

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

***RECONHECIMENTO E MAPEAMENTO DE FÁCIES  
SÍSMICAS EM PERFIS SÍSMICOS LOCALIZADOS NA  
LAGOA DOS PATOS, RS - BRASIL.***

***CARLA MANDRÁCIO PEREIRA***

ORIENTADOR: Iran Carlos Stalliviere Corrêa

BANCA EXAMINADORA: Cleverson Guizan Silva - UFF

Lauro Júlio Calliari – FURG

Elírio Ernestino Toldo Júnior - UFRGS

Dissertação de Mestrado apresentada  
como requisito parcial para obtenção  
do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre - 2008

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Iran Corrêa pela orientação recebida no desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Ao Professor Jair Weschenfelder pelo ensinamento e auxílio nas interpretações realizadas no início dos estudos embasados no levantamento sísmico realizado na Lagoa dos Patos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências - PPGeo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO da UFRGS.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de mestrado (Processo nº 131426/2006-0) e pela bolsa de produtividade (Processo nº 303956/2006-2).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, pelo auxílio à pesquisa (Processo nº 0521261).

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Fundação Universidade do Rio Grande do Sul – FURG, pelo uso da lancha oceanográfica LARUS no levantamento sísmico na Lagoa dos Patos.

À empresa Geowork Estudos Ambientais Ltda, pelo uso dos equipamentos de sísmica e do acompanhamento técnico necessário às tarefas de embarque e levantamento sísmico.

Ao colega Vinícius pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

À minha família e amigos.

## RESUMO

O trabalho é baseado em dados sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) e resolução levantados no interior da Lagoa dos Patos. Foram efetuados dois levantamentos que somaram aproximadamente um total de 800 km de perfilagem, distribuídos em diversos segmentos denominados perfis sísmicos. São considerados os registros sísmicos levantados próximos aos pontais arenosos da margem lagunar. A análise dos registros sísmicos permitiu o reconhecimento e o mapeamento das fácies sísmicas relacionadas com os pontais arenosos da Lagoa dos Patos. O crescimento dos pontais é marcado por refletores oblíquos mergulhantes e progradantes para o interior da laguna. Foram também reconhecidos refletores paralelos e caóticos. Os refletores paralelos são relacionados à sedimentação lagunar e os refletores caóticos ocorrem devido à presença de gás no pacote sedimentar. Este trabalho apresenta informações relevantes para os estudos relacionados com a evolução geológica dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

## **ABSTRACT**

This work is based on data a high- frequency (3.5 kHz) and resolution seismic survey performed in the Patos lagoon. Two surveys had been effected adding approximately 800 km of seismic profiles, distributed in various sections. It was specially considered the seismic profiles recorded near the sandy spits of the lagoon margin. The analyses of the seismic records allowed the recognition and mapping of the seismic facies related with the sandy spits of the Patos lagoon. The progradation of the sandy spits is well marked by oblique reflectors dipping to the lagoon interior. Reflectors parallels and cautics had been recognized. The parallels reflectors are related to the lagoonal sedimentation and the cautics reflects occur devoid the presence of gas in the sediments. This work presents importants informations to the studies related to the geological evolution of the several sand spits occurring in the Patos lagoon.

## SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO .....	9
1.1. OBJETIVOS .....	9
1.2. O ESTADO DA ARTE .....	9
1.3. METODOLOGIA .....	13
1.4. REFERÊNCIAS .....	19
II. ARTIGO I - RECONHECIMENTO E MAPEAMENTO DE FÁCIES SÍSMICAS NOS PONTAIS ARENOSOS DA LAGOA DOS PATOS, RS .....	24
III. ARTIGO II - FÁCIES SÍSMICAS DISTINGUÍDAS EM PERFIS SÍSMICOS LEVANTADOS PRÓXIMOS AOS PONTAIS ARENOSOS DA LAGOA DOS PATOS, RS .....	48
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
4.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	69
4.2. CONCLUSÕES .....	70
4.3. REFERÊNCIAS .....	71

### LISTA DE FIGURAS

Figura	Descrição	Página
Figura 1	Mapa da Lagoa dos Patos com a localização dos perfis obtidos nos dois levantamentos efetuados.	15
Figura 2	Padrões de terminação de reflexões/estratos nos limites superior e inferior de uma seqüência sísmica/seqüência deposicional.	16
Figura 3	Padrões de configuração de fácies sísmicas.	17
Figura 4	Geometrias externas típicas de algumas unidades de fácies sísmicas.	18
Figura 5	Mapa de localização dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.	29
Figura 6	Mapa de localização dos perfis levantados na Lagoa dos Patos e dos trechos mapeados nas figuras 7, 8, 9 e 10.	30
Figura 7	Fácies sísmicas identificadas no perfil 2. (a) Registro sísmico original do final do perfil 2, (b) interpretado. (c e e) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d e f) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	33
Figura 8	Fácies sísmicas identificadas no perfil 4. (a) Registro sísmico original do final do perfil 4, (b) interpretado. (c) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	35
Figura 9	Fácies sísmicas identificadas no perfil 6. (a) Registro sísmico original do final do perfil 6, (b) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	36
Figura 10	Fácies sísmicas identificadas no perfil 11. (a) Registro sísmico original do final do perfil 2, (b) interpretado. (c) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	38
Figura 11	Mapa de localização dos perfis levantados na Lagoa dos Patos e das seções mostradas nas figuras 13 a 21.	53
Figura 12	Padrões de configuração de fácies sísmicas; Padrões de terminação de reflexões nos limites superior e inferior de uma seqüência sísmica; e Geometrias externas típicas de algumas unidades de fácies sísmicas.	54
Figura 13	Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	56
Figura 14	Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	57

Figura 15	Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	58
Figura 16	Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	59
Figura 17	Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	60
Figura 18	Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	61
Figura 19	Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	62
Figura 20	Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	62
Figura 21	Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).	63

## ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação foi organizada conforme as normas para apresentação de dissertações de mestrado na forma de artigos. As normas foram publicadas no dia 12 de março de 2008 pelo Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - PPGeo/UFRGS.

O **capítulo I** consiste na **introdução** do trabalho. Além de apresentar os objetivos do estudo, o capítulo de introdução apresenta o item “o estado da arte”, onde foi realizada uma síntese dos trabalhos efetuados nos últimos anos e que estão relacionados ao tema da dissertação. No capítulo de introdução é apresentada ainda a metodologia utilizada na elaboração do trabalho e por fim as referências relacionadas a esse capítulo.

Os **capítulos II e III** apresentam os **artigos** que integram o corpo principal da dissertação. São dois artigos que tratam do reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas distinguidas em perfis sísmicos levantados no interior da Lagoa dos Patos. A base para o reconhecimento desses elementos arquiteturais reconhecidos no substrato da lagunar foi a análise da configuração dos refletores sísmicos, em concordância com as linhas gerais estabelecidas pela estratigrafia sísmica. O capítulo II exhibe o artigo “*Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS*”, este artigo foi submetido e aceito à publicação na Revista Pesquisas em Geociências do Instituto de Geociências da UFRGS. O capítulo III traz o artigo “*Fácies sísmicas observadas em perfis sísmicos obtidos próximos a pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS*”. Este último artigo foi submetido à publicação na Revista Eletrônica GRAVEL. Com a finalidade de adaptar os artigos ao corpo da dissertação, os artigos foram repaginados e as figuras renumeradas.

O **capítulo IV** traz as **considerações finais** da dissertação. Nesse capítulo é apresentada uma síntese dos resultados alcançados, as conclusões obtidas e as referências relacionadas a esse capítulo.

## I - INTRODUÇÃO



## **1.1. Objetivos**

O presente trabalho tem como enfoque fundamental o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais sísmicos representativos dos estratos que compõem os pontais arenosos da Lagoa dos Patos. Um dos alvos principais do trabalho é trazer informações relacionadas à evolução geológica dos pontais arenosos formados durante o Período Quaternário, nas margens do corpo lagunar.

O estudo é baseado na análise de dados sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) e resolução, levantados no interior da Lagoa dos Patos. O trabalho destaca os perfis sísmicos posicionados próximos aos diversos esporões arenosos da laguna. O reconhecimento e mapeamento das fácies sísmicas do substrato da Lagoa dos Patos pretendem trazer novos elementos para os estudos relacionados não só à evolução dos pontais arenosos com também à evolução geológica do corpo lagunar.

## **1.2. O Estado da Arte**

A dissertação discorre sobre fácies sísmica reconhecidas nos pontais arenosos formados nas margens da Lagoa dos Patos. Esta se encontra inserida na Província Costeira do Rio Grande do Sul. O estudo da geologia na região da Província Costeira vem sendo intensificado nos últimos anos através de investigações efetuadas por pesquisadores da área de geologia marinha e costeira.

A Província Costeira do Rio Grande do Sul tem sua origem atribuída aos eventos tectônicos iniciados no Jurássico e que levaram à ruptura do supercontinente Gondwana e à conseqüente abertura do Oceano Atlântico (Villwock & Tomazelli, 1995).

Esses eventos resultaram na formação de dois grandes compartimentos geomorfológicos que integram a Província Costeira, as chamadas Terras Altas e as Terras Baixas. As Terras Altas compreendem o Escudo Sul-rio-grandense, a Depressão Central e o Planalto das Araucárias, constituídos basicamente por rochas ígneas e metamórficas do Escudo Pré-Cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas, da Bacia do Paraná. As Terras Baixas abrangem os depósitos sedimentares da porção superior da Bacia de Pelotas, que constituem a Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

A Bacia de Pelotas é uma bacia sedimentar marginal aberta e estável (Weeks, 1952), depositada entre o Cretáceo Inferior (Albiano-Aptiano) e o Mioceno

(Fontana, 1990) e cuja espessura ultrapassa 10 mil metros. É constituída por sedimentos clásticos terrígenos originários da erosão do Escudo Sul-rio-grandense e da Bacia do Paraná. O retrabalhamento dos sedimentos da porção superior da Bacia de Pelotas, causado pelas variações do nível do mar do Mioceno ao Holoceno, levou à formação de ampla variedade de ambientes deposicionais transicionais e marinhos. Esses ambientes são constituídos por fácies sedimentares acumuladas basicamente em dois sistemas deposicionais siliciclásticos (Tomazelli *et al.*, 2000): Sistema de Leques Aluviais e Sistema Laguna-Barreira.

O Sistema Depositional de Leques Aluviais foi depositado entre o Terciário e Quaternário, e suas porções distais sofreram retrabalhamento em ambientes lagunares e marinhos. O Sistema Depositional Laguna-Barreira é constituído por quatro sistemas paralelos à linha de costa e desenvolvidos em direção ao mar, a partir dos leques aluviais.

O Sistema Laguna-Barreira é resultado de quatro grandes oscilações glácio-eustáticas do nível do mar, durante o Pleistoceno e Holoceno. Cada um desses sistemas laguna-barreira é constituído por barreiras arenosas extensas e relativamente estreitas que isolam grandes corpos lagunares, como a Lagoa dos Patos e as lagoas Mirim e Mangueira. Na porção da planície costeira, situada ao sul da embocadura da Lagoa dos Patos, os Sistemas Laguna-Barreira II, III e IV encontram-se bem preservados. A formação do Sistema II isolou a lagoa Mirim. O terceiro evento transgressivo-regressivo, ocorrido há cerca de 120 Ma aproximadamente, segundo idades relacionadas às curvas isotópicas de oxigênio (Schackleton & Opdyke, 1973; Imbrie *et al.*, 1984), isolou a Lagoa dos Patos e originou ambientes lagunares onde fósseis de mamíferos terrestres extintos foram acumulados. Atualmente esses depósitos fossilíferos encontram-se expostos ao longo das barrancas do arroio Chuí, próximo à cidade de Santa Vitória do Palmar. O Sistema IV, correlacionado com o último máximo transgressivo de há cerca de 5 Ma, é constituído pela linha de costa atual e diversas lagoas costeiras.

Conforme Villwock e Tomazelli (1995), análises detalhadas sobre trabalhos anteriores abordando a província costeira foram feitas por Delaney (1965), Ornellas (1981) e Villwock (1984). Ainda segundo Villwock e Tomazelli (1995) duas fases distintas, em relação à evolução dos conhecimentos sobre a área, podem ser

identificadas, uma fase antiga entre os anos de 1880 e 1950, e uma fase moderna após 1950.

A fase antiga distinguiu-se por trabalhos descritivos que abordam temas variados realizados por naturalistas, geógrafos, historiadores e filósofos. Dentre eles destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Backeuser (1918), Lamengo (1940) e Rambo (1942). A fase moderna dos estudos é marcada pelos trabalhos desenvolvidos em universidades, principalmente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e na área das empresas, onde se destaca o Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRÁS, que iniciava suas atividades na Bacia de Pelotas.

Com a criação da Escola de Geologia, em 1957, intensificaram-se as pesquisas na região costeira do RS com a vinda de pesquisadores do exterior, para atuarem nas áreas de geomorfologia, estratigrafia, sedimentologia, geologia histórica, entre outras.

Delaney (1965) apresenta pela primeira vez um mapa geológico da planície costeira do RS e uma coluna estratigráfica para as suas unidades aflorantes. Este trabalho é considerado por Tomazelli e Villwock (2000) como embasamento para todos os trabalhos que se seguiram.

Ainda segundo Tomazelli e Villwock (2000) os trabalhos no campo da sedimentologia, como os de Martins (1963; 1966) e Martins e Gamermann (1967) sobre os sedimentos de fundo da Lagoa dos Patos, e de Martins (1967) sobre sedimentos praias e eólicos, sustentaram a criação do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO e da área de concentração em Geologia Marinha do Programa de Pós-Graduação em Geociências - PPGeo, da UFRGS. A partir da criação do CECO/UFRGS, a região costeira do RS tem sido constantemente foco para trabalhos de pesquisas, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Do mesmo modo, os estudos e pesquisas efetuados na Lagoa dos Patos têm-se intensificado nos últimos anos.

Em um estudo detalhado sobre a Lagoa dos Patos, Toldo (1994) a descreve como um corpo d'água costeiro extenso (10.000 km<sup>2</sup>), raso (profundidade média de 6 m) e com largura variando entre 10 e 60 km. O comprimento total chega a 240 km, sendo que possui aproximadamente 180 km entre os Pontais de Itapuã e da Feitoria, correspondendo ao sistema lagunar, e aproximadamente 60 km de comprimento entre o Pontal da Feitoria e o Canal de Rio Grande, correspondendo ao sistema estuarino.

Entre os trabalhos que vêm sendo efetuados nos últimos anos na Lagoa dos Patos, alguns se destacam pela sua importância em relação à contribuição no entendimento evolutivo geológico e paleogeográfico da lagoa. Neste contexto podem-se citar os trabalhos de Barboza *et al.* (2003), Barboza *et al.* (2006), Corrêa *et al.* (2003), Corrêa *et al.* (2004), Ortiz (1995), Toldo (1994), Toldo *et al.* (2000), Toldo *et al.* (2000a), Toldo *et al.* (2003), Toldo *et al.* (2006), Toldo *et al.* (2006a), Weschenfelder (2005), Weschenfelder *et al.* (2005), Weschenfelder *et al.* (2005a) e Weschenfelder *et al.* (2006).

Pesquisas na área da palinologia também têm sido efetuadas na Lagoa dos Patos desde o ano 2000. Em Medeanic *et al.* (2000) e Medeanic *et al.* (2001), são apresentadas evidências palinológicas da transgressão marinha na Lagoa dos Patos durante o Holoceno. Medeanic (2004) apresenta um trabalho sobre a distribuição de palinófitos em sedimentos de superfície na margem do estuário da Lagoa dos Patos, em relação à vegetação atual. Medeanic (2006) e Medeanic *et al.* (2007) traz novos dados sobre palinófitos nos sedimentos da Lagoa dos Patos, e em Medeanic *et al.* (2008) são apresentados os resultados preliminares sobre um estudo de diatomáceas em sedimentos superficiais do fundo lagunar.

São poucos os trabalhos publicados que utilizaram dados sísmicos de alta resolução na investigação da pilha sedimentar acumulada na planície costeira do RS. Weschenfelder (2005) cita trabalhos que empregaram dados sísmicos em estudos efetuados na região costeira do RS, como os estudos sismoestratigráficos de Gonçalves *et al.* (1979), Ojeda (1982) e Fontana (1996) que caracterizaram o arcabouço estrutural da bacia de Pelotas. Fontana (1990) utilizou dados sísmicos e de poços a fim de analisar o desenvolvimento termomecânico da bacia de Pelotas e da parte sul da plataforma de Florianópolis. Fontana (1990a) apresenta um trabalho preliminar de investigação geofísica sobre o Cone de Rio Grande, um dos aspectos fisiográficos mais marcantes na morfologia de fundo nos limites da bacia.

Os trabalhos que utilizaram dados sísmicos na Lagoa dos Patos têm sido intensificados nos últimos anos. Com o auxílio de ecogramas de 7 kHz, Toldo (1994) e Toldo *et al.* (2000) estudaram a sedimentação holocênica na Lagoa dos Patos. Foi mapeado um refletor sísmico de subsuperfície que marcaria o limite Pleistoceno/Holoceno no interior do corpo lagunar. Ortiz (1995) utilizou trechos desses mesmos ecogramas de 7 kHz para auxiliar na identificação do canal fluvial

pleistocênico do Rio Camaquã, o qual desemboca atualmente na margem oeste da Lagoa dos Patos.

Corrêa *et al.* (2003) e Corrêa *et al.* (2004) apresentaram os resultados de um levantamento sísmico no canal de acesso a Lagoa dos Patos, em Rio Grande. A interpretação sísmica dos dados foi embasada na análise da configuração dos refletores sísmicos, sendo reconhecidas estruturas de barreiras transgressivo-regressiva. Estas estruturas evidenciam a presença de antigos cordões arenosos progradantes de provável idade pleistocênica.

Weschenfelder *et al.* (2005) apresentam os elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução (3,5 kHz), como resultado foi reconhecido três seqüências sísmicas e conseqüentemente as fácies sísmicas que constituíam cada uma das seqüências. Vasconcellos (2006), Vasconcellos *et al.* (2006), Weschenfelder *et al.* (2005a) e Weschenfelder *et al.* (2006) utilizaram dos mesmos dados sísmicos de 3,5 kHz para distinguir anomalias acústicas devida à presença de gás. A presença de gás no pacote sedimentar oculta as estruturas sedimentares.

Toldo *et al.* (2006) utilizaram dados sísmicos obtidos em freqüências de 7 kHz para descrever a geologia de subsuperfície rasa da Lagoa dos Patos. Neste trabalho foi identificado um refletor sísmico que representaria a superfície sobre a qual se desenvolveu a sedimentação lagunar holocênica.

### **1.3. Metodologia**

O trabalho foi elaborado com base em dados sísmicos de alta freqüência adquiridos no interior da Lagoa dos Patos. Com o intuito de complementar o estudo obteve-se também dados secundários da literatura técnica existente.

- **Aquisição dos Dados Sísmicos**

Foram efetuados dois levantamentos sísmicos no interior da Lagoa dos Patos, o primeiro realizado entre 30/11/02 e 05/12/02 e o segundo entre 24/07/06 e 28/07/06. No primeiro levantamento foi efetuado 400 km de perfilagem sísmica, distribuídos em 12 perfis e no segundo levantamento foram cerca de 400 km seccionados em 15 perfis sísmico. O levantamento dos dados sísmicos foi obtido a bordo da Lancha LARUS da Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG. A rota e o posicionamento dos perfis foram efetuados com o auxílio de um sistema

diferencial de posicionamento por satélite (DGPS). A figura 1 apresenta o mapa da Lagoa dos Patos com a localização dos perfis levantados.

