



VICENTE OLIVEIRA DA SILVA JUNIOR

**IDENTIFICAÇÃO GEOACÚSTICA DAS ECOFÁCIES DE FUNDO E SUBFUNDO
DA PORÇÃO NORTE DO LAGO GUAÍBA, RS.**

Porto Alegre
2017

VICENTE OLIVEIRA DA SILVA JUNIOR

**IDENTIFICAÇÃO GEOACÚSTICA DAS ECOFÁCIES DE FUNDO E SUBFUNDO
DA PORÇÃO NORTE DO LAGO GUAÍBA, RS.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Porto Alegre

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

VICENTE OLIVEIRA DA SILVA JUNIOR

IDENTIFICAÇÃO GEOACÚSTICA DAS ECOFÁCIES DE FUNDO E SUBFUNDO DA
PORÇÃO NORTE DO LAGO GUAÍBA, RS.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia apresentado ao Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Dr. Jair Weschenfelder

Dr. Artur Cezar Bastos Neto

Dr. Marcus Vinícius Dorneles Remus

Dr. Pedro Antônio Roehe Reginato

Discente avaliado

__/__/__

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades que eu obtive durante a graduação, e pela força me dada para enfrentar todos os desafios que eu tive pela frente.

Agradeço também à minha família, que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas, e me incentivou a sempre seguir em frente. Em especial, agradeço à minha mãe Maria José, a meu pai Vicente, a meu irmão Blênio, e a minha namorada Adelle, que ainda distantes fisicamente, estiveram sempre próximos de mim nessa caminhada.

Agradeço também ao professor Jair Weschenfelder, e ao Fernando Scottá, que me ajudaram diretamente na confecção deste trabalho, e ao pessoal do CECO: o Gilberto, o Zé, o Mauro, e todos os outros, que de uma forma ou de outra, me ajudaram nesse processo.

RESUMO

Métodos sísmicos têm sido amplamente utilizados nas investigações das superfícies de fundo e subfundo de corpos aquáticos. Investigações geoacústicas que utilizam fontes de alta frequência e resolução, comumente entre 3 e 12 kHz para perfilagem de subfundo, fornecem dados de boa qualidade para o reconhecimento e estudo de ecofácies. Ecofácies é um conjunto de características físicas do eco, que resulta da interação da superfície de fundo/subfundo do corpo aquático e o pulso de energia emitido pela fonte acústica. Desta forma, as ecofácies refletem características específicas do sedimento de fundo e subfundo. Este estudo teve como objetivo mapear e identificar as ecofácies de fundo e subfundo da porção norte do Lago Guaíba. Para isso, foi feito um levantamento geoacústico com o uso de um perfilador sísmico de 10 kHz e um sonar de varredura lateral de 455 kHz. Ao todo, foram levantados aproximadamente 70 km de extensão em perfis, distribuídos em uma malha transversal e longitudinal à margem. Concomitantemente, foram coletadas amostras de fundo com uma draga busca fundo do tipo Van Veen, para associar o tipo de fundo e as características dos sedimentos com as respostas acústicas registradas nos ecogramas. Observou-se uma concordância entre os dados sísmicos e os sedimentológicos, evidenciando a identificação de quatro setores com características sedimentares distintas. O Setor 1 é composto por sedimentos mais grossos que depositam ao adentrar ao lago. O Setor 2 é composto por dunas subaquosas de 3 m a 130 m de comprimento, as quais representam um ambiente com alta velocidade de fluxo. O Setor 3 é composto predominantemente por sedimentos finos, representando assim um ambiente com baixa velocidade de fluxo. O Setor 4 apresenta grandes irregularidades no leito, com a presença de profundas cavas. Este setor é associado a influências antrópicas na superfície de fundo do lago, por meio de aterramentos e dragagens. Cada setor apresentou variações em suas composições, as quais foram representadas cada uma por uma ecofácies distinta. Desta forma, cada setor apresentou duas ecofácies, totalizando oito diferentes ecofácies. Os resultados obtidos permitiram um maior conhecimento do leito do Lago Guaíba, de sua composição sedimentar, e dos processos hidrodinâmicos atuantes. Os dados coletados se mostraram bastante úteis para o auxílio a um provável e necessário zoneamento ambiental e econômico deste corpo aquático.

