

Estrutura e Evolução dos Cordões Arenosos Pleistocênicos no Canal de Acesso à Laguna dos Patos-RS, Brasil

IRAN CARLOS STALLIVIERE CORRÊA¹, SALVADOR ALIOTTA²
& JAIR WESCHENFELDER¹

¹ Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15.001, Porto Alegre, RS, Brasil.
CEP:91.509-900. iran.correa@ufrgs.br

² Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina.

(Recebido em 09/04. Aceito para publicação em 03/05)

Abstract - This work presents the results of a high-resolution seismic reflection data survey carried out in the Patos lagoon inlet, near Rio Grande the southernmost harbor of Brazil. The analysis of the reflection patterns reveals the presence of transgressive/regressive barrier structures and beach/foredune-ridges. The mapping of these barrier structures allows a better understanding of the geological evolution of the Patos lagoon system during the Quaternary period and also helps to understand the evolution and migration of the actual lagoonal inlet between the Patos lagoon and Atlantic Ocean.

Keywords - High resolution seismicity, beach/foredune ridges, Patos lagoon, transgressive/regressive barrier.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é o resultado decorrente do levantamento sísmico de alta resolução realizado em novembro de 2001, no canal de acesso à laguna dos Patos, localizado no extremo sul do Brasil (Fig. 1). Este levantamento está integrado ao Projeto COMEMIR o qual está relacionado à evolução paleo-geográfica da plataforma continental sul-brasileira e áreas adjacentes. A área estudada encontra-se localizada mais especificamente entre as coordenadas de 32°02' e 32°10' de latitude sul e 52°03' e 52°07' de longitude oeste.

A análise dos dados sísmicos mostrou a presença de estruturas de barreiras costeiras sob o canal de acesso ao porto de Rio Grande, caracterizando a presença, nesta área, de antigos cordões arenosos transgressivo-regressivos que em uma época passada bloqueavam a comunicação da atual desembocadura da laguna dos Patos com o oceano Atlântico. Estas evidências foram identificadas pela primeira vez por Corrêa *et al.* (2003).

As regiões costeiras siliciclásticas incluem os ambientes de praias, barreiras costeiras, planícies

de marés, lagunas e estuários. As barreiras são originadas pela ação combinada das ondas, dos ventos e das correntes longitudinais, e sua formação ocorre ao longo da costa até alguns metros acima da maré alta (Davis, 1994).

Segundo Davis & Fitzgerald (2004), as barreiras podem ocorrer ao longo da maioria das regiões costeiras do mundo, mas estas são mais comuns ao longo de margens passivas, onde o suprimento de sedimentos é abundante o que vem a ocasionar a acumulação de areias em direção ao continente. Em geral barreiras amplas são observadas onde o suprimento de sedimentos é abundante, e barreiras estreitas onde a taxa de sedimentação é baixa. As barreiras apresentam-se mais bem desenvolvidas em áreas de micro e meso marés e em regiões de latitudes médias a baixas.

As barreiras são bem desenvolvidas ao longo de plataformas continentais de suave relevo, onde sedimentos tamanho areia são abundantes e onde as planícies costeiras são atingidas por ventos moderados. Sob estas condições, barreiras são capazes de migrarem em direção ao continente em um regime de lenta variação do nível do mar.

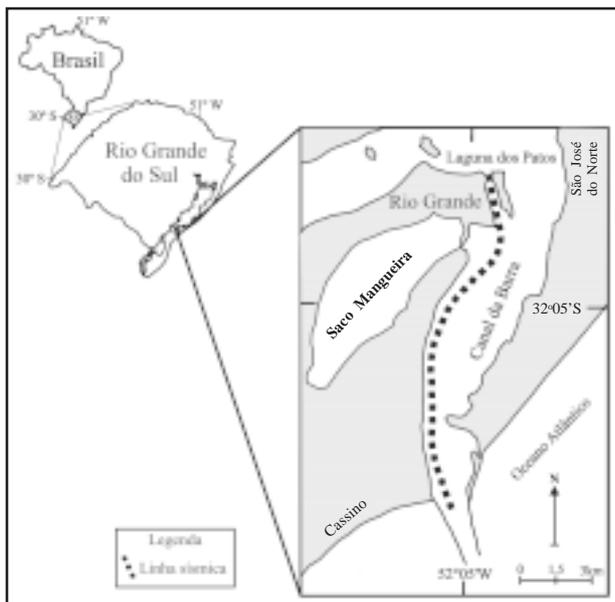


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e da linha de perfilmagem sísmica.

O aumento no aporte sedimentar, em direção à costa, pode ocorrer durante períodos de tempestade, quando escarpas inconsolidadas são erodidas, recolocando assim grande quantidade de areia no sistema costeiro, ou durante enchentes, quando os rios carregam grandes quantidades de sedimentos do continente para a região costeira.

Em outras circunstâncias, sedimentos da plataforma continental interna são transportados em direção ao continente durante períodos prolongados de frentes de ondas. Estes efeitos ocasionam o crescimento da praia em direção ao mar, bermas amplas e separadas por cristas de dunas frontais do oceano. O produto final das linhas de costa prográdante é o desenvolvimento de cristas de praia (*beach ridges*).

Quando a costa é dominada por ondas, as quais ocasionam o transporte longitudinal, barreiras alongadas e lineares são formadas, apresentando poucos "inlets", enquanto que em sua retaguarda são formados ambientes de lagunas, como no caso aqui estudado.

GEOLOGIA REGIONAL

A estabilidade tectônica da porção sul da costa atlântica da América do Sul possibilitou o aplainamento do escudo sul-rio-grandense pela ação marinha e continental. Este fato ocasionou o fornecimento de uma grande quantidade de material

detrítico proveniente do continente, num sentido oeste-leste, resultando no desenvolvimento de uma ampla planície costeira e de uma ampla plataforma continental.