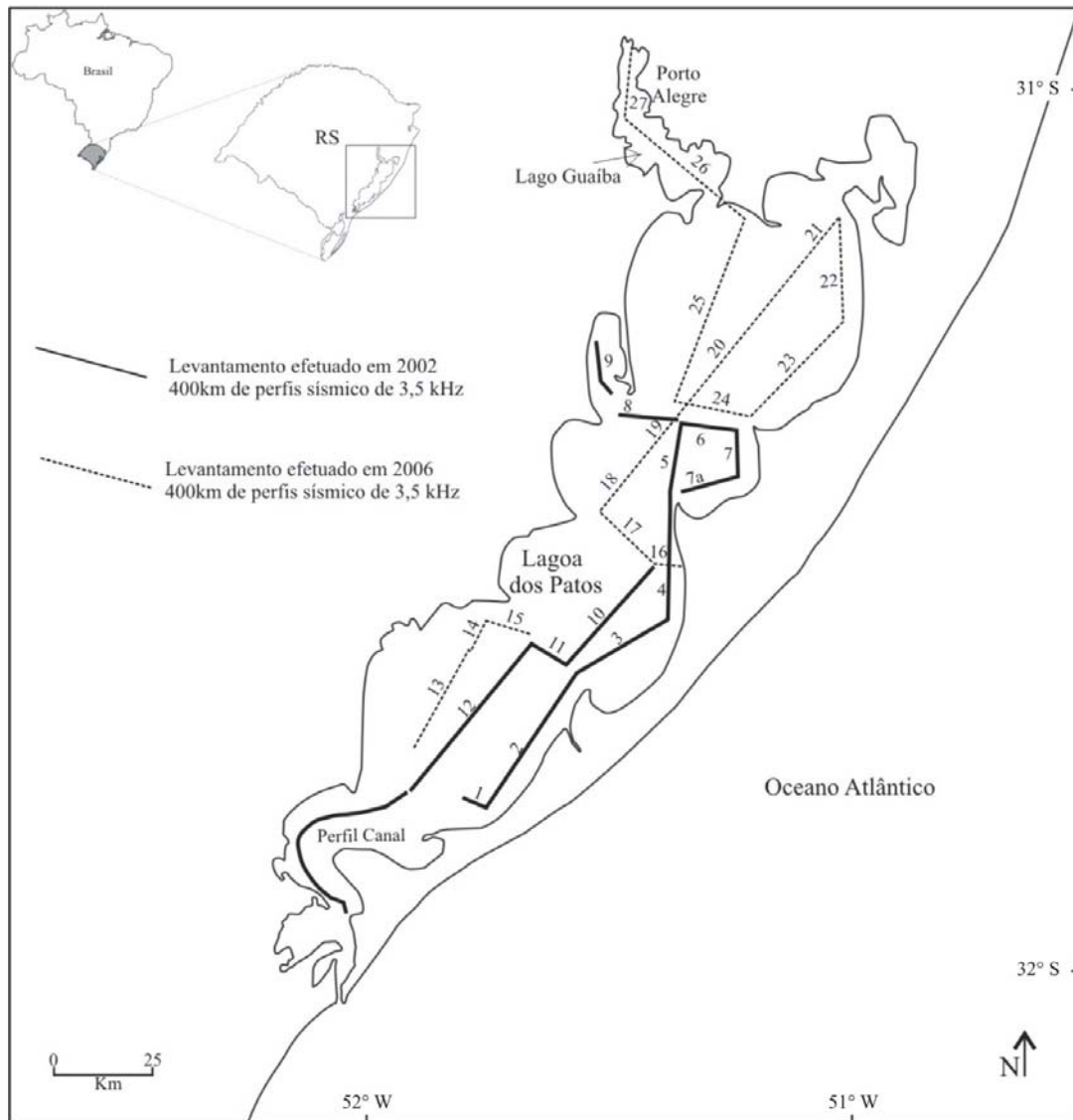
Os dados sísmicos foram obtidos com um equipamento perfilador de subsuperfície *GeoAcoustics*, sistema análogo e digital, operando na frequência de 3,5 kHz, associado com o processador digital com avançado sistema de aquisição, gravação, correção de imagem, análise do sinal, geração, impressão e exibição dos perfis em tempo real.

O sistema de aquisição sísmica era composto por: receptor Geopulse (5210A); transmissor Geopulse (5430A); transdutor (132B, com 4 elementos); impressora (EPC HSP1086); unidade de processamento (GeoPro); unidade digital Pentium III com software de aquisição sonarwiz.sbp da *Chesapeake Technology, Inc.*, com acessórios e periféricos.

As características principais desse sistema de aquisição são: - ajuste da potência de saída (10 kW contínuo); - ajuste da impedância (12.5, 25, 50 ou 100); - ajuste contínuo da frequência de 2 a 7 kHz; - seletor de comprimento do pulso; - amplificador interno; - comprimento do pulso de 1, 2, 4, 8, 16 ou 32 ciclos; - modos de operação em ganho compartilhado ou ganho zero e TVG (*Time Variant Gain*) com atenuação de 20 dB; - processador digital com sistema de aquisição, gravação, correção de imagem, análise do sinal, identificação do objeto e mosaico em tempo real; - processamento analógico incluindo ganho, atenuação, e filtros de banda alta e baixa, TVG, correção da velocidade e filtros de imagens.

Os dados sísmicos foram salvos em formato digital (SEG-Y), em disco rígido ou periféricos, podendo deste modo serem utilizados em *softwares* de processamento, visualização, interpretação e edição de dados sísmicos, assim como impressos em papel termicamente ativado. Este último sendo efetuado somente no levantamento sísmico de 2002.

Para avaliar a profundidade dos refletores sísmicos foi considerada uma velocidade média de deslocamento do sinal acústico de 1.650 m/s no pacote sedimentar e de 1.500 m/s na água (Jones, 1999).

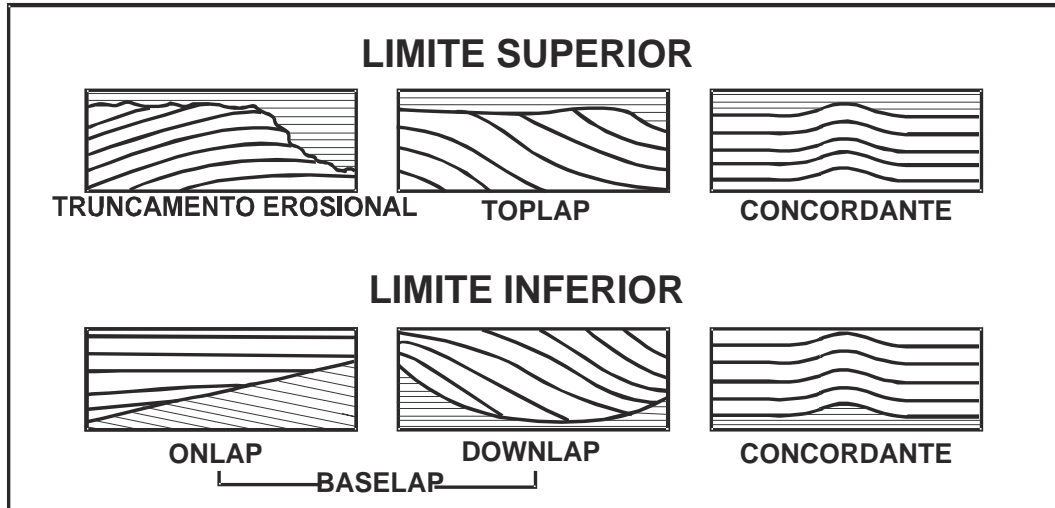


**Figura 1.** Mapa de localização dos perfis levantados em 2002 e em 2006 na Lagoa dos Patos

- **Análise dos Dados Sísmicos**

O reconhecimento e o mapeamento das fácies sísmicas do substrato da Lagoa dos Patos tiveram como base a análise da configuração interna dos refletores, o tipo de terminação lateral das superfícies sísmicas e a geometria externa dos pacotes, em concordância com as linhas gerais estabelecidas pela sismoestratigrafia (Mitchum *et al.*, 1977). É uma abordagem metodológica que permite a interpretação geológica sistemática dos registros sísmicos, a qual forneceu informações sobre os elementos sísmo-depositacionais de estruturação interna dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

Os padrões de **terminação lateral** de refletores, que são usados mais comumente nas interpretações sísmo-estratigráficas, são: *lapout*, *onlap*, *dowlap*, *toplap*, truncamento e concordante (Fig. 2).



**Figura 2.** Padrões de terminação de reflexões/estratos nos limites superior e inferior de uma seqüência sísmica/seqüência deposicional (de Severiano Ribeiro, 2001).

No *lapout* as reflexões terminam lateralmente em seu limite deposicional original. É dividido em *baselap* e *toplap*. O primeiro é quando o *lapout* ocorre no limite inferior e o segundo quando ocorre no limite superior da unidade sísmica.

*Baselap* é subdividido em *onlap* e *downlap*. O *onlap* é caracterizado pela terminação de refletores horizontais contra uma superfície inclinada, caracterizando uma discordância. *Downlap* é quando os refletores mergulham suavemente contra uma superfície inclinada ou horizontal. Em algumas situações *onlap* e *downlap* podem ser confundidos, nesse caso usa-se o termo mais abrangente de *baselap*.

A terminação em *toplap* fica caracterizada quando os estratos acabam ascendentemente contra camadas superiores e é interpretada como resultado de não-deposição ou erosão muito reduzida.

Um truncamento erosional implica em deposição de camadas e seu conseqüente basculamento e remoção por erosão, resultando uma superfície discordante.

A concordância é quando as reflexões de duas unidades sísmicas ou seqüências adjacentes se apresentam paralelas com a superfície que as delimitam, podendo ocorrer no topo ou na base de uma unidade sísmica ou seqüência.

A **configuração interna** das reflexões é o parâmetro de fácies sísmicas que melhor as caracteriza, sendo mais comumente utilizado na análise sísmica (Fig. 3).

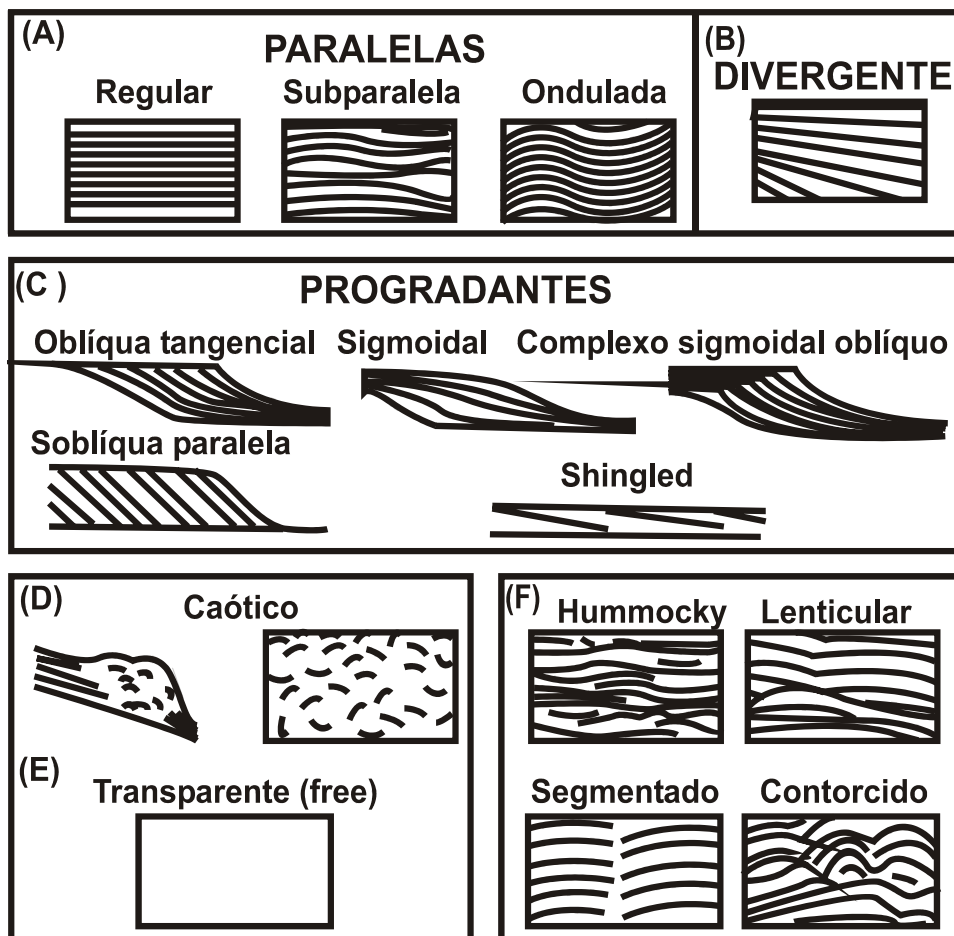
As configurações paralelas e subparalelas indicam uma taxa de deposição uniforme dos estratos, sobre uma superfície estável ou uniformemente subsidente. A



configuração divergente indica uma variação em área na taxa de deposição e/ou inclinação progressiva do substrato.

As configurações progradantes ocorrem em áreas onde os estratos superpõem-se lateralmente, constituindo assim superfícies inclinadas chamadas de clinofomas.

As configurações caóticas constituem em reflexões discordantes e descontínuas, onde a feição deposicional pode ser reconhecida ou não, podendo evidenciar estratos com dobramentos, pequenas falhas, estruturas de escorregamento ou convolutas.



**Figura 3.** Padrões de configuração de fácies sísmicas (de Severiano Ribeiro, 2001).

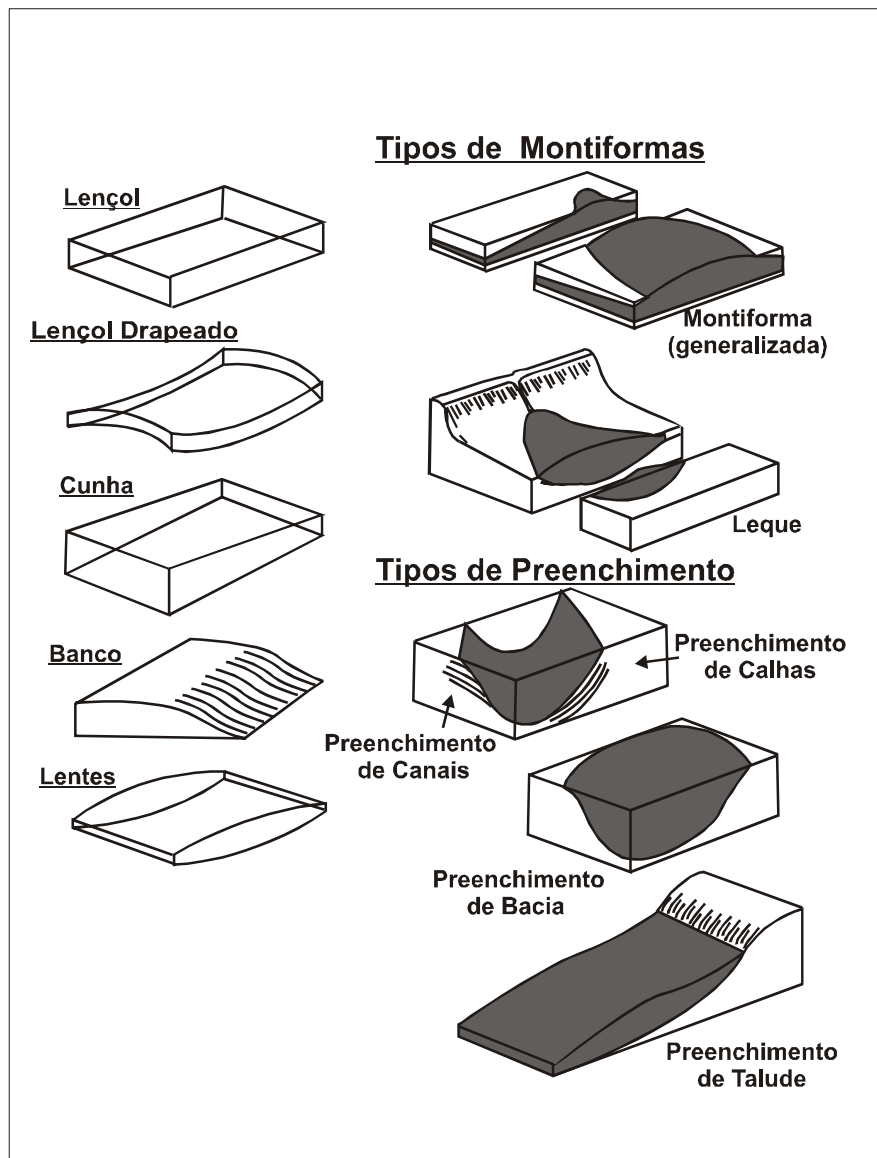
Os padrões de configuração transparentes são intervalos com ausência de reflexão, podendo indicar litologia homogênea para o método sísmico ou não estratificada.

A configuração *hummocky* apresenta os refletores descontínuos, irregulares, subparalelos, formando um padrão ondulado segmentado. Esse padrão é

interpretado como lobos de estratos interdigitados no prodelta, área interdeltáica de águas rasas ou leques turbidídicos de sopé de talude.

A figura 4 ilustra a **geometria externa** de fácies sísmicas. A forma tridimensional e a expressão areal são características importantes.

As geometrias em lençol, cunhas e bancos indicam ambientes plataformais, podendo ter configurações internas do tipo paralela, divergente e progradacional.



**Figura 4.** Geometrias externas típicas de algumas unidades de fácies sísmicas (de Severiano Ribeiro, 2001).

É denominado de lençol ondulado a geometria externa de superfície paralela, pouco ondulada e configuração interna paralela. Essa geometria caracteriza deposição uniforme em conformidade com a superfície subjacente.

As geometrias em lentes associam-se a várias fácies sísmicas, sendo mais comum nas clinofórmulas prográdantes.

As montiformas caracterizam feições deposicionais mais elevadas topograficamente em relação às camadas adjacentes, podem ser resultados de processos sedimentares, vulcânicos e biogênicos.

As geometrias de preenchimento são interpretadas como a sedimentação negativa em feições do relevo da superfície deposicional, sendo erosivas ou não.

#### 1.4. Referências

- BACKEUSER, E.A., 1918. **A faixa litorânea do Brasil Meridional, ontem e hoje**. Rio de Janeiro: Bernard Freres, 210 p.
- Barboza, E.G., Tomazelli, L.J. 2003. Erosional features of the eastern margin of the Patos Lagoon, Southern Brazil : Significance for Holocene history. **Journal of Coastal Research** SI 35, 260-264.
- Barboza, E. G., Toldo, E. E., Tomazelli, L. J., Dillenburg, S. R., Ayup-Zouain, R. N. 2006. Stratigraphic and holocenic evolution of the submerged platform of the eastern margin of the Lagoa dos Patos lagoon, RS. **Journal of Coastal Research** 39 (1), 266-269.
- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2003. Recife-PE. **Boletim de resumos expandidos..**, cd-rom, 3 p.
- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2004. Estruturas e evolução dos cordões arenosos pleistocênicos no canal de acesso à Laguna dos Patos - RS, Brasil (Structures and evolution of the pleistocenic sand beach ridges in the Patos Lagoon inlet, RS, Brazil). **Revista Pesquisas em Geociências** 31, 69-78
- DELANEY, P.J.V., 1965. Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do sul. Porto Alegre. **Publicação Especial da Escola de Geologia, UFRGS**, 6:1-195.
- FONTANA, R.L., 1990. Desenvolvimento Termomecânico da Bacia de Pelotas e Parte Sul da Plataforma de Florianópolis. In: RAJA BAGAGLIA, G.P., MILANI, E.J. (eds.). **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro, Brasil - Petrobrás, p 377-400.

- FONTANA, R.L., 1990a. Investigações Geofísicas Preliminares Sobre o Cone de Rio Grande, Bacia de Pelotas - Brasil. **Acta Geológica Leopoldensia**, 13(30):161-170.
- FONTANA, R.L., 1996. **Geotectônica e Sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis**. Porto Alegre. 364 p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GONÇALVES, A., OLIVEIRA, M.A.M., MORA, S.O., 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. **Boletim Técnico da Petrobrás**, 22(3):157-174.
- IMBRIE, J., HAYS, J.D., MARTINSON, D.G., MCINTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L., SHACKLETON, N.J., 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record. In: BERGER, A.L., IMBRIE, J., HAYS, J., KUKLA, G., SALTZMAN, B. (eds.). **Milankovitch and Climate, Part I**. Boston: Reidel. P. 269-305.
- JONES, E. J. W., 1999. **Marine Geophysics**. Wiley & Sons (eds.), 466p.
- LAMENGO, A.R., 1940. **Restingas na costa do Brasil**. Rio de Janeiro. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Boletim 96. 66 p.
- MARTINS, L.R., 1963. Contribuição à Sedimentologia da Lagoa dos Patos I, RS, Sacos do Rincão e Medanha. UFRGS, Porto Alegre. **Boletim da Escola de Geologia**, 13:1-43.
- MARTINS, L.R., 1966. Contribuição à Sedimentologia da Lagoa dos Patos II, Sacos do Arraial, Umbu e Mangueira. UFRGS, Porto Alegre. **Notas e Estudos da Escola de Geologia**, 1(1):27-42.
- MARTINS, L.R., 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre. **Publicação Especial da Escola de Geologia**, 13. 102 p.
- MARTINS, L.R., GAMERMANN, N., 1967. Contribuição à Sedimentologia da Lagoa dos Patos III, Granulometria da zona norte e média. **Iheringia (Geologia)** A:77-86.
- MEDEANIC, S., The distribution of palynomorphs in the surface sediments on the margin of the Patos lagoon estuary, RS, Brazil, as compared with the actual vegetation. **Iheringia**. Série botânica, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 183-200, 2004.

