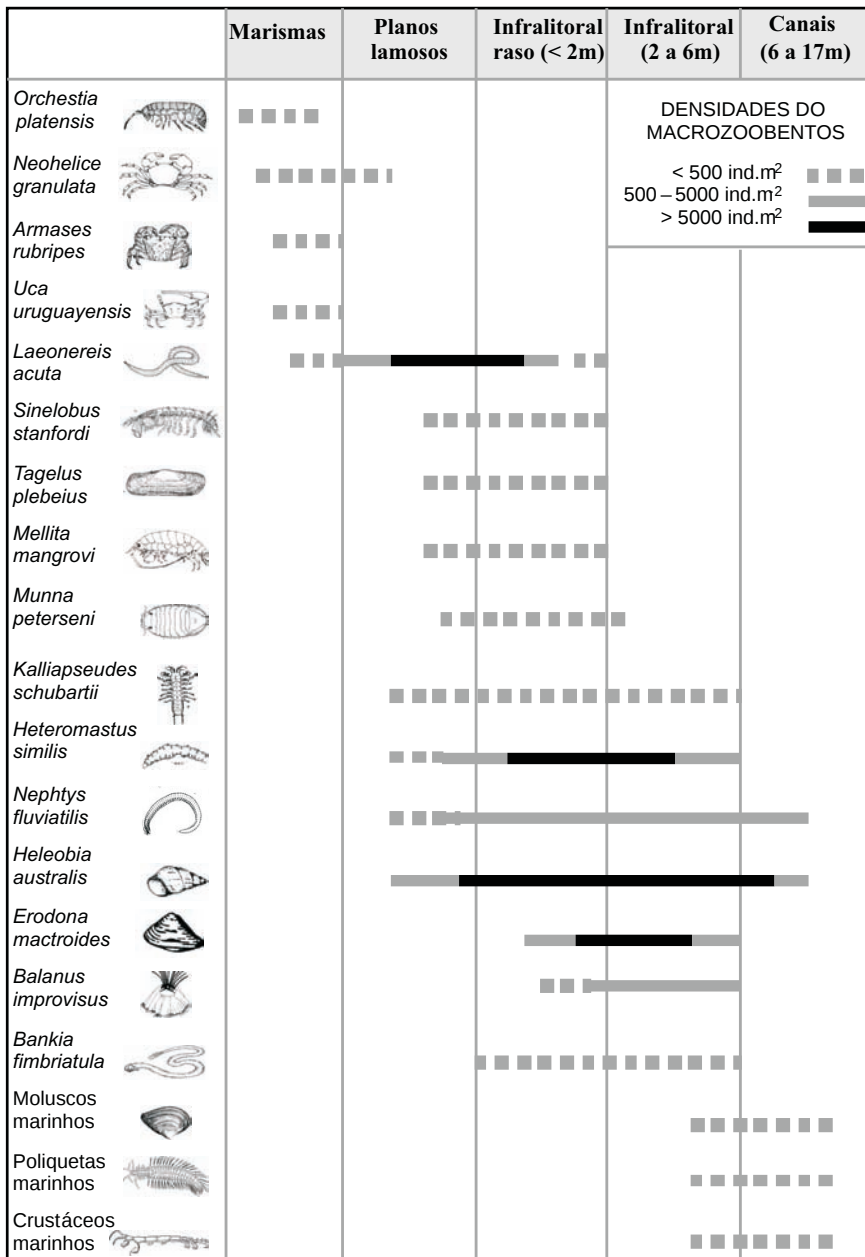


Fig. 9-4. Distribuição dos principais integrantes do macrozoobentos nos distintos habitats estuarinos sob influência de águas marinhas com salinidade elevada.

bivalvos e poliquetas marinhos na região do Canal da Barra. Sob essas condições foram coletadas somente 42 espécies na região estuarina (Bemvenuti & Netto 1998; Rosa Filho & Bemvenuti 1998b; Rosa Filho 2001; Bemvenuti *et al.* 1992, 2003, 2005).

Nas marismas, além dos caranguejos dominantes *Neohelice granulata* e *Armases rufipes*, pode ocorrer também um elevado número de insetos, com a predominância de larvas de dípteros da família Chironomidae. No limite superior dos planos lamosos, predomina o poliqueta *Laeonereis acuta*. A escassez de *Ulva* spp. e *Ruppia maritima* no infralitoral raso, durante longos períodos de água doce, acarreta a redução do número de espécies, especialmente, isópodos e anfípodos. Nestas condições o tanaidáceo *Sinelobus stanfordi*, que é abundante entre macroalgas de água doce, pode se tornar o principal integrante da epifauna. Entre as espécies infaunais, a escassez do poliqueta *Heteromastus similis* e do tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii* deve-se, provavelmente, ao menor sucesso reprodutivo, enquanto que o poliqueta *Nephtys fluviatilis* ocorre em maior abundância (Fig. 9-5).

O gastrópode *Heleobia australis* caracteriza-se pela ampla distribuição vertical e abundância na região estuarina, porém suas densidades diminuem em baixas salinidades. A espécie parece bem adaptada para habitar em regiões sob influência marinha e pode migrar, caso não encontre uma determinada concentração salina para sua osmorregulação. Drásticas flutuações na densidade desse gastrópode no infralitoral estuarino durante períodos com salinidade próxima a zero foram atribuídas às reações de escape, utilizando-se para isso da tensão superficial da água (Chomenko & Schafer 1984; Bemvenuti *et al.* 1992).

O bivalvo suspensívoro *Erodona mactroides* é um cavador superficial que se distribui ao longo de toda a Lagoa dos Patos, porém estoques adultos ocorrem somente na zona pré-límnica e límnica da laguna a montante da região estuarina (Bemvenuti *et al.* 1978; Bemvenuti & Netto 1998). O transporte das larvas dos estoques reprodutivos durante o verão e o sucesso dos assentamentos no estuário, dependem das condições hidrológicas de vazante. As mortalidades episódicas de populações estuarinas parecem relacionadas com a floculação e deposição de finos (Calliari 1980), o que impede a manutenção de estoques de adultos reprodutivos nas enseadas do estuário. Alta pluviosidade durante eventos de *El Niño* podem reduzir os assentamentos de *E. mactroides* nas enseadas estuarinas, provavelmente devido à força das vazantes, que podem transportar parte do estoque larval através do Canal da Barra da laguna, assim como facilitar o deslocamento dos exemplares da superfície do substrato.

Introduzidos através da água de lastro dos navios, os bivalvos invasores *Corbicula fluminea*, *C. fluminalis*, *C. largillieri* e o mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* oriundo das águas doces do sudeste asiático, começaram a colonizar áreas límnicas no extremo norte da laguna, a partir da década de 70 e no ano de 1999, respectivamente (Mansur *et al.* 1999;

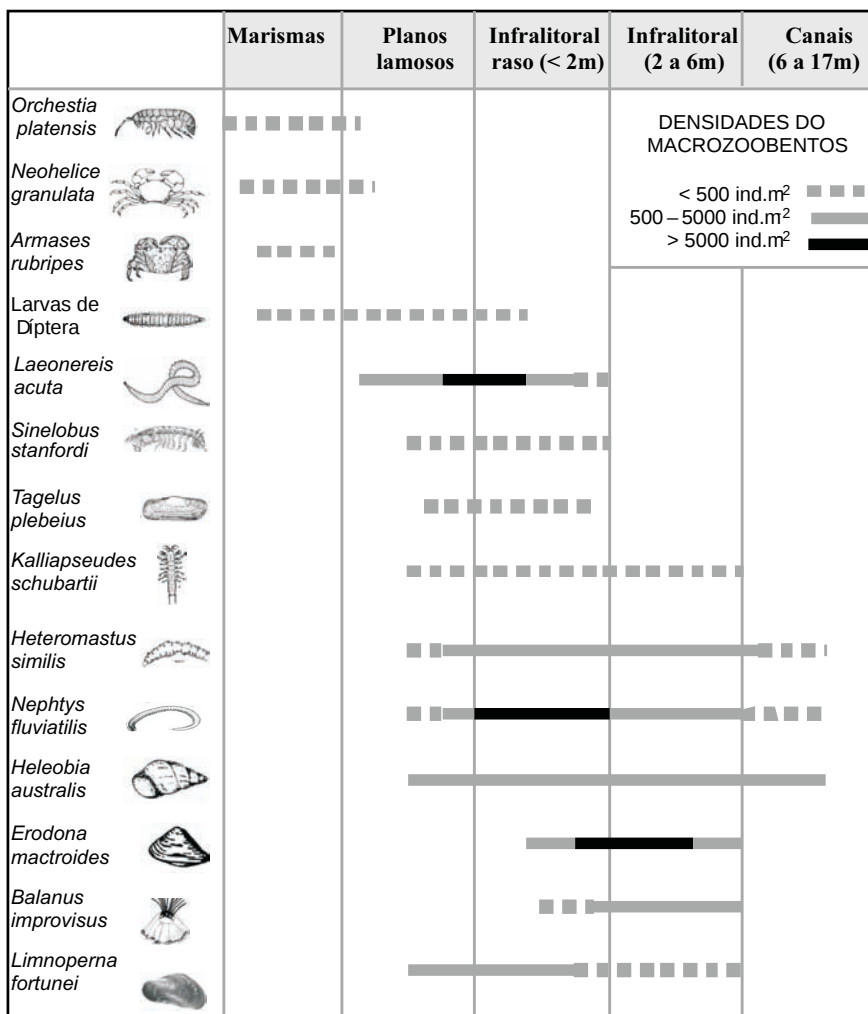


Fig. 9-5. Distribuição dos principais integrantes do macrozoobentos nos distintos hábitats estuarinos sob o predomínio de baixas salinidades.

Martins *et al.* 2006). Após a colonização, ocorreu a dispersão meridional de *L. fortunei*, cujo primeiro registro no sul da laguna foi em 2002 (Capítoli & Bemvenuti 2004).

Durante a prevalência do *El Niño* de 2002-2003 ocorreu uma colonização maciça no setor norte da área estuarina, com exemplares isolados registrados próximos à Barra da laguna. Apesar das populações no estuário sofrerem drásticas mortalidades a partir da progressiva salinização no verão de 2004 (Fig. 9-2), densos assentamentos de adultos, aptos a reproduzir, estão permanentemente estabelecidos na região

límica da Lagoa dos Patos, no setor norte do Canal São Gonçalo e na Lagoa Mirim (Capitoli *et al.* 2008). A partir da ocupação destes habitats de água doce, considerando o potencial reprodutivo dessa espécie invasora, sob o predomínio de condições de vazante, poderia ocorrer um massivo transporte de larvas e consequente colonização do setor norte da região estuarina em períodos de baixa salinidade. Densas colonizações de *L. fortunei* podem causar graves danos pela fixação dos organismos no casco de barcos e instalações, além do entupimento das tomadas de água e encanamentos de motores e instalações industriais. Deve ser contemplada também, a possibilidade da competição por espaço e alimento com espécies nativas e os eventuais desequilíbrios na trama trófica.

Considerando as três últimas décadas na região estuarina, ocorreram nos últimos anos eventos que podem ser qualificados como “anormais” em função de condições peculiares de temperatura e salinidade. Temperaturas elevadas no inverno levaram ao enxameamento reprodutivo de *Neanthes succinea*, períodos de baixa salinidade causaram a distribuição e colonização da espécie invasora *Limnoperna fortunei* na região estuarina, enquanto períodos de estiagem e a manutenção de longos períodos de salinidade na região estuarina coincidiram com a explosão populacional do perfurante *Bankia fimbriatula*. Assim, é fundamental restringir ações que possam alterar o balanço hídrico e a hidrodinâmica na região estuarina, manter a qualidade dos habitats, especialmente as áreas rasas de grande valor ecológico e suscetíveis ao uso antrópico, bem como controlar o ingresso de espécies exóticas.

10. A COMUNIDADE DE CRUSTÁCEOS DECÁPODES

Fernando D' Incao & Luiz Felipe Cestari Dumont

10. A COMUNIDADE DE CRUSTÁCEOS DECÁPODES

Fernando D' Incao & Luiz Felipe Cestari Dumont

INTRODUÇÃO

Os camarões *Farfantepenaeus paulensis*, *F. brasiliensis*, *Litopenaeus schmitti* e *Palaemonetes argentinus*, bem como os siris *Callinectes sapidus*, *Callinectes danae* e *Cyrtograpsus angulatus* são importantes componentes da comunidade de crustáceos decápodes no estuário da Lagoa dos Patos. O estuário é tradicionalmente considerado a região entre a Barra do Rio Grande e a Ponta dos Lençóis e da Feitoria, apesar da área estuarina ser variável, em função do volume de descarga dos principais tributários e da intensidade e direção dos ventos dominantes. Em anos com forte influência de águas marinhas, como em 1976, salinidades de 2 a 3 podem se estender para a parte norte da laguna. Durante os anos de elevada pluviosidade, como em 2002, a água doce pode dominar toda a região estuarina e influenciar também a composição faunística da região costeira (Dumont 2008). A composição da fauna de decápodos é alterada em função da salinidade. Durante períodos de baixa salinidade, espécies tipicamente límnicas, como o caranguejo *Trychodactylus* e camarões do gênero *Macrobrachium* ocorrem na região ao norte do estuário, apesar do *Macrobrachium acanthurus* requerer maiores salinidades para a desova. A persistência de baixas salinidades favorece a presença de espécies estuarinas como o siri-azul *Callinectes sapidus*.

O caranguejo *Neohelice granulata* é abundante nas marismas do estuário onde constrói tocas no mesolitoral. As marismas também abrigam populações numerosas de *Uca uruguayensis* e de *Armases rubripes* que têm preferência por marismas mais salgadas, próximas à Barra do Rio Grande. Similarmente, os caranguejos *Acantholobulus bermudensis*, *A. schmitti*, *Hexapanopeus angustifrons*, *H. caribbeus*, *H. paulensis* e *Panopeus americanus* (Barutot et al. 1998; Vieira et al. 1998) têm preferência pelo baixo estuário, no entanto, durante forte penetração da água marinha estendem sua distribuição para o estuário superior. Nessas condições, camarões tipicamente marinhos, como *Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*, ocorrem em grandes quantidades em locais próximos ao limite superior da região estuarina.

As enseadas rasas e protegidas do estuário, onde a salinidade varia pouco, mesmo durante pluviosidade elevada, são importantes berçários. Nestes ambientes, as capturas do camarão-rosa são constantes durante períodos de baixa salinidade, porém, as capturas variam significativamente em anos com elevada salinidade. Os ambientes expostos no Canal do

Norte, próximos à Barra do Rio Grande, têm forte variação de salinidade, em função da penetração da água marinha ou da vazão de água doce após chuvas intensas (Fig. 10-1).

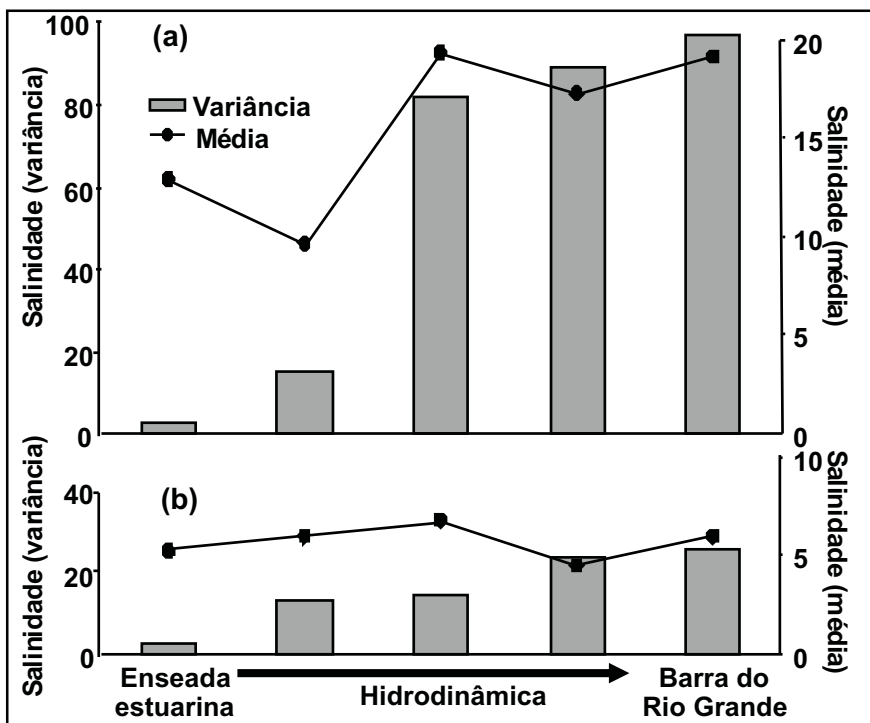


Fig. 10-1. Variações de salinidade em dezembro no verão de 2005 (a) e em junho do inverno de 2007 (b) no estuário da Lagoa dos Patos, em locais de menor e maior exposição

As espécies de crustáceos decápodes que ocorrem no estuário da Lagoa dos Patos, geralmente apresentam ciclos de vida sincronizados com as condições ambientais. O crustáceo *Palaemonetes argentinus*, que é abundante e frequente no complexo lagunar Patos-Mirim, é a única espécie capaz de completar todo o ciclo de vida no estuário (Dumont & D'Incao 2004). Para os camarões *Farfantepenaeus paulensis*, *F. brasiliensis* e *Litopenaeus schmitti* o sucesso de recrutamento para o estuário, bem como o crescimento juvenil, depende das condições ambientais que prevalecem nestes períodos.

Os adultos reprodutores do camarão-rosa ocorrem ao longo da plataforma continental, em profundidades entre 40 e 80 m. As fêmeas liberam ovos bentônicos que passam por diferentes fases larvais planctônicas. Ao fim da metamorfose, as pós-larvas são transportadas pela água marinha para o ambiente estuarino, onde assentam nas enseadas rasas e continuam o seu desenvolvimento. Os juvenis crescem durante 4-5

meses, deixam o estuário como subadultos, e migram para áreas do litoral mais ao norte. Após a maturação das gônadas, tornam-se adultos funcionais em áreas de reprodução ao longo da plataforma continental.

O siri-azul se desenvolve inteiramente dentro do estuário. Após a cópula, os machos se deslocam para o estuário superior, enquanto as fêmeas migram em direção ao oceano, evitando assim a competição por espaço e alimento. O desenvolvimento larval ocorre no mar, já que os primeiros estágios larvais são sensíveis a baixas salinidades, no entanto, os juvenis e os adultos passam a maior parte do tempo no estuário.

CENÁRIO HISTÓRICO E MUDANÇAS DE LONGO PRAZO

As primeiras observações das espécies de decápodos mais abundantes no estuário da Lagoa dos Patos datam do final do século XIX (von Ihering 1885). A citação de *Lupea* sp. provavelmente diz respeito à atual *Callinectes sapidus*. Esta espécie, já representava importante alimento para as populações indígenas há cerca de dois mil anos atrás (Santos & D'Incao 2004). O relato de *Helice granulata*, conhecida por muitos anos como *Chasmagnathus granulatus*, corresponde à atual *Neohelice granulata*, e o registro de *Palaemon brasiliensis* foi o nome antigo de *Palaemonetes argentinus* Nobili, 1901. Na época, a citação de *Penaeus brasiliensis*, possivelmente é referente a atual espécie *Farfantepenaeus paulensis*, sendo o principal recurso pesqueiro do estuário. Posteriormente, as espécies do gênero *Penaeus* no Atlântico Ocidental passaram a ser os gêneros *Farfantepenaeus* e *Litopenaeus* (Pérez Farfante & Kensley 1997). Assim, von Ihering certamente considerou *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Litopenaeus schmitti* como *Penaeus brasiliensis*. Por ser bastante semelhante, até hoje a pesca regional de camarão-rosa não distingue entre *F. brasiliensis* e *F. paulensis*. Os primeiros relatos da pesca artesanal no estuário no século XIX estimavam a produção do camarão-rosa, que na época era cozido, secado e estocado em barris, em torno de 800-1000 barris por ano, sendo que 500 barris foram exportados, em 1881, para o Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco ou Montevidéu (von Ihering 1885 *apud* Odebrecht 2003).