Palavras-Chave: Geociências. Sísmica. Ecofácies. Guaíba.

ABSTRACT

Seismic methods have been widely used in investigations of bottom and sub-bottom surfaces of aquatic bodies. Geoacoustic investigations utilizing high frequency and resolution sources, commonly between 3 and 12 kHz for sub-bottom profiling, provide high quality data for the recognition and study of ecofacies. Ecofacies is a set of physical characteristics of the echo, which results from the interaction of the bottom/sub-bottom surface of the waterbody and the energy pulse emitted by the acoustic source. In this way, the ecofacies reflects specific characteristics of bottom and sub-bottom sediments. This study aimed to map and identify the bottom and sub-bottom ecofacies of the northern portion of Lake Guaíba. For this purpose, we conducted a geoacoustic survey using a 10 kHz seismic profiler and a 455 kHz sidescan sonar at the north section of the Lake Guaíba, next to the central region of Porto Alegre. In all, it was collected approximately 70km of extension in profiles, distributed in a grid transverse and longitudinal to the margin. Concomitantly, we collected samples of sediment utilizing a Van Veen grab sampler, to associate the type of floor and the characteristics of the sediments with the acoustic responses recorded in the echograms. We observed a concordance between the seismic and sedimentological data, evidencing four sectors with distinct sedimentary characteristics. Sector 1 is composed by coarser sediments that deposit when entering the lake. Sector 2 is composed of subaquatic dunes from 3 m to 130 m in length, which represent an environment with high flow velocities. Sector 3 is predominantly composed of fine sediments, thus representing an environment with low flow velocities. Sector 4 presents great irregularities on the lake's floor, with the presence of deep cavas. This sector is associated with anthropogenic influences on the lake bottom surface, through landfills and dredging. Each sector presented variations in their compositions, which were each represented by a different ecofacies. In this way, each sector presented two ecofacies, totaling eight different ecofacies. The results obtained allowed a better knowledge of Lake Guaíba's floor, its sedimentary composition and the hydrodynamic processes. The collected data proved to be very useful for the aid of a probable and necessary environmental and economical zoning of this body of water.

Keywords: Geoscience. Seismic. Ecofacies. Guaíba.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa do Lago Guaíba contendo área de estudo (delimitada por contorno branco)..... 16
- Figura 2 – Sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: sistemas de leques aluviais e sistemas do tipo Laguna-Barreira (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2005). 18
- Figura 3 – Propagação e reflexão de ondas elásticas em meios com diferente impedância: O pulso de energia é emitido pela fonte. Ao atingir um meio com diferente impedância acústica, uma parte da energia é refletida. A maior parte é transmitida até encontrar um novo meio com diferente impedância acústica, gerando uma nova reflexão de parte da energia. Todas as reflexões vindas das interfaces dos diferentes meios são captadas por sensores, e então transmitido a um equipamento que faz seu registro (SOUZA, 2006). 20
- Figura 4 – Diferentes frequências de ondas elásticas para diferentes objetivos de informação a ser gerada, em ambientes de águas rasas. A batimetria e o imageamento são utilizados para um maior detalhamento da topografia do fundo, enquanto a perfilagem sísmica permite maior penetração. A perfilagem sísmica utilizando fontes de mais alta frequência resulta em maior resolução e menor penetração, comparado ao uso de fontes de mais baixa frequência (SOUZA, 2006). 21
- Figura 5 – Diferentes limites estratigráficos em sinal sísmico. O limite estratigráfico de topo de uma sequência pode ser do tipo: erosional, toplap ou concordante. Já o limite inferior pode ser do tipo: onlap, downlap ou concordante (adaptado de SHERIFF, 1980)..... 22
- Figura 6 – Ecofácies da Lagoa Rodrigo de Freitas. Eco Tipo 1 representa fundo arenoso; Eco Tipo 2 representa fundo lamoso; Eco Tipo 3 representa gás disseminado em sedimento; e Eco Tipo 4 representa sedimento dragado (BAPTISTA NETO et al., 2011)..... 24
- Figura 7 – Mapeamento de ecofácies em corpo aquático. No caso, foram mapeadas seis fácies acústicas em um estudo de aproximadamente 400km de registro (DOWDESWEEL et al., 2014)..... 25
- Figura 8 – Mapa dos ambientes sedimentares do Guaíba. Sistema deposicional, composto basicamente por silte e argila, em azul; Sistema transicional, composto basicamente por areia fina e silte em amarelo; e Sistema de erosão e deposição, composto basicamente por areia, em vermelho (NICOLODI et al., 2013). 27
- Figura 9 – Embarcação utilizada para a etapa de campo..... 29
- Figura 10 – Mapa de Eco-Setores e de Ecofácies da porção norte do Lago Guaíba. Pontos representam locais de amostragem de amostras de fundo..... 36