- MEDEANIC, S., The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos Lagoon. **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v. 61(1,2, n. 1-2, p. 49-62, 2006.
- MEDEANIC, S., TOLDO, E.E.JR., DILLENBURG, S.R., 2000. Palynological evidence of marine ingression in the Lagoa dos Patos lagoon during the late Holocene. **Geociências**, V:141-145.
- MEDEANIC, S., DILLENBURG, S.R., TOLDO, E.E.JR., 2001. Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial em sedimentos da laguna dos Patos, RS, Brasil. **Geociências**, VI: 64-76.
- MEDEANIC, S., CORRÊA, I.C.S., WESCHENFELDER, J. 2007. Palinomorfos nos sedimentos de fundo da Laguna dos Patos – RS: Aplicação nas reconstruções paleoambientais. **Gravel** (periódico em CD, CECO/UFRGS) 5 (1), 89-102, 2007.
- MEDEANIC, S.; CORRÊA, I.C.S.; WESCHENFELDER, J. Resultados preliminares sobre as diatomáceas dos sedimentos superficiais do fundo da Laguna dos Patos. **Gravel** (periódico em CD, CECO/UFRGS), v. 6, p. 15-25, 2008.
- MITCHUM, R.M.,JR., VAIL, P.R., SANGREE, J.B., 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 Geologists Memoir, Tulsa, **26**:117-133.
- OJEDA, H.A.O., 1982. Structure, stratigraphy and evolution of the brazilian marginal basin. **AAPG Bulletin**, 66(6):732-749.
- ORNELLAS, L.P 1981. **Os Ostracodes e seu significado na interpretação dos eventos cenozóicos na Bacia de Pelotas, RS. Transgressões, Regressões, Paleocologia e Bioestratigrafia**. Porto Alegre, 218p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ORTIZ, J.D.R., 1995. **O preenchimento sedimentar do vale inciso do Rio Camaquã, Quaternário da Província Costeira do RS**. Porto Alegre, 182p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RAMBO, B., 1942. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Of. Graf. Imprensa Oficial. 360 p.

- SCHACKLETON, N.J., OPDYKE, N.D., 1973. Oxygen Isotope and Paleomagnetic Stratigraphy of Pacific Core. V 28-238: Oxygen Isotopic Temperatures and Ice Volumes on a 105 and 106 Year Scale. **Quaternary Research**, 3:39-55
- SEVERIANO RIBEIRO H. J. P., 2001. **Estratigrafia de seqüências – Fundamentos e aplicações** (organizador). Ed. Unisinos, 428 p.
- TOLDO, E.E., Jr., 1994. **Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar da Lagoa dos Patos**. Porto Alegre, 143p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., 2000. Holocene sedimentation in Lagoa dos Patos lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**, 16(3):816-822.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., 2000a. Swash Bar Migration at the Inlet of the Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. **Journal of Coastal Research** 33, 489-492.
- TOLDO, E.E., JR., ALMEIDA, L.E.S.B., CORRÊA, I.C.S., 2003. Forecasting Shoreline Changes of Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. **Journal of Coastal Research**, CERF-UNIVALI-CTTMar SI35, 43-50.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., WESCHENFELDER, J., GRUBER, N.L.S. 2006. Sedimentação de longo e curto período na Lagoa dos Patos, Sul do Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências** 33 (2), 79-86
- TOLDO, E.E., JR., ALMEIDA, L.E.S.B., CORRÊA, I.C.S., FERREIRA, E. R., GRUBER, N.L.S. 2006a. Wave prediction along Lagoa dos Patos coastline, southern Brazil. **Revista Atlântica** 28 (2), 10-20.
- TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A., 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M., DE ROS, L.F. (eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**, pp. 375-406.
- TOMAZELLI, L.J., DILLENBURG, S.R., VILLWOCK, J.A. 2000. Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul Coastal Plain, southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, 30(3): 474-476
- VASCONCELOS, V. E. B.; WESCHENFELDER, J.; PEREIRA, C. M.; Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução: caracterização, mapeamento e fatores condicionantes. In: XLIII Congresso

Brasileiro de Geologia, 2006, Aracaju. **Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia**, 2006. p. 1-1.

VASCONCELOS, V. E. B.; **Caracterização das ocorrências de gás raso na Lagoa dos Patos**. 2006. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Agência Nacional do Petróleo.

VILLWOCK, J.A., 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas** 1:69-85.

VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, 8:1-45.

WEEKS, L.G. 1952. Factors of Sedimentary Basin Development that control oil occurrence. **American Association Petroleum Geologist Bulletin**, 36:2071-124.

WESCHENFELDER, J., **Processos sedimentares e variação do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul-Brasil**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. **Pesquisas em geociências**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 57-67, 2005.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Gas accumulations revealed by high-resolution seismics in the Patos lagoon, southern Brazil. In: **VIII International Conference on Gas in Marine Sediments**, 2005, Vigo. Anais do evento e CD-ROM, 2005a.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Shallow gas accumulation in sediments of the Patos Lagoon, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, Brasil**, v. 78, n. 3, p. 607-614, 2006.

**II – ARTIGO I - Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS**



Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS

Recognition and mapping of seismic facies in the sandy spits of the Patos lagoon, RS

Carla Mandrácio Pereira; Jair Weschenfelder; Iran C. S. Corrêa

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Cx. Postal 15.001, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil  
*e-mail:* mandracio@yahoo.com.br

## ABSTRACT

The main objective of this work is to recognize and map the seismic architectural elements of the sandy spits occurring in the Patos lagoon, a lagoonal body located in the coastal plain of the Rio Grande do Sul State. The study is based on data from a high-frequency (3.5 kHz) and resolution seismic survey performed in the Patos lagoon, aboard of the research vessel LARUS of the Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Around 400 km of seismic profiles were collected in various sections. It was considered the seismic profiles recorded near the sandy spits of the lagoon margin. The analyses of the seismic records allowed the recognition and mapping of the seismic facies that built up the sandy spits of the Patos lagoon. The progradation of the sandy spits is well marked by oblique-tangential reflectors dipping to the lagoon interior. The package composed of these progradation reflectors overlies a package of subparallel reflectors or, sometimes, an erosional unconformity. Throughout the records a seismic facies composed of parallel, regular, and gentle dipping reflectors occurs in the top of the sequence. It was related to the lagoonal sedimentation. This work contributes with new elements to the studies related to the geological evolution of the several sand spits occurring in the Patos lagoon.

**Key words:** sismoestratigrafia, sandy spits, Lagoa dos Patos.

### 2.1. Introdução

Dados sísmicos obtidos com perfiladores de fundo e subfundo, operando em alta frequência, são comumente utilizados para a análise dos ambientes de sedimentação. A frequência nesses equipamentos geralmente varia de 3,5 a 12 kHz, resultando em uma alta resolução dos refletores de subsuperfície, porém com penetração no pacote sedimentar baixa, geralmente inferior a 30m.

São poucos os trabalhos publicados que utilizam dados sísmicos de alta resolução para o estudo da região costeira do Rio Grande do Sul (RS). Toldo (1994) e Toldo *et al.* (2000) estudaram, com o auxílio de ecogramas de 7 kHz, a sedimentação holocênica na Lagoa dos Patos. Esses autores identificaram um refletor de subsuperfície que marcaria o limite Pleistoceno/Holoceno no interior da lagoa. Ortiz (1995) utilizou segmentos desses mesmos ecogramas na identificação do canal fluvial pleistocênico do rio Camaquã, o qual desemboca na margem da lagoa dos Patos.

Corrêa *et al.* (2003) e Corrêa *et al.* (2004) apresentam os resultados de um levantamento sísmico de alta resolução, onde foi revelado a presença de estruturas de barreira no subfundo do canal de acesso à Lagoa dos Patos, em Rio Grande. Através desses mesmos dados sismológicos Weschenfelder (2005) e Weschenfelder *et al.* (2005a) apresentam o estudo de elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos, onde estabeleceram três seqüências deposicionais e suas diversas fácies sísmicas

constituintes, e Weschenfelder *et al.* (2008) revelam a presença de um paleocanal nas proximidades do canal da Barra Falsa, próximo a cidade de Bojurú. Ainda baseados nos mesmos dados de 3,5 kHz, Weschenfelder *et al.* (2006), Weschenfelder *et al.* (2005b) e Vasconcellos (2006) apresentam acumulações de gás raso nos sedimentos da Lagoa dos Patos.

Este trabalho tem como objetivo principal o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais sísmicos que compõem os pontais arenosos da Lagoa dos Patos. O estudo é baseado na análise de dados sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) e resolução, levantados no interior do corpo lagunar. Foi dada ênfase aos perfis sísmicos posicionados próximos aos diversos esporões arenosos da lagoa. O reconhecimento e mapeamento das fácies sísmicas do substrato da Lagoa dos Patos, objetiva trazer novos elementos para os estudos relacionados à evolução geológica do corpo lagunar.

## 2.2. Área de Estudo

A planície costeira do RS consiste na parte superficial da Província Costeira do Rio Grande do Sul, representando uma ampla área plana de terras baixas que se alonga por 600 km, na direção SW-NE. Possui largura média de 60-70 km na porção centro-sul e de 15-20 km na porção norte. A área superficial é ocupada, em maior parte, por um sistema de lagos costeiros numa área de 33.000 km<sup>2</sup>.

O setor das terras baixas, desta planície costeira, se compartilha em termos geomorfológicos em: Planície Aluvial Interna, Barreira das Lombas, Sistema lagunar Guaíba-Gravataí, Barreira Múltipla Complexa e Sistema lagunar Patos-Mirim (Villwock e Tomazelli, 1995)

A Lagoa dos Patos é um dos elementos fisiográficos mais marcantes da planície costeira do RS. Consiste em uma laguna de captação da rede de drenagem da Bacia do Sudeste do Rio Grande do Sul e de Nordeste da República do Uruguai, tendo como principal tributário o complexo Guaíba, situado ao norte do corpo lagunar. A área total da bacia de drenagem alcança 180.000 km<sup>2</sup>, cujas águas escoam para o Oceano Atlântico através do canal de Rio Grande (Toldo, 1994).

As fácies sedimentares que se acumularam na Província Costeira do Rio Grande do Sul, durante o Cenozóico, são de natureza predominantemente clástica terrígena

provindas das terras altas do oeste. Essa deposição se deu através de processos desenvolvidos em diversos ambientes deposicionais costeiros ali instalados.

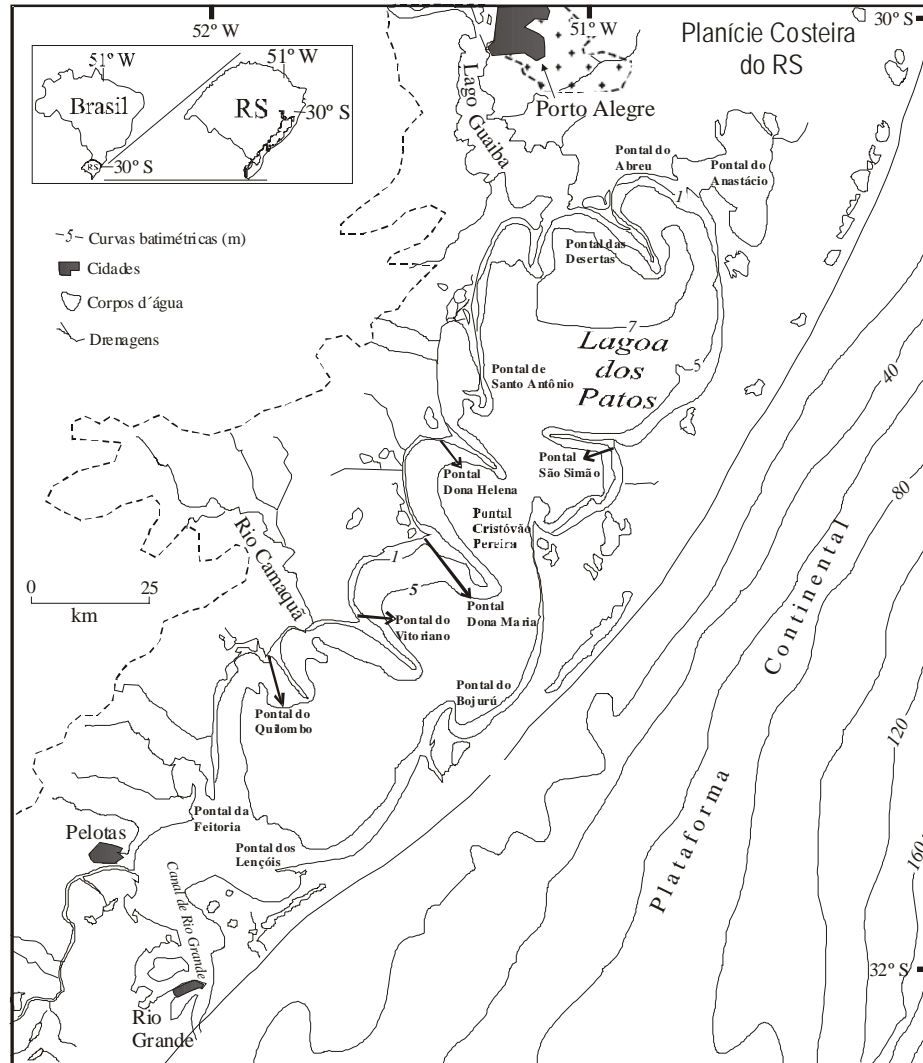
O conceito de sistema deposicional foi usado por Villwock e Tomazelli (1995) para agrupar as fácies sedimentares da região costeira do Rio Grande do Sul em dois tipos de sistemas deposicionais siliciclásticos: Sistema de Leques Aluviais e Sistema tipo Laguna-Barreira.

Em um estudo detalhado sobre a Lagoa dos Patos, Toldo (1994) a descreve como um corpo d'água costeiro extenso (10.000 km<sup>2</sup>), raso (profundidade média de 6 m) e com largura variando entre 10 e 60 km. O comprimento total chega a 240 km, sendo que possui aproximadamente 180 km entre os Pontais de Itapuã e da Feitoria, correspondendo ao sistema lagunar, e aproximadamente 60 km de comprimento entre o Pontal da Feitoria e o Canal de Rio Grande, correspondendo ao sistema estuarino.

A lagoa possui uma grande extensão superficial se comparada com sua pequena profundidade, gerando assim uma seção transversal que lembra a forma de um prato. Tal forma, definida por elementos batimétricos e sedimentológicos, permite dividir a lagoa, em relação ao relevo submerso, em duas regiões morfológicas. A primeira região é a margem lagunar, que se desenvolve sobre depósitos costeiros constituintes de sistemas deposicionais de leques aluviais e do tipo 'laguna/barreira'. A segunda região é o piso lagunar, correspondente a um fundo plano que se desenvolve abaixo da isóbata de -5 m e ocupando aproximadamente 60 % da área total da lagoa.

Nas margens da Lagoa dos Patos ocorrem diversos esporões arenosos, uma feição marcante devido a sua magnitude e também importante pelo seu registro geológico em relação aos processos sedimentares. Esses esporões são também chamados de pontais arenosos, projetando-se para o interior da lagoa por distâncias aproximadas de 5 a 25 km e com altura média de 1 m.

Ainda segundo Toldo (1994), cada pontal cresce com uma direção distinta, porém se desenvolvem sobre uma superfície submersa rasa de -1 m. Na margem lagunar oeste crescem os esporões Pontal de Santo Antônio, Pontal Dona Helena, Pontal Dona Maria, Pontal do Vitoriano, Pontal do Quilombo e Pontal da Feitoria. Na margem lagunar norte cresce o Pontal das Desertas e o Pontal do Abreu. Na margem leste crescem mais cinco esporões: Pontal do Anastácio, Pontal de São Simão, Pontal Cristóvão Pereira, Pontal do Bojurú e Pontal dos Lençóis (Fig. 5).



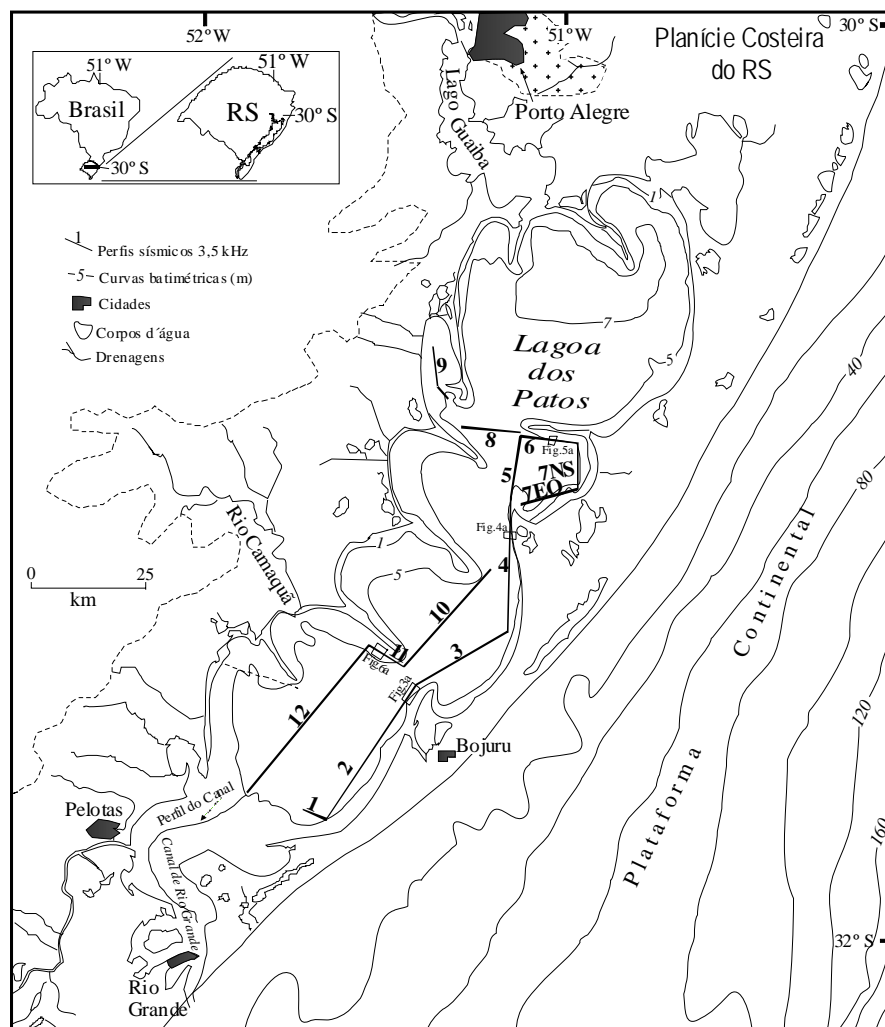
**Figura 5.** Mapa de localização dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

### 2.3. Metodologia

O levantamento de perfis sísmicos na Lagoa dos Patos foi obtido a bordo da Lancha LARUS da Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG, em dezembro de 2002. Na ocasião foram levantados em torno de 400 km de perfilagem sísmica, distribuídos em 12 perfis (Fig. 6). A rota e o posicionamento dos perfis foram efetuados com o auxílio de um sistema diferencial de posicionamento por satélite (DGPS).

Os dados sísmicos foram obtidos com um equipamento perfilador de subsuperfície *GeoAcoustics*, sistema análogo e digital, operando na frequência de 3,5 kHz, associado com o processador digital com avançado sistema de aquisição, gravação, correção de imagem, análise do sinal, geração, impressão e exibição dos perfis em tempo real. O sistema de aquisição sísmica era composto por: receptor

Geopulse (5210A); transmissor Geopulse (5430A); transdutor (132B, com 4 elementos); impressora (EPC HSP1086); unidade de processamento (GeoPro); unidade digital Pentium III com software de aquisição sonarwiz.sbp da *Chesapeake Technology, Inc.*, com acessórios e periféricos. Os dados sísmicos foram salvos em formato digital (SEG-Y), podendo deste modo ser utilizados em *softwares* de processamento, visualização, interpretação e edição de dados sísmicos, assim como impressos em papel termicamente ativado. Para avaliar a profundidade dos refletores sísmicos foi considerada uma velocidade média de deslocamento do sinal acústico de 1 650 m/s no pacote sedimentar e de 1 500 m/s na água (Jones, 1999).



**Figura 6.** Mapa de localização dos perfis levantados na Lagoa dos Patos e dos trechos mapeados nas figuras 7, 8, 9 e 10.

## 2.4. Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados da análise sísmica efetuada nos perfis sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) e resolução levantados nas proximidades de pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

Considerando a qualidade do registro sísmico, quatro perfis foram selecionados para uma análise detalhada dos elementos arquiteturais vinculados aos pontais arenosos. São eles: perfil 2, próximo ao Pontal de Bojurú; perfil 4, próximo ao Pontal Cristóvão Pereira; perfil 6, próximo ao Pontal de São Simão; e perfil 11, próximo ao Pontal Vitoriano.

- **Perfil Sísmico 2**

O perfil sísmico 2 foi levantado próximo ao **Pontal de Bojurú** (Fig. 5), que se desenvolve na margem leste da Lagoa dos Patos, a cerca de 38 km da cidade de Bojurú. O pontal cresce para norte, encurvando-se para nordeste na sua extremidade. A parte emersa do pontal possui um comprimento aproximado de 12 km, enquanto que seu esporão submerso cresce também para norte-nordeste, em torno 3 km a partir da extremidade do esporão emerso.

O perfil sísmico 2 apresenta um comprimento aproximado de 38 km, com orientação de sudoeste para nordeste. O trecho final do perfil foi levantado paralelo à projeção do Pontal de Bojurú. Seu afastamento da margem lagunar varia de 4 a 8 km aproximadamente. A profundidade média da lâmina d'água, ao longo do perfil, é em torno de 6 m, exceto na parte inicial e final da linha sísmica, onde a profundidade decresce para 5 m devido à proximidade da margem lagunar. Localmente, nos últimos 4 km do registro sísmico do perfil 2, a profundidade da lâmina d'água aumenta gradativamente até atingir em torno de 7 m, local onde o perfil volta a se afastar da margem lagunar.