Já nessa época, as variações de salinidade, associadas ao regime pluviométrico e ao nível da água, foram consideradas decisivas para a composição e abundância da fauna no estuário da Lagoa dos Patos (von Ihering 1885). Após a construção dos molhes da Barra do Rio Grande, em 1919, e a construção de uma eclusa no Canal São Gonçalo, em 1977, ocorreu uma redução na área sob influência de água salobra, tanto na Lagoa dos Patos, como na Lagoa Mirim, o que alterou o nicho espacial das espécies que dependem de águas salobras.

Atividades portuárias através da água de lastro podem introduzir larvas ou adultos de crustáceos decápodes exóticos em novos ambientes. O caranguejo *Rithropanopeus harrisii* da costa oeste da América do Norte

(Willians 1965) apareceu na Lagoa dos Patos na segunda metade do século XX. Apesar de ter um tamanho reduzido, hoje está bem estabelecido na região (D'Incao & Martins 1998). Outras espécies exóticas, como *Periclimenes paivai* e *Lysmata wurdemanni* foram introduzidas na década de 80, mas desapareceram posteriormente, sugerindo uma desvantagem competitiva com as espécies locais. A utilização de espécies exóticas, como o camarão-branco *Litopenaeus vannamei* do Pacífico Americano, na carcinocultura no estuário da Lagoa dos Patos representa uma ameaça na ausência de práticas e técnicas de cultivo apropriadas (Barbieri & Mello 2006; Cavalli *et al.* 2008).

VARIAÇÕES DECADAIS RECENTES

Desde a década de 50 e 60, as falhas de recrutamento do *F. paulensis* para o estuário da Lagoa dos Patos estão sendo relacionadas à elevada pluviosidade na bacia Patos-Mirim, sugerindo que o deságue atue como barreira física para a penetração de larvas (Pérez Farfante 1969), além de limitar a área estuarina com condições favoráveis para seu crescimento (Lindner 1957; Mistakidis 1965). Da mesma forma, capturas elevadas do camarão-rosa em anos de baixa pluviosidade nas décadas de 70, 80, 90 e 00 foram associadas com a frequência e intensidade de ventos do quadrante sul, facilitando a penetração de larvas no estuário (Castello & Möller 1978; D'Incao 1978, 1991; Möller *et al.* 2009).

As maiores estatísticas de desembarque do camarão-rosa, no sul do Brasil, estão associadas a anos de *La Niña*, de poucas chuvas e drástica redução da vazão na Barra do Rio Grande (Fig. 10-2). Essas condições facilitam a entrada de águas marinhas, aumentando a penetração e o nicho espacial das larvas. Portanto, o sucesso do recrutamento de *F. paulensis* depende do volume de água marinha e do tempo da sua permanência no estuário. Uma forte salinização do estuário no período de penetração larval, entre outubro e dezembro, bem como no período de crescimento entre janeiro e maio, diretamente influencia a safra do camarão. Apesar do pico reprodutivo na primavera, a produção larval pode ocorrer o ano inteiro, possibilitando a entrada de larvas por um período mais longo (D'Incao 1991; Dumont *et al.* 2007). Em anos de *La Niña*, as maiores safras são sustentadas por capturas, tanto no baixo estuário, como também no estuário superior.

Uma baixa ou moderada penetração de água marinha para o estuário, durante épocas de *El Nino*, reduz a área para assentamento e crescimento das larvas e juvenis no estuário. Além do mais, salinidades abaixo de 5 comprometem a fixação de carbonato para enrijecer as carapaças do camarão (Dall *et al.* 1990). Nestas condições, as safras não superam uma produção de 1000 a 2500 toneladas, sendo na sua maioria, sustentadas por capturas no baixo estuário.

Apesar de durante o período de pesca, entre 1969 e 2004, a

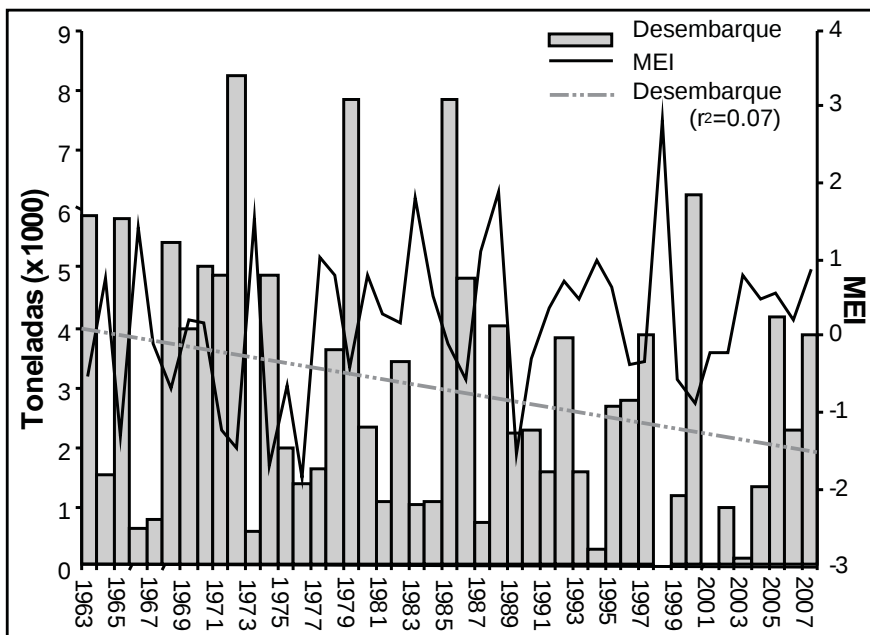


Fig. 10-2. Produção de camarão-rosa da pesca artesanal na Lagoa dos Patos (modificado de Instituto de Pesca/SP; IBAMA/ES-RJ-PR-SC-RS).

quantidade de chuva na bacia de drenagem ter sido o único fator significativo no recrutamento, parâmetros populacionais também são importantes para regular o sucesso do recrutamento de *F. paulensis* para o estuário a Lagoa dos Patos. A biomassa do estoque adulto desovante é vital para garantir a abundância larval, capaz de repor sua biomassa (Gulland & Rotschild 1981). Assim, uma drástica redução da biomassa desovante pode se tornar um fator significativo para a diminuição do sucesso de recrutamento, como foi observado no período de 1987 a 2004 (D'Incao *et al.* 2002).

As estatísticas de desembarque do ano de 1945 indicaram a existência de um estoque adulto bem estabelecido no litoral em frente à Barra do Rio Grande (D'Incao *et al.* 2002). Nessa época, a pesca industrial fora do estuário, no entorno da Barra e na praia do Cassino, capturava os subadultos que deixavam o estuário. Com a introdução da rede de aviãozinho, no início da década de 50, a pesca artesanal dentro do estuário se intensificou e atualmente poucos subadultos conseguem escapar. Nas décadas seguintes, a pesca fora do estuário foi diminuindo até colapsar, sugerindo uma baixa contribuição de subadultos da Lagoa dos Patos. Atualmente não existe mais um estoque adulto na região costeira e o destino de subadultos da Lagoa dos Patos para o recrutamento é desconhecido. As capturas entre 1963 e 2007 evidenciaram uma redução, os picos de produção diminuíram (8000 ton em 1972) e, após 1986, as safras maiores ficaram mais espaçadas (Fig. 10-2).

CENÁRIOS E PREVISÕES DE MUDANÇAS

Condições desfavoráveis de intensa e prolongada vazão de água doce, além de uma baixa produção larval do camarão-rosa prejudicam a pesca artesanal no estuário ou podem ainda, causar seu futuro colapso. Na ausência da possibilidade de controlar a hidrologia no estuário da Lagoa dos Patos, o objetivo primordial então deve ser a recuperação do estoque adulto, através do monitoramento das capturas e ações de controle do esforço. Entre dezembro e janeiro, camarões do recrutamento larval do ano anterior emergem dos sedimentos com maior tamanho e fecundidade (Peixoto *et al.* 2004) e deixam o estuário pelos canais e zonas mais profundas, onde são capturados por arrasteiros antes da abertura da safra legal. Consequentemente, o período de defeso, entre dezembro e janeiro, é vital para facilitar a saída desses subadultos que contribuem para a maior biomassa do estoque adulto. A exploração do camarão-rosa durante todas as fases do ciclo de vida exige estratégias de manejo para cada estrato da população.

Espécies exóticas, como o caranguejo *Charybdis hellerii* do Indo-Pacífico (Ferreira *et al.* 2001) e o Portunídeo *Carcinus maenas* da Europa e África do Norte (Bilton *et al.* 2002), foram introduzidos para a costa do Atlântico Ocidental e ocorrem hoje, respectivamente, no litoral de Santa Catarina e da Argentina. Apesar de ainda não serem encontradas no estuário da Lagoa dos Patos, essas espécies podem estender sua atual distribuição na costa do Atlântico Ocidental, em função de mudanças climáticas.

11. AS COMUNIDADES DAS MARISMAS

César Serra Bonifácio Costa & Juliano César Marangoni

11. AS COMUNIDADES DAS MARISMAS

César Serra Bonifácio Costa & Juliano César Marangoni

INTRODUÇÃO

Marismas são sistemas de produção entremarés, recobertos por vegetação herbácea que subsidiam os estuários e águas costeiras, pela alta capacidade de fixar carbono de suas espécies vegetais e pela exortação de parte significativa desta matéria orgânica, na forma de detrito, para águas adjacentes pelas marés e correntes (Costa *et al.* 1997; Costa 1997a), sustentando importantes recursos pesqueiros (Adam 1993; Abreu *et al.* 2006). As características morfológicas das plantas dominantes das marismas e a diversidade fisiográfica destes ambientes abrem novos nichos, e geram heterogeneidade espacial (planos vegetados, não-vegetados, canais de marés, etc.), influenciando a diversidade, a abundância e a distribuição de outros vegetais e animais da região estuarino-costeira (Costa 1997b). A importância estrutural das marismas vai além do oferecimento de habitats; elas são importantes agentes geomorfológicos formadores da costa, atuando como barreiras flexíveis contra os avanços do mar. Além disso, favorecem a deposição e a fixação de sedimentos, reduzindo a hidrodinâmica sobre a costa, logo a erosão costeira (Lelis *et al.* 2001; Mendonça & Costa 2008).

O estuário da Lagoa dos Patos tem cerca de 70 km² das margens e ilhas recobertas por marismas irregularmente alagadas, constituindo 93% das marismas da costa gaúcha (Coimbra & Costa 2006; Marangoni & Costa 2009a). A flora destas marismas estuarinas é característica de uma zona de transição biogeográfica, entre o clima subtropical úmido de Santa Catarina, ao norte, e o temperado frio da costa patagônica ao sul (Costa 1997a; Isacch *et al.* 2006). Cerca de 60 espécies de plantas vasculares ocorrem nas marismas, sendo mais frequentes as espécies das famílias Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae (Costa 1997a; Marangoni 2003) com riqueza florística e composição específica, semelhante às marismas temperadas da costa Atlântica sudeste dos Estados Unidos (Eleuterius 1990; Pennings *et al.* 2001) e do foz do Rio da Prata (Costa & Davy 1992; Isacch *et al.* 2006).

A cobertura vegetal de vastas áreas de marismas do estuário da Lagoa dos Patos é dominada por poucas espécies, gerando uma estrutura espacial zonada ou em mosaico, relacionada a distintas condições de salinidade ou nível de alagamento, que limitam a distribuição e a abundância das plantas dominantes (Costa 1997a,b). Assim, as variações na distribuição espacial das plantas dominantes podem ser indicadoras das condições ambientais locais e de distintos macro-habitats (Costa *et al.* 1997; Costa 1997a; Coimbra & Costa 2006). As principais plantas colonizadoras das marismas baixas são as gramas rizomatozas *Spartina*

alterniflora e *Spartina densiflora*, além das Cyperaceae *Scirpus maritimus* e *Scirpus olneyi*. Esta última espécie domina pisos entremarés baixos, em regiões do estuário, onde predominam salinidades menores do que 6, entretanto, as demais espécies apresentam sobreposição dos seus limites de distribuição vertical em regiões meso-euhalinas (Costa 1997a; Costa *et al.* 1997; Costa *et al.* 2003).

A produção de sementes nas plantas colonizadoras das marismas é irregular, com uma variabilidade interanual e local devido à predação das inflorescências por insetos e aves (Copertino 1995), processos abortivos contra a autofecundação e interferência do excesso de chuvas ou alagamento sobre a polinização (Copertino 1995; Azevedo 2000; Marangoni 2001). Desta forma, o crescimento vegetativo rizomatoso torna-se a principal forma de reprodução e ocupação de novas áreas e *Spartina alterniflora* e *S. densiflora* são boas colonizadoras de planos entremarés baixos a partir de propágulos vegetativos (Mendonça & Costa 2008; Costa 2009). A mortalidade dos propágulos (50-70%) ocorre apenas na primeira estação de crescimento. Até metade das mortes podem ser causadas por pastagem pelo caranguejo Grapsidae *Neohelice* (= *Chasmagnathus*) *granulata* (Costa & Marangoni 1997). Essa espécie é abundante no sudoeste do Atlântico e, apesar de apresentar um hábito detritívoro, alimenta-se frequentemente de folhas vivas de macrófitas de marismas (Bortolus & Iribarne 1999). Em marismas densamente povoadas por *N. granulata*, a preferência do caranguejo por *S. alterniflora* devido ao alto conteúdo de nitrogênio foliar e baixo de fibras e sílica, comparado com as demais plantas pioneiras, além da sensibilidade dessa espécie a pastagem, podem impedir a colonização local (Marangoni 2001; Costa *et al.* 2003). Consequentemente, variações em fatores ambientais ou a quantidade dos predadores que controlam a abundância de *N. granulata* têm um grande impacto sobre a estrutura das marismas (Costa *et al.* 2003, 2009; Silliman & Bortolus 2003).

Tendo conseguido se estabelecer e escapar da predação pelos caranguejos, as plantas rizomatozas pioneiras ocupam eficientemente o entremarés inferior. *Spartina alterniflora* e *S. maritimus* investem no espalhamento horizontal de hastes por uma rápida extensão dos rizomas de até 208 cm ano⁻¹, enquanto *S. densiflora* ocupa densamente (até 5000 hastes m⁻²) pequenas áreas pelo seu crescimento na forma de tufo (Costa & Marangoni 1997; Azevedo 2000).

CENÁRIO HISTÓRICO E MUDANÇAS SEculares

As marismas da Lagoa dos Patos foram formadas após o último máximo transgressivo do mar há 5500 anos. Cerca de 3000 e 2000 anos atrás, as marismas passaram por um período de maior influência salina, em função do afogamento do estuário pelo avanço do mar (Bauermann *et al.* 2005) e pela presença de mais de uma conexão com o oceano Atlântico a 90 km, ao norte da atual Barra da Lagoa dos Patos (Medeanic *et al.* 2006;

Weschenfelder *et al.* 2008). As atuais marismas ocupam dois terraços lagunares distintos (Nogueira & Costa 2003). O primeiro terraço se originou após o máximo transgressivo e ocorre a 0,5 m acima do atual nível médio da água, compondo a maior parte das marismas superiores na margem continental e de grandes ilhas estuarinas, enquanto o segundo terraço, formado nos últimos 2000 anos, encontra-se próximo ao nível médio da água e incorpora as marismas médias e baixas.

Relatos de naturalistas sugerem maior influência salina sobre as marismas no final do século XIX do que a observada atualmente. Em 1820, a abundância da halófita *Salicornia* (= *Sarcocornia ambigua*) no baixo estuário era tão expressiva que foi especulada a produção de soda cáustica/sabão, a partir do sódio acumulado no tecido desta planta (Saint-Hilaire 2002). Relatos do período de 1892-1894 destacam as grandes extensões de marismas baixas dominadas por *Spartina alterniflora* (= *S. glabra*) no baixo estuário, bem como a abundância de *Sesuvium* nas marismas altas (Lindman & Ferri 1974). Essas espécies, típicas de marismas sobre grande influência marinha (Cohen & Lara 2003; Isacch *et al.* 2006), são atualmente pouco abundantes nas marismas da Lagoa dos Patos (Costa 1997a; Nogueira & Costa 2003; Coimbra & Costa 2006). A construção dos molhes da Barra da Lagoa dos Patos (1912-1915), com o estreitamento do Canal da Barra de 3000 para cerca de 800 m (von Ihering 1885; Calliari 1997; Saint-Hilaire 2002), foi determinante para a redução da penetração de água do mar no estuário (Seeliger & Costa 2003). Logo, plantas de marismas, aparentemente abundantes no estuário antes da construção dos molhes, são indicadoras da predominância de condições euhalinas, hoje restritas às vizinhanças da Barra (Costa 1997a; Costa *et al.* 2003).

VARIAÇÃO DECADEAIS RECENTES

Nos últimos 150 anos, tanto a ocupação humana do estuário da Lagoa dos Patos, como os processos hidrodinâmicos naturais, vem moldando a extensão e a estrutura das marismas no estuário. Entre os meados do século XIX e XX a expansão portuária e urbana foi a causa principal da redução em cerca de 10% da área das marismas (Seeliger & Costa 1997; Seeliger 2004), entretanto, nas últimas 5 décadas, a área total manteve-se estável devido ao menor impacto antrópico (Costa *et al.* 1997; Nogueira & Costa 2003; Marangoni & Costa 2009a) (Fig. 11-1). A redução na conversão de marismas por atividades antrópicas, especialmente a partir de 1975, pode ser atribuída à proteção legal estendida a estes ambientes, tanto pelo Código Florestal, de 1965 (Lei Federal n. 4771), como pela posterior Lei de Regulamentação de Ocupação dos Espaços Naturais, de 1986 (Lei Municipal n. 4116; Rio Grande, RS). O principal processo construtivo que compensou as perdas de marismas foi a colonização de planos de lama, por vezes facilitada pela deposição de material dragado sobre a margem ou construção de esporões/enrocamentos para controle erosivo (Marangoni 2003; Antiquera & Calliari 2005).

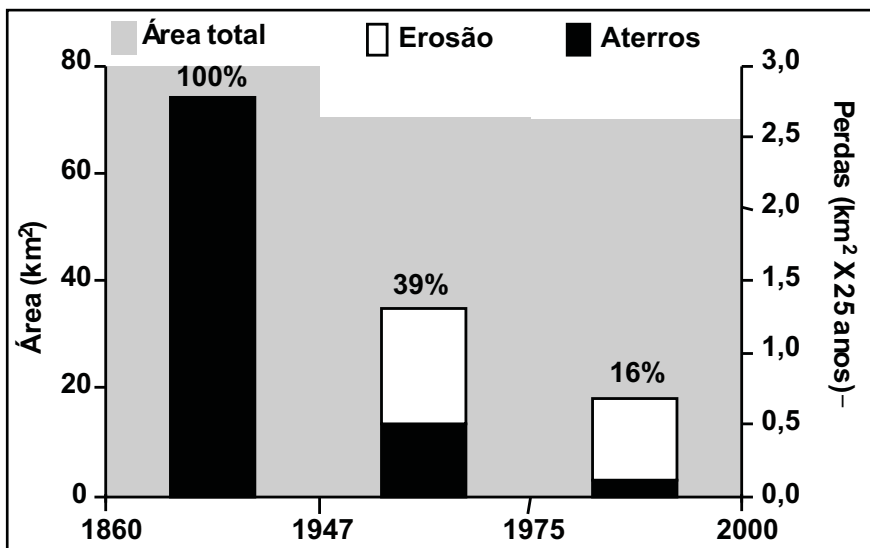


Fig. 11-1. Área total de marismas no estuário da Lagoa dos Patos e taxas de perdas por erosão e aterros ao longo dos séculos XIX e XX. (modificado de Seeliger & Costa 1997 e de Marangoni & Costa 2009b).