A geologia do estado do Rio Grande do Sul pode ser dividida em três domínios morfoestruturais distintos, sendo estes: o Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares; o Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos e o Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, sendo este último o local onde ocorrem às feições descritas neste trabalho (RADAMBRASIL/IBGE, 1986).

O Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares está representado pela Província Costeira, sendo esta subdividida em Planície Costeira e Plataforma Continental, com inúmeros pacotes sedimentares e recobertos superficialmente por areias e lamias atuais, palimpsésticas e reliquiais. A província costeira, de um modo geral, apresenta uma baixa declividade, fato associado ao embasamento Cratônico tectonicamente estável, e ao fornecimento de grandes quantidades de sedimentos detríticos os quais foram retrabalhados pelas variações do nível do mar durante o período Quaternário.

Vários trabalhos têm contribuído para o estudo evolutivo da planície costeira do Rio Grande do Sul, dentre os quais podemos citar os de Villwock (1972, 1977, 1984), Villwock *et al.*, (1986, 1994) e Villwock & Tomazelli (1995). Estes trabalhos identificaram quatro gerações de barreiras arenosas na planície costeira do Rio Grande do Sul (Fig.2).

Cada um destes sistemas está diretamente relacionados às variações relativas do nível do mar, correspondendo a um evento transgressivo e posteriormente prográdacional.

Villwock & Tomazelli (1995) descreve o mecanismo básico de formação e desenvolvimento destas barreiras, onde elevações sucessivas do nível relativo do mar formariam um sistema múltiplo e complexo de barreiras, isolando sistemas lagunares.

Destes quatro sistemas de barreiras o Sistema Depositional Barreira III é o que se encontra associado aos dados sísmicos observados na região de estudo (Fig.2). Este sistema deposicional se apresenta distribuído desde Torres ao Chuí (RS). Pode-se dizer que esta barreira foi a mais importante na elaboração da configuração da planície costeira atual uma vez que a mesma foi a responsável pelo semi-isolamento do complexo lagunar Patos/Mirim.

Segundo Tomazelli (1985), esta barreira é constituída de fácies arenosas com diversas estruturas

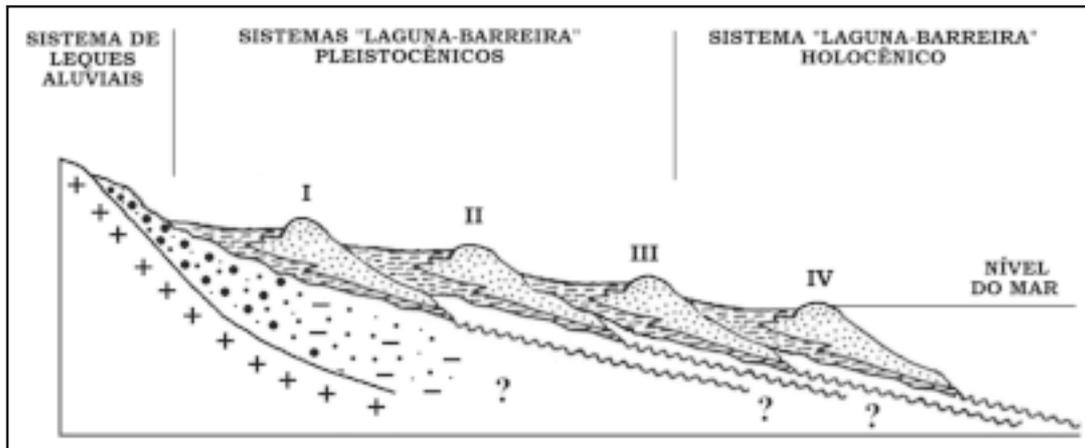


Figura 2 - Perfil esquemático dos quatro sistemas de laguna-barreira da província costeira do Rio Grande do Sul (modificado de Tomazelli & Villwock, 1999).

primárias e icnofósseis que caracterizam um ambiente praial e marinho raso, recobertos por sedimentos eólicos. Estudos de Martin *et al.* (1982) atribuem uma idade absoluta de 120 ka AP para os depósitos correspondentes a este sistema deposicional.

Na área de estudo, associado à barreira III, é que se encontram os depósitos progradantes formados durante o último período regressivo do Pleistoceno e identificados pela primeira vez por Corrêa *et al.* (2003).

Segundo Posamentier *et al.* (1992) o termo progradante descreve uma retração do mar e uma concomitante expansão do continente e pode ocorrer de duas maneiras: (1) quando o influxo de sedimentos supera a taxa de subida do nível do mar e (2) quando ocorre um rebaixamento do nível relativo do mar. Esta segunda possibilidade é a que mais se enquadra na área de estudo, devido os cordões arenosos terem se formado durante o período regressivo do nível do mar pleistocênico.

METODOLOGIA

O presente trabalho corresponde ao levantamento geofísico por sísmica de alta resolução, do subsolo do canal de acesso da laguna dos Patos, o qual foi realizado com o Navio Oceanográfico Atlântico Sul da FURG, no período de 24 a 30 de novembro de 2001. A rota e o posicionamento dos perfis sísmicos foram efetuados com o auxílio de um DGPS. Com intervalos de um minuto foram marcados, automaticamente sobre os registros sísmicos, as coordenadas respectivas de cada ponto.

Os dados sísmicos foram obtidos a partir de um equipamento GEOACUSTICS, constituído por uma fonte de energia GEOPULSE 5420S, um “*boomer plate*” de 280 Joules, com uma frequência de disparo de 4 pulsos por segundo e um conjunto de hidrofones de 20 elementos com pré-amplificador incorporado.