O setor NE do perfil 2 apresenta os elementos arquiteturais sísmicos correspondentes ao Pontal de Bojurú. Em uma seção, de aproximadamente 5 km, do final deste perfil é possível reconhecer 3 fácies sísmicas distintas: plano-paralela, oblíqua tangencial e subparalela (Fig. 7).

A fácies plano-paralela localiza-se no topo, próximo ao fundo lagunar, e apresenta-se com maior intensidade no final da seção.

A fácies oblíqua tangencial encontra-se na parte intermediária do pacote, entre a fácies plano-paralela e a fácies subparalela.

A fácies subparalela aparece no final do setor de transição entre as fácies oblíqua e plano-paralela.

A análise do registro sísmico da figura 3a permitiu a interpretação sísmica apresentada na figura 7b. Esta interpretação sísmica demonstra refletores com uma configuração interna progradante, do tipo oblíqua tangencial, por aproximadamente 4 km. A partir daí, passa para refletores subparalelos no final da seção. Refletores paralelos localizam-se ao longo de toda a seção, na sua parte mais superior.

Os refletores estão registrados em um pacote de aproximadamente 10 m de espessura, delimitado no topo pelo refletor que representa a superfície de fundo da lagoa e na base pelo refletor de múltipla de fundo. Os refletores possuem espaçamento e intensidade irregulares, apresentando-se mais fracos em alguns setores do registro sísmico.

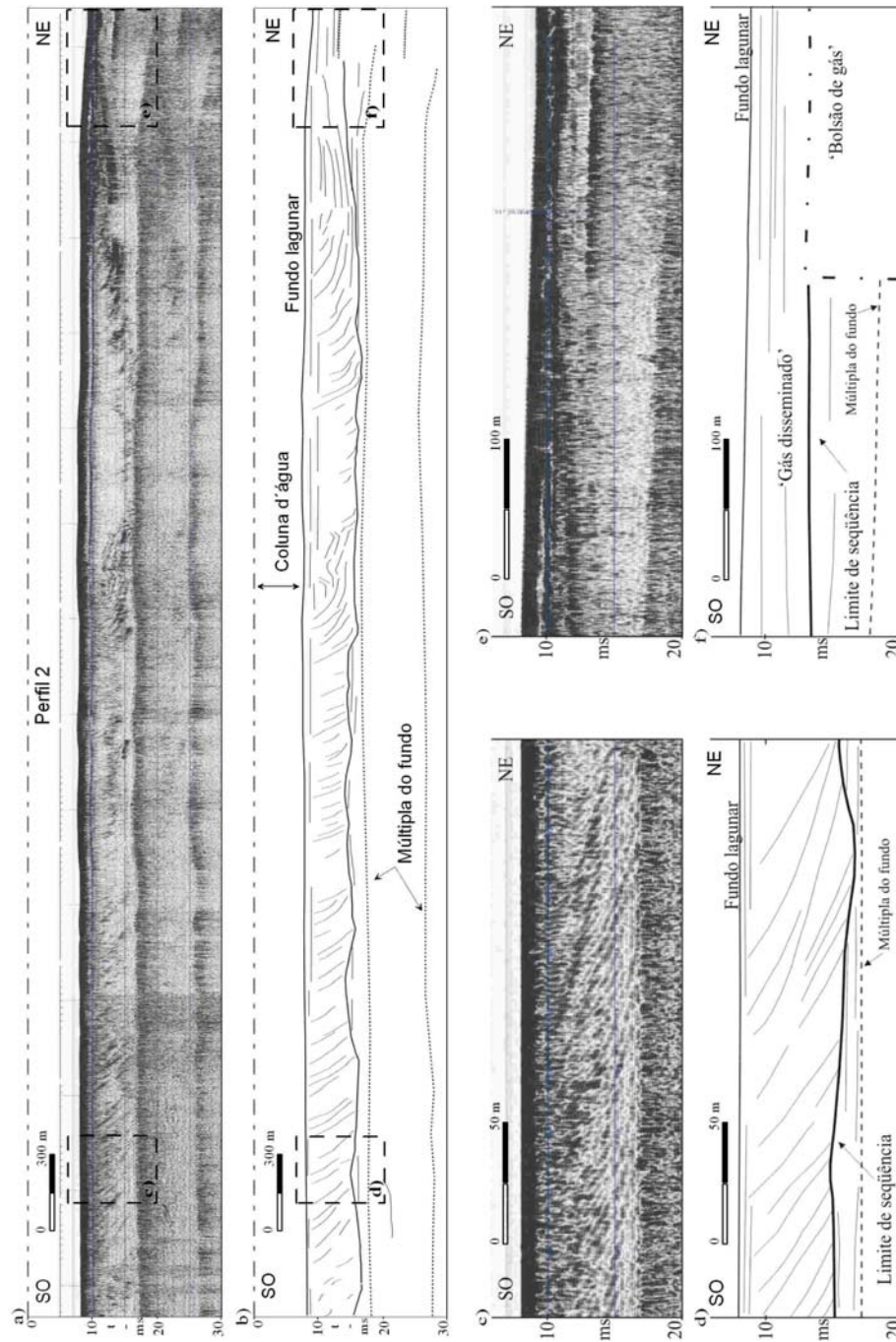
A figura 3c consiste em uma seção de aproximadamente 250 m de comprimento do registro sísmico da figura 7a. A interpretação sísmica dessa seção é exibida na figura 7d.

Os refletores reconhecidos são progradantes, do tipo oblíquo-tangencial e paralelo regular. As reflexões oblíquas são fortemente mergulhantes no topo do pacote, suavizando em direção a base. Estas reflexões possuem um contato basal do tipo *downlap* sobre o refletor de truncamento da fácies sísmica sotoposta, que é a descontinuidade marcante de limite de seqüência sismo-deposicional, reconhecida e mapeada no trabalho de Weschenfelder (2005). No seu limite superior possuem um contato do tipo *toplap* com a fácies plano-paralela sotoposta. Refletores paralelos, regulares, são registrados entre o limite de seqüência e o refletor bem marcado de múltipla de fundo.

A figura 7e é uma seção em torno de 450 m de comprimento do registro da figura 7a, apresentando a fácies sísmica plano-paralela bem marcada. Essa fácies foi mapeada como constituída por refletores paralelos, regulares, que seguem o fundo da lagoa com uma leve inclinação para o interior da mesma (Fig. 7f).

No final do registro sísmico do perfil 2, o sinal acústico é afetado pela presença de gás no pacote sedimentar. Em alguns setores, devido ao gás, os refletores sísmicos são anômalos e, portanto, englobados em uma fácies sísmica do tipo ‘caótica’. O gás apresenta-se de duas formas: ‘bolsão de gás’ e ‘gás disseminado’.





**Figura 7.** Fácies sísmicas identificadas no perfil 2. (a) Registro sísmico original do final do perfil 2, (b) interpretado. (c e e) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d e f) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

O bolsão de gás encontra-se em torno de 12 m de profundidade, no final do perfil 2. É facilmente reconhecido, pois oculta por completo as estruturas sedimentares, se apresentando sob a forma de um “caixote” de anomalias sísmicas/acústicas. Possui uma superfície de topo bem marcada por um refletor forte e contínuo (Fig. 7e).

O ‘gás disseminado’ aparece praticamente ao longo de todo perfil, sendo mais presente em algumas regiões (Fig. 7e). No entanto, este tipo de acumulação de gás não chega a mascarar por completo o registro sísmico, possibilitando ainda o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais sísmicos.

- **Perfil Sísmico 4**

O perfil sísmico 4 foi levantado próximo ao **Pontal Cristóvão Pereira** (Fig. 5). O Pontal Cristóvão Pereira cresce na margem leste da Lagoa dos Patos, com orientação noroeste, e inclinando-se para norte na sua extremidade. A sua parte submersa, de -5 m, cresce 5 km a partir da extremidade do esporão emerso, com direção norte e levemente orientado para NE.

O levantamento do perfil 4 foi efetuado com orientação norte, praticamente paralelo ao Pontal Cristóvão Pereira. O perfil possui um afastamento médio de 4 km da margem lagunar e a lâmina d’água apresenta uma profundidade média de 5 m. O fundo lagunar exhibe ondulações suaves ao longo do perfil.

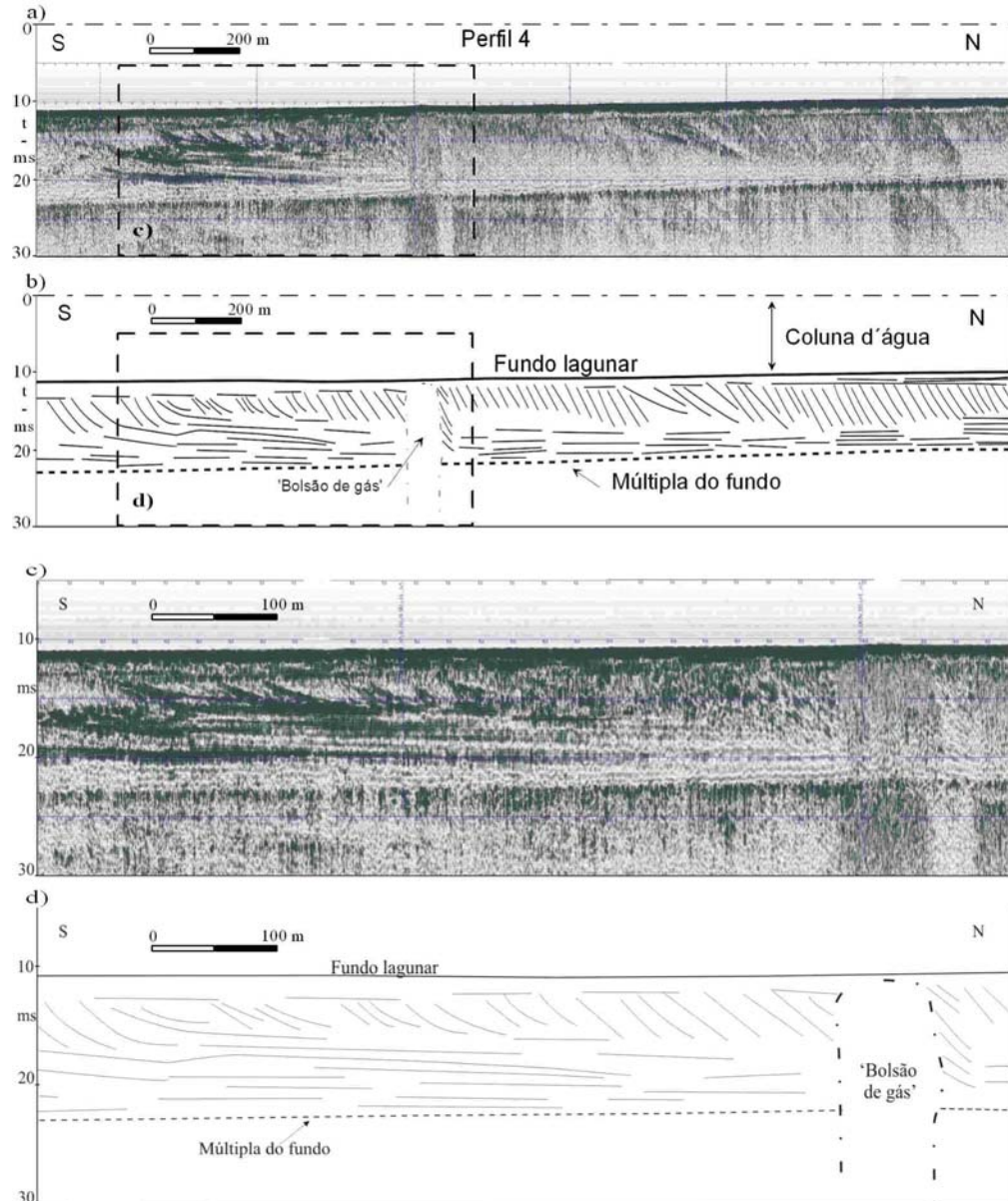
O perfil tem um comprimento total de 27 km e em alguns trechos apresenta fácies sísmo-deposicionais correspondentes ao Pontal Cristóvão Pereira (Fig. 8a).

A figura 8a consiste em uma seção de aproximadamente 2 km a partir de 18 km do início do perfil 4, próximo ao pontal arenoso. O registro sísmico mostra-se mais fraco em alguns setores, mas é possível reconhecer as fácies oblíqua tangencial, plano-paralela e subparalela.

As fácies sísmicas plano-paralela e subparalela encontram-se na parte mais superior e inferior da seção, enquanto a fácies oblíqua localiza-se na parte intermediária. A fácies oblíqua apresenta refletores mais inclinados no topo da seção, suavizando em direção a base, onde tendem a horizontais, confundindo-se com as reflexões plano-paralelas.

A figura 8b é a interpretação do registro sísmico da figura 8a. Os refletores mapeados mostram-se contínuos e estão representados em um pacote de aproximadamente 10 m de espessura, limitado no topo pelo fundo lagunar e na base pelo refletor da múltipla de fundo. Esses refletores são progradantes do tipo oblíquo tangencial, paralelos regular e subparalelos. Os refletores oblíquos tangenciais estão limitados no topo e na base pelas reflexões paralelas e subparalelas. O registro sísmico apresenta ainda um bolsão de gás, mostrado com mais detalhe na figura 8d.

A figura 8c é uma seção em torno de 770 m do registro sísmico da figura 8a. As fácies reconhecidas no registro sísmico da figura 8c são a oblíqua e plano-paralela.



**Figura 8.** Fácies sísmicas identificadas no perfil 4. (a) Registro sísmico original do final do perfil 4, (b) interpretado. (c) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

A figura 8d é a interpretação do registro da figura 8c e apresenta refletores com espaçamento e intensidade contínuos. Esses refletores são classificados como progradantes do tipo oblíquo tangencial, paralelos regulares e subparalelos. Os refletores oblíquos terminam, no topo, em *toplap* sob as reflexões plano-paralelas, e na base, em *downlap* sobre reflexões subparalelas da fácies sotoposta.

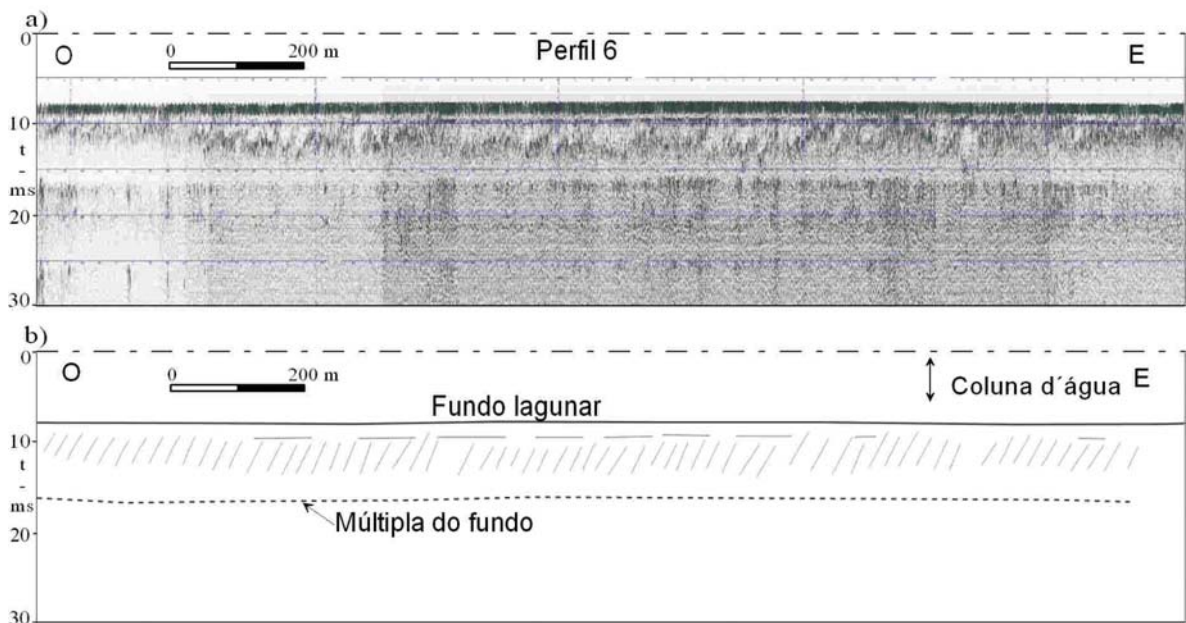
A presença de um bolsão de gás de aproximadamente 75 m de comprimento interrompe a visualização dos refletores que representam a sedimentação da lagoa nesse trecho do perfil. Esse bolsão de gás é facilmente reconhecido por se apresentar bem destacado no registro sísmico (Fig. 8c e d).

#### • Perfil Sísmico 6

O perfil sísmico 6 foi levantado próximo ao **Pontal de São Simão** (Fig. 5). A parte emersa do Pontal de São Simão desenvolve-se em torno de 10 km com direção noroeste, enquanto que o esporão submerso correspondente ao pontal apresenta comprimento de 16 km a partir da extremidade do esporão emerso e direção para oeste.

O perfil 6 foi levantado paralelo ao esporão submerso do Pontal de São Simão, direção E-O, e possui uma extensão de aproximadamente 12 km. A maior proximidade que o perfil apresenta da margem lagunar é de 3 km do Pontal de São Simão, na sua extremidade leste.

As fácies do perfil 6 que são relacionadas ao Pontal de São Simão ocorrem a partir de 5,7 km da perfilagem sísmica, prolongando-se por aproximadamente 1,7 km de comprimento (Fig. 9a). A lâmina d'água apresenta profundidade média de 5 m ao longo de toda extensão do perfil 6.



**Figura 9.** Fácies sísmicas identificadas no perfil 6. (a) Registro sísmico original do final do perfil 6, (b) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).

As fácies reconhecidas são plano-paralela e oblíqua. A fácies plano-paralela situa-se no topo da seção próxima ao fundo lagunar, enquanto que a fácies oblíqua situa-se sotoposta a fácies plano-paralela.

A figura 9b é a interpretação sísmica da figura 9a. Os refletores reconhecidos estão inseridos em um pacote de aproximadamente 7 m de espessura, delimitado no topo pelo fundo lagunar e na base pela reflexão da múltipla de fundo. Os refletores são paralelos regulares e oblíquos paralelos. Os refletores oblíquos encontram-se abaixo das reflexões paralelas regulares e terminam em *toplap*, no seu limite superior, sob esses refletores plano-paralelos. Os refletores oblíquos paralelos possuem espaçamento e intensidade relativamente regulares.

- **Perfil Sísmico 11**

O perfil sísmico 11 foi levantado próximo ao **Pontal Vitoriano** (Fig. 5). O Pontal Vitoriano possui aproximadamente 15 km de comprimento a partir da margem oeste da Lagoa dos Patos. Sua direção de crescimento é para leste, enquanto que sua parte submersa cresce para sudeste por 20 km a partir da extremidade do esporão emerso.

O perfil 11 encontra-se paralelo ao esporão submerso do Pontal Vitoriano e estende-se por aproximadamente 8 km, com orientação de sudeste para noroeste. A profundidade média da lâmina d'água ao longo do perfil é em torno de 5 m e o fundo da lagoa apresenta leves ondulações. A direção do levantamento sísmico correspondente ao perfil 11 é oposta à direção de projeção do Pontal Vitoriano.

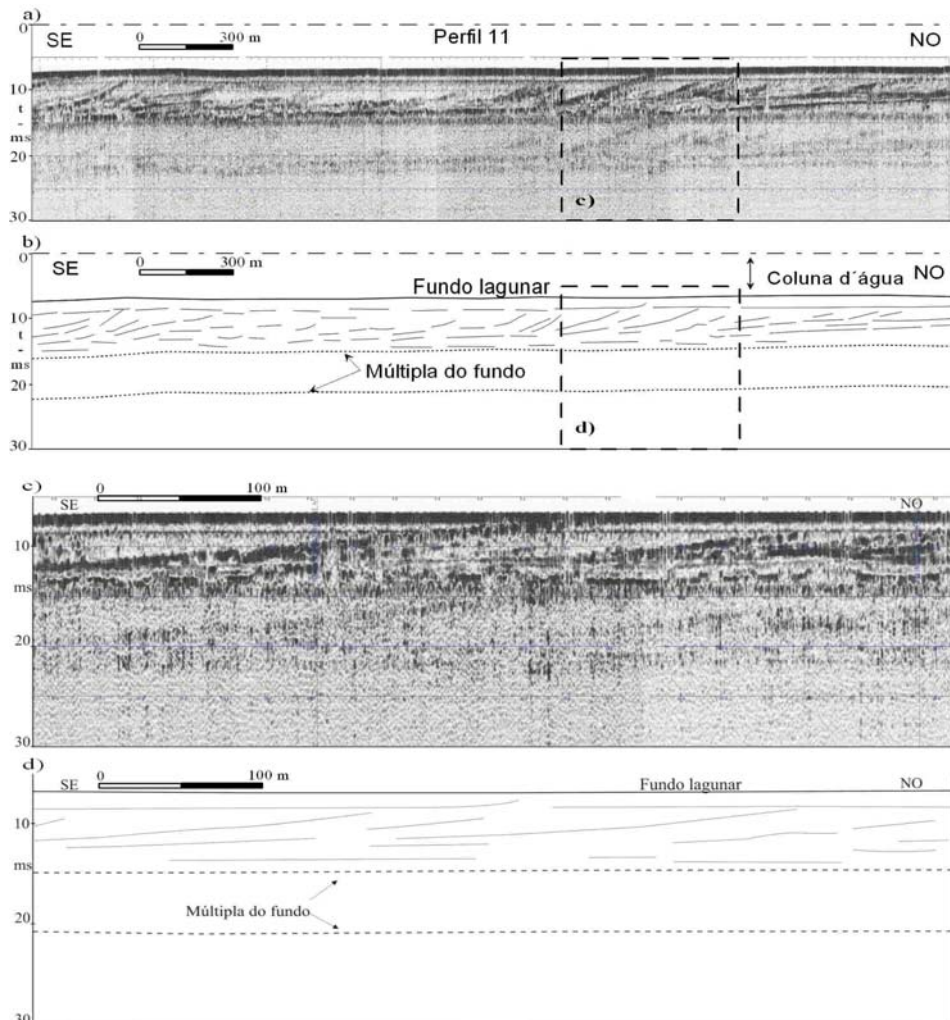
As fácies sísmicas que correspondem ao Pontal Vitoriano começam a aparecer a partir de 1,2 km do começo do perfil sísmico, prolongando-se por aproximadamente 2,5 km.