Enquanto a maior parte da área das marismas, localizada sobre pisos entremarés médios-altos na margem continental (Nogueira & Costa 2003), manteve-se constante durante a segunda metade do século XX, as perdas médias anuais por erosão de marismas baixas cobrindo as pequenas ilhas foram de aproximadamente $1\% \text{ ano}^{-1}$, no período de 1947 a 2000 (Souza-Vieira & Hartmann 2008; Marangoni & Costa 2009b). Nestes 53 anos, cerca de 58% da superfície das ilhas-marismas foi erodida, indicando um aumento da hidrodinâmica ou uma redução do suprimento de sedimento, sendo o último pouco provável, frente ao contínuo assoreamento de canais (Seeliger & Costa 2002) pelo grande volume de material em suspensão (Calliari *et al.* 2009).

Durante períodos de elevação da água no estuário, as pequenas ilhas-marismas com relevo menor de +0,8 m acima do nível médio da água, se tornam vulneráveis à erosão. A principal causa de perdas parece ser o empilhamento de ondas (até 0,2 m altura e até 5 segundos frequência) formadas por ação de ventos dos quadrantes NW-SW e NE-SE que afetam, respectivamente, os lados leste e oeste do estuário (Antiquera & Calliari 2005; Calliari *et al.* 2009; Marangoni & Costa 2009b). Nos últimos 50 anos, a intensificação dos ventos NE, associada ao anticiclone do Atlântico subtropical (Mata *et al.* 2001), pode ter causado uma maior ação de ondas responsáveis pela erosão das marismas baixas.

A erosão das marismas baixas de pequenas ilhas, também pode estar associada a maiores vazões dos tributários principais da Lagoa dos Patos nos últimos 50 anos (Costa *et al.* no prelo), uma vez que o nível médio da água é diretamente associado ao volume de vazão (Costa *et al.* 1988;

Costa *et al.* 2003). Os efeitos de águas altas ficaram especialmente evidentes durante o *El Niño* de 2002-2003, quando maiores volumes de vazão dos tributários da Lagoa dos Patos resultam em uma prolongada elevação do nível médio da água (+8,4 cm) no estuário (Fig. 11-2). Neste período, as marismas baixas foram alagadas durante 60% do tempo, sendo 18% a mais do que a média da década anterior. As pequenas ilhas-marismas tiveram perdas de cerca 40% das áreas dominadas por *Spartina*

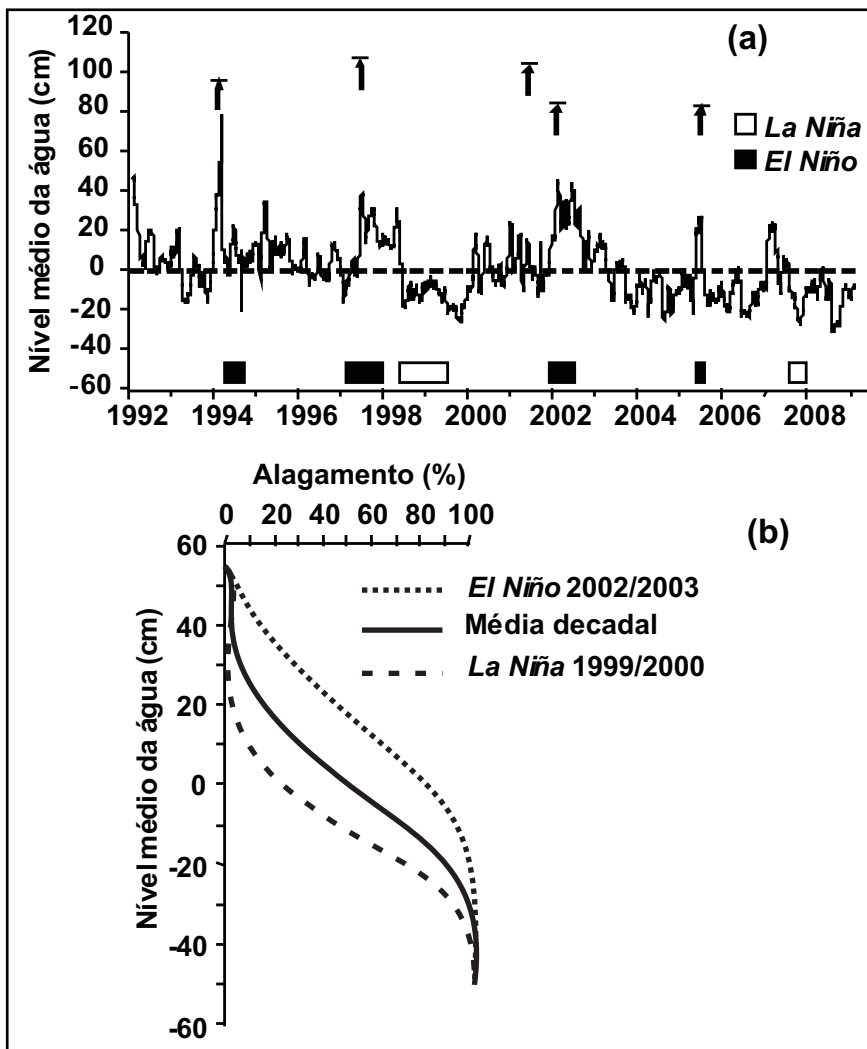


Fig. 11-2. Nível da água (médias móveis de 30 dias) no estuário da Lagoa dos Patos (a) e alagamento de diferentes pisos entremarés das marismas durante *La Niña* (1999-2000) e *El Niño* (2002-2003) (b). Flechas indicam níveis de água durante a ação de ciclones sobre o estuário.

alterniflora (Costa *et al.* 2005). Adicionalmente, o aumento relativo do nível do mar de 1,5 a 3,5 mm ano⁻¹, entre o extremo sul do Brasil e a Península Valdés (Argentina) na segunda metade do século XX (Costa *et al.* 2009), poderia explicar a erosão das marismas baixas. Assim, as marismas de pequenas ilhas estuarinas podem ser um importante indicador de mudanças ambientais em andamento.

As oscilações hidrológicas interanuais influenciam o crescimento e as interações competitivas entre as plantas pioneiras, como também a herbivoria por caranguejos e roedores. Estes fatores em conjunto controlam os processos temporais de colonização e de desenvolvimento das marismas do estuário da Lagoa dos Patos. Na ausência de gradientes consistentes de alagamento e salinidade nas marismas baixas-médias, as espécies dominantes *Scirpus maritimus*, *S. alterniflora* e *S. densiflora* têm habilidades competitivas semelhantes, podendo a dominância local ser determinada pela eficiência de colonização (Costa *et al.* 2003). No entanto, durante eventos de *El Niños* dos anos de 1997-1998 e 2002-2003 com níveis de água alta, tufo de *S. densiflora* apresentam menores taxas (60%) de expansão lateral e foram invadidas por rizomas e hastes de *S. alterniflora*. Após os eventos de *El Niño*, as hastes de *S. alterniflora* foram competitivamente excluídas por *S. densiflora*, demonstrando que o estresse fisiológico de alagamento pode influenciar as interações competitivas entre as plantas dominantes (Fig. 11-3).

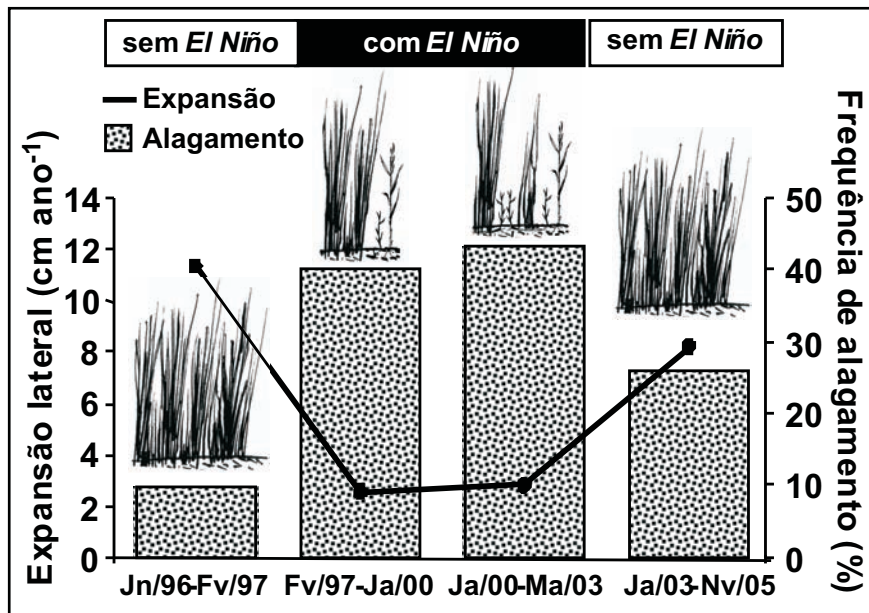


Fig. 11-3. Expansão lateral de *Spartina densiflora* em uma marisma baixa do estuário da Lagoa dos Patos com diferentes frequências de alagamento durante *El Niños* de 1997-1998 e 2002-2003.

Também sobre os pisos médios da zona entremarés ocorrem mudanças temporais na comunidade vegetal, em função da capacidade de colonização, alterações biogênicas dos habitats e existência de uma hierarquia competitiva. As marismas médias, com cobertura vegetal dominada por *Spartina densiflora* e *Scirpus maritimus* que são esporadicamente alagadas durante 20 a 40% do tempo, formam um dos habitats mais extensos no estuário da Lagoa dos Patos (Costa 1997a,b; Nogueira *et al.* 2003). A colonização dos planos médios vegetados e não vegetados por *Scirpus maritimus* promoveu, entre 1995 e 2009, o soerguimento do sedimento fino (silte e argila) em até $1,0 \text{ cm ano}^{-1}$, reduzindo o tempo de alagamento dos planos médios de 40% para 18% (Fig. 11-4). A posterior lenta ocupação espacial por *Spartina densiflora*, devido aos pequenos entrenós dos rizomas, ocorre através de densos

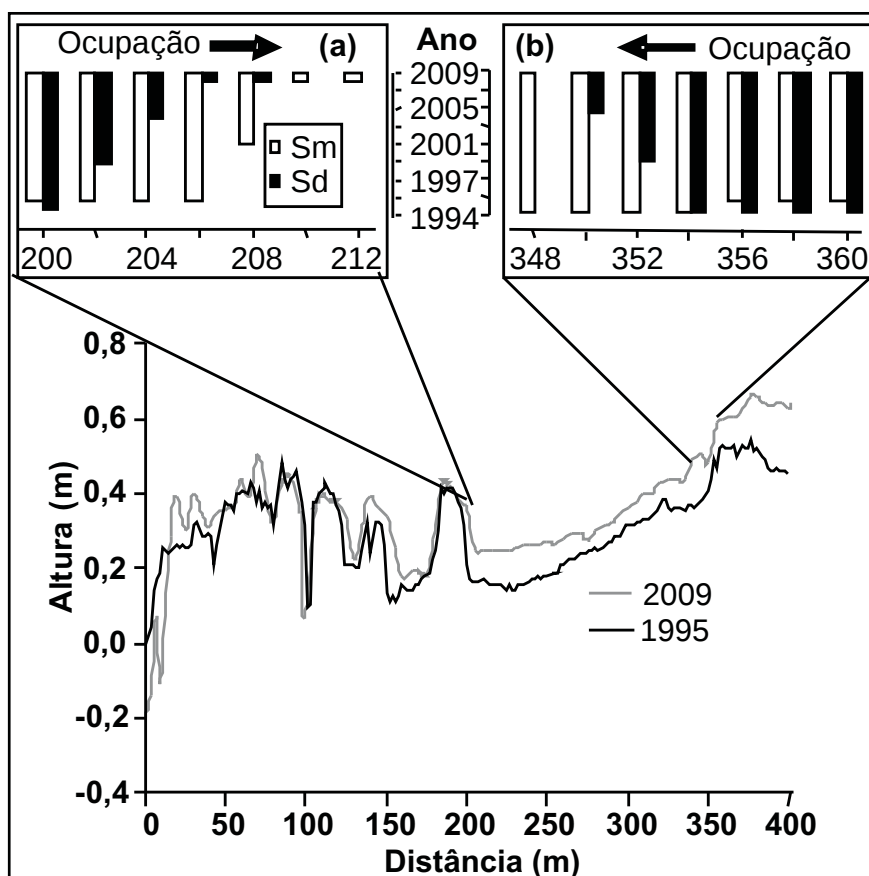


Fig. 11-4. Mudanças vegetacionais associadas ao soerguimento do sedimento em marismas médias, entre 1995 e 2009, com colonização de planos de lama (a) e de planos vegetados (b) de *Scirpus maritimus* (Sm) por *Spartina densiflora* (Sd).

blocos de hastes sobre áreas ocupadas por *Scirpus maritimus* (Costa *et al.* 2003). Além do mais, plantas estabelecidas na primavera florescem após 5-6 meses e dispersam grande quantidade de sementes viáveis, as quais formam novos núcleos de colonização (Costa & Marangoni 1997; Nieva *et al.* 2001).

A estrutura vegetacional das marismas do estuário da Lagoa dos Patos não é apenas o resultado de processos de sucessão primária, mas também de sucessões secundárias, em resposta a perturbações de deposição de material de deriva e herbivoria sobre marismas inferiores e médias. As perturbações desencadeiam processos de “cicatrização”, estabelecendo ambiente efêmero, muitas vezes, ocupados por plantas anuais e caméfitas oportunistas.

Os ventos dominantes, em vez de marés, distribuem e depositam o material de deriva pelas margens do estuário, criando padrões espaciais e temporais pouco previsíveis (Oliveira & Nhunch 1986; Schwarzbald *et al.* 1986). Junto a este material chegam sementes flutuantes ou aderidas, de até 17 espécies de plantas (Azevedo 2000), especialmente anuais, com estratégia de vida de dispersão de suas sementes. Parte do material de deriva é orgânico e sua decomposição libera nutrientes para as plantas das marismas. A flora associada a este hábitat é, tipicamente, composta por plantas nitrófilas como *Atriplex hastata*, *Apium graveolens*, *Chenopodium album* e *Rumex paraguayensis*. (Costa 1997b; Costa *et al.* 1997; Azevedo 2000).

Durante marés meteorológicas excepcionais, como ocorreu, por exemplo, durante o ciclone em outubro de 2002 (Fig. 11-2), plantas dominantes na marisma média podem ser soterradas por 15-30 cm de material de deriva. Esta perturbação possibilita a colonização por espécies exploradoras de brechas, como a composta *Senecio tweedii* e o legume *Vigna luteola* (Costa 1997b). Áreas perturbadas com plantas dominantes são fechadas dentro de 1 a 3 anos, através da invasão por rizomas de espécies nas margens da área perturbada ou pela germinação das sementes (Costa 1997a; Azevedo 2000). O soerguimento pela deposição de material de deriva pode tornar as marismas baixas menos alagadas e, conseqüentemente, mais favoráveis para as espécies dominantes de marismas médias, assim, a *Spartina alterniflora* é, muitas vezes, substituída por *Scirpus maritimus* ou *Spartina densiflora*.

Períodos de vários meses com salinidades abaixo de 10 podem facilitar a expansão de populações de roedores, como o rato-do-banhado (*Myocastor coypus*) e preás (*Cavia* sp.) para as marismas, ocasionando intenso impacto de pastagem e abertura de brechas (Vicari *et al.* 2002; Costa *et al.* 2004). Durante o *El Niño* 2002-2003, o rato-do-banhado reduziu em 80% a biomassa aérea viva de *Spartina alterniflora*, porém, abandonou as marismas com o aumento da salinidade, e áreas perturbadas são rapidamente recolonizadas.

PREVISÕES E SUBSÍDIOS PARA MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Apesar da reconhecida importância para a manutenção da qualidade ambiental costeira e da sua proteção legal, as marismas do estuário da Lagoa dos Patos vêm sofrendo intensa ação antrópica (Seeliger & Costa 2003; Marangoni & Costa 2009b) e têm um futuro incerto devido aos impactos regionais das mudanças climáticas globais (Costa *et al.* 2009).

Diversos cenários indicam mudanças climáticas na região costeira da América do Sul para os próximos 100 anos, apesar da incerteza quanto à magnitude e os efeitos das mudanças sobre os ecossistemas. No Brasil, o fator climático determinante nas próximas décadas será o regime de chuvas. Tanto cenários mais otimistas, como os mais pessimista preveem, até os meados do século XXI, aumentos da precipitação no sul do Brasil e nordeste da Argentina, em magnitudes entre 5 a 20% dos valores médios atuais (Mata *et al.* 2001; Marengo 2007; Costa *et al.* no prelo).

Os aumentos projetados nas vazões das bacias de drenagem terão impacto direto sobre a distribuição espacial da salinidade nos estuários gaúchos. Atualmente, marismas baixas mesohalinas dominadas por *Spartina alterniflora* ocorrem somente próximas da foz estuarina da Lagoa dos Patos (Coimbra & Costa 2006), o que parece estar relacionado ao atual surplus hídrico das bacias de drenagem costeiras com contínuo aporte de água doce (Isaach *et al.* 2006). A colonização de marismas baixas mesohalinas por outras plantas, além de *S. alterniflora* será um importante indicador da redução do estresse salino atuando sobre o sistema.

O aumento regional do nível relativo do mar poderá compensar ou suplantando um processo de limnificação. No entanto, o aumento do mar e as maiores vazões de água doce deverão resultar em elevação do nível das águas no estuário, sendo as marismas baixas as primeiras estruturas a serem erodidas. Adicionalmente, os diferentes níveis topográficos das marismas do estuário da Lagoa dos Patos estão dominados por plantas com distintas preferências de crescimento quanto à frequência de alagamento (*Spartina alterniflora* 64% do tempo, *Scirpus olneyi* 37%, *Scirpus maritimus* 26%, *Spartina densiflora* 20%, *Juncus kraussii* 3%), logo, mudanças de nível médio das águas e/ou de salinidade irão acarretar em modificações marcadas na composição florística e na produtividade das marismas.

12. AS DUNAS COSTEIRAS ADJACENTES AO ESTUÁRIO

Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa

12. AS DUNAS COSTEIRAS ADJACENTES AO ESTUÁRIO

Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa

INTRODUÇÃO

A fisiografia e cobertura vegetal das dunas costeiras representam, entre outros, a integração de processos que ocorrem em ambientes adjacentes, tanto marinho (Shermann 1995; Hesp 1999), quanto terrestre. Diferentes formações fisiográficas das dunas resultam de mudanças climáticas (Carter 1988; Van der Meulen & Jungerius 1989) ou de interferências humanas prolongadas (Seeliger *et al.* 2000; Marins *et al.* 2003). Um dos principais processos que afetam as dunas costeiras é a alteração no nível do lençol freático, regida por padrões anuais de precipitação em regiões adjacentes (Van Dijk 1989; Muñoz-Reinoso 2001). A elevação do nível do lençol freático estabiliza o substrato arenoso e favorece o desenvolvimento de uma cobertura vegetal mais densa, enquanto um baixo nível facilita a movimentação de areia e pode levar em poucos anos à redução ou eliminação da cobertura vegetal (Grootjans *et al.* 1991; Seeliger *et al.* 2000).