A interpretação sísmica dos resultados obtidos se embasou nas análises das terminações laterais dos diversos refletores do subsolo, em concordância com os conceitos gerais da estratigrafia sísmica (Mitchum *et al.* 1977). Deve-se levar em consideração que a baixa profundidade dos setores observados contribuiu para uma menor clareza dos dados, ao que se somou o recobrimento das informações pelo aparecimento dos sinais da reflexão múltipla.

O levantamento sísmico foi efetuado em todo o canal de acesso a laguna dos Patos, mais especificamente entre os molhes da barra de Rio Grande e o canal de acesso ao Porto Novo (Figs. 1 e 3). As figuras 4 e 5 representam a parte mais norte dos perfis, próximo à cidade de Rio Grande. A Tabela I apresenta as coordenadas de localização dos pontos correspondentes ao setor analisado e representado nos perfis 1 e 2, os quais podem ser melhor visualizados na figura 3.

RESULTADOS

A análise e interpretação dos registros sísmicos possibilitaram a identificação de três seqüências sedimentares sobrepostas e distribuídas no canal de acesso ao porto de Rio Grande-RS, como pode ser observado nas figuras 4 e 5.



Figura 3 - Posicionamento dos pontos referentes aos perfis 1 e 2.

Tabela 1 - Coordenadas de localização dos pontos referentes aos perfis sísmicos 1 e 2

Perfil 1/ Pontos	Latitude (S)	Longitude (W)
38	32°02'58,38"	52°04'14,52"
39	32°02'49,98"	52°04'16,98"
40	32°02'41,52"	52°04'19,62"
Perfil 2/ Pontos	Latitude (S)	Longitude (W)
59	32°02'59,28"	52°04'14,88"
60	32°02'48,78"	52°04'18,90"
61	32°02'37,74"	52°04'22,32"
62	32°02'26,46"	52°04'26,46"

Seqüência I

Esta seqüência é a mais profunda das observadas nos registros sísmicos. Seu topo encontra-se a uma profundidade, abaixo da lâmina d'água, de aproximadamente 18 m e sua espessura varia entre 8 e 10 m. Segundo o conceito de Mitchum *et al.* (1977) esta

fácies sísmica possui uma configuração progradante do tipo oblíqua tangencial, a qual é formada por refletores "clinoforms" cujo contato basal é do tipo "downlap", sobre um embasamento que se apresenta debilmente nos registros sísmicos. A seqüência é interrompida no topo por uma superfície erosiva com a qual os refletores efetuam um contacto do tipo

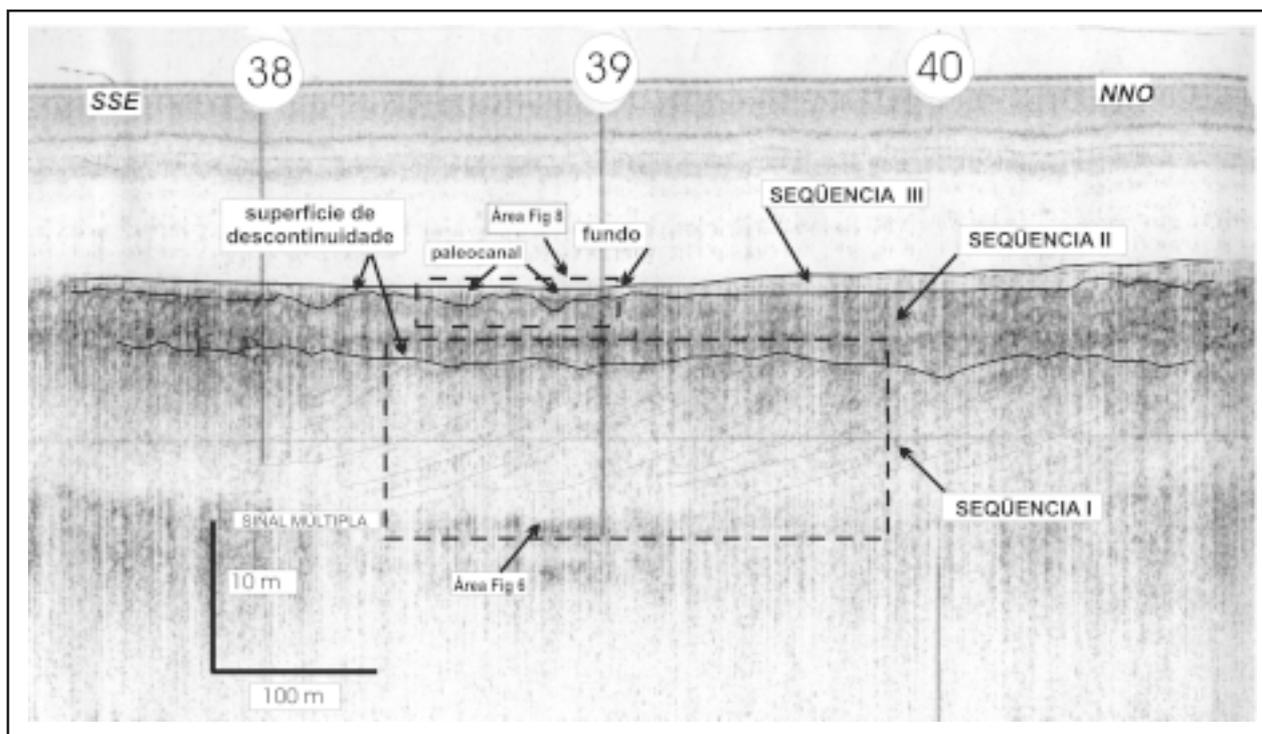


Figura 4 - Visualização da seção sísmica (Perfil 1) obtida no canal de acesso ao porto de Rio Grande.