As fácies sísmicas mapeadas no perfil 11 são progradantes do tipo oblíqua tangencial, plano-paralela e subparalela. A fácies oblíqua limita-se no topo da seção sísmica pela fácies plano-paralela e na base da seção pelas fácies subparalela (Fig. 10).

A figura 10b apresenta refletores resultantes do mapeamento das fácies sísmicas da figura 10a. As reflexões possuem uma boa continuidade e são paralelas regular, subparalelas e progradantes do tipo oblíqua tangencial. Essas reflexões oblíquas possuem espaçamento e intensidade irregulares, e se apresentam mais fracas em alguns setores do registro sísmico.

O pacote onde ocorrem essas reflexões sísmicas possui aproximadamente 8 m de espessura, limitado no topo pelo fundo lagunar e na base pela reflexão múltipla de fundo. A reflexão de múltipla de fundo aparece a 15 m e a 21 m de profundidade, repetindo assim o sinal acústico relacionado à reflexão do fundo lagunar por duas vezes.

A figura 6c representa um trecho de 550 m do registro sísmico da figura 6a e mostra mais detalhadamente a fácies sísmica oblíqua que ocorre sobre a fácies plano-paralela. Os refletores oblíquos mostram um mergulho maior no topo da seção, suavizando em direção a base. Esta fácies é composta por refletores progradantes do tipo oblíquo tangencial que possuem um contato do tipo *toplap* com os refletores paralelos regulares sobrepostos e suavizam no seu limite inferior confundindo-se com as reflexões subparalelas da base da seção.



**Figura 10.** Fácies sísmicas identificadas no perfil 11. (a) Registro sísmico original do final do perfil 2, (b) interpretado. (c) Trecho/detalhe do registro sísmico, (d) interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).

## 2.5. Discussões

Os registros sísmicos de alta frequência se caracterizam por apresentarem, geralmente, uma boa resolução (decimétrica a centimétrica) dos estratos sedimentares. A faixa de frequência normalmente empregada para trabalhos de cunho geológico é de 2 a 12 kHz.

Uma classificação, para dados sísmicos de alta resolução e frequência, foi proposta nos trabalhos de Damuth (1975; 1980) e Damuth e Hayes (1977). A classificação proposta por esses autores, em tipos de ecos, é puramente descritiva, não fornecendo uma relação direta entre o ecograma e a possível interpretação do ambiente deposicional.

Estudos recentes, baseados na análise de registros sísmicos de alta frequência e resolução, vêm contribuindo para o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais que compõem o prisma sedimentar raso acumulado na planície costeira do estado do Rio Grande do Sul (Pereira et al., 2003; Corrêa et al., 2004; Toldo et al., 2005; Weschenfelder, 2005; Weschenfelder et al., 2005a).

Toldo (1994) e Toldo *et al.* (2000) estudaram, com o auxílio de ecogramas de 7 kHz, a sedimentação holocênica da Lagoa dos Patos, onde foi mapeado um refletor sísmico de subsuperfície que marca o limite Pleistoceno / Holoceno no interior do corpo lagunar. Toldo *et al.* (2005) estudaram, também com o emprego de dados de registros sísmicos de alta frequência, a sedimentação na Lagoa dos Patos e os impactos ambientais.

Ortiz (1995) utilizou trechos de ecogramas de 7 kHz para auxiliar na identificação do canal fluvial pleistocênico do Rio Camaquã, que desemboca atualmente na margem oeste da Lagoa dos Patos.

Corrêa *et al.* (2004) através da análise de dados sísmicos de alta resolução e frequência, levantados no canal de acesso à Lagoa dos Patos, mostra a presença de estruturas de barreiras costeiras sob o antigo canal. Caracteriza a presença de antigos cordões arenosos transgressivos-regressivos que, em uma época passada, bloqueavam o atual acesso de desembocadura da Lagoa dos Patos com o Oceano Atlântico. Estas evidências foram identificadas pela primeira vez no trabalho de Corrêa *et al.* (2003).

Weschenfelder (2005) e Weschenfelder *et al.* (2005a) utilizaram ecogramas de 3,5 kHz para o estudo de elementos arquiteturais do substrato da Lagoa

dos Patos. Esses autores estabeleceram três seqüências deposicionais e suas diversas fácies sísmicas constituintes, entre elas a fácies de crescimento de pontal, correspondente ao Pontal de Bojurú.

Baseados nos mesmos dados sísmológicos de 3,5 kHz, Weschenfelder *et al.* (2008) estabeleceram vários estágios de desenvolvimento paleoambiental para a região de Bojurú, na planície costeira média do RS. Os dados sísmicos apresentaram um grande paleocanal, em um registro nas proximidades do canal da Barra Falsa, perto da cidade de Bojurú.

Esses mesmos ecogramas foram utilizados por Pereira *et al.* (2003) no mapeamento e reconhecimento preliminar de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos, tendo como base de estudo os preceitos estabelecidos pela abordagem da sismoestratigrafia (Mitchum *et al.*, 1977).

Os dados sísmicos levantados no interior da Lagoa dos Patos, e empregados no desenvolvimento do presente estudo, mostram uma boa relação da profundidade para a resolução do sinal acústico. Em conseqüência, foi levantado um conjunto de dados sísmicos de boa qualidade, os quais permitem o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos. O estabelecimento das fácies sísmicas apresenta uma conotação genética-interpretativa destas unidades com os pontais arenosos.

O crescimento dos pontais arenosos é interpretado como conseqüência da hidrodinâmica atuante na Lagoa dos Patos durante o Holoceno. Essas evidências foram identificadas anteriormente por Toldo (1994), que interpreta a formação dos esporões arenosos submersos como conseqüência das variações relativas do nível do mar durante o Holoceno, na região da planície costeira do RS. Esse mesmo autor afirma ainda que todos os esporões submersos da laguna foram formados devido a essas oscilações do nível marinho e que hoje são feições totalmente desvinculadas da dinâmica que os fez crescer.

Ainda no trabalho de Toldo (1994), o crescimento dos pontais emersos é descrito como produto da dinâmica atual, na qual o mecanismo consiste no transporte dos sedimentos ao longo da praia lagunar e sua deposição nos locais de crescimento desses esporões.

Cada pontal emerso da Lagoa dos Patos cresce com uma direção distinta, Alguns crescem paralelos à direção N-S e outros perpendiculares a esta direção. Toldo



(1994) afirma que a maior parte do sistema lagunar é submetido a processos de deriva litorânea bidirecional. Os esporões arenosos emersos são orientados pelo sentido preferencial do transporte sedimentar como, por exemplo, os pontais de Santo Antônio, Pontal da Feitoria, Pontal de Bojurú e Pontal Cristóvão Pereira. No entanto, quando existe um equilíbrio na distribuição direcional do potencial de transporte sedimentar paralelo à praia, os esporões projetam-se simetricamente para o interior da laguna como por exemplo, os pontais de Dona Helena, Pontal de Dona Maria, Pontal Vitoriano, Pontal do Quilombo, Pontal de São Simão e Pontal das Desertas.

A maior parte da superfície dos esporões submersos encontram-se a uma profundidade de  $-1$  m, sobre a qual desenvolvem-se os esporões emersos. O truncamento da isóbata de  $-1$  m é interpretada como o aspecto mais saliente do crescimento dos esporões emersos sobre os esporões submersos. Toldo (1994) associou a linha isobatimétrica de  $-1$  m a uma antiga linha de praia, a qual atuou na construção e modelagem dos esporões submersos e a subsequente oscilação positiva do nível d'água estabeleceu a atual linha de praia lagunar e possibilitou o crescimento dos esporões emersos.

A fácies progradante do tipo oblíqua tangencial, mapeada neste trabalho, é interpretada como a fácies típica de crescimento dos pontais arenosos. Essa fácies representa a progradação dos estratos em direção ao interior da laguna sobre uma superfície sotoposta. As fácies de progradação são nitidamente evidenciadas no registro sísmico de perfis localizados adjacentes aos diversos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

As figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam os registros sísmicos de seções levantadas próximas e paralelas aos pontais de Bojurú, Cristóvão Pereira, São Simão e Vitoriano, respectivamente. Nessas figuras são evidenciadas as fácies de crescimento desses pontais.

O perfil 2 apresentou um bom registro sísmico para o reconhecimento e mapeamento das fácies interpretadas como de crescimento do Pontal de Bojurú. A figura 7 mostra a fácies progradante oblíqua tangencial relacionada ao crescimento deste pontal arenoso da margem leste da laguna.

No final da seção sísmica da figura 7a, a fácies oblíqua tangencial intercala-se com a fácies subparalela, na base do pacote. A fácies plano-paralela da figura 7 é interpretada como resultante da sedimentação do fundo lagunar, em ambiente

relativamente calmo, gerando superfícies refletoras horizontais, levemente mergulhantes para o interior da laguna, regulares e contínuas.

O perfil sísmico 4 possui um registro bem nítido, no qual é possível evidenciar fácies interpretadas como de crescimento do Pontal Cristóvão Pereira. A figura 8 mostra a fácies progradante oblíqua tangencial do crescimento desse pontal arenoso.

O perfil sísmico 6 mostra um registro menos nítido do que os perfis 2 e 4. Na figura 9 a fácies sísmica progradante não se apresenta muito evidente, porém é possível o reconhecimento de fácies progradante interpretada como de crescimento do Pontal de São Simão para o interior da laguna. Essa fácies oblíqua encontra-se abaixo da sedimentação plano-paralela do fundo lagunar.

O perfil 11 apresenta um bom registro sísmico das fácies interpretadas como de crescimento do Pontal Vitoriano. A figura 10 mostra a fácies progradante do tipo oblíqua tangencial. Os refletores suavizam sua inclinação em direção à base do pacote, onde se assentam sobre a fácies plano-paralela.

Certos perfis levantados na Lagoa dos Patos, apesar de posicionados paralelos ou subparalelos aos pontais arenosos, não apresentam, no seu registro sísmico, a estruturação interna que possa ser relacionada ao desenvolvimento dos pontais. Isso pode ocorrer devido a grande distância do perfil ao pontal. Esses registros sísmicos remotos aos pontais apresentam elementos arquiteturais representantes da sedimentação de outros setores da Lagoa dos Patos, como é o caso dos perfis 1, 7 (NS), 8, 9, 10 e 12 (Fig. 6).

Alguns perfis sísmicos não apresentaram no seu registro fácies interpretadas como de crescimento de pontal devido à presença de gás na pilha sedimentar. A presença de gás causa anomalias acústicas no registro, que apresenta então a fácies classificada de “caótica”. É provável que esses perfis pudessem apresentar a fácies progradante de crescimento de pontal, se não fosse pela presença do gás, pois se localizam próximos e paralelos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos. Isso ocorre nos perfis 3, 5 e 7 (EO) (Fig. 6).

O comportamento geoacústico dos sedimentos do substrato de diversos locais da Lagoa dos Patos foi afetado pela presença de gás no pacote sedimentar. As acumulações de gás nos sedimentos ocasionam anomalias acústicas que são registradas

na forma de reflexões anômalas. Na figura 7e o gás ocorre de duas maneiras: “bolsão de gás” e “gás disseminado”.

Weschenfelder *et al.* (2005b), Weschenfelder *et al.* (2006) e Vasconcellos (2006) descrevem as acumulações de gás raso nos sedimentos da Lagoa dos Patos. Segundo esses trabalhos, as acumulações de gás raso em alguns setores da laguna são geralmente controladas pela distribuição espacial das fácies sedimentares, sua permeabilidade e seu conteúdo original de matéria orgânica.

A análise dos registros sísmicos dos pontais da Lagoa dos Patos demonstra um pacote sedimentar essencialmente arenoso. As superfícies de crescimento dos pontais foram geradas por pequenas alterações nos processos deposicionais atuantes, gerando, portanto, as diferenças de impedância acústica registrada na forma de refletores nos perfis sísmicos aqui analisados.

Este trabalho, focado no reconhecimento e mapeamento das fácies sísmicas de crescimento dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, traz novos e importantes elementos para os estudos relacionados à evolução do sistema lagunar da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul.

## **2.6. Conclusões**

A abordagem da ‘estratigrafia sísmica’ adotada no desenvolvimento deste trabalho se demonstrou válida e trouxe bons resultados para que fossem atingidos os objetivos propostos.

Como consequência do emprego dessa abordagem, o estabelecimento dos elementos arquiteturais sismo-deposicionais dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos pode ser efetuado através da análise da configuração dos refletores sísmicos em registros de alta frequência e resolução.

Os perfis sísmicos de alta frequência (3,5 kHz), analisados neste trabalho, também apresentaram alta resolução dos elementos deposicionais. Tal fato conferiu uma boa qualidade ao registro.

O levantamento sísmico de perfis localizados próximos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos registraram as diversas fácies sísmicas relacionados ao crescimento dos mesmos, os quais se projetam da margem em direção as partes mais internas do corpo lagunar.

O estabelecimento das fácies sísmicas relacionadas aos pontais arenosos foi possível, principalmente, através da análise da configuração interna e a terminação lateral dos refletores sísmicos. Desta forma foi possível reconhecer diversas fácies sísmicas: plano-paralela, subparalela, caótica e progradante do tipo oblíqua tangencial.

A fácies plano-paralela ocorre perto da superfície de fundo da Lagoa dos Patos, sendo interpretada como relacionada à sedimentação lagunar. Ocorre em todos os registros sísmicos analisados, recobrando as demais fácies sismo-deposicionais.

A fácies subparalela foi evidenciada, sobretudo na base do pacote de refletores da fácies oblíqua tangencial. Geralmente os refletores de crescimento do pontal se assentam sobre a fácies subparalela.

A fácies caótica, caracterizada pela ocorrência de reflexões sismo-acústicas anômalas, ocorreu em vários setores do registro sísmico, evidenciando a presença de gás no pacote sedimentar. O gás raso no pacote sedimentar ocorre na forma de ‘bolsões de gás’ e de ‘gás disseminado’, algumas vezes dificultando ou, até mesmo, impedindo o mapeamento dos elementos sísmicos relacionados à deposição sedimentar na área.

A fácies progradante do tipo oblíqua tangencial foi interpretada como a fácies típica de crescimento dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos. Essa fácies é facilmente mapeada pelo reconhecimento de refletores que se apresentam oblíquos, mergulhantes e progradantes em direção ao interior da laguna.

O estudo aqui desenvolvido, baseado no reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais sísmicos que compõem o prisma sedimentar raso do substrato da Lagoa dos Patos, traz novos e importantes elementos para os estudos relacionados à evolução geológica e paleogeográfica do sistema lagunar do estado do Rio Grande do Sul.

## **2.7. Agradecimentos**

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências - PPGeo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO da UFRGS.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de mestrado (Processo n° 131426/2006-0) e pela bolsa de produtividade (Processo n° 303956/2006-2).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, pelo auxílio à pesquisa (Processo n° 0521261).

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Fundação Universidade do Rio Grande do Sul – FURG, pelo uso da lancha oceanográfica LARUS no levantamento sísmico na Lagoa dos Patos.

À empresa Geowork Estudos Ambientais Ltda, pelo uso dos equipamentos de sísmica e do acompanhamento técnico necessário às tarefas de embarque e levantamento sísmico.

## 2.8. Referências

- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2003. Recife-PE. **Boletim de resumos expandidos.**, CD-ROM, 3 p.
- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2004. Estruturas e evolução dos cordões arenosos pleistocênicos no canal de acesso à laguna dos Patos - RS. **Pesquisas em Geociências**, 31: 69-78.
- DAMUTH, J.E., 1975. Echo character of the western Equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. **Marine Geology**, 18:17-45.
- DAMUTH, J.E., 1980. Use of high-frequency (3.5–12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep sea: a review. **Marine Geology**, 38:51-75.
- DAMUTH, J.E., HAYES, D.E., 1977. Echo character of the East Brazilian Continental Margin and its relationship to sedimentary processes. **Marine Geology**, 24:73-95.
- FOLK, R.L., WARD, C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27(1):3-26.
- JONES, E. J. W., 1999. **Marine Geophysics**. Wiley & Sons (eds.), 466p.
- MITCHUM, R.M.,JR., VAIL, P.R., SANGREE, J.B., 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 Geologists Memoir, Tulsa, 26:117-133.

- ORTIZ, J.D.R., 1995. **O preenchimento sedimentar do vale inciso do Rio Camaquã, Quaternário da Província Costeira do RS.** Porto Alegre, 182p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PEREIRA, C.M., WESCHENFELDER, J., CORRÊA, I.C.S., 2003. Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos. **Boletim de resumos DO XV Salão de iniciação científica e XII Feira de iniciação científica**, p.23.
- TOLDO, E.E., Jr., 1994. **Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar da Lagoa dos Patos.** Porto Alegre, 143p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., 2000. Holocene sedimentation in Lagoa dos Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**, 16(3):816-822.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., WESCHENFELDER, J., 2005. Sedimentação na Lagoa dos Patos e os impactos ambientais. **X Congresso da ABEQUA**, 2005, Guarapari, ES, Brasil. Boletim de resumos e CD-ROM.
- TOLDO, E.E., JR., MEDEIROS, R.K., 1986. Programa Interpola em Linguagem Básica para Análise Estatística e Propriedades Texturais de Amostras Sedimentares em Computador. **Pesquisas**, 18:91-100.
- TOMAZELLI, L.J., 1990. **Contribuição ao estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul – com ênfase no sistema eólico.** Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Tese de Doutorado 270p.
- TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A., 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M., DE ROSS, L.F. (eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**, pp. 375-406.
- VASCONCELLOS V.E.B., 2006. **Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução.** Porto Alegre. 73p. (Trabalho de Conclusão da disciplina Projeto Temático em Geologia III) Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, 8:1-45.
- WESCHENFELDER, J., 2005. **Processos sedimentares e variação do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.** Porto Alegre. 130p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- WESCHENFELDER, J., CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., 2005a. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. **Pesquisas em Geociências**, V.32 n°2, pag. 57-67.
- WESCHENFELDER, J., CORRÊA, I.C.S., AYUP-ZOUIAN, R. N., ALIOTTA, S., PEREIRA, C.M., VASCONCELLOS, V.E.B., 2005b. Gas accumulations revealed by high-resolution seismics in the Patos Lagoon area, southern Brazil. In: **VIII International Conference on Gas in Marine Sediments**. Vigo, Espanha, p. 133.
- WESCHENFELDER, J., CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., PEREIRA, C.M., VASCONCELLOS, V.E.B., 2006. Shallow gas accumulations in the sediments of the Patos Lagoon area, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, V.78 n°3, pag. 607-614.
- WESCHENFELDER, J., MEDEANIC, S., CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., 2008. Holocene paleoenvironment of the Bojurú region, southern Brazil. **Journal of Coastal Research** (aceito).

**III – ARTIGO II - Fácies sísmicas observadas em perfis sísmicos obtidos próximos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS**



Fácies sísmicas observadas em perfis sísmicos obtidos próximos aos  
pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS

Carla Mandrácio Pereira; Iran Carlos Stalliviere Corrêa

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Cx. Postal 15.001, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

*e-mail:* [mandracio@yahoo.com.br](mailto:mandracio@yahoo.com.br)

## ABSTRACT

This work presents the recognition of the seismic architectural elements of the sandy spits occurring in the Patos lagoon, a lagoonal body located in the coastal plain of the Rio Grande do Sul State. The study is based on data from a high- frequency (3.5 kHz) and resolution seismic survey performed in the Patos lagoon, aboard of the research vessel *Larus* of the Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Around 400 km of seismic profiles were collected in 15 sections. It was considered the seismic profiles recorded near the sandy spits of the lagoon margin. The analyses of the seismic records allowed the recognition and mapping of the seismic facies that built up the sandy spits of the Patos lagoon. The facies recognized was been progradantes, parallels and cautics. This work contributes with new elements to the studies related to the geological evolution of the several sand spits occurring in the Patos lagoon.