Entre o sul da Barra do Rio Grande (32° 21' S) e o Arroio Chuí (33° 52' S), dunas costeiras se estendem em direção ao continente por cerca de 3 km. Diferenças na orientação do litoral, características da praia e morfologia das dunas frontais separam esta costa em dois setores de aproximadamente 100 km cada. O trecho da Barra do Rio Grande até as proximidades do Farol Verga (33° 00' S) apresentava, até a década de 1980, um cordão de até 6 m de altura, formado pela resposta positiva de crescimento da gramínea *Panicum racemosum* à abundante deposição eólica de areia da praia pelos ventos do quadrante NE (Cordazzo & Seeliger 1987; 1988; Costa *et al.* 1991; Seeliger 1992, 1997). No trecho da costa, ao sul do Farol Verga até o Chuí, o aporte de areia da praia para as dunas é menor, devido à incidência paralela dos ventos do quadrante NE (Seeliger 1992, 1997). Neste último trecho, os cordões e a vegetação das dunas frontais são substituídas por pequenas dunas assimétricas vegetadas, principalmente, por muitas de *Spartina ciliata* (Cordazzo & Seeliger 1987). Feições erosivas como extensos lençóis de areia e planos de deflação se tornam mais frequentes (Fig. 12-1).

A Lagoa Mirim, com 3750 km², é o corpo principal d'água da parte sul da planície costeira. A lagoa recebe a água de chuvas de uma bacia de drenagem de 57100 km², podendo ser dividida em cinco sub-bacias. A sub-bacia Mangueira-Taim descarrega águas através de arroios para o mar ou através uma saída controlada por comportas no Banhado do Taim, para a Lagoa Mirim (Fig. 12-1). A precipitação e a descarga de tributários da região

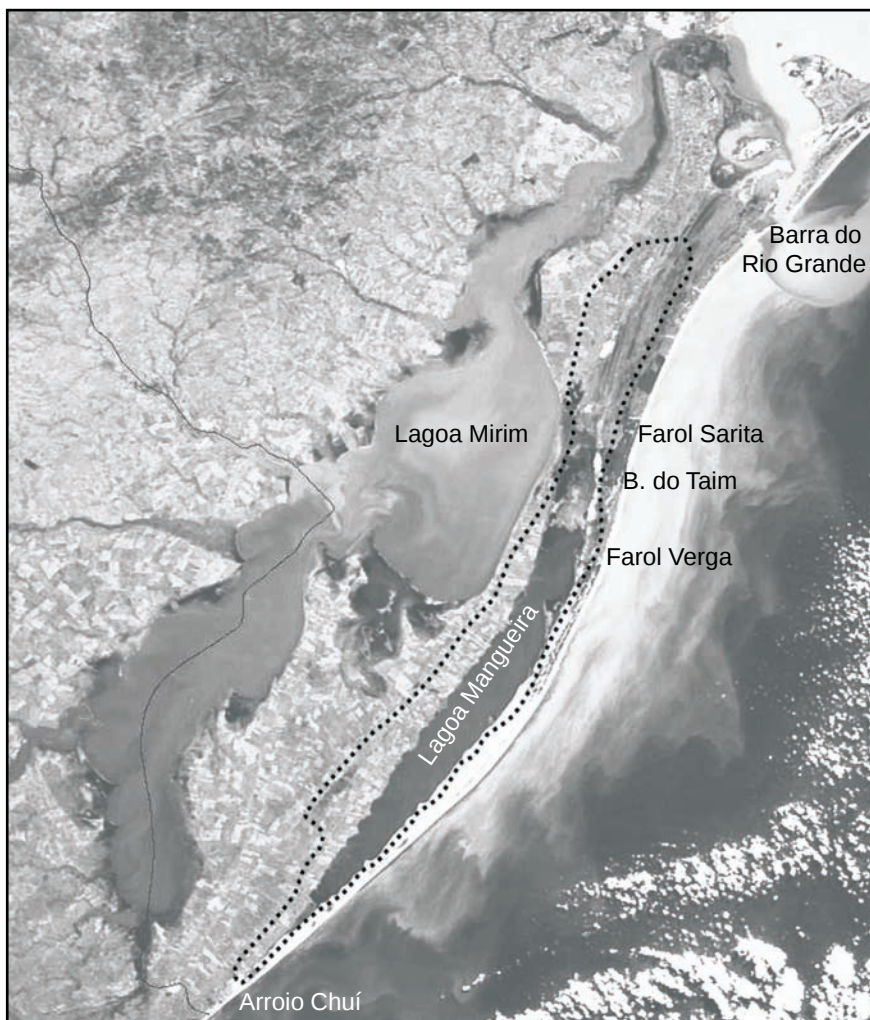


Fig. 12-1. Imagem de satélite do sul da planície costeira do Rio Grande do Sul com sub-bacia Mangueira-Taim (linha pontilhada) (modificado de Beltrame & Tucci 1998)

sul de America do Sul aumentou, significativamente, no século passado (Chiew *et al.* 1995; Krepper *et al.* 2003). As variações de descarga das sub-bacias do sistema Mirim influenciam no nível de água da Lagoa Mirim, a qual exerce uma pressão hidráulica via subterrânea (Beltrame & Tucci 1998) sobre o nível do lençol freático da região de dunas costeiras adjacentes (Pereira da Silva 1998).

Além dos efeitos das mudanças climáticas regionais, impactos antrópicos modificaram os processos e as características hidrológicas, especificamente, na sub-bacia Mangueira-Taim. No início da década de

1950, a construção da rodovia BR 471 começou a atenuar o fluxo subterrâneo em direção a Lagoa Mirim assim, represando as águas em até 80 cm na sub-bacia Mangueira-Taim (Tucci 1996; Beltrame & Tucci 1998) (Fig.12-1). Por outro lado, a partir de 1975, grandes extensões das dunas costeiras foram artificialmente drenadas para reduzir o nível do lençol freático, favorecendo o sucesso de recentes aflorestamentos com pinheiros (*Pinus elliottii*). Assim, fatores naturais e alterações antrópicas, provavelmente, influenciaram a hidrologia na sub-bacia Mangueira-Taim, com consequências para o lençol freático das dunas costeiras (Seeliger *et al.* 2000).

MUDANÇAS SECULARES DE FISIOGRAFIA E COBERTURA VEGETAL

As dunas costeiras gaúchas, quando vegetadas, têm cobertura de espécies herbáceas. Fotografias aéreas verticais (1:40000/60000) acompanhadas por verificação no campo permitem identificar áreas secas sem/ou com esparsa cobertura vegetal e áreas úmidas com densa cobertura vegetal, bem como os aflorestamentos de pinheiros.

Alterações da cobertura vegetal nas dunas costeiras, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e Chuí, dependem das distintas alturas médias do lençol freático local, o qual é influenciado pelas condições hidrológicas da sub-bacia Mangueira-Taim adjacente e, em última instância, pelo nível da Lagoa Mirim. Na ausência de dados da descarga fluvial das sub-bacias da Lagoa Mirim, a descarga de sub-bacias adjacentes do Rio Uruguai (Krepper *et al.* 2003) podem servir de referencial para as variações do nível da Lagoa Mirim, em função das mudanças climáticas (Fig. 12-2).

A primeira metade do século XX, de 1912 até o evento de extrema seca entre 1943 e 1946, foi marcada por baixos níveis hidrológicos na Lagoa Mirim. No fim deste período, em 1947, as dunas costeiras eram compostas, na sua maior parte (90%), por dunas transgressivas com ambientes secos não vegetados ou esparsamente vegetados por *Panicum racemosum*, *Spartina ciliata* e *Andropogon arenarius* (Cordazzo & Seeliger 1987, 1988; Costa *et al.* 1991; Seeliger 1992, 1997), distribuídos de maneira similar entre o setor norte e o setor sul (Fig. 12-3).

Apartir da década de 1950, o progressivo aumento do nível da Lagoa Mirim de aproximadamente 1 m (Fig. 12-2b) e o represamento da água na sub-bacia Mangueira-Taim foram responsáveis pela elevação no nível do lençol freático nas dunas costeiras. Nessa época, as dunas apresentaram grandes mudanças na paisagem. Os ambientes arenosos secos e instáveis da década de 1940 foram, gradualmente, substituídos por brejos úmidos com substratos mais estáveis e densa cobertura vegetal de *Androtrichium trigynum* ou por banhados com a presença de *Scirpus* sp. Estas novas condições ambientais estimularam, a partir da década de 1970, plantios de pinus em grande escala. Como consequência, em 1996, o conjunto das

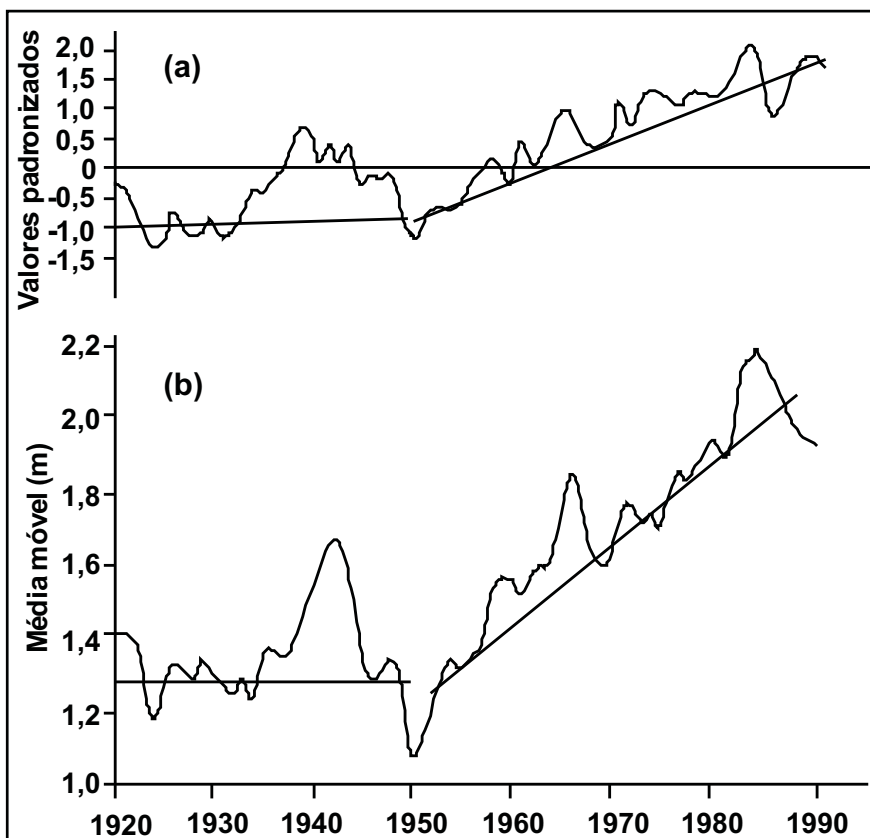


Fig. 12-2. Fluxos das sub-bacias do Rio Uruguai adjacentes à bacia hidrográfica Mirim (modificado de Krepper *et al.* 2003) (a) e médias mensais do nível da água da Lagoa Mirim (b). Linhas pretas representam as médias móveis de 10 anos.

áreas úmidas e aflorestadas excedeu a superfície dos ambientes secos (Seeliger *et al.* 2000) (Fig.12- 3).

O aumento da superfície densamente vegetada e/ou alagada das dunas costeiras esteve concentrado, em sua maior parte, no setor norte. As diferentes evoluções da cobertura vegetal, entre os setores norte e sul, podem ser atribuídas à diferença no volume dos pacotes sedimentares de dunas costeiras. Enquanto as dunas baixas no setor norte foram facilmente colonizadas pela vegetação herbácea, nos campos de dunas com altura de até 20 m e com taxas de migração de até 30 m ao ano (Tomazelli 1990; Arejano 1999), a instabilidade do substrato limitou a ocupação e o desenvolvimento pela vegetação no setor sul.

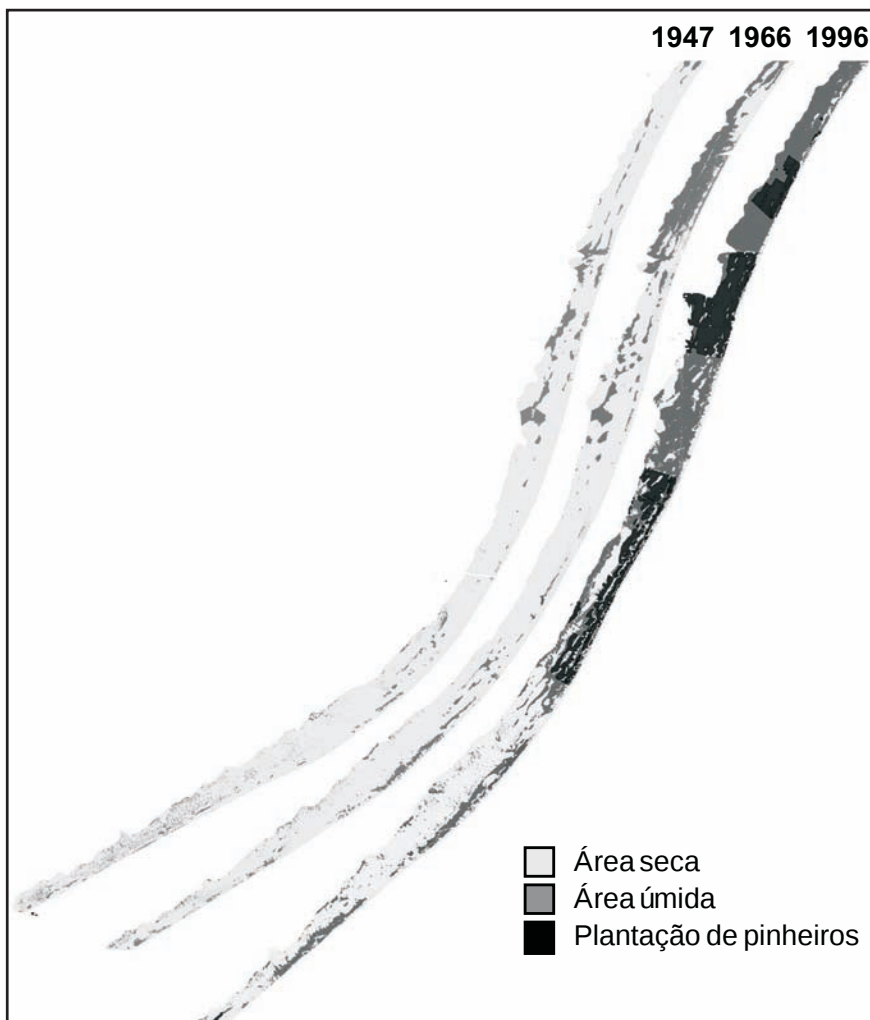


Fig. 12-3. Mudanças decadais da fisiografia e cobertura vegetal das dunas costeiras numa faixa de cerca 3 Km entre a Barra do Rio Grande e o Arroio Chui no extremo sul do Brasil.

MUDANÇAS RECENTES

No final do século passado, o sucesso de aflorestamentos com pinheiros no setor norte desencadeou tentativas de novos plantios em terrenos úmidos e estáveis, mais próximos à praia na região do Farol Sarita (Fig. 12-1). Canais de drenagens paralelos à praia foram abertos em 1988/89, e os arroios que naturalmente drenam brejos e banhados e desaguavam na praia foram aprofundados para tornar os cultivos viáveis (Seeliger *et al.* 2000; Seeliger 2003). A época das drenagens artificiais

coincidiu com a maior estiagem, desde a grande seca da década de 40 (Fig. 12-4a) (Beltrame & Tucci 1998). A combinação de impactos antrópicos e de efeitos naturais levou à rápida diminuição do nível do lençol freático, em aproximadamente 1 m na área das dunas frontais (Seeliger *et al.* 2000).

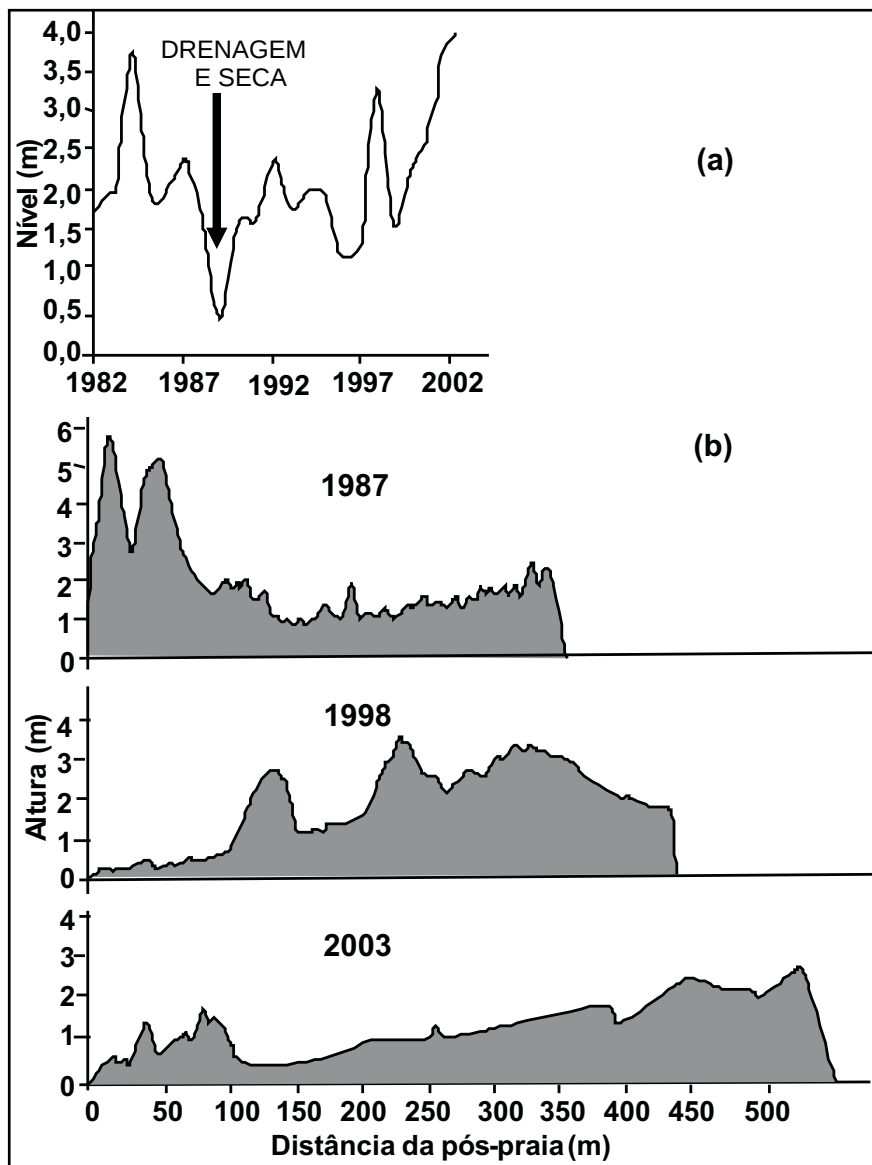


Fig. 12-4. Nível médio da Lagoa Mirim (a) e topografia das dunas frontais próximo ao Farol Sarita (b) (modificada de Costa *et al.* 1991 e de Seeliger *et al.* 2000).

Como ocorreu em outros sistemas de dunas costeiras (Van Dijk 1989; Muñoz-Reinoso 2001), a redução no nível do lençol freático, no século passado, levou a profundas mudanças da fisiografia com perda da cobertura vegetal.

A partir do final da década de 1980, as populações da *Panicum racemosum* sobre as dunas frontais, já comprometidas por décadas de pastagem pelo gado, enfraqueceram devido ao baixo lençol freático. *Panicum racemosum* é a principal construtora de dunas frontais no sul do Brasil, pois através de seu alto vigor de crescimento, em resposta à deposição de areia e de nutrientes do spray salino, é capaz de fixar até 70 cm de areia por ano (Costa *et al.* 1991). A mortalidade em massa da população desta gramínea deu início ao processo de fragmentação das cristas de dunas frontais, que culminou na total erosão eólica da areia, em 1992/93 (Seeliger *et al.* 2000). Esse processo rompeu uma das alças do balanço sedimentar, estabelecido pela presença das dunas frontais, pois parte da areia depositada nas cristas durante a primavera e verão (Costa *et al.* 1984) retornava para a antepraia durante as frequentes tempestades de inverno (Bernardi *et al.* 1987). Assim, nos anos subsequentes toda a areia da praia passou a ser transportada livremente pelos ventos para o continente, cobrindo todas as áreas úmidas e a vegetação herbácea, formando cristas de retenção nos pinheirais. (Fig. 12-4b).