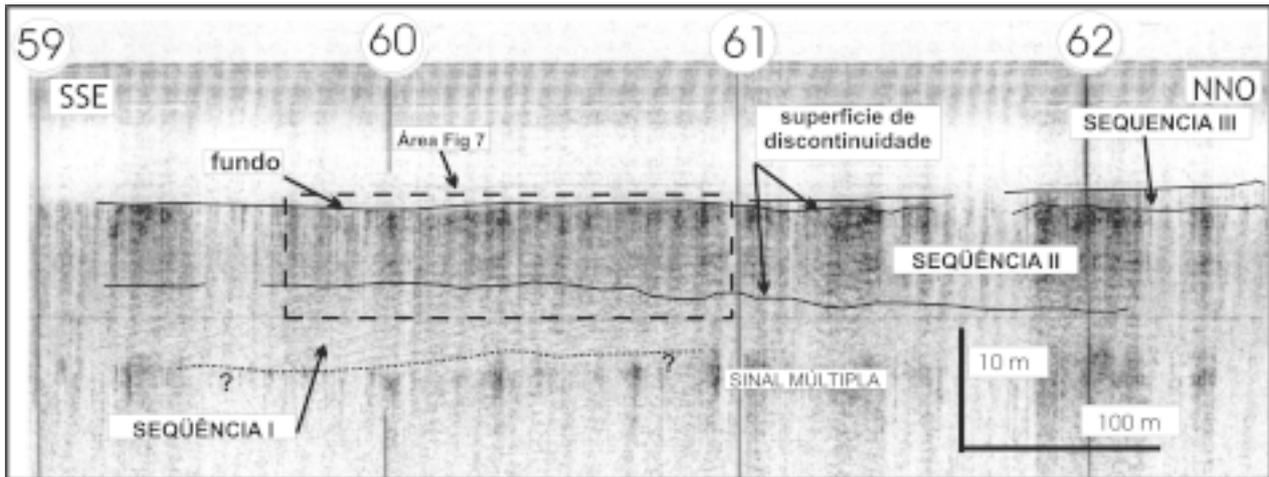


Figura 5 - Visualização da seção sísmica (Perfil 2) obtida no canal de acesso ao porto de Rio Grande.

“*toplap*”. Por outro lado, se observa que os estratos da seqüência I, tendem a se disporem mais inclinados em direção ao oceano e menos inclinados em direção ao continente (Figs. 4 e 5).

A Figura 6 é uma ampliação de um setor do sismograma onde se observa a seqüência I, truncando a superfície de base e sendo truncada pela camada de topo. Observa-se no detalhe a configuração sísmica definida como oblíqua tangencial.

A seqüência I se correlaciona a um processo progradacional, provavelmente de idade pleistocênica. Processo semelhante ocorreu no Holoceno, com a extensão da planície costeira caracterizada por uma sucessão de cristas de praia. As condições deposicionais se caracterizaram por uma elevada disponibilidade ou aporte de material arenoso. Sua

configuração sísmica, indicativa de uma elevada energia de transporte, é comparável a vários modelos de costas regressivas progradantes, estudados em várias partes do mundo (Godolphin, 1976; Clifton & Hunter, 1982 e Roy *et al.* 1994).

Seqüência II

Esta seqüência se encontra limitada por discontinuidades estratigráficas sísmicamente visíveis (Figs.4 e 5). Seu topo encontra-se a uma profundidade de aproximadamente 15 m da lâmina d'água e sua espessura varia entre 5 e 7 m. Observa-se nos perfis realizados que a fácies que compõe esta seqüência apresenta-se mais distinta, com estratos mais visíveis, do que a fácies da seqüência I. A figura 7 mostra em detalhe as características desta seqüência.

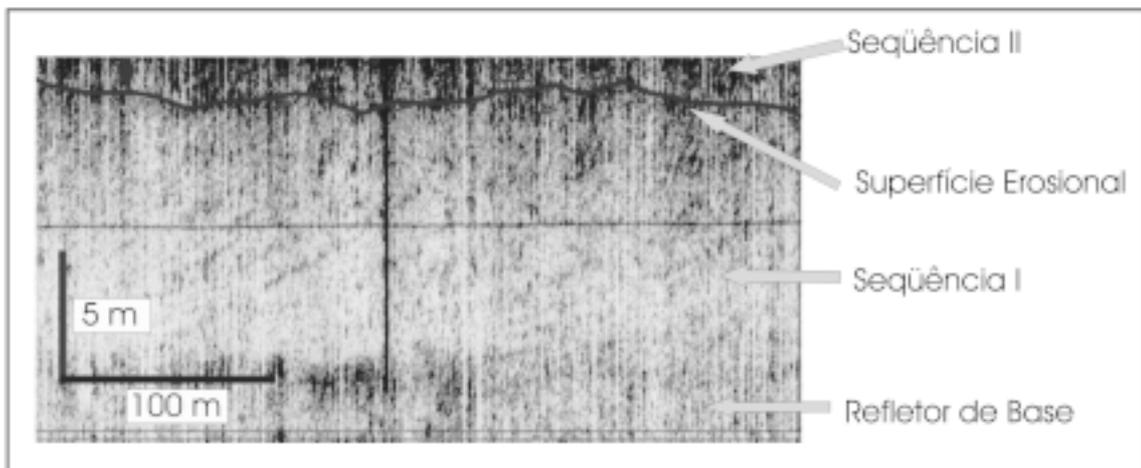


Figura 6 - Detalhe da seção sísmica da seqüência I mostrando as estruturas progradantes do tipo oblíqua tangencial.