Key words: sismoestratigrafy, sandy spits, Patos lagoon

### 3.1. Introdução

O estudo aqui apresentado é baseado em um levantamento geofísico por sísmica, realizado na Lagoa dos Patos em julho de 2006. Foram levantados aproximadamente 400 km divididos em diversos trechos, chamados de perfis sísmicos. Este estudo consiste em uma extensão de um dos levantamentos, operado na frequência de 3,5kHz, efetuado em dezembro de 2002, onde foram levantados cerca de 400 km divididos em 12 perfis. Os dados obtidos através do levantamento sísmico de 2002, serviram de base para diversos trabalhos: Corrêa et al. (2003), Corrêa et al. (2004), Pereira (2005), Pereira et al. 2003, Vasconcellos (2005), Vasconcellos et al. (2005), Weschenfelder (2005), Weschenfelder et al. (2005), Weschenfelder et al. (2005a) e Weschenfelder et al. (2006).

O presente trabalho leva em consideração os perfis sísmicos levantados próximos e subparalelos aos esporões arenosos da Lagoa dos Patos, tendo como objetivo o reconhecimento de refletores sísmicos e conseqüentemente das fácies sísmicas relacionadas ao crescimento dos esporões.

Esporões arenosos consistem em depósitos de areia que crescem a partir das margens em direção ao interior de um corpo d'água. Os esporões arenosos são também chamados de pontais e consistem em protuberâncias na linha de costa em forma de cúspides, formadas por material não coesivo. Um dos refletores que se espera encontrar em perfis

próximos aos pontais arenosos é o refletor do tipo progradante, que representaria as fácies de crescimento de pontal.

### **3.2. Área de Estudo**

A Província Costeira do Rio Grande do Sul tem sua origem atribuída aos eventos tectônicos iniciados no Jurássico e que levaram à ruptura do supercontinente Gondwana e à conseqüente abertura do Oceano Atlântico (Villwock & Tomazelli, 1995). Esses eventos resultaram na formação de dois grandes compartimentos geomorfológicos que integram a Província Costeira: (a) Terras Altas, que compreendem o Escudo Sul-Riograndense, a Depressão Central e o Planalto das Araucárias, constituídos basicamente por rochas ígneas e metamórficas do Escudo Pré-Cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas, da Bacia do Paraná; e (b) Terras Baixas, abrangendo os depósitos sedimentares da porção superior da Bacia de Pelotas, que constituem a planície costeira.

A Planície Costeira é uma extensa área de terras baixas e planas, situada ao longo do litoral, possuindo 620 km de comprimento e cerca de 100 km de largura. Sua formação remonta ao Cretáceo Inferior, época de abertura do Oceano Atlântico e nela encontra-se preservado o mais completo registro do Cenozóico do estado do Rio Grande do Sul.

Dois sistemas deposicionais são os responsáveis pela formação de todo o pacote sedimentar que constitui a Planície Costeira (Villwock & Tomazelli, 1995):

(a) Sistema de Leques Aluviais - que cobre boa parte da região oeste da planície, próximo às terras altas representadas pelas litologias do embasamento cristalino. São formados por leques proximais e distais ligados à erosão hídrica, sob clima semi-árido das unidades pré-cambrianas que predominavam nesta região.

(b) Sistema de Laguna-Barreira - que ocupa a parte central e leste da planície, incluindo a atual linha de costa, sendo constituído por um conjunto de quatro ciclos transgressivo-regressivos ocorridos durante o Período Quaternário.

Há aproximadamente 400 mil anos ocorreu a primeira grande transgressão marinha. O mar inundou toda a região de Porto Alegre, ficando emersas somente as terras altas dos morros, que se tornaram uma ilha eventualmente conectada ao continente por restingas arenosas. Na segunda transgressão, há 325 mil anos, o Guaíba teve suas margens desenhadas através de terraços arenosos que preencheram os vales dos morros. O vale do

Guaíba era banhado pelo Oceano Atlântico Sul, configurando-se como uma baía. A terceira transgressão ocorreu há 120 mil anos. A formação de barreiras e restingas iniciou o fechamento da Laguna dos Patos e da Lagoa Mirim. O Guaíba, até então ligado ao mar, transformou-se num lago e surgiram os terraços fluviais em que se situam as calhas dos arroios e rios da rede hídrica atual, como os arroios Dilúvio e os rios Jacuí, Caí e Gravataí. A quarta e última grande transgressão ocorreu há 5 mil anos. Nesta transgressão, as restingas que fecharam a Laguna dos Patos e foram alargadas, ganhando uma série de pequenas lagoas. Os rios e arroios formaram um segundo nível de terraços fluviais e houve o desenvolvimento dos terraços lacustres nas margens do Guaíba.

A Lagoa dos Patos é a maior laguna do Brasil e a segunda da América Latina e consiste em uma bacia de captação da rede de drenagem da Bacia do Sudeste do RS e de Nordeste da República do Uruguai. Tem forma alongada com aproximadamente 220 km de comprimento, largura média de 33 km, atingindo 56 km sua largura máxima e uma superfície de 10.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se na direção nordeste-sudoeste, paralela ao litoral rio-grandense do qual se separa por uma longa restinga de cerca de 240 km.

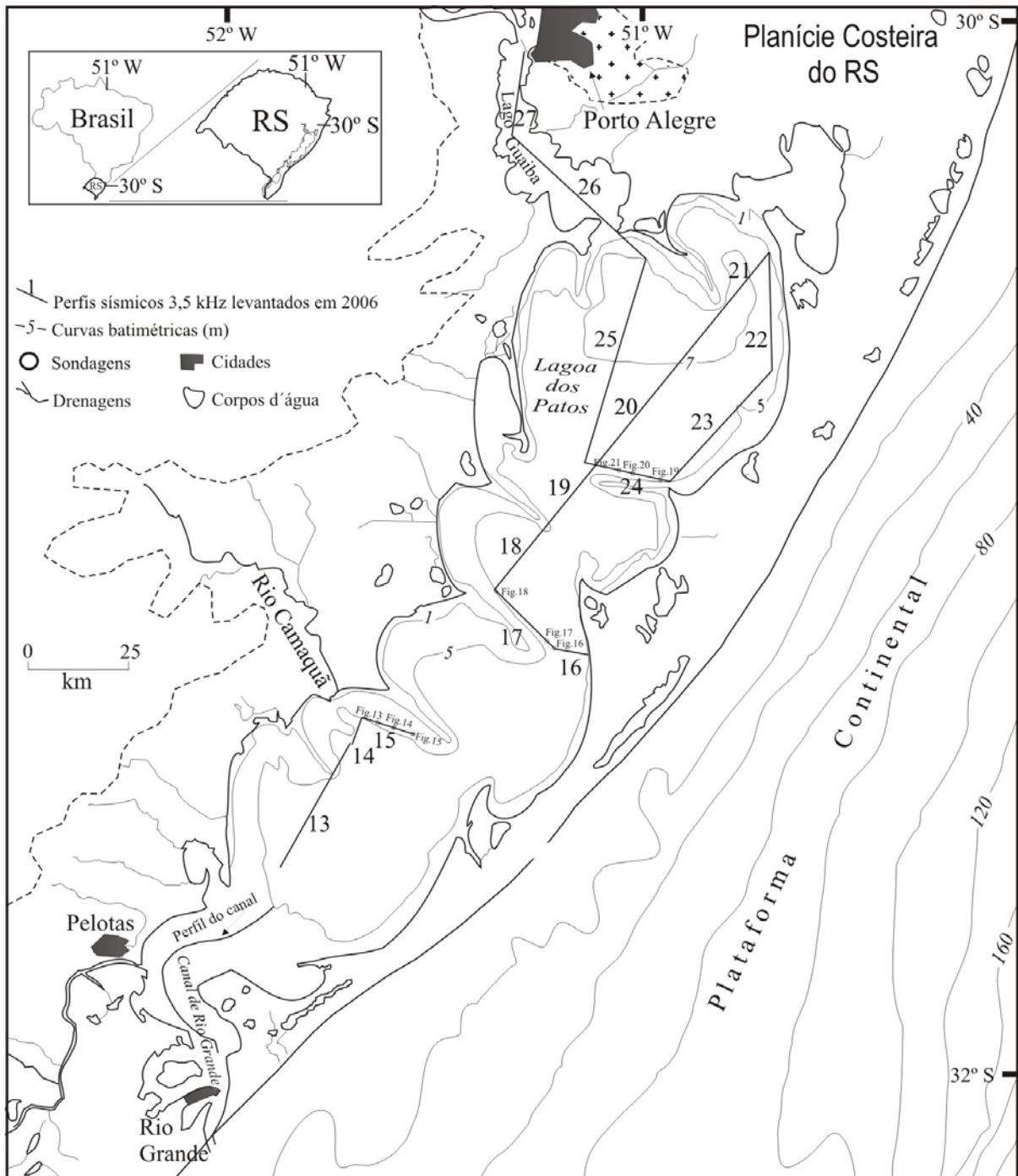
Ao sul, a Lagoa dos Patos comunica-se com o mar entre os Municípios de São José do Norte e Rio Grande, através do Canal do Norte na Barra do Rio Grande. Ao norte apresenta duas ramificações - a nordeste a Lagoa do Casamento e a noroeste o Rio Guaíba, transição entre a Lagoa dos Patos e o Delta do Jacuí, formados pelos rios Jacuí, Caí, dos Sinos e Gravataí. O rio Taquari é o principal tributário do Jacuí. A Lagoa dos Patos comunica-se com a Lagoa Mirim através do Canal do São Gonçalo.

A característica mais marcante da Lagoa dos Patos são os esporões arenosos que crescem a partir da margem da lagunar, projetando-se para o interior da laguna por distâncias aproximadas de 5 a 25 km e com altura média de 1 m (Toldo, 1994). Ainda segundo esse autor, cada pontal cresce com uma direção distinta, porém se desenvolvem sobre uma superfície submersa rasa de -1 m.

### **3.3. Metodologia**

O trabalho foi efetuado através de um levantamento sísmico de alta frequência (3,5 kHz) e resolução efetuado no subsolo da Lagoa dos Patos. O levantamento da sísmica foi realizado entre 25 e 28 de julho de 2006 e foi utilizada a lancha LARUS da Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Foram levantados cerca de 400 km de perfilagem sísmica, distribuídos em 15 perfis. A rota e o posicionamento dos perfis foram

efetuados com o auxílio de um sistema diferencial de posicionamento por satélite (DGPS). A figura 11 apresenta a posição dos perfis levantados no interior da lagoa.

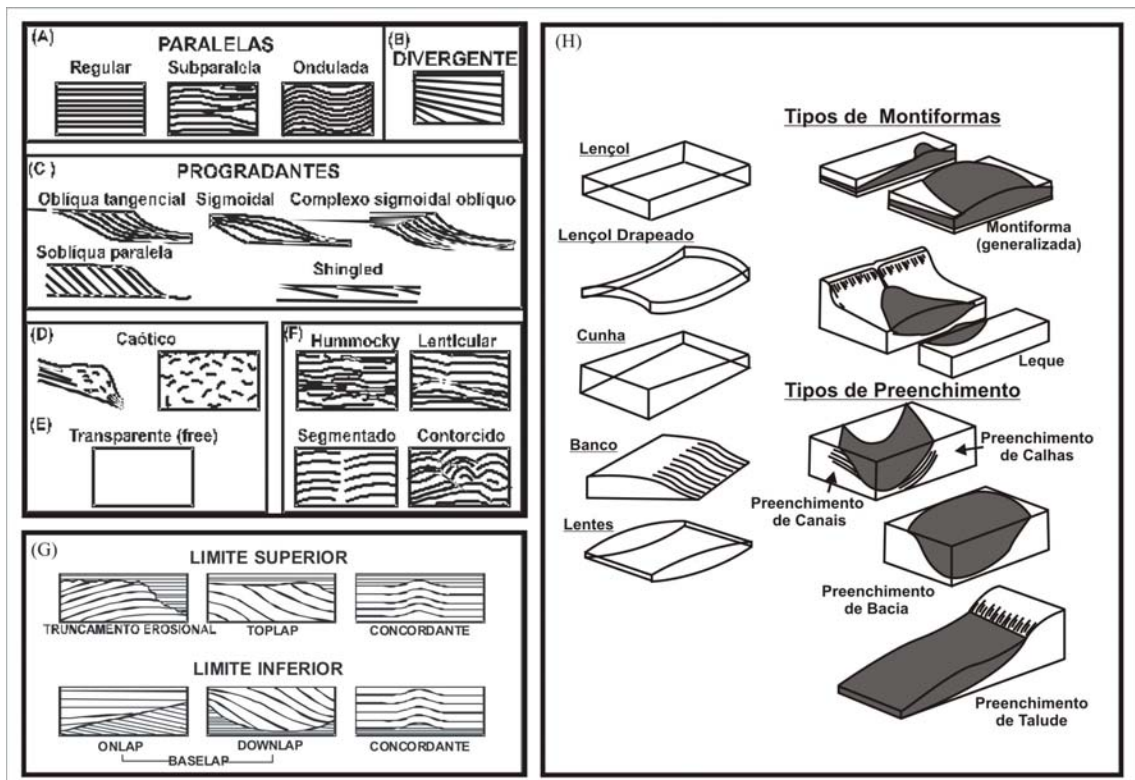


**Figura 11.** Mapa de localização dos perfis levantados na Lagoa dos Patos e das seções mostradas nas figuras 13 a 21.

Os dados sísmicos foram obtidos com um equipamento perfilador de subsuperfície *GeoAcoustics*, composto por: receptor Geopulse (5210A); transmissor Geopulse (5430A); transdutor (132B, com 4 elementos); impressora (EPC HSP1086); unidade de processamento (GeoPro); unidade digital Pentium III com software de aquisição sonarwiz.sbp

da *Chesapeake Technology, Inc.*, com acessórios e periféricos. Os dados sísmicos foram salvos em formato digital (SEG-Y). Para avaliar a profundidade dos refletores sísmicos foi considerada uma velocidade média de deslocamento do sinal acústico de 1 650 m/s no pacote sedimentar e de 1 500 m/s na água (Jones, 1999).

O reconhecimento sísmico se embasou na análise da configuração interna dos refletores, o tipo de terminação lateral das superfícies sísmicas e a geometria dos pacotes em concordância com os conceitos gerais da Sismoestratigrafia (Fig. 12) (Mitchum *et al.* 1977).



**Figura 12.** (A – F) Padrões de configuração de fácies sísmicas; (G) Padrões de terminação de reflexões nos limites superior e inferior de uma seqüência sísmica; e (H) Geometrias externas típicas de algumas unidades de fácies sísmicas (de Severiano Ribeiro, 2001).

No presente trabalho foram utilizados os perfis sísmicos levantados próximos e subparalelos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos. São eles: perfil sísmico 15 próximo ao Pontal Vitoriano, perfil 17 próximo ao Pontal Dona Maria e perfil 24 levantado próximo ao Pontal São Simão.

### 3.4. Resultados

As figuras 13 a 21 apresentam seções que foram retirados dos perfis originais 15, 17 e 24. Essas seções consistem nas porções em que as fácies sísmicas reconhecidas apresentaram maior nitidez. Cada seção possui aproximadamente 350 m do comprimento do perfil original. A figura 11 mostra a localização de cada seção apresentada nas figuras a seguir.

Nas seções apresentadas nas figuras 13 a 18, os trechos de melhor clareza foram enfatizados e mostram o mapeamento dos refletores que representam as fácies correspondentes á esses pontais. Nas figuras 19 a 21, correspondentes ao perfil 24, não foram selecionados trechos, pois não foi possível reconhecer fácies representativas de pontal nesse perfil devido à presença de gás. Foi levada em consideração ainda a presença das reflexões múltiplas, que repetem o sinal acústico, algumas vezes não é possível determinar onde termina o pacote de refletores e começam a aparecer as reflexões múltiplas devido à presença de gás. O gás no pacote sedimentar será explicado no capítulo “discussões”.

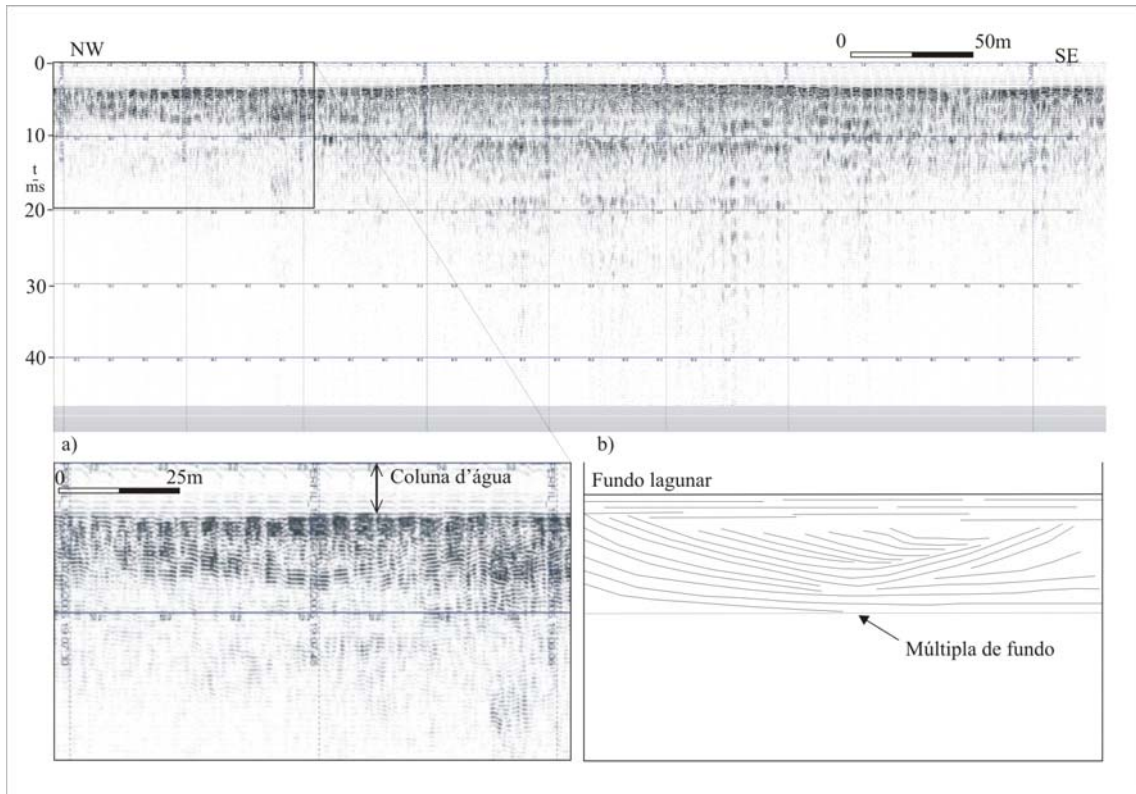
- **Perfil Sísmico 15**

O perfil sísmico 15 foi levantado subparalelo ao esporão submerso do Pontal Vitoriano. O Pontal Vitoriano cresce para leste possuindo cerca de 15 km de extensão e sua parte submersa cresce para sudeste por aproximadamente 20 km a partir da extremidade do pontal emerso.

O perfil 15 estende-se por aproximadamente 8,5 km, com orientação de noroeste para sudeste. A profundidade média da lâmina d’água, ao longo do perfil, é em torno de 2,5 m e o fundo da lagoa apresenta leves ondulações. Ao longo de todo o perfil a presença de gás no pacote sedimentar acabou mascarando o registro sísmico, não sendo possível reconhecer refletores sísmicos em grande parte do perfil. As configurações de fácies sísmicas reconhecidas no perfil 15 foram: paralela regular, subparalela, oblíqua paralela, oblíqua tangencial, complexo sigmoidal oblíquo e caótica.