No entanto, a contínua entrada de areia da praia, também acabou por encobrir os canais de drenagem artificiais, impedindo o escoamento da água em direção ao mar. Durante a década de 1990, o restabelecimento de níveis normais do lençol freático tem contribuído para a maior cobertura de *Panicum racemosum* nas dunas frontais e, conseqüentemente, uma recuperação do sistema durante os últimos anos (Fig. 12-4b), o que poderia, erroneamente, ter sido interpretado como indicador de uma transgressão da costa.

13. LIÇÕES ECOLÓGICAS E FUTURAS TENDÊNCIAS

Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa

13. LIÇÕES ECOLÓGICAS E FUTURAS TENDÊNCIAS

Ulrich Seeliger & César Serra Bonifácio Costa

Apesar do início da colonização europeia na região do estuário da Lagoa dos Patos remontar ao século XVIII, este ecossistema manteve características estruturais de seus processos e funções intactas até o final do século XIX. As atividades portuárias e a alta produtividade pesqueira propiciaram o desenvolvimento socioeconômico e a construção da história do Rio Grande. A geografia do estuário, que sustenta o transporte lacustre e marítimo, transformou a cidade de Rio Grande em porta para o comércio de cabotagem e exterior. A pesca abundante era mantida pela entrada periódica de água do mar pela Barra do Rio Grande, forçada pelos ventos do sul, carregando ovos, larvas e juvenis de peixes e crustáceos marinhos, os quais encontravam na região estuarina condições ideais de temperatura, abrigo de predadores e disponibilidade de alimento para seu desenvolvimento. Abastecidas de nutrientes da drenagem das águas doces das Lagoas dos Patos e Mirim, as águas salobras do estuário formavam um berçário natural, especialmente, na primavera e no verão.

A partir do início do século XX, as atividades antrópicas se direcionaram para a intensificação do transporte marítimo e o aumento do esforço de pesca, que resultaram em modificações ecológicas e em uma nova realidade ambiental. Por mais de um século, o estuário da Lagoa dos Patos e a região costeira adjacente serviram de expoente do potencial pesqueiro. A exaustão dos estoques estuarinos ocorreu gradualmente a partir dos meados do século XX com a introdução de redes sintéticas e de barcos a motor, junto com a prática de arrasto de fundo. Hoje, os estoques são cada vez mais limitados e as capturas sujeitas a grandes oscilações entre os anos. No entanto, a queda no pescado não é explicada somente pela captura excessiva.

A antiga barra da desembocadura da Lagoa dos Patos, com cerca de 3 m de profundidade e posição variável dos bancos de areia, representava um obstáculo para entrada e saída de navios causando, frequentemente, demoras nas docagens e eventualmente naufrágios. De forma a superar as limitações da barra foram construídos, entre 1911 e 1915, os molhes da Barra do Rio Grande. Estas estruturas deram origem a um canal de acesso que cumpriu o objetivo principal de gerar uma entrada perene e segura para os navios. A convergência das bordas dos molhes em direção ao mar causou o afunilamento da barra, o que aumentou a velocidade do fluxo de vazantes. Antagônicos à função do estuário como berçário, a estreita barra e a alta velocidade da vazão dificultam a penetração de água do mar, bem como a entrada de juvenis de crustáceos e de peixes marinhos. As áreas lagunares, frequentemente banhadas com águas salobras, favoráveis a

pescados de origem marinha, ficaram menores. No entanto, outras modificações também contribuíram para a redução da função berçário. Uma grande parte dos 46 milhões de metros cúbicos de sedimentos dragados dos canais de navegação, durante o último século, foi utilizada para a construção de ilhas e depositada ao longo das margens, acarretando na perda de áreas estuarinas. A mais forte redução na área de berçário, no entanto, ocorreu após a construção da eclusa no Canal de São Gonçalo, na década de 1970, a qual passou a impedir a entrada de água do mar na Lagoa Mirim.

Crescentes quantidades de chuvas, relacionadas com as mudanças climáticas globais em andamento, e consequentes maiores vazões dos principais tributários do sistema Patos-Mirim têm resultado no aumento do volume de água doce vazante. Apesar de limitar a eutrofização no estuário, a expansão e persistência prolongada de condições límnicas até a Barra durante eventos chuvosos, como fortes *El Niños*, inibem a penetração de espécies marinhas, pois elas dependem de águas salobras no estuário para completar seu ciclo de vida, e também por afastar as espécies marinhas adultas que se beneficiam periodicamente do estuário.

No final da década de 1990 e início do século XXI, a globalização da economia impulsionou as atividades portuárias. O Porto do Rio Grande teve sua importância estratégica regional aumentada e reconhecida pelos governos estadual e federal, que passaram a apoiar obras de alongamento dos molhes e do aprofundamento do canal de acesso, visando a movimentação de navios maiores com grandes calados e a instalação de um polo de construção naval. As novas obras na entrada do estuário e a previsão da maior vazão do complexo Patos-Mirim nas próximas décadas, levarão à redução na extensão e permanência das águas salobras no complexo lagunar. As consequências diretas desta nova condição ambiental será a utilização, ainda menor, do estuário por organismos marinhos e a queda nas capturas da pesca artesanal. Logo, as tendências do século XX de redução da importância econômica da pesca artesanal estuarina e do aumento das atividades portuárias na região serão mantidas ao longo do século XXI. Esse cenário sugere a necessidade da implementação de políticas públicas para gerar alternativas profissionais aos pescadores artesanais sem cortar seus laços culturais com o estuário.

Atividades portuárias e viabilidades econômicas devem ser avaliadas frente ao cenário de mudanças ambientais do século XXI. A projeção de maiores vazões implica também no aporte de maior volume de sedimentos da bacia de drenagem para o baixo estuário. A deposição de sedimentos finos nos canais de navegação levará à necessidade de dragagens cada vez mais frequentes e volumosas, ocasionando custos maiores para o funcionamento do Porto do Rio Grande.

O aumento do nível médio de água no sistema Patos-Mirim durante as últimas décadas em função de maior vazão dos tributários, maior efeito de represamento da estreita desembocadura na barra, assoreamento lagunar e estuarino ou aumento do nível relativo do mar, representam uma nova

realidade a ser enfrentada ao longo do século XXI. As margens e ilhas com relevo plano ficarão cobertas pelas águas e grandes extensões serão perdidas pela erosão durante tempestades mais fortes e frequentes. A gestão ambiental deve zonear a orla estuarina e lagunar para minimizar os impactos socioeconômicos.

Ao longo de muitos séculos, as mudanças climáticas e o nível do mar foram os fatores forçantes para morfologia, hidrologia e comunidades biológicas do estuário da Lagoa dos Patos. Desde o início do século XX, impulsionados por necessidades socioeconômicas, atividades antrópicas, como obras na desembocadura e nas margens, dragagens permanentes e pesca excessiva assumiram uma importância desproporcional sobre os aspectos estruturais e funcionais do sistema lagunar e estuarino. Os investimentos em “Pesquisa Ecológica de Longa Duração-PELD” no estuário da Lagoa dos Patos geraram informações essenciais para a melhor compreensão das variações temporais, mediadas por processos ecológicos naturais ou por interferências antrópicas prolongadas, bem como para previsões de mudanças iminentes nesse ecossistema.

14. REFERÊNCIAS

14. REFERÊNCIAS

- Abreu PC, Bergesch M, Proença LA, Odebrecht C (2009) Short- and long-term chlorophyll *a* variability in the shallow microtidal Patos Lagoon estuary, Southern Brazil. *Estuaries and Coasts*. DOI 10.1007/s12237-009-9181-9.
- Abreu PC, Biddanda B, Odebrecht C (1992) Bacterial dynamics of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: relationship with phytoplankton production and suspended material. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 35:621-635.
- Abreu PC, Costa CSB, Bemvenuti CE, Odebrecht C, Graneli W, Anésio AM (2006) Eutrophication processes and trophic interactions in a shallow estuary: Preliminary results based on stable isotope analysis ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *Estuaries and Coasts*. 29(2): 277-285.
- Abreu PC, Granéli E, Odebrecht C, Kitzmann D, Proença LA, Resgalla Jr C (1994) Effect of fish and mesozooplankton manipulation on phytoplankton community in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Estuaries*. 17: 575-584.
- Abreu PC, Hartmann C, Odebrecht C (1995) Nutrient rich salt-water and its influence on the phytoplankton of the Patos Lagoon estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 40: 219-229.
- Abreu PC, Odebrecht C, González A (1994b) Particulate and dissolved phytoplankton production of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: comparison of methods and influencing factors. *J. Plankton Res.* 16:737-753.
- Adam P (1993) *Saltmarsh ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 416 p.
- Almeida MT, Baumgarten MGZ, Kinas PG, Kantin R (1984) Estudo da poluição orgânica das águas nas imediações da cidade de Rio Grande (RS-Brasil). *Atlântica*, Rio Grande. 7: 15-24.
- Almeida MTA, Baumgarten MGZ, Rodrigues R (1993) Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade do Rio Grande-RS. *Série Documentos Técnicos 06*, Univ Federal do Rio Grande. 36 p.
- Angonesi LG (2000) Efeitos da descarga de esgotos urbanos sobre os macroinvertebrados bentônicos de fundos moles na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS-Brasil. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 135 p.
- Antero-Silva JN (1990) Perfil pesqueiro da frota artesanal do Rio Grande do Sul de 1945 a 1989. Centro de Pesquisas do Rio Grande (CEPERG/IBAMA). 51p.
- Antiqueira JA, Calliari LJ, Fontoura JAS (2004) Geomorphologic evolution of a sand spit located in the mouth of a choked coastal lagoon. Lagoa dos Patos: Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*. 39: 255-258.
- Antiqueira JA, Calliari LJ (2005) Características sedimentares da desembocadura da Laguna dos Patos. *Gravel* (3): 39-46.

- Arejano TB (1999) Análise do regime de ventos e determinação do potencial de deriva de areia no extremo sul do litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Mestrado. Univ Federal de Rio Grande do Sul. 43p.
- Arntz WE, Fahrbach E (1996) *El Niño* - Experimento climático de la naturaleza. Springer-Verlag, Berlin. 297 p.
- Asmus M (1984) Estrutura da comunidade associada à *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 154 p.
- Asmus ML (1989) Pradarias de gramíneas marinhas (*Ruppia maritima*) como áreas vitais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Anais III Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, Fortaleza. pp. 291-299.
- Asmus ML (1997) Coastal Plain and Patos Lagoon. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments - The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic, Springer-Verlag, New York, pp. 9-12.
- Aun PE (1972) Medida do movimento de sedimentos de fundo no Porto do Rio Grande RS. IPR/CNEN Univ Federal de Minas Gerais
- Ávila TR, Cardozo AP, Gama AMS, Kaminski SM (2008) Efeitos da temperatura e salinidade na respiração do copépode estuarino *Pseudodiaptomus richardi*. Anais do III Congresso Brasileiro de Oceanografia e I Congresso Ibero- Americano de Oceanografia. Fortaleza, Brasil
- Azevedo AMG (2000) Hábitats, associações vegetais e fenologia das plantas das marismas da Ilha da Pólvora, estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 104 p.
- Azevedo JB (2007) Ecologia alimentar da tartaruga verde (*Chelonia mydas*) no extremo sul do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Oceanologia. Univ Federal do Rio Grande. 52 p.
- Baptista JR (1986) Flutuações temporais dos elementos nutrientes dissolvidos, do material em suspensão e das características físicas da água na parte sul do estuário da Lagoa dos Patos e Praia do Cassino-RS. Acta Limnol. Brasil. 1: 29-46.
- Barbieri E, Mello GAS (2006) Biodiversidade: ocorrência da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. O Mundo da Saúde. 30 (4): 654-659.
- Barbosa TG (2003) Variabilidade morfodinâmica e grau de exposição das praias estuarinas da margem oeste do canal de Rio Grande, RS-Brasil. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 79 p.
- Barenho CP (2008) Saber local e educação ambiental: parcerias necessárias no processo de inserção da maricultura familiar no estuário da Lagoa dos Patos (RS). Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande. 150 p.

- Barros VR, Grimm AM, Doyle ME (2002) Relationship between temperature and circulation in Southwestern South America and its influence from *El Niño* and *La Niña* events. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 80:21-32.
- Barutot RA, Vieira RRR, Rieger JP (1998) *Panopeus americanus* Saussure, 1857. Novo registro de Brachyura (Decapoda, Xanthidae) para o litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Nauplius*. 6:189-190.
- Bauermann SG, Neves PCP, Marques-Tiogo M, Ashraf AR (2005) Evidences of Holocene transgression on Domingos Petrolini Swamp, southern coastal plain, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Geoscientific Research in Northeast Asia*. 8(1) pp. 98-103.
- Baumgarten MGZ, Niencheski LFH, Kuroshima KN (1995) Qualidade das águas estuarinas que margeiam o município do Rio Grande (RS, Brasil): Nutrientes e detergente dissolvidos. *Atlântica*, Rio Grande. 17: 17-34.
- Baumgarten MGZ, Niencheski LFH, Martins BAD (2005) Saco do Justino (RS-Brasil): Amônio e fosfato na coluna d'água e na água intersticial de uma enseada não contaminada. *Atlântica*, Rio Grande. 27(2): 113-129.
- Baumgarten MGZ, Niencheski LFH, Veeck L (2001) Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica (RS-Brasil). *Atlântica*, Rio Grande. 23: 101-116
- Baumgarten MTA, Baumgarten MG Z, Rodrigues RM (1993) Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade do Rio Grande, RS. *Atlântica*, Rio Grande. 6: 1-33.
- Bemvenuti CE (1987) Predation effects on a benthic community in estuarine soft sediments. *Atlântica Rio Grande*. 9 (1): 33-63.
- Bemvenuti CE (1997a) Benthic Invertebrates. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Heidelberg, New York, pp. 43-47.
- Bemvenuti CE (1997b) Trophic Structure. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Heidelberg, New York, pp. 70-73.
- Bemvenuti CE (1997c) Unvegetated intertidal flats and subtidal bottoms. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Heidelberg, New York, pp. 78-82.
- Bemvenuti CE, Angonesi LG, Gandra MS (2005) Effects of dredging operations upon soft bottom macrofauna on a harbor area, Patos Lagoon estuarine region, southern Brazil. *Braz. Jour. Biol*. 65 (4): 573-581
- Bemvenuti CE, Capítoli RR, Gianuca NM (1978) Estudos de ecologia bentônica na região estuarial da Lagoa dos Patos. II. Distribuição quantitativa do macrobentos infralitoral. *Atlântica*, Rio Grande. 3: 23-32.

- Bemvenuti CE, Cattaneo SA, Netto SA (1992) Características estruturais da macrofauna bentônica em dois pontos da região estuarial da Lagoa dos Patos, RS - Brasil. *Atlântica*. Rio Grande. 14: 5-28.
- Bemvenuti CE, Netto A (1998) Distribution and seasonal patterns of the sublittoral benthic macrofauna of Patos Lagoon (south Brazil). *Rev. Brasil. Biol.* 58(2):211-221.
- Bemvenuti CE, Rosa Filho JS, Elliot M (2003) Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the harbor of Rio Grande (RS-Brazil). *Braz. Jour. Biol.* 63 (2): 183-194.
- Bergesch M, Garcia M, Odebrecht C (2009) Diversity and morphology of *Skeletonema* species in southern Brazil, SW Atlantic Ocean. *J. Phycol.* (no prelo)
- Bergesch M, Odebrecht C (1997) Análise do fitoplâncton, Protozooplâncton e de alguns fatores abióticos no estuário da Lagoa dos Patos. *Atlântica*, Rio Grande 19:31- 50.
- Bergesch M, Odebrecht C, Abreu PC (1995) Microalgas do estuário da Lagoa dos Patos: interação entre o sedimento e a coluna de água. *Oecologia Brasiliensis*. Vol.1 Estrutura, funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. pp.273- 290.
- Bergesch M, Odebrecht C, Moestrup Ø (2008a) Nanoflagellates from coastal waters of southern Brazil (32°S). *Bot. Mar.* 51:35-50.
- Bergesch M, Odebrecht C, Moestrup Ø (2008b) Loricated choanoflagellates from the South Atlantic coastal zone (~32 °S) including the description of *Diplothea tricyclica* sp. nov. *Biota Neotrop.* 8(4):111-122.
- Bernardi H, Cordazzo CV, Costa CSB (1987) Efeito de ressacas sobre *Blutaparon portulacoides* (St. Hill.) Mears nas dunas costeiras do sul do Brasil. *Ciência e Cultura*. 39(5/6): 545-547.
- Betrane LFS, Tucci CEM (1998) Estudo para a avaliação e gerenciamento da disponibilidade hídrica da bacia da Lagoa Mirim. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Univ Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Vol 1, 128p.
- Bicalho H (1883) Relatório da Comissão de Melhoramentos da Barra de Rio Grande. In: Obras do Porto e Barra do Rio Grande, 1924. Oficinas Gráficas da Federação, Porto Alegre 3: 1-455.
- Bilton A, Paulab DT, Bishopa JDD (2002) Dispersal, genetic differentiation and speciation in estuarine organisms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55: 937-952.
- Bohrer MBC, Rocha MM, Godolphin BF (1988) Variações espaço-temporais das populações de *Cladocera* (Crustacea Branchiopoda) no Saco de Tapes, Laguna dos Patos, RS. *Acta Limnologica Brasiliensia*. II, pp. 549-570.
- Bortolus A, Iribarne O (1999) Effects of the burrowing crab *Chasmagnathus granulata* on a *Spartina* salt marsh. *Marine Ecology Progress Series*. 178: 78-88.

- Bradford JM (1977) Distribution of the pelagic copepod *Temora turbinata* in the New Zealand coastal waters, and possible Trans-Tasman population continuity. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 11: 131-144.
- Bruno MA, Muelbert JH (2009) Distribuição espacial e variações temporais da abundância de ovos e larvas de *Micropogonias furnieri*, no estuário da Lagoa dos Patos: registros históricos e forçantes ambientais. Atlântica. Rio Grande. (no prelo)
- Burkholder JM, Tomasko DA, Touchette BW (2007) Seagrasses and eutrophication. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 350: 46-72.
- Buskey EJ (1993) Annual pattern of micro- and mesozooplankton abundance and biomass in a subtropical estuary. *Journal of Plankton Research*. 15 (8), 907-904.
- Cafruni AMS (1983) Estudo autoecológico de *Ruppia maritima* no estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 64p.
- Cafruni AMS, Krieger J, Seeliger U (1978) Observação sobre *Ruppia maritima* L. no sul do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande 3:85-90.
- Calippo FR, Haimovici M, Ribeiro PAM (2000) Análise da ocorrência de otólitos de bagres, corvinas e miragaia em sítios arqueológicos da restinga da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. XIII Semana Nacional de Oceanografia, Itajaí, Santa Catarina. pp.582-583.
- Calliari D, Andersen CM, Thor P, Gorokhova E, Tiselius P (2006) Salinity modulates the energy balance and reproductive success of co-occurring copepods *Acartia tonsa* and *A. clausi* in different ways. *Marine Ecology Progress Series*. 312: 177-188.
- Calliari D, Borg MCA, Thor P, Gorokhova E, Tiselius P (2008) Instantaneous salinity reductions affect the survival and feeding rates of the co-occurring copepods *Acartia tonsa* Dana and *A. clausi* Giesbrecht differently. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 362 (1):18-25.
- Calliari LJ (1980) Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande do Sul. 189p.
- Calliari LJ (1997) Geological Setting In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 13-18.
- Calliari LJ, Fachin S (1993) Laguna dos Patos. Influência nos depósitos lamíticos costeiros. *Pesquisas, Porto Alegre* 20(1):57-69.
- Calliari LJ, Speranski NS, Torronteguy M, Oliveira MB (2001) The mud banks of Cassino beach, Southern Brazil: characteristics, processes and effects. *Journal of Coastal Research*. 17: 318-325.
- Calliari LJ, Winterwerp JC, Fernandes E, Cuchiara D, Vinzon SB, Sperle M, Holland KT (2009) Fine grain sediment transport and deposition in the Patos Lagoon-Cassino beach sedimentary system. *Continental Shelf Research*, 29: 515-529.