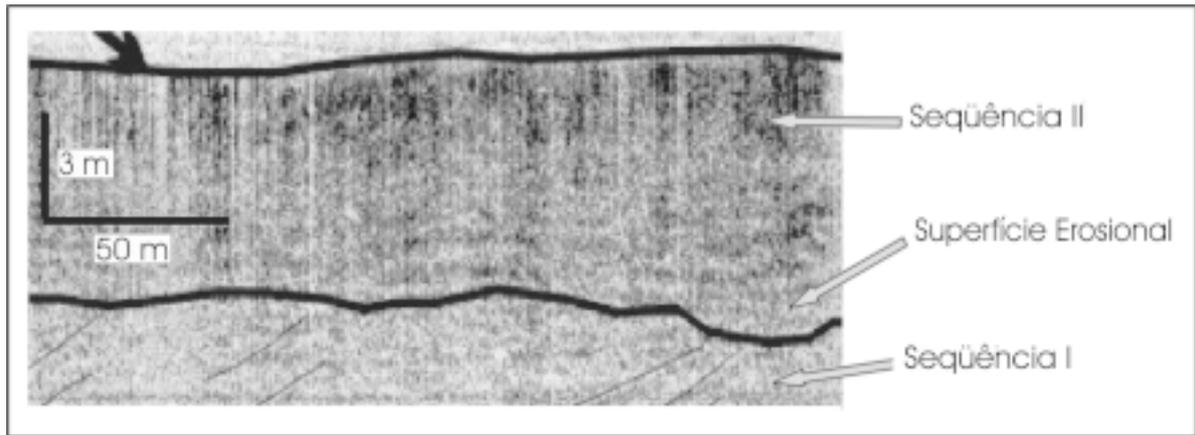


Figura 7 - Detalhe da seção sísmica da seqüência II evidenciando um contato erosivo com a seqüência I.

Na parte inferior da seqüência II se observa uma fácies de refletores com boa resposta acústica, embora com um prolongamento lateral relativamente escasso. Alguns destes refletores apresentam terminações “*downlap*” sobre a base erosiva da seqüência. No estrato do depósito os refletores são menos notáveis, apresentando um eco de menor definição.

Sismoestratigraficamente esta seqüência se individualiza por uma configuração refletiva subparalela-ondulante, que representa, em geral, uma fácies do tipo “*hummocky*”.

O modelo refletivo “*hummocky clinoforms*” está evidenciando, de acordo com os critérios gerais estabelecidos por Mitchum *et al.* (1977), condições paleoambientais de sedimentação em águas relativamente rasas, onde o processo deposicional é realizado conjuntamente pela ação das ondas e das correntes de marés. Desta maneira, geologicamente, esta seqüência pode ser correlacionada ao último evento transgressivo holocênico. Na parte inicial deste pro-

cesso são erosionados os materiais subjacentes, correspondentes à barreira progradante regressiva do Pleistoceno (cordões arenosos) e são depositados sedimentos relativamente grossos, os quais vão constituir a fácies basal da seqüência II, provavelmente em um ambiente com características estuarinas.

Seqüência III

Esta seqüência está definida entre a superfície do fundo e uma discontinuidade erosiva bem marcada. Sua espessura máxima revelada pelos registros sísmicos é da ordem dos 4 metros (Figs.4 e 5). Esta se caracteriza por apresentar uma fácies constituída por refletores paralelos-subparalelos com uma boa continuidade lateral. O refletor basal se apresenta irregular e com formas côncavas, as quais estão associadas a pequenos paleocanais (Fig. 8). Observa-se claramente a terminação “*onlap*” dos refletores suprajacentes.

A seqüência III corresponde a sedimentos lamosos. Sua baixa coesividade é expressa por sua

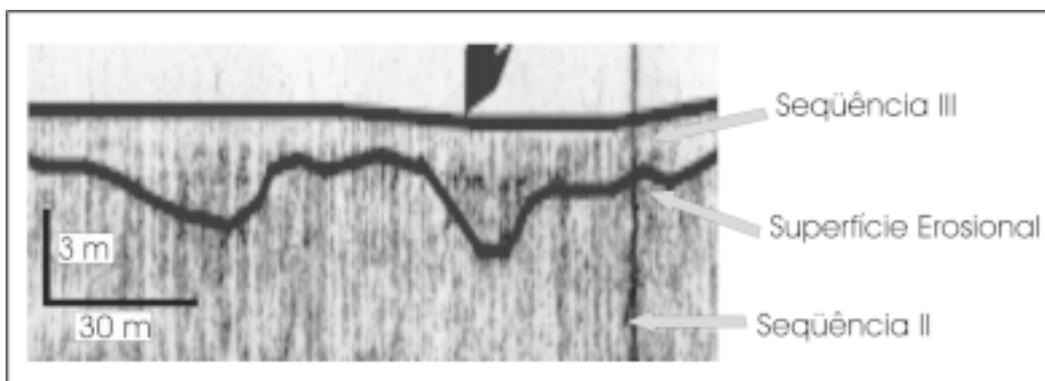


Figura 8 - Detalhe da seção sísmica da seqüência III mostrando um refletor basal irregular associado a paleocanais.

elevada penetração sísmica, resultando em alguns setores acústicos transparentes, principalmente na parte superior. Os sedimentos desta fácies se associam a condições de baixa energia de sedimentação, com escassa ou nula atividade de ondas. As correntes de maré foram provavelmente o principal mecanismo para o transporte dos materiais.

Esta seqüência se correlaciona geologicamente ao último processo regressivo holocênico, com o desenvolvimento de uma rede de canais fluvio-marinheiros sobre uma costa de baixa pendente. Posteriormente, a formação da barreira arenosa teria configurado o ambiente sedimentar lagunar Holoceno-Recente. Os sedimentos finos desta seqüência, transportados principalmente em suspensão, foram depositados na laguna pelo atual sistema fluvio-lagunar.

Estes materiais são os que atualmente estão sendo afetados, em maior ou menor parte, pelos trabalhos de dragagem.

DISCUSSÃO

A partir dos dados analisados sobre os registros sísmicos podemos interpretar as seqüências observadas sobre os mesmos como pertencentes a períodos regressivos e transgressivos subsequentes.