A figura 13 representa uma seção de aproximadamente 350 m do perfil 15 (Fig. 11). A figura 13a corresponde a um trecho de cerca de 120 m, sendo a figura 13b a interpretação sísmica desse trecho. Na figura 13b reconhece-se como configuração interna, refletores progradantes do tipo oblíqua tangencial e configuração paralela do tipo regular. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap* e basal em *onlap* e *downlap*. Nessa figura nota-se que as fácies oblíquas tangencial possuem uma geometria externa que se assemelha a um preenchimento de canal, fazendo um contato superior do tipo *toplap* com as

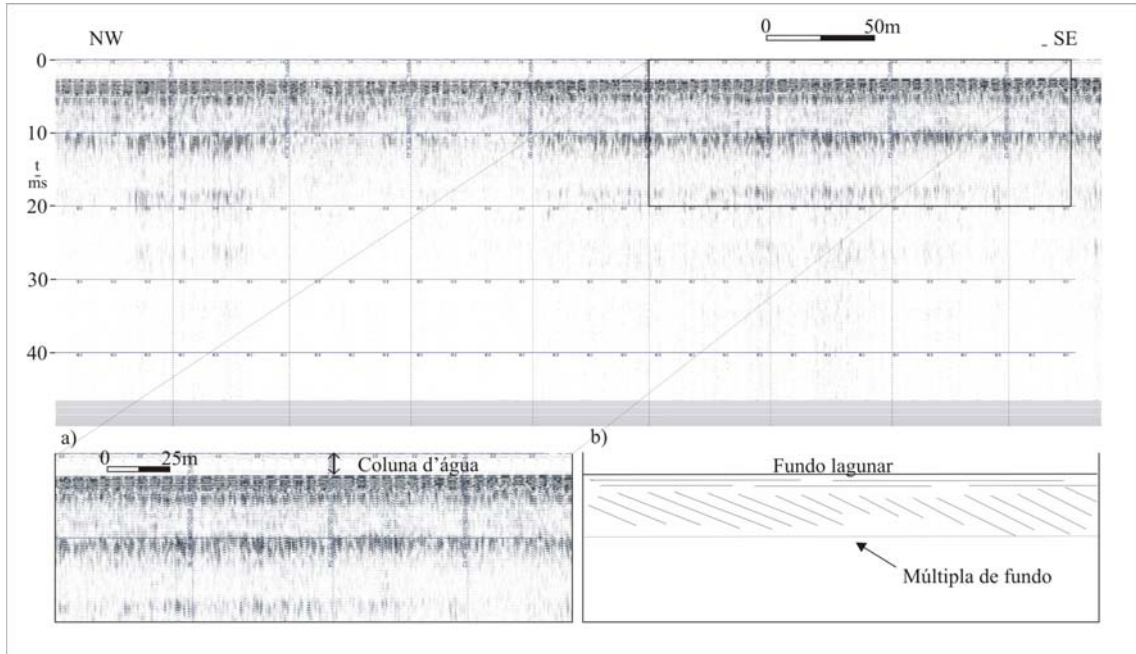
fácies paralelas, presentes no topo da seção e possuem um contato basal do tipo *onlap* e *downlap* sobre o refletor de truncamento da fácies sísmica sotoposta. Neste trecho a presença de gás disseminado encobre um pouco o registro sísmico apresentando refletores do tipo caótico.



**Figura 13.** Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

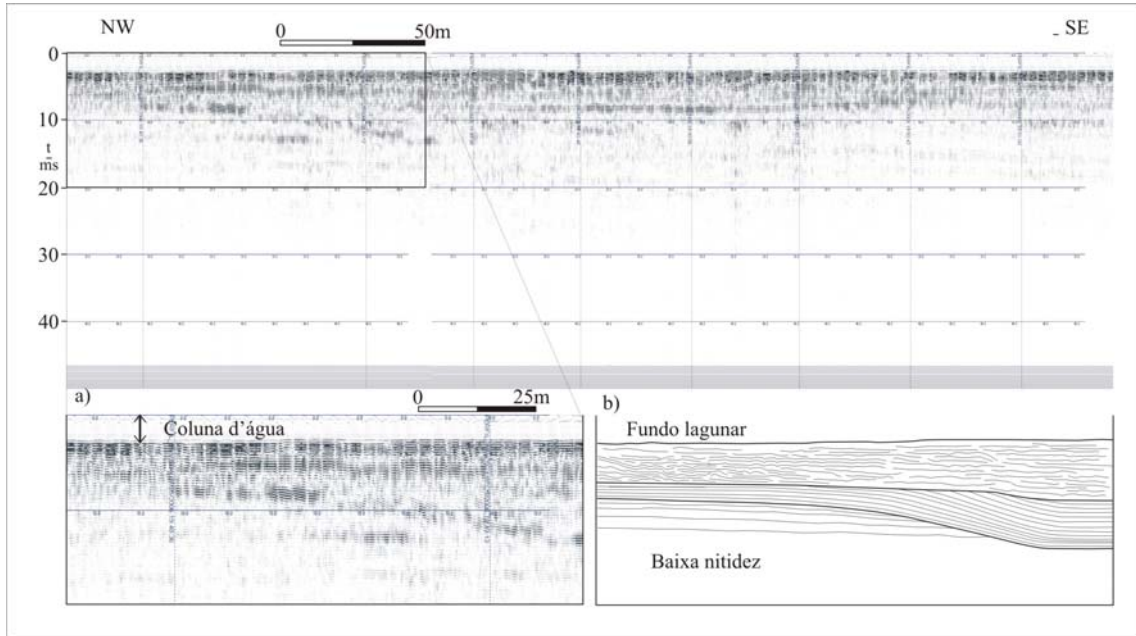
A seção apresentada na figura 14 consiste em uma seção de aproximadamente 350 m do perfil 15 (Fig. 11). A figura 14a corresponde a um trecho de aproximadamente 175 m do trecho da figura 14, sendo a figura 14b sua interpretação sísmica. Na figura 14b é possível reconhecer como configuração interna refletores progradantes do tipo soblíquas paralela e configuração paralela do tipo regular. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap*. A fácies paralela localiza-se no topo, próximo ao fundo lagunar. As fácies soblíqua paralelas, no seu limite superior, fazem um contato do tipo *toplap* com as fácies paralelas.





**Figura 14.** Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

A figura 15 consiste em uma seção de aproximadamente 350 m de extensão localizada quase no final do perfil 15 (Fig. 11). A figura 15a representa um segmento de aproximadamente 120 m e a figura 15b é a interpretação sísmica desse segmento. Na figura 15b é possível reconhecer, como configuração interna refletores progradantes do tipo complexo sigmoidal oblíquo e configuração subparalela. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap*. A fácies subparalela localiza-se no topo, próximo ao fundo lagunar e a parecem também abaixo da fácies que forma o complexo sigmoidal oblíquo, fazendo um contato do tipo *onlap* com estas. A fácies que forma o complexo sigmoidal oblíquo possui seu limite superior em *toplap* com as fácies subparalela.



**Figura 15.** Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 15. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

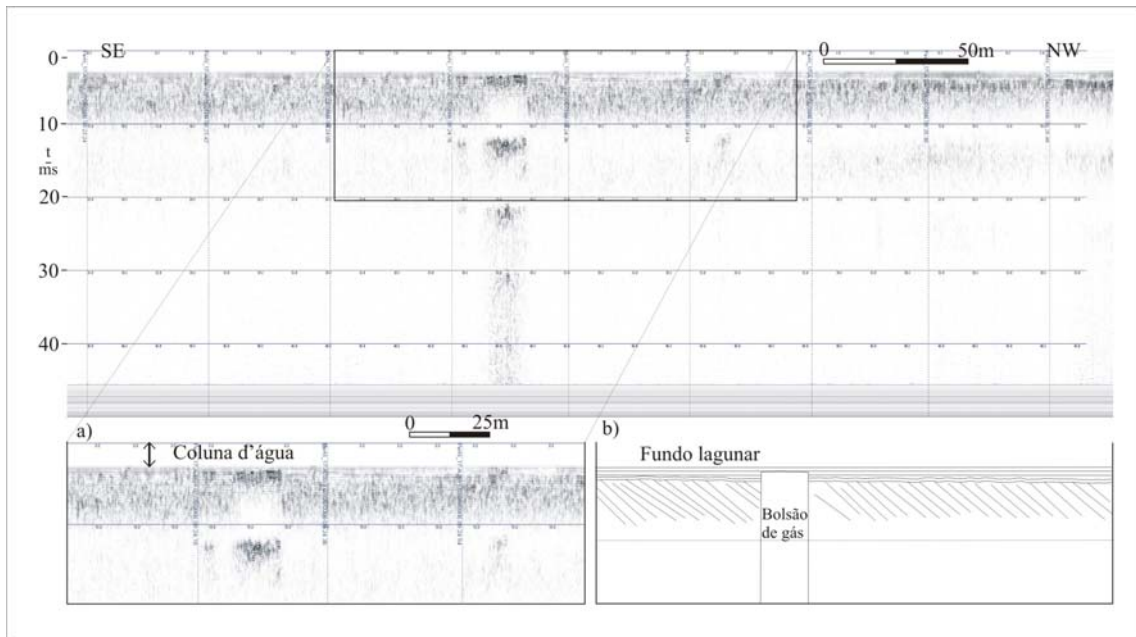
#### • Perfil Sísmico 17

O perfil sísmico 17 encontra-se paralelo ao esporão submerso do Pontal Dona Maria e possui aproximadamente 22,5 km de extensão, com orientação de sudeste para noroeste. O Pontal de Dona Maria cresce para leste por aproximadamente 4 km e sua parte submersa cresce por aproximadamente 15 km para sudeste a partir da extremidade emersa. A direção do levantamento sísmico correspondente ao perfil 17 é oposta à direção de projeção do Pontal Dona Maria.

A profundidade média da lâmina d'água ao longo do perfil é em torno de 3 m e o fundo da lagoa apresenta leves ondulações. As configurações de fácies sísmicas reconhecidas no perfil 17 foram: paralela regular e ondulada, sigmoidal, oblíqua paralela e caótica. Os tipos de terminação lateral reconhecidos foram: *toplap*, *downlap* e *onlap*.

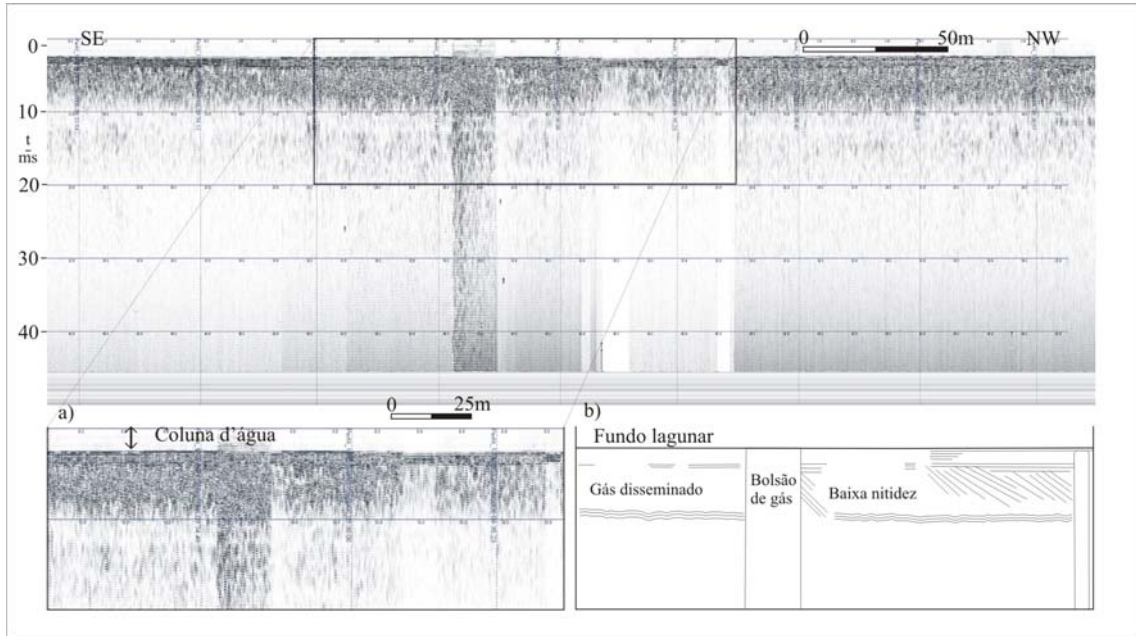
A figura 16 consiste em uma seção de aproximadamente 350 m do perfil 17 (Fig. 11). A figura 16a corresponde a um trecho de aproximadamente 160 m e a figura 16b é a interpretação sísmica desse trecho. Na figura 16b é possível reconhecer como configuração interna refletores progradantes do tipo oblíquas paralela, configuração paralela do tipo regular e ondulada e ainda fácies caóticas devido à presença de um bolsão de gás. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap*, essa terminação ocorre entre a fácies oblíqua paralela que possui esse contato superior com a fácies paralela. As fácies paralelas

encontram-se no topo, próximo ao fundo lagunar. A presença do bolsão de gás interrompe a visualização dos refletores, o bolsão de gás possui aproximadamente 15 m de comprimento.



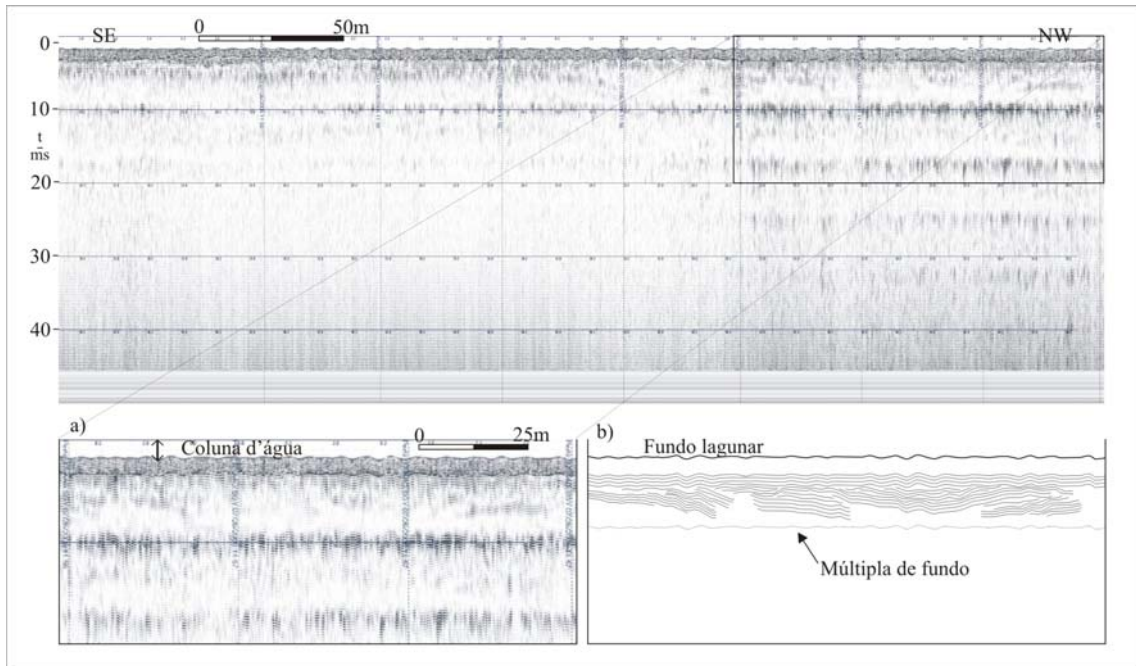
**Figura 16.** Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

A figura 17 representa uma seção de aproximadamente 350 m, localizada no começo do perfil 17 (Fig. 11). A figura 17a consiste em um trecho de aproximadamente 150 m e a figura 17b é a interpretação sísmica desse trecho. Na figura 17b é possível reconhecer como configuração interna refletores progradantes do tipo soblínqua paralela, configuração paralela do tipo regular e ondulada e refletores do tipo caótico devido presença gás disseminado, dificultando deste modo, a visualização do registro sísmico e ainda há a ocorrência de um bolsão de gás. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap*. A fácies paralela encontra-se na parte superior e inferior da seção. A fácies soblínqua paralela encontra-se bem mascarada pelos refletores caóticos do gás disseminado no pacote sedimentar. O contato superior entre a fácies soblínqua paralela com a fácies paralela regular é do tipo *toplap*. O bolsão interrompe a visualização do registro sísmico por aproximadamente 10 m.



**Figura 17.** Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

A figura 18 é uma seção de cerca de 350 m do final do perfil 17 (Fig. 11). A figura 18a corresponde a um intervalo de 130 m da figura 18 e a figura 18b é a interpretação sísmica desse intervalo. Na figura 18b foram reconhecidos, como configuração interna, refletores do tipo progradantes oblíqua paralela, configuração paralela do tipo ondulada e ainda refletores do tipo caótico. Como terminação lateral superior foi reconhecido *toplap*. Os refletores caóticos ocorrem devido à presença de gás difundido nos sedimentos e nesse trecho do perfil 17 eles ocorrem no topo da seção mascarando a fácies paralela. A fácies oblíqua paralela ocorre abaixo da fácies paralela ondulada formando um limite superior do tipo *toplap* com esta última. Nessa figura nota-se que as fácies oblíquas paralela possuem uma geometria externa que se assemelha a um preenchimento de canal.

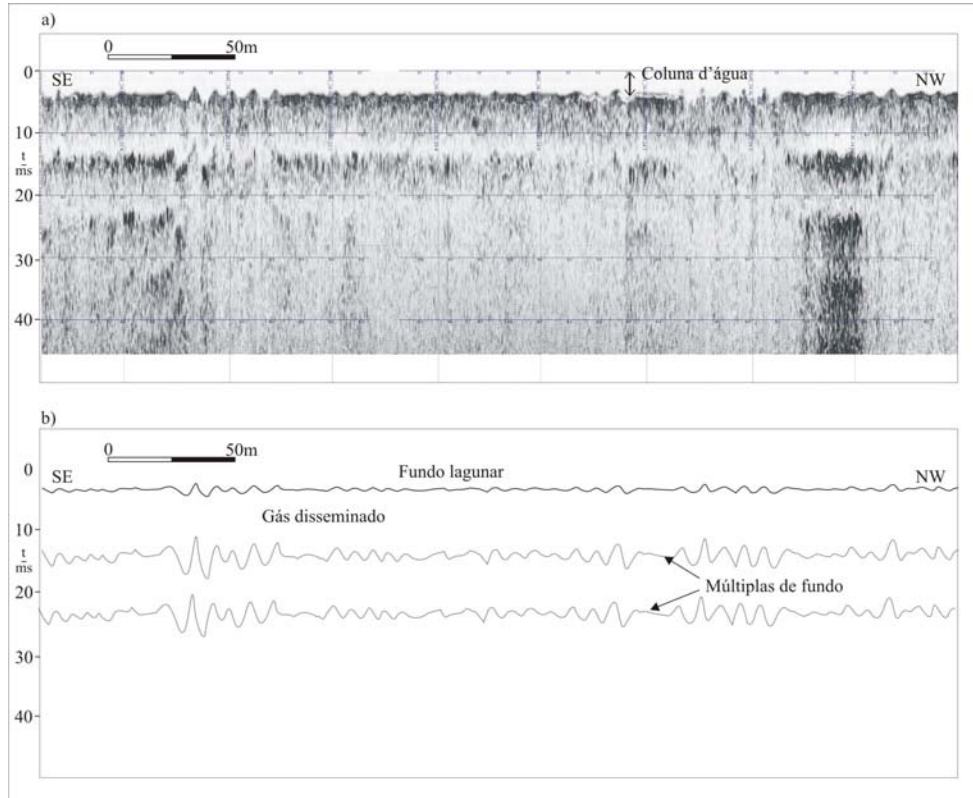


**Figura 18.** Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 17. (a) detalhe do trecho, (b) detalhe interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milissegundos (ms).

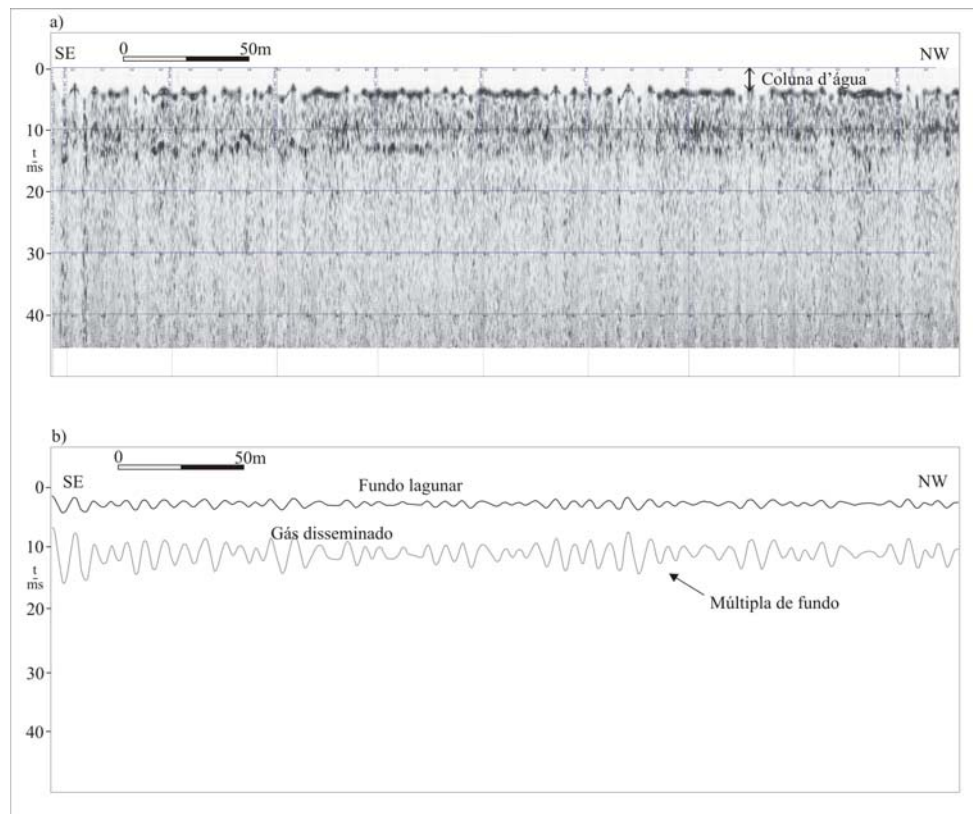
- **Perfil Sísmico 24**

O perfil sísmico 24 é subparalelo ao esporão submerso do Pontal de São Simão e possui aproximadamente 16,3 km de extensão, com orientação de sudeste para noroeste. A parte emersa do Pontal de São Simão desenvolve-se por aproximadamente 10 km com direção noroeste, e seu esporão submerso possui comprimento de 16 km a partir da extremidade do esporão emerso e direção para oeste. A profundidade média da lâmina d'água, ao longo do perfil, é em torno de 3 m e o fundo da lagoa apresenta acentuadas ondulações. A direção do levantamento sísmico correspondente ao perfil 24 é oposta à direção de projeção do Pontal de São Simão.