- Capítoli RR, Bemvenuti CE (2004) Distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na área estuarina da Lagoa dos Patos e Canal São Gonçalo. Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, São José dos Campos, SP. Publ. ACIESP, 110 (1): 98-107.
- Capítoli RR, Bemvenuti CE, Gianua NM (1978) Estudos de ecologia bentônica na região estuarial da Lagoa dos Patos. I - As Comunidades Bentônicas. Atlântica Rio Grande. 3: 5-22.
- Capítoli RR, Colling LA, Bemvenuti CE (2008) Cenários de distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo lagunar Patos-Mirim, RS Brasil. Atlântica Rio Grande. 30(1): 35-44.
- Capítoli RR, Ortega EL (1993). Contribuição ao conhecimento do espectro trófico de *Cyrtograpsus angulatus*, Dana, nas enseadas vegetadas de águas rasas da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Nauplius, Rio Grande. 1: 81-87.
- Cardozo AP (2004) Influência de diferentes salinidades na reprodução e crescimento de *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). Monografia de Graduação, Univ Federal do Rio Grande. 27 p.
- Cardozo AP, Bersano JGF, Amaral WJA (2007) Comparação entre o metazooplâncton do Saco da Mangueira e da Ilha dos Marinheiros (Estuário da Lagoa dos Patos). XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar Florianópolis, Brasil. Resumo pp. 105.
- Carter RGW (1988) Coastal environments. Academic Press. London. 617p.
- Castello JP (1976) Projeto Lagoa. Série Relatórios 1, Univ Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil
- Castello JP, Möller Jr OO (1978) On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil). Atlântica, Rio Grande, 3: 67-74.
- Cavalli RO, Wasielesky W, Peixoto S, Poersch LHS, Santos MHS, Soares RB (2008) Shrimp farming as an alternative to artisanal fishermen communities: the case of Patos Lagoon, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology 51(5):991-1001.
- CEPERG (2002) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2001. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 15p.
- CEPERG (2003) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2002. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 16p.
- CEPERG (2004) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2003. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 40p.

- CEPERG (2005) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2004. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 44p.
- CEPERG (2006) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2005. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 45p.
- CEPERG (2007) Desembarques de pescados no Rio Grande do Sul 2006. Ministério do Meio Ambiente: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos. Rio Grande (RS). 44p.
- Cervetto G, Gaudy R, Pagano M (1999) Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 239, 33-45.
- Chao LH, Pereira LE, Vieira JP (1985) Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil: A baseline study. In: Yáñez-Arancibia A (ed.) Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards ecosystem integration. UNAM Press, Mexico, pp. 429-450.
- Chao LN, Pereira LE, Vieira JP, Bemvenuti MA, Cunha LPR (1982) Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, Rio Grande do Sul, Brasil. Atlântica, Rio Grande. 5(1):67-75.
- Charpy L, Calvo IS (1978) Fitoplâncton no Saco da Mangueira e canal de acesso ao estuário da Lagoa dos Patos. Relatório Convênio Universidade do Rio Grande e Cia. Industrial e Comercial (CEDIC). pp. 36-103.
- Chiew F, Whetton P, McMahon T (1995) Detection of climate change in recorded runoff volumes in south-east Australian rivers. International Journal of Climatology 13: 643-653.
- Chomenko L, Schäfer A (1984) Interpretação biogeográfica da distribuição do gênero *Littoridina* (Hydrobiidae) nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Amazoniana. IX(1): 127-146.
- Ciotti AM, Odebrecht C, Fillmann G, Möller OO (1995) Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. Cont. Shelf Res. 15(14):1737-1756.
- Closs D (1962) Foraminíferos e tecamebas na Lagoa dos Patos. Bolm. Esc. Geol., Porto Alegre 11:1-30.
- Closs D, Madeira LM (1968) Seasonal variations of brackish foraminifera in the Patos Lagoon, Southern Brazil, Escola de Geologia, Univ Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Publ. Esp. 15, pp. 1-51
- Closs D, Medeiros VM (1965) New observations on the ecological subdivision of the Patos Lagoon in southern Brazil. Bol. I. C. N., Univ Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 35p.

- Cohen MCL, Lara RJ (2003) Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazonia: Application of GIS and remote sensing techniques. *Wetlands Ecology and Management*. 11: 223-231.
- Coimbra F, Costa CSB (2006) Mapeamento digital dos macrohabitats de dunas e marismas da costa do Rio Grande do Sul através de imagens de satélite e fotografias aéreas. In: Anais do ENCOGERCO 2006 - Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro. Santos, Agência Brasileira de Gerenciamento Costeiro, Trab. 09, pp. 1-4.
- Colares IG (1998) Influência da luz sobre o crescimento e fotossíntese de *Ruppia maritima* L. no estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Doutorado, Univ Federal do Rio Grande. 117 p.
- Colares IG, Seeliger U (2006) Influência da luz sobre o crescimento e biomassa de *Ruppia maritima* L. em cultivo experimental. *Acta Botanica Brasílica* 20(1):31-36.
- Colling LA, Bemvenuti CE, Gandra MS (2007a) Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Iheringia, Ser. Zool.*, Porto Alegre, 97(3): 1-6.
- Colling LA, Capitoli RR, Bemvenuti CE (2007b) Epitoquia de *Neanthes succinea* na região estuarina da Lagoa dos Patos. *Atlântica Rio Grande*. 29: 61-63.
- Copertino M (1995) *Spartina alterniflora* Loisel no Estuário da Lagoa dos Patos, RS- Brasil. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, 116 p.
- Copertino M, Seeliger U, Jimenez J (2004) Biomassa e produção primária de algas de deriva no estuário da Lagoa dos Patos. I Congresso Brasileiro de Oceanografia, Itajaí, Brasil pp. 54.
- Copertino MS, Tormena T, Seeliger U (2009) Growth and biofiltering efficiency of *Ulva clathrata* in shrimp aquaculture waste water. *J. Appl. Phycol.* 21 (1): 31-45.
- Cordazzo CV (2004) Produção de sementes e estabelecimento dos fundos de *Ruppia maritima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS). Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Brasil. pp. 291-298
- Cordazzo CV, Seeliger U (1987) Composição e distribuição da vegetação nas dunas costeiras ao sul de Rio Grande (RS). *Ciência e Cultura*. 39(3), 121-124.
- Cordazzo CV, Seeliger U (1988) Phenological and biogeographical aspects of dune plant communities in southern Brazil. *Vegetatio*. 75, 169-173.
- Costa C, Seeliger U, Kinas P (1988) The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the lower Patos Lagoon estuary. *Ciência e Cultura*. 40: 909-912.
- Costa CSB (1997a) Tidal marshes and Wetlands. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 24-26.

- Costa CSB (1997b) Irregularly flooded marginal marshes. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic, Springer-Verlag, Berlin, pp. 73-77.
- Costa CSB (2009) Restoration of coastal habitats in Brazil using native salt marsh plants. In: Greipsson S (org.) Restoration Ecology. Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, MA. U.S.A. pp. 11-14.
- Costa CSB, Coimbra F, Gianuca D (2005) Impacto do pulso de limnificação 2000-2004 sobre a paisagem das marismas do sul do Brasil: Estudo de caso da Ilha da Pólvora (Rio Grande, RS) In: Resumos VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, Brasil.
- Costa CSB, Cordazzo CV, Seeliger U (1984) Aspectos da ecologia populacional de *Panicum racemosum* (Spreng) nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul. In: Lacerda LD, Arajo DSD, Cerqueira R, Turcq B (orgs.) Restingas: Origens, Estrutura, Processos. Univ Federal Fluminense, Niterói, pp. 395-411.
- Costa CSB, Davy AJ (1992) Coastal saltmarsh communities of Latin America. In: Seeliger U (ed.) Coastal Plant Communities of Latin America, Academic Press, New York, pp. 179-199.
- Costa CSB, Gianuca D, Tormena T (2004) Ação de herbívoros sobre a produtividade das marismas do sul do Brasil: Experimento piloto de exclusão de roedores e caranguejos grapsidae. In: Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo, Vol 2. pp. 598-607.
- Costa CSB, Iribarne OO, Farina JM (2009) Human Impacts and Threats to Conservation in South American Salt Marshes. In: Silliman BR, Grosholtz T, Bertness MD (org.). Human Impacts on Salt Marshes: A Global Perspective. University of California Press, Berkeley, pp. 337-359.
- Costa CSB, Marangoni JC (1997) Criação de marismas com espécies nativas: Experimento piloto no Sul do Brasil. In: Anais do VII Congresso Latino Americano de Ciências do Mar. Santos, pp. 200-201.
- Costa CSB, Marangoni JC, Azevedo AMG (2003) Plant zonation in irregularly flooded salt marshes: Relative importance of stress tolerance and biological interactions. Journal of Ecology. 91(6): 951-965.
- Costa CSB, Seeliger U (1989) Vertical distribution and biomass allocation of *Ruppia maritima* L. in a southern Brazilian estuary. Aquat. Bot. 33:123-129
- Costa CSB, Seeliger U, Bemvenuti CE (no prelo) Diagnóstico de alterações hidrológicas devido ao impacto das mudanças climáticas sobre o ecossistema costeiro temperado Brasileiro (Rio Grande do Sul) através da vegetação e do macrozoobentos. Ministério do Meio Ambiente/PROBIO, Brasília. 180 p.
- Costa CSB, Seeliger U, Cordazzo CV (1991) Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of southern Brazil. Canadian Journal Botany. 69: 1593-1599.

- Costa CSB, Seeliger U, Kinas PG (1988) The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the Patos Lagoon estuary. *Ciência e Cultura*. 40(9): 909-912.
- Costa CSB, Seeliger U, Oliveira CPL, Mazo AMM (1997) Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Atlântica Rio Grande*. 19: 67-85.
- Costa NR, Kantin R, Niencheski LF, Batista JR, Baumgarten MGZ (1982) Estudo da poluição orgânica nas águas que rodeiam a cidade de Rio Grande. *Engenharia Sanitária*. 21(2): 222-231.
- Coutinho R (1982) Taxonomia, distribuição, crescimento sazonal, reprodução e biomassa das algas bentônicas no estuário da Lagoa dos Patos (RS). Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande. 232 p.
- Coutinho R, Seeliger U (1984) The horizontal distribution of the benthic algal flora in the Patos Lagoon estuary, Brazil. *J. exp. Mar. Biol.* 80:247-257.
- Coutinho R, Seeliger U (1986) Seasonal occurrence and growth of benthic algae in the Patos Lagoon estuary, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 23:889-900.
- Cunha AM, Fonseca O (1918) O microplâncton das costas meridionais do Brasil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 10:99-103.
- Cunha RMP (2009) Informações oceanográficas do estuário da Laguna dos Patos avaliada por Geo-processamento. Tese de Doutorado. Univ Federal do Rio Grande, 177 p.
- Cunha RMP, Calliari LJ (2009) Natural and antropic geomorphological changes in the inlet of Patos Lagoon before and after its fixation. *Journal of Coastal Research (SI56)* 708-712.
- Dall W, Hill BJ, Rothlisberg PC, Staples DJ (1990) The biology of Penaeidae. In: Blaxter JHS, Southward AJ (eds.) *Advances in Marine Biology*, Academic Press, 489 p.
- Day JW, Hall CAS, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A (1989) Zooplankton, the drifting consumers. In: Day JW, Hall CAS, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A (eds.) *Estuarine ecology*. John Wiley & Sons, New York. pp. 311-337.
- Day JW, Hall CAS, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A (1989) *Estuarine ecology*. John Wiley & Sons, New York. 558p.
- Dayton PK (1972) Toward an understanding of community resilience and the potential effects of enrichments to the benthos at McMurdo Sound, Antarctica. In: Parker BC (ed.) *Proceedings of the Colloquium on Conservation Problems in Antarctica*. Allen Press, Lawrence. pp. 81-96.
- Depetris PJ, Kempe S, Latif M, Mook WG (1996) ENSO-controlled flooding in the Paraná River (1904-1991). *Naturwissenschaften* 83:127-129
- D'Incao F (1978) Curva de crescimento do camarão-rosa (*Penaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967) na Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica Rio Grande*. 3: 75-78.
- D'Incao F (1991) Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos. *Atlântica Rio Grande*. 13(1):159-169.

- D'Incao F, Martins STS (1998) Occurrence of *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) in the Southern coast of Brazil (Decapoda, Xanthidae). Nauplius, Rio Grande. 6 191-194.
- D'Incao F, Valentini H, Rodrigues LF (2002) Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. Atlântica, Rio Grande. 24(2):103-116.
- DNPVN (1941) Enchentes de maio de 1941. Relatório Técnico Diretoria Nacional de Portos e Vias de Navegação, Porto Alegre.
- Duarte AK (1986) Distribuição, abundância e flutuações sazonais do copépodo calanoide *Acartia tonsa* na enseada estuarina Saco do Justino e canal do estuário da Lagoa dos Patos (RS - Brasil). Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 102 p.
- Duarte AK, Gloeden IM, Resgalla Jr C (1991) Fluctuações espaciais e temporais da comunidade zooplancônica da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Biologia Acuatica. 15 (2), 126-127.
- Dumont LFC (2008) Identificação de estoques e aspectos biológicos e pesqueiros do camarão-barba-ruça *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae). Tese de Doutorado. Univ Federal do Rio Grande, 240p.
- Dumont LFC, D'Incao F, Santos R, Maluche S, Rodrigues LF (2007) Ovarian development of wild pink prawn *Farfantepenaeus paulensis* in the northern shore of Santa Catarina State. Nauplius. 15: 65-71.
- Dumont LFC, D'Incao F (2004) Growth and reproductive pattern of the caridean shrimp *Palaemonetes argentinus* (Decapoda: Caridea) in southern Brazil. Nauplius. 12(2):151-163.
- Eleuterius LN (1990) Tidal marsh plants. Louisiana. Pelican Publishing Company. 168 p.
- Emery KO, Aubrey DG (1991) Sea levels, land levels, and tide gauges. Springer-Verlag, New York, 237 p.
- Fernandes EHL (2001) Modeling of the hydrodynamics of the Patos Lagoon, Brazil. Tese de Doutorado, Univ de Plymouth, UK.
- Fernandes EH, Marques WC, Monteiro I, Gonçalves RC (2008) Estudo hidro e morfodinâmico de alterações do canal de acesso ao Porto de Rio Grande, Porto Novo e Terminal de São José do Norte. Relatório Técnico do Programa de Monitoramento Ambiental do Porto de Rio Grande. SUPRG. 92 p.
- Fernandes EHL, Dyer KR, Möller OO, Niencheski LFH (2002) The Patos Lagoon Hydrodynamics during an *El Niño* event (1998). Continental Shelf Research 22: 1699-1713.
- Ferreira AC, Sankarankuty C, Cunha IMC, Duarte FT (2001) Yet another record of *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards) (Crustacea, Decapoda). Revista Brasileira de Zoologia. 18:357-358.
- Ferreira S, Seeliger U (1985) The colonization processo of algal epiphytes on *Ruppia maritima* L. Bot. Mar. 28:245-249.
- Filgueras AS (2009) Condições oceanográficas e as assembléias ictioplancônicas no estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 74 p.

- Fischer A (2005) Morfodinâmica do Saco do Laranjal: Costa noroeste do estuário da Laguna dos Patos-RS. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande.
- Fischer LG, Pereira LED, Vieira JP (2004) Peixes estuarinos e costeiros. Editora Ecoscientia. Rio Grande, 127p.
- Fleminger A (1975) Geographical distribution and morphological divergence in American coastal-zone planktonic copepods of the genus *Labidocera*. In: Cronin LE (ed.) Estuarine research: chemistry, biology, and the estuarine system. Academic Press. New York. pp. 392-419.
- Freitas U, Niencheski LFH, Zarzur S, Manzolli RP, Vieira JP, Rosa LC (2008) Influência de um cultivo de camarão sobre o metabolismo bêntico e a qualidade da água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 12(3):293-301.
- Fujita CCO, Odebrecht C (2007) Short-term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). Atlântica Rio Grande. 29 (2):93-107.
- Gafrée CL (1927) Relatório sobre medições de correntes. Relatório apresentado ao Inspetor Federal de Portos, Rios e Canais, Rio Grande, RS.
- Gama AMS, Cardozo AP, Fontoura NF (2007) Occurrence of *Promysis orientalis* DANA, 1852 (Crustacea: Mysidacea) in Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil. Atlântica, Rio Grande. 29: 129-130.
- Garcia AM, Hoeinghaus DJ, Vieira JP, Winemiller KO (2007) Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 73: 399-408.
- Garcia AM, Raseira MB, Vieira JP, Winemiller KO, Grimm AM (2003b) Spatiotemporal variation in shallow-water freshwater fish distribution and abundance in a large subtropical coastal lagoon. Environmental Biology of Fishes. 68: 215-228.
- Garcia AM, Vieira JP (1997) Abundância e diversidade da assembléia de peixes dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). Atlântica Rio Grande. 19:161-181.
- Garcia AM, Vieira JP (2001) O Aumento da diversidade de peixes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio *El Niño* 1997-1998. Atlântica, Rio Grande. 23: 85-96.
- Garcia AM, Vieira JP, Bemvenuti CE, Geraldi RM (1996) Abundância e diversidade de crustáceos decápodos dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* L. no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Nauplius. 4: 113-128.
- Garcia AM, Vieira JP, Grimm AM (no prelo) A diversidade e abundância de peixes em zonas rasas estuarinas como indicadores sensíveis a parâmetros climáticos regionais e globais: os estuários do Rio Grande do Sul como um estudo de caso. Série Mudanças Climáticas. MMA, Brasília.

- Garcia AM, Vieira JP, Winemiller KO (2001) Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *J. Fish Biol.* 59: 1218-1238.
- Garcia AM, Vieira JP, Winemiller KO (2003a) Effects of 1997-1998 *El Niño* on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 57 (3): 489 - 500.
- Garcia AM, Vieira JP, Winemiller KO, Grimm AM (2004a) Comparison of the 1982-1983 and 1997-1998 *El Niño* effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). *Estuaries*. 27(6): 905-914.
- Garcia AM, Vieira JP, Winemiller KO, Raseira MB (2004b) Reproductive cycle and spatio-temporal variation in abundance of the one-sided livebearer *Jenynsia multidentata* in Patos Lagoon, Brazil. *Hydrobiologia*. 515: 39-48.
- Garcia M, Odebrecht C (2009a) Morphology and ecology of *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyta) species rarely recorded in Brazilian coastal water. *Braz. J. Biol.* 69 (4) (no prelo)
- Garcia M, Odebrecht C (2009b) Chave dicotômica ilustrada para a identificação de espécies de *Thalassiosira* Cleve (diatomácea) no estuário da Lagoa dos Patos e área costeira adjacente (Rio Grande do Sul, Brasil). *Biota Neotropica*. 9(2):1-15.
- Geraldi R (1998) Características estruturais da assembléia de invertebrados bentônicos em fundos vegetados e não vegetados numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, 208 p.
- Gianuca N (2004) Ciências do Mar. In: Alves FN (org.) Editora Univ Federal do Rio Grande. pp. 161-191
- Grootjans AP, Hartog PS, Fresco LFM, Esselink H (1991) Sucession and fluctuations in a wet dune slack in relation to hydrological changes. *Journal of Vegetation Science* 2: 545-554.
- Gulland JA, Rotschild BJ (1981) Penaeid shrimps: their biology and management. Fishing News Books, 299p.
- Haimovici M (1998) Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 5(4):277-290.
- Haimovici M, Castello JP, Vooren CM (1997) Fisheries. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments: The coast and sea in the Southernwestern Atlantic. Springer-Verlag, Berlin, pp.183-196.
- Haimovici M, Pereira S, Castelli-Vieira P (1989) La pesca demersal en el sur de Brasil en el periodo 1975-1985, *Frente Marítimo*. 5A: 151-163.
- Haimovici M, Umpierre RG (1996) Variaciones estacionales en la estructura poblacional del efectivo pesquero de corvina blanca *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) en el extremo sur de Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 18: 179-203.