Dillenburg *et al.* (2000), reconhecem a presença de diferentes estilos de desenvolvimento da barreira holocênica ao longo da costa do Rio Grande do Sul. Este reconhecimento possibilitou dividir a costa gaúcha em cinco setores com características distintas (Fig. 9).

A área de estudo enquadra-se no Setor 4 descrito por Dillenburg *et al.* (2000), o qual vai da região de Estreito até o farol Vergas, onde a costa apresenta-se côncava com uma barreira ampla do tipo progradante, desenvolvida sob a forma de uma planície de cordões litorâneos regressivos (*beach/foredune ridges*).

Fica evidenciado no trabalho de Dillenburg *et al.* (2000), a correlação entre a forma côncava da

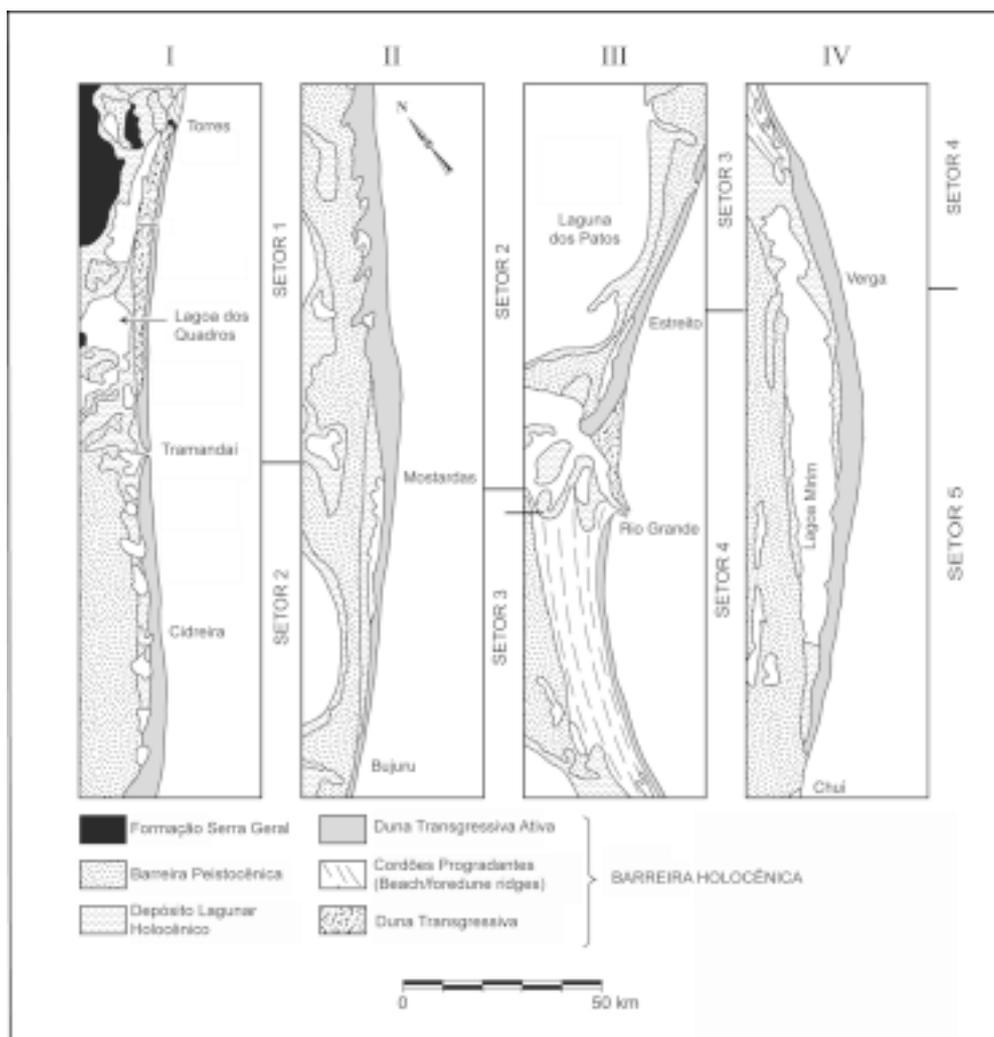


Figura 9 - Localização dos cinco setores da costa do Rio Grande do Sul, segundo Dillenburg *et al.* (2000).

região costeira e a evolução da barreira holocênica, caracterizando que barreiras progradantes predominam em setores côncavos, enquanto que campos de dunas transgressivas vão se formar nas porções convexas.

Levando-se em consideração a interpretação dada por Dillenburg *et al.* (2000) para a formação e evolução das barreiras progradantes no Holoceno, pode-se utilizar o mesmo raciocínio para explicar a presença e formação da seqüência I, anteriormente descrita, como a fácies progradante de uma barreira, durante a última regressão pleistocênica.

A área de ocorrência dos cordões arenosos pleistocênicos (*beach/foredune-ridges*), descritos no presente trabalho, se formaram em uma área côncava da costa sul-rio-grandense na época pleistocênica.

Durante o último processo transgressivo marinho pleistocênico, os corpos sedimentares da zona praial da época migraram em direção ao continente, produzindo um complexo sedimentar transgressivo que veio a formar o que chamamos de Barreira III. Este complexo, Barreira III, apresenta fácies onde os depósitos são formados por sedimentos arenosos marinhos recobertos por seqüências eólicas.

Com a estabilização do nível do mar pleistocênico (120 ka AP) e estabilização da Barreira III, iniciou-se um processo progradacional, gerando uma planície costeira com cristas de praia (*beach/foredune-ridges*) (Fig. 10), representadas nos registros sísmicos pela seqüência I, as quais

foram truncadas, posteriormente, pelos processos erosivos associados a esta transgressão. Esta seqüência foi recoberta pela seqüência II, formada pelos sedimentos retrabalhados da antiga barreira, originando assim um lençol arenoso transgressivo (seqüência II) (Figs. 3 e 4).