Figura 11 – Dados sísmicos com uma superfície bastante irregular e altamente refletiva, relativa ao Eco 1a, e uma superfície com textura mais suave e com penetração sonora, relativa ao Eco 1b	37
Figura 12 – Dunas subaquosas: perfilagem sísmica evidencia dunas grandes com penetração do sinal acústico, e dunas médias e pequenas com pouca ou nenhuma penetração; imagem de SVL demonstra forma 2D das dunas.	39
Figura 13 – Perfilagem sísmica evidencia uma espessa camada com alta penetração do sinal acústico sobre refletor altamente refletivo em subfundo. Ecos 3a e 3b são diferenciados pelo primeiro refletor: Eco 3b apresenta primeiro refletor altamente refletivo, com presença de barras arenosas, enquanto Eco 3a possui primeiro refletor pouco refletivo. A sonografia apresenta Eco 3a com uma coloração cinza claro, e aparentemente algumas formas de fundo sobre ele. Eco 3b possui textura lisa, e coloração cinza escuro.....	41
Figura 14 – a) fundo com relevo hiperbólico, e bastante acidentado. Possui estruturas semelhantes a pilhas de sedimentos; b) grandes cavas no leito, e rejeito de dragagem entre as cavas.....	43
Figura 15 – a) Eco 4b apresentando refletores internos mergulhando a leste; b) Eco 4b indicando refletor altamente refletivo e hiperbólico em subfundo, que aparentemente representa rochas.	44
Figura 16 – Eco 4a em sonografia mostrando uma superfície bastante irregular e acidentada.....	44
Figura 17 – Mapa batimétrico do setor norte do Lago Guaíba.....	45
Figura 18 – Diferentes ecos e suas localizações em cada região do leito.....	46
Figura 19 – Diagrama correlacionando granulometria e formas de fundo para inferir velocidade média de fluxo (NICHOLS, 2009).	49
Figura 20 – Região do canal de navegação evidenciando um paleocanal em subfundo.	51
Figura 21 - Evolução da margem de Porto Alegre com o tempo, devido a seguidos aterramentos. Retirado de Bohrer (2001).	52
Figura 22 - a) Depressão que provavelmente abrigava uma tubulação; b) Depressão que aparentemente contém uma tubulação.....	53
Figura 23 - Comparação entre carta náutica da Marinha Brasileira da década de 1960 e mapa batimétrico levantado neste trabalho. A comparação permite observar um grande aprofundamento observado na margem leste da área de estudo, o qual não era observado na década.....	54