- Haimovici M, Vasconcellos M, Kalikoski DC, Abdalah P, Castello JP, Hellembrandt D (2006) Diagnóstico da pesca no litoral do Rio Grande do Sul. In: Isaac VJ, Martins AS, Haimovici M, Andriguetto JM (eds.) A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Projeto RECOS, Univ Federal do Para, Belém. pp. 157-180.
- Hentschel E (1932) Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungsmaterial der "Meteor" Expedition. Wiss. Ergn. Dt. Atl. Exped. Meteor 1925-1927. 10:1-344.
- Hesp P (1999) The beach backshore and beyond. In: Short AD (ed.) Handbook of beach and shoreface morphodynamics. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 145-169.
- Ibágy AS, Sinque C (1995) Distribuição de ovos e larvas de Sciaenidae (Perciformes-Teleostei) da região costeira do Rio Grande do Sul-Brasil. Arquivos Biologia e Tecnologia. 38(1): 249-270.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.) Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 996 p.
- Isacch JP, Costa CSB, Rodríguez L, Conde D, Escapa M, Gagliardini DA, Iribarne OO (2006) Distribution of saltmarshes plant communities associated with environmental factors along a latitudinal gradient on the south-east Atlantic coast. Journal of Biogeography. 33: 888-900.
- Janeiro J, Fernandes E, Martins F, Fernandes R (2008) Wind and freshwater influence over hydrocarbon dispersal on Patos Lagoon, Brazil. Mar. Poll. Bull. 56: 650-665.
- Jesus AR, Odebrecht C (2002) O impacto da herbivoria do microzooplâncton no fitoplâncton do estuário da Lagoa dos Patos (verão). Atlântica Rio Grande. 24:37-44.
- Johnson MR, Williams SL, Lieberman CH, Solbak A (2003) Changes in the abundance of the seagrasses *Zostera marina* L. (eelgrass) and *Ruppia maritima* L. (widgeongrass) in San Diego, California, following an El Niño event. Estuaries. 26 (1): 106-115.
- Jorge IEW, Baumgarten MG (2006) Ações de educação ambiental numa comunidade escolar que convive com a falta de saneamento básico. Cadernos de Ecologia Aquática. 1: 3144.
- Kalikoski DC, Rocha RD, Vasconcellos M (2006) Importância do conhecimento ecológico tradicional na gestão da pesca artesanal no estuário da Lagoa dos Patos, extremo Sul do Brasil. Ambiente & Educação. 11: 87-118.
- Kaminski SM (2009) Meso zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos e zona costeira adjacente com ênfase para os copépodes *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiatomus incompositus* (2000-2005). Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 139 p.

- Kaminski SM, Montú MA (2005) Produção de ovos dos copépodes costeiros *Acartia tonsa*, *Temora stylifera* e *Temora turbinata* da praia do Cassino, Rio Grande- RS. *Atlântica Rio Grande*. 27 (2), 103-111.
- Kaminski SM, Bersano JGF, Amaral WJA (2009) Aspectos reprodutivos dos copépodes *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* em função de diferentes salinidades e dietas alimentares em cultivos de laboratório. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 13 (1): 25-36.
- Kantin RM, Baumgarten GZ (1982) Observações hidrológicas no estuário da Lagoa dos Patos: os elementos nutrientes dissolvidos. *Atlântica Rio Grande*. 5: 76 - 92
- Kantin RM, Baumgarten GZ, Cabeda M, Beaumont AC, Almeida TL (1981) Concentration of anionic detergents in Rio Grande water (South Brazil). *Mar. Poll. Bull.* 12: 50 - 53
- Kapusta SC, Bemvenuti CE (1998) Atividade nictemeral de alimentação de juvenis de *Callinectes sapidus*, Rathbun, 1895 (Decapoda: Portunidae) numa pradaria de *Ruppia maritima* L. e num plano não vegetado, numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Nauplius*. 6: 41-52.
- Kjerfve B (1986) Comparative oceanography of coastal lagoons. In: Wolfe DA (ed.) *Estuarine variability*. Academic Press, New York, pp. 63-81
- Kjerfve B, Seeliger U, Lacerda LD (2001) A summary of natural and human-induced variables in coastal marine ecosystems of Latin America. In: Seeliger U, Kjerfve B (eds.) *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 341-353.
- Knack R (1986) Ecologia experimental de *Ruppia maritima* L. em condições controladas de cultivo. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 103p.
- Koch EW, Seeliger U (1988) Germination ecology of two *Ruppia maritima* L. populations in southern Brazil. *Aquatic Botany*. 31:321-327.
- Krepper CM, Garcia NO, Jones PD (2003) Interannual variability in the Uruguay River basin. *International Journal of Climatology*. 23: 103-115.
- Lanari MO, Copertino MS (2006) Monitoramento de fundos vegetados no entorno de cercados de camarão no estuário da Lagoa dos Patos. In: *Resumos Aquaciência*, Bento Gonçalves, Brasil, pp. 1.
- Lehman PW (2000) The influence of climate on phytoplankton community biomass in San Francisco Bay estuary. *Limnol. Oceanogr.* 45: 580-590.
- Lehodey P, Bertignac M, Hampton J, Lewis A, Picaut J (1997) *El Niño* Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*. 389(16):715-718.
- Lelis RF, Calliari LJ (2006) Historical shoreline changes near lagoonal and river stabilized Inlets in Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*. 39: 301-305.
- Lélis RF, Costa CSB, Hartmann C (2001) Evolução ao longo de 50 anos de estruturas biogênicas de marismas no sul do Brasil: Ilha da Pólvora (Rio Grande, RS). In *Anais da VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Porto Alegre, pp. 483-484.

- Likens GE (1989) Long-term studies in ecology. Approaches and alternatives. Springer-Verlag, New York. 214 p.
- Lindman CAM, Ferri MG (1974) A vegetação do Rio Grande do Sul. Belo Horizonte, Editora Itatiaia, 378 p.
- Lindner MJ (1957) Survey of shrimp fisheries of Central and South America. U.S. Fisheries and Wildlife Services, Special Scientific Report. Fish. 235:1-166.
- Loebmann D, Vieira JP (2006) O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaeidae) nas assembléias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 23: 1016-1028.
- Long T, Paim PSG (1987) Modelo de evolução histórica e holocênica do estuário da Lagoa dos Patos, RS. XX Congresso da ABEQUA, Porto Alegre. pp. 227-248.
- Lôpo Netto (1882) Notas da viagem à Barra do Rio Grande do Sul em fevereiro e março de 1962. Relatório Interno da Diretoria de Obras do Porto e Barra do Rio Grande (inédito). Departamento Estadual de Portos Rios e Canais. Porto Alegre.
- Macedo VRM, Marcolin E, Anghinoni I, Genro SA, Vezzani FM (2005) Salinidade na cultura do arroz no Rio Grande do Sul. Divisão de Pesquisa Estação Experimental do Arroz Equipe de Solos e Águas.
- Malaval MB (1915) Note sur la barre de Rio Grande. Etude des phénomènes pendant les années 1911, 1912, 1913 et 1914. Rapport Technique de la Société Générale de Construction. 25 p.
- Malaval MB (1922) Travaux du port et de la barre de Rio Grande, Brésil. Eyrolles Editeurs, Paris. 76 p.
- Mansur MCD, Richinitti LMZ, Santos CP (1999) *Limonoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Biociências (Porto Alegre). 7 (2): 147-149.
- Marangoni JC (2001) Interações competitivas e habilidade colonizadora das plantas dominantes de uma marisma irregularmente inundada no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, 168 p.
- Marangoni JC (2003) Caracterização da paisagem de uma área de Preservação: Estudo de caso da Lagoinha (Rio Grande, RS). Atlântica, Rio Grande. 25, 2: 163-169.
- Marangoni JC, Costa CSB (2009a) Natural and anthropogenic effects on salt marsh over five decades in the Patos Lagoon (southern Brazil). Brazilian Journal of Oceanography. 57(4) (no prelo).
- Marangoni JC, Costa CSB (2009b) Diagnóstico ambiental das marismas no estuário da Lagoa dos Patos, RS. Atlântica Rio Grande. 31(1) (no prelo).
- Marba N, Duarte CM (1997) Interannual changes in seagrass (*Posidonia oceanica*) growth and environmental change in the Spanish Mediterranean littoral zone. Limnology and Oceanography. 42 (5): 800-810.

- Marengo JA (2007) Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Segunda Edição. Ministerio do Meio Ambiente, Brasília, 214 p.
- Marins RV, Lacerda LD, Abreu IM, Dias FJF (2003) Efeitos da açudagem no Rio Jaguaribe. *Ciência Hoje*. 33(197): 60-66.
- Marques WC (2005) Padrões de variabilidade temporal nas forçantes da circulação e seus efeitos na dinâmica da Lagoa dos Patos, RS-Brasil. 2005. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, 84 p.
- Marques WC, Fernandes EH, Monteiro IO, Moller OO (2009) Numerical modeling of the Patos Lagoon coastal plume, Brazil. *Continental Shelf Research*. (29): 556-571.
- Martins DS, Veitenheimer-Mendes IL, Faccioni-Hauser MC (2006) Aspectos morfológicos e de incubação em três espécies de *Corbicula* Mühfeld, no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Corbiculidae). *Bio. Neot*. 6 (2).
- Martins ILR (1971) Sedimentologia do canal do Rio Grande. Tese de Mestrado, Univ Fedederal do Rio Grande do Sul.
- Martins IM, Dias JM, Fernandes EH, Muelbert JH (2007) Numerical modeling of fish egg dispersion in the Patos Lagoon estuary-Brazil. *Journal of Marine Systems*. 68: 537-555.
- Mata LJ, Campos M, Basso E, Compagnucci R, Fearnside P, Magrin G, Marengo J, Moreno AR, Suárez A, Solman S, Villamizar A, Villers L (2001) Latin America. In: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds.) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 695-734.
- Mathiensen A, Yunes JS, Cood GA (1999) Ocorrência, distribuição e toxicidade de cianobactérias no estuário da Lagoa dos Patos, RS. *Rev. Bras. Biol*. 2:1 -15.
- Mazo AMM (1994) Distribuição e biomassa da fanerógama submersa *Ruppia maritima* L. no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS, Brasil. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, Rio Grande. 81p.
- McAll PL, Tevesz MJS (1982) Animal-sediment relations. The biogenic alteration of sediments. Plenum Press, New York, 336 p.
- Medeanic S (2006) Freshwater algal palynomorph records from the Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 141(1-2): 83-101.
- Medeanic S, Corrêa ICS (2007) Silicoflagellate *Dictyocha* Ehrenberg from the middle Holocene sediments in the coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev. Espanõla Micropaleontologia*. 39(3):73-86.
- Medeanic S, Corrêa ICS, Weschenfelder J (2008) Resultados preliminares sobre as diatomáceas dos sedimentos superficiais do fundo da Laguna dos Patos. *Gravel* 6(1):15-25.

- Medeanic S, Dillenburg SR (2005) Palynology and ^{210}Pb datings: first integrated approach to estimating anthropogenic impact on the environment of the Tramandaí Lagoon and adjacent areas during the last century. *J. Coast. Res.* 42:271-276.
- Medeanic S, Dillenburg SR, Toldo EE (2001) Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial em sedimentos da Laguna dos Patos. *Revista Universidade Guarulhos.* 6(6):64-76.
- Medeanic S, Torgan LC, Clerot LCP, Bahi dos Santos C (2009) Holocene marine transgression in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil: palynomorph and diatom evidence. *J. Coast. Res.* 25(1):224-233.
- Medeanic S, Costa CSB, Corrêa ICS (2006) Os palinomorfos nas reconstruções paleoambientais: *Azolla filiculoides* Lam. nos sedimentos holocênicos da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Gravel (Porto Alegre).* 4: 49-61.
- Mendonça PT, Costa CSB (2008) Efeitos da disponibilidade de nitrogênio e fósforo no estabelecimento de *Spartina alterniflora* em um plano entremarés irregularmente alagado. *Neotropical Biology and Conservation.* 3(3):135-148.
- Miller CB (1983) The zooplankton of estuaries. In: Ketchum BH (ed.) *Ecosystems of the world Vol. 26 - Estuaries and enclosed seas.* Elsevier. Amsterdam. pp. 103-149.
- Milly PC, Dunne KA, Vecchia AV (2005) Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature* 438 (7066): 347-50
- Mistakidis MN (1965) Informe a los gobiernos de Brasil, Uruguay y Argentina sobre investigación de los recursos camaroneros. *FAO/PPAAT 1934:1-48.*
- Möller OO, Castaing P (1999) Hydrographical characteristics of the estuarine area of Patos Lagoon (30° S, Brazil). In: Perillo GME, Piccolo MC, Quivira MP (eds.) *Estuaries of South America-Their Geomorphology and Dynamics*, Springer-Verlag, Berlin. pp. 83-100.
- Möller OO, Castaing P, Salomon JC, Lazure P (2001) The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries.* 24:297-311.
- Möller OO, Castello JP, Vaz AC (2009) The effect of river discharge and winds on the interannual variability of the Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production in Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts.* 32: 787-796.
- Montagnolli W, Zamboni A, Luvizotto-Santos R, Yunes JS (2004) Acute effects of *Microcystis aeruginosa* from the Patos Lagoon estuary, Southern Brazil, on the microcrustacean *Kalliapseudes schubartii* (Crustacea: Tanaidacea). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 46, 463-469.
- Monteiro I, Pearson M, Möller OO, Fernandes EHL (2006) Hidrodinâmica do Saco da Mangueira: mecanismos que controlam as trocas com o estuário da Lagoa dos Patos. *Atlântica Rio Grande.* 27: 87-101.

- Niencheski LF, Windom HL (1994) Nutrient flux and budget in Patos Lagoon estuary. *The Science of the Total Environment*. 149: 53-60.
- Niencheski LF, Windom HL, Smith R (1994) Distribution of particulate trace metal in Patos Lagoon estuary (Brazil). *Mar. Poll. Bull.* 28: 96 -102.
- Niencheski LFH, Windom HL, Moore WS, Jahnke RA (2007) Submarine groundwater discharge of nutrients to the ocean along a coastal lagoon barrier, Southern Brazil. *Marine Chemistry*. 106: 546-561.
- Nieva FJJ, Díaz-Espejo A, Castellanos EM, Figueroa ME (2001) Field variability of invading populations of *Spartina densiflora* Brongn. in different habitats of the Odiel Marshes (SW Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52: 515-527.
- Nogueira RXS, Costa CSB (2003) Mapeamento das marismas do estuário da Lagoa dos Patos (RS) utilizando fotografias aéreas digitais 35mm no modo infravermelho. In: *Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, São Paulo. pp. 1-5.
- Odebrecht C (2003) A Lagoa dos Patos no século XIX na visão do naturalista Hermann von Ihering. *Editora Ecocientia*. 100 p.
- Odebrecht C, Abreu PA, Möller OO, Niencheski LF, Torgan LC (2005) Drought effects on pelagic properties in the shallow and turbid Patos Lagoon, Brazil. *Estuaries*. 28: 675-685.
- Odebrecht C, Abreu PC, Bemvenuti CE, Copertino M, Muelbert JH, Vieira JP, Seeliger U (2010) The Patos Lagoon Estuary: Biotic responses to natural and anthropogenic impacts in the last decades (1979-2008), In: Kennish MJ, Paerl HW (eds.) *Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change*, CRC Marine Science Series, 416p.
- Odebrecht C, Abreu PC, Möller OO, Niencheski LF, Proença LA, Torgan LC (2005) Drought effects on pelagic properties in the shallow and turbid Patos Lagoon, Brazil. *Estuaries*. 28(5): 675-685.
- Odebrecht C, Bergesch M, Rorig LR, Abreu PC (2009) Phytoplankton interannual variability at Cassino Beach, southern Brazil (1992-2007), with emphasis on the surf zone diatom *Asterionellopsis glacialis*. *Estuaries and Coasts*. DOI 10.1007/s12237-009-9176-6.
- Odebrecht C, Seeliger U, Coutinho R, Torgan L (1987) Florações de *Microcystis* (cianobactérias) na Lagoa dos Patos, RS. *Publ. Acad. Ciências Est S. Paulo* 54(2): 280-287.
- Oliveira MEA, Nhunch G (1986) Avaliação sazonal do conteúdo de PO₄, biomassa e densidade em *Scirpus californicus*, no saco de Tapes (RS). *Acta Limnologica Brasiliensis*. (1):299-316.
- Orth RJ, Carruthers TJB, Dennison WC, Duarte CM, Fourqurean JW, Heck KL, Hughes AR, Kendrick GA, Kenworthy WJ, Olyarnik S, Short FT, Waycott M, Williams SL (2006) A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*. 56: 987-996.
- Paerl HW, Huisman J (2009) Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environm. Microbiol. Rep.* 1(1):27-37.

- Paim PSG, Möller OO (1986) Material em suspensão e dissolvido no estuário da Laguna dos Patos. Relatório Final-LOG, Univ Federal do Rio Grande. 150 p.
- Peixoto S, Cavalli RO, Wasielesky W, Krummenauer D (2004) Effects of age and size on reproductive performance of captive *Farfantepenaeus paulensis* broodstock. Water. 238:173 - 182.
- Pennings SC, Bertness MD (2001) Salt marsh communities. In: Bertness MD, Gaines SD, Hay ME (eds.) Marine Community Ecology. Sinauer, Sunderland (MA), pp. 289-316.
- Pereira da Silva R (1998) Comportamento morfodinâmico dos sangradouros entre a praia do Cassino e Chuí, RS. Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande do Sul. 163p.
- Pérez Farfante I (1969) Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus*. Fishery Bulletin. 67(3):461-591.
- Pérez Farfante I, Kensley B (1997) Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Key and diagnoses of the families and genera. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle. 175:1-273.
- Persich GR (1993) O ciclo anual do fitoplâncton e alguns parâmetros abióticos no Saco da Mangueira, estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande. 91 p.
- Piola AR, Matano RP, Palma ED, Möller OO, Campos EJD (2005) The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. Geophysical Research Letters 32: L01603.
- Poiner IR, Walker DI, Coles RG (1989) Regional studies. Seagrasses of tropical Australia. In: Larkum AWD, McComb AJ, Shepherd SA (eds.) Biology of Seagrasses. A Treatise on the biology of eagrasses with special reference to the Australian region. Elsevier, Amsterdam. pp. 279-303.
- Preen AR, Lee Long WJ, Coles RG (1995) Flood and cyclone related loss, and partial recovery, of more than 1000 km² of seagrass in Hervey Bay, Queensland Australia. Aquatic Botany. 52 (1995) 3-17.
- Proença LA (1990) O ciclo annual da produção primaria, biomassa do fitoplâncton e carbono orgânico paticulado em área rasa da porção sul da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande. 81 p.
- Proença LA, Abreu PC (1986) Variações temporais dos nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato, silicato e fosfato) no canal de acesso ao estuário da Lagoa dos Patos - Programa de amostragem. Acta Limnol. Brasil. 1: 65-87.
- Proença LA, Hama LL, Odebrecht C (1994) Contribution of microalgae to particulate organic carbon in the shallow area of Lagoa dos Patos Estuary, Southern Brazil. Atlântica, Rio Grande. 16: 191-199.
- Proença LAO, Abreu PC, Odebrecht C (1988) Nutrients inorgânicos dissolvidos em água doce, Meso-Oligohalina e Mixo-Poli-Euhalina no canal de acesso ao estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Acta Limnol. Brasil. II: 57-77.