A seqüência III correlaciona-se ao último processo regressivo holocênico, o qual ocasionou o desenvolvimento de uma rede de canais fluvio-marinhos sobre uma costa de baixa pendente. Os sedimentos finos que compõem esta seqüência foram transportados em suspensão e depositados no corpo lagunar pelo atual sistema fluvio-lagunar (Figs. 3 e 4).

Segundo Helland-Hansen & Martinsen (1996) esta seqüência progradante observada nos registros sísmicos (seqüência I) é do tipo “regressão forçada” ocasionada pela queda relativa do nível do mar seguida de uma significativa acreção sedimentar, como pode ser observado nas figuras 4 e 5 e no esquema da figura 10.

Durante o último período regressivo pleistocênico, a descarga fluvial da laguna dos Patos não era efetuada através do atual canal de comunicação da laguna com o mar. Devido à presença da barreira III e dos cordões arenosos (*beach/foredune-ridges*), a descarga lagunar deve ter sido efetuada pela parte superior da ilha dos Marinheiros, a qual fazia parte da barreira III, escoando pela área hoje preenchida pelos cordões arenosos holocênicos (Fig. 11).

Estruturas progradantes, provavelmente, tenham se formado também junto à barreira II e III

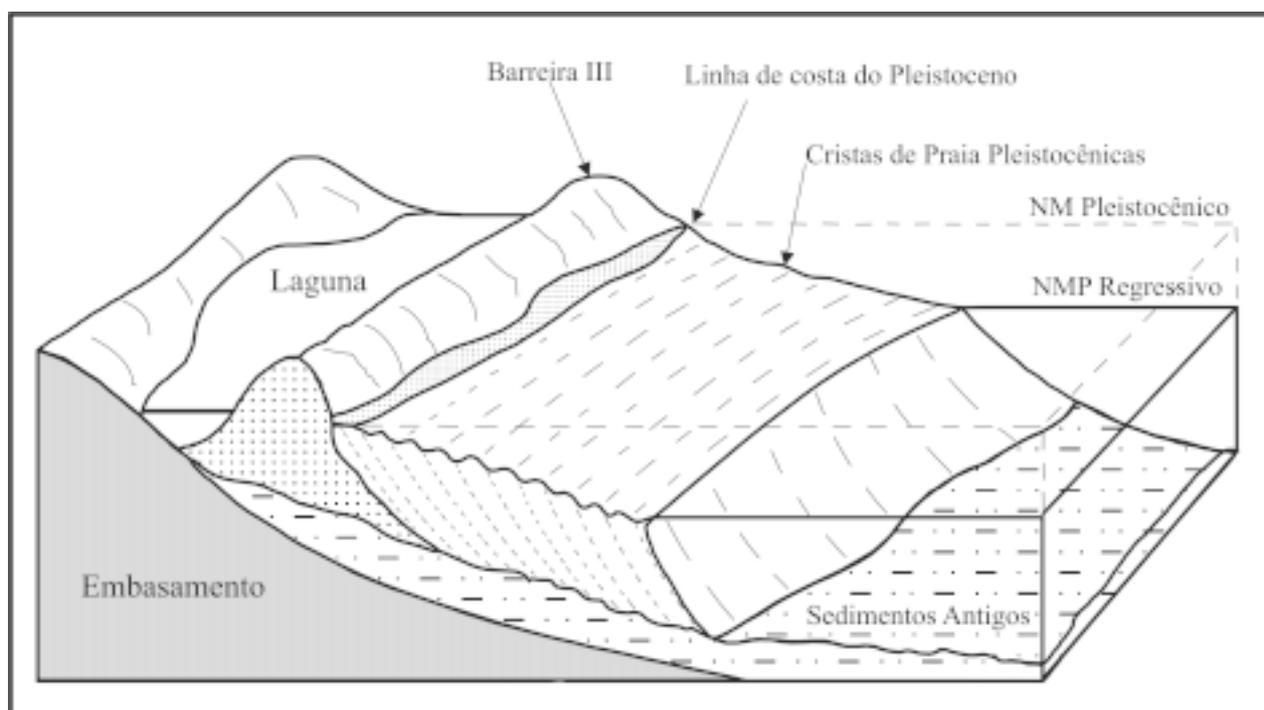


Figura 10 - Perfil esquemático da Barreira III e dos cordões arenosos pleistocênicos. (NM=nível do mar; NMP=nível do mar pleistocênico).

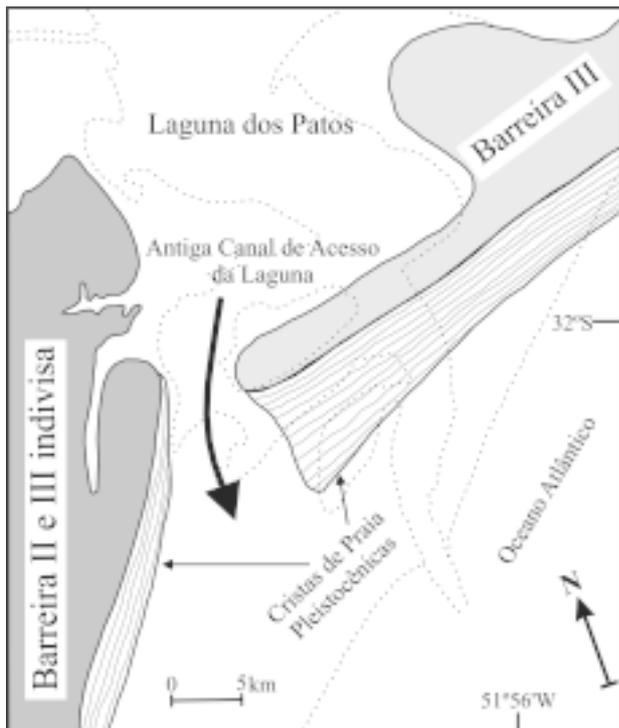


Figura 11 – Esquema evolutivo da região da desembocadura da Laguna dos Patos na época do Pleistoceno Superior.

indivisa (Fig.11), caracterizando os processos regressivos ocorridos durante o Pleistoceno superior.