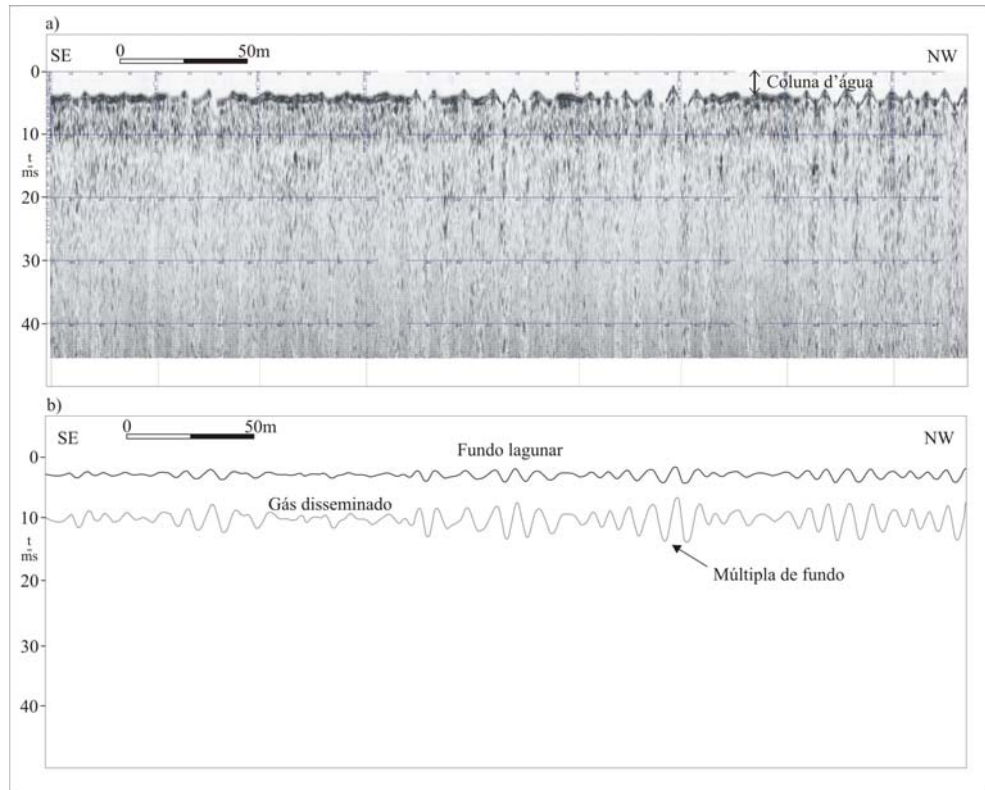
Ao longo de todo o perfil 24 a presença de gás disseminado é muito intensa, encobertando bastante o registro sísmico e dificultando o reconhecimento das fácies sísmicas. Devido à presença de gás não foram reconhecidas fácies do tipo progradante que poderiam representar o desenvolvimento do pontal, deste modo a única fácies sísmicas reconhecida foi do tipo caótica. As figuras 19, 20 e 21 representam alguns trechos de aproximadamente 350 m retirados do perfil 24 e mostram o registro sísmico mascarado pela presença de gás.



**Figura 19.** Seção 1 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).



**Figura 20.** Seção 2 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).



**Figura 21.** Seção 3 retirada do registro sísmico original do perfil 24. (a) Trecho retirado do perfil 24, (b) trecho interpretado. Profundidade em tempo de ida e volta, em milisegundos (ms).

### 3.5. Discussões

O conceito de Sismoestratigrafia, utilizado no presente trabalho vem sendo empregado em estudos recentes para o reconhecimento e mapeamento dos elementos arquiteturais, relacionados à acumulação sedimentar na planície costeira do estado do Rio Grande do Sul. Estes trabalhos são baseados na análise de registros sísmicos de alta frequência e resolução.

Através da análise dos registros obtidos em um levantamento sísmico que operou na frequência de 7 kHz, Toldo (1994) e Toldo *et al.* (2000) estudaram a sedimentação holocênica na Lagoa dos Patos. Foi mapeado um refletor sísmico de subsuperfície que marcaria o limite Pleistoceno/Holoceno no interior do corpo lagunar. Toldo *et al.* (2006) utilizaram os mesmos dados sísmicos para descrever a geologia de subsuperfície rasa da Lagoa dos Patos. Ortiz (1995) usou trechos desses mesmos ecogramas de 7 kHz para auxiliar na identificação do canal fluvial pleistocênico do Rio Camaquã, o qual desemboca atualmente na margem oeste da Lagoa dos Patos.

Dados sísmicos obtidos com frequência de 3,5 kHz, obtidos no interior da Lagoa dos Patos, em 2002, permitiu que Corrêa *et al.* (2003) e Corrêa *et al.* (2004)

reconhecessem estruturas de barreiras transgressivo-regressivas que, em uma época passada, bloqueavam o atual acesso de desembocadura da Lagoa dos Patos com o Oceano Atlântico.

Os mesmos dados sísmicos foram utilizados por Weschenfelder (2005) e Weschenfelder *et al.* (2005), no qual foram estabelecidas três seqüências deposicionais e suas diversas fácies sísmicas constituintes, entre elas a fácies de crescimento de pontal, correspondente ao Pontal de Bojurú.

Vasconcellos (2006), Vasconcellos *et al.* (2006), Weschenfelder *et al.* (2005a) e Weschenfelder *et al.* (2006) utilizaram dos mesmos dados sísmicos de 3,5 kHz para distinguir anomalias acústicas devida à presença de gás. Segundo esses autores, as acumulações de gás raso em alguns setores da laguna são geralmente controladas pela distribuição espacial das fácies sedimentares, sua permeabilidade e seu conteúdo original de matéria orgânica.

Esses mesmos ecogramas de 3,5 kHz foram utilizados por Pereira *et al.* (2003) no reconhecimento preliminar de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos, e Pereira (2005) fez uso dos ecogramas no mapeamento e reconhecimento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.

Segundo Toldo (1994) a formação dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos é consequência das variações relativas do nível do mar durante o Holoceno, afirmando ainda que todos os esporões submersos da laguna formaram-se devido a essas oscilações do nível marinho e que hoje são feições totalmente desvinculadas da dinâmica que os fez crescer. Descreve que o crescimento dos pontais emersos é produto da dinâmica atual, na qual o mecanismo consiste no transporte dos sedimentos ao longo da praia lagunar e sua deposição nos locais de crescimento desses esporões.

Para o presente trabalho foram utilizados 3 perfis sísmicos levantados no substrato lagunar. Os perfis sísmicos analisados possuem sua direção paralela ou subparalela aos pontais arenosos que crescem na margem da Lagoa dos Patos, deste modo nos perfis foram reconhecidas fácies interpretadas como representativas dos pontais arenosos.

A fácies paralela regular encontra-se geralmente no topo das seções, próximas ao fundo lagunar, possivelmente representando a sedimentação lagunar, ocorrendo também mais abaixo no registro sísmico. Essa fácies ocorre em nos perfis sísmicos 15 e 17. A fácies paralela ondulada ocorre próximo ao fundo lagunar no perfil 17, sendo interpretada também como representativa da sedimentação do fundo lagunar.



A fácies progradantes ocorre em área onde os estratos superpõem-se lateralmente, constituindo assim superfícies inclinadas chamadas de clinofórmulas. As fácies progradantes reconhecidas (sobslíqua paralela, oblíqua tangencial, sigmoidal e complexo sigmoidal oblíquo) são interpretadas como características de crescimentos dos pontais arenosos.

A fácies caótica, caracterizada pela ocorrência de reflexões sísmo-acústicas anômalas, ocorreu em vários setores do registro sísmico, principalmente no perfil 24. Esse comportamento geoacústico dos sedimentos do substrato da lagoa é interpretado como sendo resultado da presença de gás nos sedimentos. O gás ocorre na forma de ‘bolsões de gás’ e de ‘gás disseminado’. A presença de gás dificulta ou, até mesmo, impede o mapeamento dos elementos sísmicos relacionados à deposição sedimentar na área.

Os perfis sísmicos efetuados próximos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos permitiram o reconhecimento de reflexões sísmicas, gerados devido às diferenças de impedância acústica. Essas reflexões são interpretadas como representativas do crescimento dos pontais.

### **3.6. Conclusões**

O levantamento sísmico efetuado possibilitou o reconhecimento de elementos arquiteturais que compõem o pacote sedimentar amontoado no subsolo da Lagoa dos Patos. Como base para o reconhecimento sísmico utilizou-se a análise da configuração interna, terminação lateral dos refletores e geometria externa dos pacotes, em concordância com os conceitos gerais da estratigrafia sísmica (Mitchum *et al.* 1977).

Fez-se uso de três perfis sísmicos levantados próximo aos pontais arenosos da lagoa. O perfil sísmico 15 é subparalelo à parte submersa do Pontal Vitoriano. Ao longo desse perfil foram reconhecidas diversas fácies sísmicas: paralela regular, sobslíqua paralela, oblíqua tangencial, complexo sigmoidal oblíquo e caótica. O perfil 17 encontra-se paralelo ao esporão submerso do Pontal Dona Maria e nesse perfil foram reconhecidas as fácies: paralela regular e ondulada, sigmoidal, sobslíqua paralela e caótica. O perfil 24, levantado subparalelo ao esporão submerso do Pontal de São Simão, apresenta gás disseminado ao longo de toda sua extensão a única fácies que foi possível de reconhecer foi a fácies caótica.

O trabalho aqui desenvolvido atingiu seu objetivo principal, acrescentando novos elementos para os estudos relacionados à evolução geológica e paleogeográfica do sistema lagunar do estado do Rio Grande do Sul.

### 3.7. Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências - PPGeo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO da UFRGS.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de mestrado (Processo nº 131426/2006-0) e pela bolsa de produtividade (Processo nº 303956/2006-2).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, pelo auxílio à pesquisa (Processo nº 0521261).

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Fundação Universidade do Rio Grande do Sul – FURG, pelo uso da lancha oceanográfica LARUS no levantamento sísmico na Lagoa dos Patos.

À empresa Geowork Estudos Ambientais Ltda, pela uso dos equipamentos de sísmica e do acompanhamento técnico necessário às tarefas de embarque e levantamento sísmico.

### 3.8. Referências

- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2003. Recife-PE. **Boletim de resumos expandidos.**, cd-rom, 3 p.
- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2004. Estruturas e evolução dos cordões arenosos pleistocênicos no canal de acesso à Laguna dos Patos - RS, Brasil (Structures and evolution of the pleistocenic sand beach ridges in the Patos Lagoon inlet, RS, Brazil). **Revista Pesquisas em Geociências** 31, 69-78
- JONES, E. J. W., 1999. **Marine Geophysics**. Wiley & Sons (eds.), 466p.
- MITCHUM, R.M.,JR., VAIL, P.R., SANGREE, J.B., 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 Geologists Memoir, Tulsa, **26**:117-133.
- ORTIZ, J.D.R., 1995. **O preenchimento sedimentar do vale inciso do Rio Camaquã, Quaternário da Província Costeira do RS**. Porto Alegre, 182p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- PEREIRA, C.M., WESCHENFELDER, J. CORRÊA, I.C.S., 2003. Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos. **Boletim de resumos** DO XV Salão de iniciação científica e XII Feira de iniciação científica, p.23.
- PEREIRA, C. M.; **Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos**. 2005. Porto Alegre, 60f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SEVERIANO RIBEIRO H. J. P., 2001. **Estratigrafia de seqüências – Fundamentos e aplicações** (organizador). Ed. Unisinos, 428 p.
- TOLDO, E.E., Jr., 1994. **Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar da Lagoa dos Patos**. Porto Alegre, 143p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TOLDO, E.E. JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., 2000. Holocene sedimentation in Lagoa dos Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**, 16(3): 816-822.
- TOLDO, E.E. JR., DILLENBURG, S.R., CORRÊA, I.C.S., ALMEIDA, L.E.S.B., WESCHENFELDER, J., GRUBER, N.L.S. 2006. Sedimentação de longo e curto período na Lagoa dos Patos, Sul do Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências** 33 (2), 79-86
- VASCONCELOS, V. E. B.; WESCHENFELDER, J.; PEREIRA, C. M.; Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução: caracterização, mapeamento e fatores condicionantes. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2006, Aracaju. **Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia**, 2006. p. 1-1.
- VASCONCELOS, V. E. B.; **Caracterização das ocorrências de gás raso na Lagoa dos Patos**. 2006. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Agência Nacional do Petróleo.
- VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, 8:1-45.
- WESCHENFELDER, J. **Processos sedimentares e variação do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul-Brasil**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. **Pesquisas em geociências**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 57-67, 2005.
- WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Gas accumulations revealed by high-resolution seismics in the Patoa lagoon, southern Brazil. In: **VIII International Conference on Gas in Marine Sediments**, 2005a, Vigo. Anais do evento e CD-ROM, 2005a.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Shallow gas accumulation in sediments of the Patos Lagoon, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, Brasil**, v. 78, n. 3, p. 607-614, 2006.

## IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1. Síntese dos Resultados

A dissertação foi desenvolvida com base em dois levantamentos sísmicos efetuados na Lagoa dos Patos. O primeiro levantamento foi realizado no ano de 2002 e o segundo levantamento foi realizado em 2006. Ambos os levantamentos foram divididos em seções, denominadas de perfis sísmicos. Por meio da análise dos perfis levantados foi possível estabelecer uma interpretação sísmica, reconhecendo e mapeando as fácies sísmicas correspondentes ao substrato lagunar. A interpretação sísmica foi fundamentada na identificação dos refletores sísmicos, principalmente da configuração interna destes, em concordância com os conceitos da estratigrafia sísmica (Mitchum *et al.* 1977).

O trabalho levou em consideração os perfis sísmicos levantados paralelos ou subparalelos aos pontais arenosos da Lagoa dos Patos. Os dois levantamentos resultaram em 800 km de perfilagem e somaram um total de 27 perfis sísmicos. Os perfis levantados paralelos aos pontais arenosos e aproveitados para o presente trabalho foram: perfil 2 próximo ao Pontal de Bojurú; perfil 4 próximo ao pontal Cristovão Pereira; perfil 6 e perfil 24 próximos ao Pontal de São Simão; perfil 11 e perfil 15 próximos ao Pontal Vitoriano; e perfil 17 próximo ao Pontal Dona Maria.

As fácies sísmicas reconhecidas e relacionadas aos pontais foram:

- Fácies paralela regular, subparalela e ondulada;
- Fácies progradante oblíqua tangencial, soblíqua paralela, sigmoidal e complexo sigmoidal oblíquo;
- Fácies Caótica.

As fácies paralelas geralmente ocorrem próximas a superfície do fundo da laguna e neste caso foram interpretadas como sendo relacionadas à sedimentação lagunar. Essas fácies ocorrem também em profundidades maiores. A fácies mais comum próxima ao fundo lagunar é a paralela regular, enquanto que as fácies subparalela e ondulada são mais comuns na base dos pacotes de refletores das fácies progradantes. As fácies paralelas são as mais comuns nos levantamentos sísmicos, ocorrendo em todos os perfis analisados. As configurações paralelas geralmente indicam uma taxa de deposição uniforme dos estratos.

As fácies progradantes foram reconhecidas na maioria dos perfis levantados próximos aos pontais arenosos. Essas fácies foram reconhecidas pela identificação de refletores que se apresentam oblíquos, mergulhantes e progradantes em direção ao interior da laguna, sendo interpretadas como a fácies característica de crescimento de pontal arenoso.

A fácies caótica, caracterizada pela ocorrência de reflexões sísmo-acústicas anômalas, ocorre em vários trechos dos registros sísmicos, evidenciando a presença de gás no pacote sedimentar. O gás raso no pacote sedimentar ocorre na forma de bolsões de gás e de gás disseminado (Vasconcellos 2005, Vasconcellos *et al.* 2005, Weschenfelder *et al.* 2005a e Weschenfelder *et al.* 2006). Segundo esses autores as acumulações de gás são controladas pela distribuição espacial da fácies sedimentares, sua permeabilidade e seu conteúdo original de matéria orgânica. A presença do gás no pacote sedimentar pode bloquear a visualização dos elementos arquiteturais, a exemplos dos perfis analisados no presente trabalho.

## **4.2. Conclusões**

A metodologia empregada para o presente trabalho de dissertação foi a utilização conceitual das linhas gerais estabelecidas pela Sismoestratigrafia. Através da abordagem sísmica aplicada foi possível o reconhecimento de refletores sísmicos em registros de alta frequência (3,5kHz) e resolução. Esses refletores são representativos das fácies sísmicas relacionadas aos pontais arenosos que crescem nas margens da Lagoa dos Patos. A aplicação da estratigrafia sísmica resultou em um bom desenvolvimento do trabalho, permitindo que os objetivos fossem atingidos.

Estudos importantes têm sido desenvolvidos com base nos mesmos dados sísmicos de 3,5 kHz aqui utilizados, levantados em julho de 2006 no inteiro da Lagoa dos Patos: Corrêa *et al.* (2003), Corrêa *et al.* (2004), Pereira (2005), Pereira *et al.* 2003, Vasconcellos (2005), Vasconcellos *et al.* (2005), Weschenfelder (2005), Weschenfelder *et al.* (2005), Weschenfelder *et al.* (2005a) e Weschenfelder *et al.* (2006).

Apesar do levantamento sísmico ter atingido baixas profundidades, comprometendo a clareza no entendimento dos dados obtido, os registros apresentaram boa qualidade, resultando em uma razoável perceptibilidade. Na análise dos registros foi levada em consideração a presença dos sinais da reflexão múltipla.

Os dados sísmicos de alta resolução levantados no interior da Lagoa dos Patos revelaram a ocorrência de diversas fácies sísmicas. As fácies sísmicas reconhecidas foram: paralelas, progradantes e caóticas. Essas fácies foram interpretadas com sendo representativas dos estratos correspondentes aos pontais arenosos.

Como conclusão final, pode-se afirmar que este estudo apresenta novas informações significativas e que devem ser levadas em consideração nos estudos relacionados ao desenvolvimento dos pontais arenosos da Lagoa dos Patos. Os elementos arquiteturais reconhecidos e aqui apresentados deverão ser proveitosos e incorporados às pesquisas sobre a evolução geológica e paleogeográfica do sistema lagunar do estado do Rio Grande do Sul.

### 4.3. Referências

- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2003. Recife-PE. **Boletim de resumos expandidos.**, CD-ROM, 3 p.
- CORRÊA, I.C.S., ALIOTTA, S., WESCHENFELDER, J., 2004. Estruturas e evolução dos cordões arenosos pleistocênicos no canal de acesso à laguna dos Patos - RS. **Pesquisas em Geociências.**
- MITCHUM, R.M.,JR., VAIL, P.R., SANGREE, J.B., 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 Geologists Memoir, Tulsa, **26**:117-133.
- PEREIRA, C.M., WESCHENFELDER, J., CORRÊA, I.C.S., 2003. Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos. **Boletim de resumos** DO XV Salão de iniciação científica e XII Feira de iniciação científica, p.23.
- PEREIRA, C. M.; **Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos.** 2005. Porto Alegre, 60f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VASCONCELOS, V. E. B.; WESCHENFELDER, J.; PEREIRA, C. M.; Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução: caracterização, mapeamento e fatores condicionantes. In: XLIII Congresso

Brasileiro de Geologia, 2006, Aracaju. **Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia**, 2006. p. 1-1.

VASCONCELOS, V. E. B.; **Caracterização das ocorrências de gás raso na Lagoa dos Patos**. 2006. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Agência Nacional do Petróleo.

WESCHENFELDER, J., **Processos sedimentares e variação do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul-Brasil**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. **Pesquisas em geociências**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 57-67, 2005.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Gas accumulations revealed by high-resolution seismics in the Patos lagoon, southern Brazil. In: **VIII International Conference on Gas in Marine Sediments**, 2005a, Vigo. Anais do evento e CD-ROM, 2005a.

WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C. M.; VASCONCELOS, V. E. B. Shallow gas accumulation in sediments of the Patos Lagoon, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, Brasil**, v. 78, n. 3, p. 607-614, 2006.



Pereira, Carla Mandracio

Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas em perfis Sísmicos localizados na Lagoa dos Patos,RS – Brasil./ Carla Mandracio Pereira – Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2008.

[72 f.] il.

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS – BR, 2008.

1. Geologia Marinha. 2. Fácies sísmicas. 3. Lagoa dos Patos,RS. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências – UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113