- Ralph PJ, Tomasko D, Moore K, Seddon S, Macinnis-Ng CMO (2006) Human impacts on seagrasses: eutrophication, sedimentation, and contamination. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (eds.) *Seagrass Biology, Ecology and Conservation*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 567-593.
- Raseira MB (2003) Análise espaço-temporal da associação de peixes das zonas rasas da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Tese de Mestrado. Univ Federal do Rio Grande.
- Reis EG (1992) An assessment of the exploitation of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Pisces, Sciaenidae) by the artisanal and industrial fisheries in coastal waters of southern Brazil. Tese de Doutorado. Univ East Anglia, Inglaterra
- Reis EG, D'Incao F (2000) The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean Coast. Manage.* 43: 585-595.
- Reis EG, Rodrigues H (2003) Role of the Forum of Patos Lagoon in the management of artisanal fisheries in the extreme South of Brazil. *American Fisheries Society Symposium*. 38:695701.
- Reis EG, Vieira PC, Duarte VS (1994) Pesca artesanal de teleósteos no estuário da Lagoa dos Patos e costa do Rio Grande do Sul. *Atlântica Rio Grande*. 16:55-68.
- Reynolds C (2006) *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge. 535 p.
- Rodrigues JAF (1903) As embocaduras das lagoas. Com aplicação à barra do Rio Grande do Sul. Escola Polytechnica, São Paulo.
- Rosa CE, Souza MS, Yunes JS, Proença LAO, Nery LEM, Monserrat JM (2005) Cyanobacterial blooms in estuarine ecosystems: Characteristics and effects on *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae). *Marine Pollution Bull.* 50(9):956-964.
- Rosa LC, Bemvenuti CE (2006) Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, Brazil. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 41 (1):1-9.
- Rosa LC, Bemvenuti CE (2007) Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do habitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 11(1):51-56.
- Rosa-Filho JS (2001) Variações espaço-temporais das associações de macroinvertebrados bentônicos de fundos moles dos estuários do Rio Grande do Sul (Brasil). Influência de fatores naturais e introduzidos, e modelos para sua predição. Tese de Doutorado, Univ Federal do Rio Grande, 201 p.
- Rosa-Filho JS, Bemvenuti CE (1998a) Caracterización de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos en regiones estuarinas de Rio Grande do Sul (Brasil). *Thalassas*. 18: 43-56.
- Rosa-Filho JS, Bemvenuti CE (1998b) O sedimento como fator limitante para a distribuição de *Kaliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Crustacea, Tanaidacea) em fundos moles estuarinos. *Náuplius*. 6: 119-127.

- Saint-Hilaire A (2002) Viagem ao Rio Grande do Sul. Adroaldo Mesquita da Costa (tradução). Senado Federal-Conselho Editorial, Brasília. 578 p.
- Santana-Barreto MS, Nóbrega MNC, Bezerra de Mello Filho MT (1990) Revisão e atualização do zooplâncton no estuário do rio Ariquindá e rio Formoso - Pernambuco. In: Anais IV Encontro brasileiro de plâncton. Univ Federal de Pernambuco, Recife. pp. 415-430.
- Santos CRM, D'Incao F (2004) Crustáceos no cerrito Ariano Souza, Rio Grande, Rio Grande do Sul e distribuição de *Callinectes sapidus* (Brachyura, Portunidae). Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, 94(1):73-76.
- Schlacher TA, Connolly RM, Skilington AJ, Gaston TF (2009) Can export of organic matter from estuaries support zooplankton in nearshore, marine plumes? Aquatic Ecology. 43(2):383-393.
- Schwarzbald A, Fonseca OJM, Guerra T (1986) Aspectos limnológicos do saco de Tapes, Laguna dos Patos. Acta Limnologia Brasiliensis. 1:89-102.
- Seeliger (1997c) Benthic macroalgae. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer-Verlag, Heidelberg, New York. pp. 30-34
- Seeliger U (1992) Coastal foredunes of Southern Brazil: physiography, habitas and vegetation. In: Seeliger U (ed.) Coastal Plant Communities of Latin America. Academic Press. New York. pp. 367-381
- Seeliger U (1997b) The foredune system. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer-Verlag Heidelberg. pp. 197-203.
- Seeliger U (1997a) Seagrass meadows. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer-Verlag, Heidelberg, New York, pp. 27-30.
- Seeliger U (2001) The Patos Lagoon Estuary, Brazil. In: Seeliger U, Kjerfve B (eds.) Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 167-183
- Seeliger U (2003) Response of southern Brazilian coastal foredunes to natural and human-induced disturbance. Journal of Coastal Research, Special Issue 35: 51-55.
- Seeliger U (2004) Catchment-lagoon-estuary-coast interactions of the Patos-Mirim System, South Brazil. In: Lacerda LD, Santelli RE, Duursma EK, Abrão JJ (eds.) Environmental Geochemistry in Tropical and Sub-tropical Environments, Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 19-27.
- Seeliger U, Cordazzo CV, Koch EW (1984) Germination and algal free laboratory culture of widgeon grass *Ruppia maritima* L. Estuaries. 7(1): 176-178.

- Seeliger U, Cordazzo CV, Oliveira CPL, Seeliger M (2000). Long-term changes of coastal foredunes in the Southwest Atlantic. *Journal of Coastal Research*, 16(4), 1068-1072.
- Seeliger U, Costa CSB (1997) Human and Natural Impacts. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*, Springer-Verlag, Berlin. pp. 197-203.
- Seeliger U, Costa CSB (2002) The Patos-Mirim basins, lagoons and estuary: Natural and human forcing factors. *Loicz Reports Studies*. 21:105112.
- Seeliger U, Costa CSB (2003) Alterações de habitats devido às atividades antrópicas na costa sul do Brasil. In: Claudino-Sales V (org.) *Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação*. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. pp. 237-244.
- Seeliger U, Odebrecht C (1997) Introduction and overview. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 1-3.
- Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) (1997) *Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin, 308 p.
- Semenov VN, Berman IS (1977) Biogeographic aspects of the distribution and dynamics of the water masses off the South American coast. *Oceanology*. 17(6):710-718
- Shermann DJ (1995) Problems of scale in the modeling and interpretation of coastal dunes. *Marine Geology*. 124: 339-349.
- Silliman BR, Bortolus A (2003) Underestimation of *Spartina* productivity in western Atlantic marshes: marsh invertebrates eat more than just detritus. *OIKOS*, 101: 549-554.
- Silva ET (1995) Modelo ecológico de fundos vegetados dominados por *Ruppia maritima* (Potamogetonaceae) do estuário da Lagoa dos Patos - RS. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande. 210 p.
- Silva ET, Asmus ML (2001) A dynamic simulation model of the widgeon grass *Ruppia maritima* and its epiphytes in the estuary of the Patos Lagoon, RS, Brazil. *Ecological Modelling* 137: 161-179.
- Sinque C, Muelbert JH (1998) Ictioplâncton. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecocientia, Rio Grande. pp. 134-137.
- Souza RA (2001) Macroepifauna sedentária associada a macrófitas no estuário da Lagoa dos Patos, RS. Tese de Mestrado, Univ Federal do Rio Grande, 104 p.
- Souza-Vieira SR, Hartmann C (2008) Modificação marginal das ilhas estuarinas usando ferramentas de aerofotografia, sedimentologia e batimetria. *Revista Brasileira de Cartografia*. 60 (04): 307-318.
- Stech JL, Lorenzetti JA (1992) The response of the south Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. *J. Geophys. Res.* 97(C6):9507-9520

- Strickland JDH, Parsons TR (1972) A manual of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Canada. 185 p.
- Taylor FJR (1980) Phytoplankton ecology before 1900: Supplementary notes to the "Depths of the Oceans". In: Sears M, Merriman D (eds.) Oceanography the past. Springer-Verlag, Berlin, pp. 509-521.
- Tester PA, Turner JT (1991) Why is *A. tonsa* restricted to estuarine habitats? Bull. Plankton. Soc. Jpn. Ispec. Vol. pp. 603-611.
- Timmermann A, Oberhuber J, Bacher A, Esch M, Latif M, Roeckner E (1999) Increased *El Niño* frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. Nature 398: 694-697.
- Toldo EE (1991) Morfodinâmica da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. Pesquisas(Porto Alegre). 18 (1):58-63.
- Tomazelli LJ (1990) Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul com ênfase no sistema eólico. Tese de Doutorado. Univ Federal do Rio Grande do Sul. 270p.
- Tomazelli LJ (1993) Regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas (Porto Alegre). 20(1):18-26
- Torgan LC (1997) Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, em um ciclo anual. Tese de Doutorado, Univ Federal de São Carlos.
- Torgan LC, Barreda KA, Fortes DF (2001) Catálogo das algas Chlorophyta de águas continentais e marinhas do Rio Grande do Sul. Iheringia, Sér. Bot. Porto Alegre 56:147-182.
- Tucci CEM (1996) Comportamento hidrológico do banhado do Taim. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Univ Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Vol. 2. 81p.
- UNESCO (1983) Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring. Manual and Guides, Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, 12, 53p.
- Van der Meulen F, Jungerius PD (1989) The decision environment of dynamic dune management. In: Van der Meulen F, Jungerius PD, Visser JH (eds.) Perspectives in coastal dune management. SPB Academic, Leiden, pp. 133-140.
- Van Dijk HWJ (1989) Ecological impact of drinking water production in Dutch coastal dunes. In: Van der Meulen F, Jungerius PD, Visser JH (eds.) Perspectives in coastal dune management. SPB Academic, Leiden, pp. 163-182.
- Vasconcellos M, Kalikoski DC, Haimovici M, Abdallah P (2005) Capacidad excesiva del esfuerzo pesquero en el sistema estuarino-costeiro del sur de Brasil: efectos y perspectivas para su gestion. In: Aguero M (ed.) Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. 1 ed. Roma: FAO, v. 461, pp. 275-308.
- Vaz AC, Möller OO, Almeida TL (2006) Uma nota sobre os afluentes da Lagoa dos Patos. Atlântica Rio Grande. 28:13-23.

- Strickland JDH, Parsons TR (1972) A manual of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Canada. 185 p.
- Taylor FJR (1980) Phytoplankton ecology before 1900: Supplementary notes to the "Depths of the Oceans". In: Sears M, Merriman D (eds.) Oceanography the past. Springer-Verlag, Berlin, pp. 509-521.
- Tester PA, Turner JT (1991) Why is *A. tonsa* restricted to estuarine habitats? Bull. Plankton. Soc. Jpn. Ispec. Vol. pp. 603-611.
- Timmermann A, Oberhuber J, Bacher A, Esch M, Latif M, Roeckner E (1999) Increased *El Niño* frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. Nature 398: 694-697.
- Toldo EE (1991) Morfodinâmica da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. Pesquisas(Porto Alegre). 18 (1):58-63.
- Tomazelli LJ (1990) Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul com ênfase no sistema eólico. Tese de Doutorado. Univ Federal do Rio Grande do Sul. 270p.
- Tomazelli LJ (1993) Regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas (Porto Alegre). 20(1):18-26
- Torgan LC (1997) Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, em um ciclo anual. Tese de Doutorado, Univ Federal de São Carlos.
- Torgan LC, Barreda KA, Fortes DF (2001) Catálogo das algas Chlorophyta de águas continentais e marinhas do Rio Grande do Sul. Iheringia, Sér. Bot. Porto Alegre 56:147-182.
- Tucci CEM (1996) Comportamento hidrológico do banhado do Taim. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Univ Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Vol. 2. 81p.
- UNESCO (1983) Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring. Manual and Guides, Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, 12, 53p.
- Van der Meulen F, Jungerius PD (1989) The decision environment of dynamic dune management. In: Van der Meulen F, Jungerius PD, Visser JH (eds.) Perspectives in coastal dune management. SPB Academic, Leiden, pp. 133-140.
- Van Dijk HWJ (1989) Ecological impact of drinking water production in Dutch coastal dunes. In: Van der Meulen F, Jungerius PD, Visser JH (eds.) Perspectives in coastal dune management. SPB Academic, Leiden, pp. 163-182.
- Vasconcellos M, Kalikoski DC, Haimovici M, Abdallah P (2005) Capacidad excesiva del esfuerzo pesquero en el sistema estuarino-costeiro del sur de Brasil: efectos y perspectivas para su gestion. In: Aguero M (ed.) Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. 1 ed. Roma: FAO, v. 461, pp. 275-308.
- Vaz AC, Möller OO, Almeida TL (2006) Uma nota sobre os afluentes da Lagoa dos Patos. Atlântica Rio Grande. 28:13-23.

- Vicari RLF, Madanes N, Bonaventura SM, Pancotto V (2002) Tiller population dynamics and production on *Spartina densiflora* (Brong.) on the floodplain of the Paraná river, Argentina. *Wetlands*. 22 (2):347-354.
- Vieira JP, Castello JP, Pereira LE (1998) Ictiofauna. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds.) *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecocientia, Rio Grande. pp. 134-137.
- Vieira JP, Garcia AM, Grimm AM (2008) Preliminary evidences of *El Niño* effects on the mullet fishery of Patos Lagoon estuary (Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 52 (2): 433-440.
- Vieira JP, Musick JA (1993) Latitudinal patterns in diversity of fishes in warm-temperate and tropical estuarine waters of the western Atlantic. *Atlântica*, Rio Grande. 15 :115-133.
- Vieira JP, Musick JA (1994) A fish faunal composition in warm-temperate and tropical estuaries of western Atlantic. *Atlântica*, Rio Grande. 16 :31-53.
- Vieira JP, Pereira LED (no prelo) Bottom Trawl Fish Assemblage of the Patos Lagoon, Brazil. *Pananjas*.
- Vieira JP, Vasconcellos M, Silva RE, Fisher LC (1996) A rejeição da pesca camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica*, Rio Grande. 18(1): 123-142.
- Vieira RRR, Barutot RA, Rieger JP (1998) *Hexapanopeus paulensis* Rathbun, 1930 e *H. schmitti* Rathbun, 1930. Novos registros (Decapoda, Brachyura, Xanthidae) para o litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica*, Rio Grande. 20:163-164.
- Villwock JA, Tomazelli LJ (1995) Geologia costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*. 8:1-45.
- Vinzon SB, Winterwerp JC, Nogueira R, Boer GJ (2009). Mud deposit on the open coast of the larger Patos Lagoon-Cassino beach system. *Continental Shelf Research*. (29): 572-588.
- Von Ihering H (1885) Die Lagoa dos Patos. *Deutsche Geografische Blätter* 8:182-204.
- Von Ihering H (1895) Os crustáceos Phyllopodos do Brasil. *Revista do Museu Paulista*. 1: 165-180.
- Von Ihering H (1896) Os peixes da costa do mar no Estado do Rio Grande do Sul. *Anuário do Estado do Rio Grande do Sul para o anno de 1897*, Porto Alegre, pp. 98-124
- Vörösmarty CJ, Willmott CJ, Choudhury BJ, Schloss AL, Stearns TK, Robeson SM, Dorman TJ (1996) Analyzing the discharge regime of a large tropical river through remote sensing, ground-based climatic data, and modeling. *Water Resour. Res.* 32:3137-3150.
- Waycott M, Duarte CM, Carruthers TJB, Orth RJ, Dennison WC, Olyarnike S, Calladinea A, Fourqurean JW, Heck JrKL, Hughes AR, Kendrick GA, Kenworthy WJ, Short FT, Williams SL (2009) Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS Early Edition* 1-5.

- Wehr JD, Sheath RG (2003) Freshwater algae of North América, ecology and classification. Academic Press, Amsterdam. 918 p.
- Weiss G (1981) Ictioplâncton del Estuário de Lagoa dos Patos, Brasil. Tese de Doutorado, Univ Nacional de La Plata, Argentina. 163p.
- Weschenfelder J, Medeanic S, Corrêa ICS, Aliotta S (2008) Holocene paleoinlet of the Bojuru Region, Lagoa dos Patos, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*. 24: 99-109.
- Williams AB (1965) Marine decapods crustaceans of the Carolinas. *Fishery Bulletin*, 65(1), 298 p.
- Windom H, Niencheski LF (2003) Biogeochemical processes in a freshwater-seawater mixing zone in permeable sediments along the coast of Southern Brazil. *Marine Chemistry*. 83: 121-130.
- Windom HL, Niencheski LF, Smith RG (1999) Biogeochemistry of nutrients and trace metals in the estuarine region of the Patos Lagoon (Brazil). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 48: 113-123.
- Xu X, Jaffé R (2009) Geochemical record of anthropogenic impacts on Lake Valencia, Venezuela. *Applied Geochemistry*. 24(3):411-418.
- Yunes JS, Niencheski LF, Salomon PS, Parise M, Beattie KA, Ragget SL, Codd GA (1996) Toxic blooms of cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. *J. Aquat. Ecos. Health*. 5: 223- 229.
- Zago MSA (1976) The planktonic Cladocera (Crust.) and aspects of the eutrophication of American reservoir, Brazil. *Bol. Zool*. 1: 105-145.
- Zamboni AJ, Dutra A, Gama AM, Maurenente N, Medzedovsky IG, Montú M (1998) O acidente com o navio "Bahamas" no porto de Rio Grande, RS: avaliação ecotoxicológica do lançamento de ácido sulfúrico às águas do estuário da Lagoa dos Patos. *Anais Perspectivas da Ecotoxicologia no Brasil, Univali*. pp.10.
- Zarzur S (2007) Regeneração bêmica de nutrientes e produção primária no estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Doutorado, Univ Federal do Rio Grande, 218 p.

Os vídeo-documentários atraem grandes platéias devido ao seu fascínio audiovisual. São fortes formadores de opinião e eficientes fontes de informação, quando baseados em sólidos conhecimentos científicos. Assim, têm papel importante na popularização dos conhecimentos ecológicos de maneira precisa e resumida.

O documentário “UM MAR QUASE DOCE” identifica a flora e a fauna, bem como as características ecológicas da região lagunar e estuarina da Lagoa dos Patos que tem sido um expoente da diversidade e abundância biológica desde a chegada dos primeiros colonizadores. Descreve os processos e as funções de cada ambiente e enfatiza os riscos ambientais devido as interferências do Homem.

Espera-se, que o documentário estimule às pessoas leigas para embarcar num processo de aprendizagem ecológica que levem a exploração cabível dos recursos sem prejudicar a integridade do ecossistema lagunar no extremo sul do Brasil.

O vídeo-documentário e o livro estão disponibilizados gratuitamente no endereço www.ecomidia.pro.br



www.ecomidia.pro.br

Existe no extremo sul do Brasil uma costa de grande beleza selvagem. Aqui, onde se encontram terra, mar e céu, as águas e os ventos esculpiram praias desertas, vastos campos de dunas, banhados verdes e pequenas e grandes lagoas. O encontro da água doce da Lagoa dos Patos com a água salgada do Oceano Atlântico forma um estuário de grande importância biológica e sócio-econômica. Ao longo do tempo, perturbações naturais e antrópicas modificaram a dinâmica e as características da água e dos sedimentos, assim alteraram a estrutura e os processos ecológicos do bentos, plâncton e nécton do ecossistema estuarino da Lagoa dos Patos.

O livro pode ajudar aos estudantes, aos administradores ambientais e aos cientistas na compreensão destas transformações ecológicas, subsidiando a manutenção da biodiversidade e a exploração sustentável do estuário da Lagoa dos Patos e da região marinha adjacente.

Apoio



PELD
PESQUISAS ECOLÓGICAS
DE LONGA DURAÇÃO