CONCLUSÕES

Através dos registros sísmicos obtidos no canal de acesso ao Porto de Rio Grande foi possível visualizar a presença de estruturas características de barreiras transgressivo-regressiva. Estas estruturas, observadas na região de estudo, evidenciam a presença de antigos cordões arenosos progradantes, provavelmente de idade pleistocênica (*beach/foredune-ridges*). Estes cordões arenosos, ancorados na barreira III, foram formados durante o último processo regressivo pleistocênico sendo posteriormente erodidos parcialmente na fase transgressiva que se sucedeu.

Estes cordões arenosos (*beach/foredune-ridges*) foram formados em uma área da costa do Rio Grande do Sul, na época pleistocênica, que apresentava um formato côncavo, concordando assim com as atuais áreas de formação dos depósitos de cristas de praia holocênicas, observados em várias partes do mundo.

A presença destas estruturas de cristas de praia e da Barreira III evidencia que o atual acesso de comunicação da laguna dos Patos com o oceano Atlântico era efetuado por um outro local, durante o Pleistoceno. Este se localizava na parte mais sul da

área, contornando a ilha dos Marinheiros, a qual fazia parte da Barreira III, e desaguando a sul da região da praia do Cassino.

A presença destas estruturas progradantes observadas na área de acesso ao porto de Rio Grande vem a contribuir para a caracterização evolutiva da planície costeira do Rio Grande do Sul em especial da região de atual acesso da laguna com o mar.

Agradecimentos - Agradecemos ao CNPq pelo Auxílio Pesquisa (Proc. N° 470106/2001-8), pela Bolsa de Produtividade Científica (Proc. N°300301/2003-0), e a FAPERGS pelo Auxílio Pesquisa (Proc. N 02/1572.2), que permitiram o desenvolvimento da pesquisa que resultou neste trabalho. Agradecemos também a FURG pela parceria na utilização da Lancha Larus no levantamento sísmico e ao prof. Lauro Júlio Calliari pela colaboração dispendida durante a realização do projeto de levantamento sísmico. Expressamos nosso agradecimento a CAPES/SECyT, através do auxílio 056/03.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clifton, H. E. & Hunter, R. 1982. Coastal sedimentary facies. In: Schwartz, M. L. (ed.). **The encyclopedia of beaches and coastal environments**. Stroudsburg, P.A, Hutchinson Ross Publishing. p. 314-322.
- Corrêa, I. C. S.; Alliota, S.; Weschenfelder, J. 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9. **Livro de Resumos...**, Recife, SBG., 1 CD-ROM – 3p.
- Dillenburg, S. R.; Roy, P. S.; Cowell, P. J.; Tomazelli, L. J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM). **Journal of Coastal Research**, 16 (1):71-81.
- Davis Jr., R. A. & Fitzgerald, D. M. 2004. **Beaches and Coasts**. Blackwell Publishing. UK. 419p.
- Godolphim, M. F. 1976. **Geologia do holoceno costeiro do município de Rio Grande, RS**. Porto Alegre, 146p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Helland-Hansen, W. & Martinsen, O. J. 1996. Shoreline trajectories and sequences description of variable depositional-dip scenarios. **Journal of Sedimentary Research**, 66(4):670-688.
- Martin, L.; Bittencourt, A. C. S. P.; Vilas-Boas, G. S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: datação do máximo da penúltima transgressão. **Ciências da Terra**, 1:16-17.
- Mitchum, J. R.; Vail, R. M.; Sangre E, P. R. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. In: Payton, C. E. (ed.). **Seismic Stratigraphy Applications to Hydrocarbon Exploration**. American Association of Petroleum Geologist. Tulsa, Oklahoma. **Memoir 26**: 117-134.
- Posamentier, H. W.; Allen, G. P.; James, D. P.; Tesson, M. 1992. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples and exploration significance. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, 76(11):1687-1709.
- RADAMBRASIL/IBGE. 1986. **Levantamento de Recursos Naturais. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**. IBGE. Rio de Janeiro. v.33, 795p.
- Roy, P. S.; Cowell, P. J.; Ferlan D, M. A.; Thom, B. G. 1994. Wave dominated coasts. In: Carter, R. W. G & Thom, B. G. (eds.). **Coastal Evolution**. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 121-186.

- Tomazelli, L. J. 1985. Contribuição ao conhecimento das fácies de ambiente praial a partir de elementos do pleistoceno costeiro do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., 1994, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, SBG, p. 325- 338.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A. 1999. O cenozóico costeiro do Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (ed). **Geologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS. Editora da UFRGS.
- Villwock, J. A. 1972. **Contribuição à geologia do holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 113p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Villwock, J. A. 1977. **Aspectos da sedimentação da região nordeste da lagoa dos Patos**. Porto Alegre. 189p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul .
- Villwock, J. A. 1984. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas**, **16**:5-49.
- Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A.; Horn, N. O.; Bachi, F.^a; Dehnhardt, B. A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. In: Rabassa J. (ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam, A. A. Balkema, 4:79-97.
- Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A.; Bachi, F. A.; Dehnhardt, B. A.; Godolphim, M. F.; HORN, N.O. 1994. **Mapa geológico da província costeira do Rio Grande do Sul – Escala 1:1.000.000**. CECO, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.