LISTA DE ABREVIações

AAR – Ambientes de Águas Rasas

ESRG – Escudo Sul Rio Grandense

H/L – Altura/Comprimento

PCRS – Planície Costeira do Rio Grande do Sul

RS – Rio Grande do Sul

SVL – Sonar de Varredura Lateral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo geral	15
3.2	Objetivos específicos	15
4	ÁREA DE ESTUDO	16
4.1	Geologia da área	17
5	ESTADO DA ARTE	19
5.1	Métodos Sísmicos em AAR	19
	5.1.1 Perfilagem Sísmica de Alta Resolução	21
	5.1.2 Sonografia	22
5.2	Ecofácies	23
5.3	Estudos no Guaíba	25
6	MATERIAIS E MÉTODOS	28
6.1	Etapa de campo	28
	6.1.1 Coleta de dados sísmicos	29
	6.1.1.1 Perfilagem sísmica de alta resolução	30
	6.1.1.2 Sonografia	31
	6.1.2 Coleta de sedimentos de fundo	32
6.2	Etapa pós-campo	32
	6.2.1 Análise granulométrica dos sedimentos de fundo	33
	6.2.2 Análise e interpretação dos dados sísmicos	33
	6.2.3 Elaboração do mapa de distribuição das ecofácies do Guaíba	34

7	RESULTADOS.....	35
7.1	Ambientes sedimentares e Ecofácies	35
7.1.1	Setor 1	35
7.1.1.1	Eco 1a	35
7.1.1.2	Eco 1b.....	37
7.1.2	Setor 2	38
7.1.2.1	Eco 2a.....	39
7.1.2.2	Eco 2b.....	40
7.1.3	Setor 3	40
7.1.3.1	Eco 3a	41
7.1.3.2	Eco 3b.....	41
7.1.4	Setor 4	42
7.1.4.1	Eco 4a	42
7.1.4.2	Eco 4b.....	43
7.2	Batimetria	45
8	DISCUSSÃO	47
8.1	Setor 1.....	47
8.2	Setor 2.....	48
8.3	Setor 3.....	50
8.4	Setor 4.....	51
9	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
	ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

Ambientes de águas rasas são todas aquelas áreas em que a profundidade da lâmina d'água raramente ultrapassa algumas dezenas de metros (SOUZA, 2006). Devido aos rápidos fluxos de transporte de sedimentos, os corpos aquáticos de águas rasas são considerados entre os ambientes mais dinâmicos da superfície terrestre (MISSIAEN; WARDELL; DIX, 2005).

Dentro deste contexto se encontram as áreas submersas interiores, que são os rios, lagos, represas e reservatórios (SOUZA, 2006; SOUZA; GANDOLFO, 2012). Essas áreas possuem diversos fatores que despertam o interesse da sociedade nos dias atuais, especialmente o interesse por água e energia (SOUZA; GANDOLFO, 2012), e conseqüentemente são mais afetadas com o avanço da ocupação do homem (SOUZA, 2006). Entre as diversas atividades efetuadas nessas áreas, destacam-se: o gerenciamento desses ambientes, a recreação, as obras civis, a prospecção mineral e a navegação, entre outros. Para o desenvolvimento dessas atividades é de grande importância o conhecimento da superfície e subsuperfície de fundo desses ambientes (SOUZA, 2006).

Métodos sísmicos têm sido amplamente utilizados em investigações de fundo e subfundo de corpos aquáticos. Estes métodos propiciam uma grande penetração e resolução dos dados sísmicos, além de não causarem danos ao ambiente estudado (TÓTH; VIDA; HORVÁTH, 1997; SOUZA, 2006). A investigação da superfície de fundo desses corpos tem normalmente como objetivo a identificação de feições sedimentares e estruturais, além do mapeamento de afloramentos rochosos. Para isso, são utilizadas fontes acústicas que trabalham com frequências normalmente superiores a 30 kHz. Já a investigação de subfundo tem normalmente como objetivo quantificar a espessura das camadas sedimentares, e identificar a relação morfológica entre as camadas adjacentes. Para isso, são utilizadas fontes acústicas que atuam com frequências inferiores a 20 kHz (SOUZA, 2006).

O Guaíba é um complexo corpo aquático, situado na zona costeira do estado do Rio Grande do Sul (GRUBER; BRANCO, 2010). A área de sua bacia hidrográfica é de 84.700 km², e abrange mais de 250 municípios. O Guaíba é definido pela prefeitura de Porto Alegre como um lago, porém esta definição não é aceita por toda

a comunidade científica. Existe um grande debate acerca de sua classificação. Analisando basicamente a sua hidrodinâmica, o Guaíba é considerado um rio, por possuir fortes fluxos de escoamento, o que desfavorece a deposição de sedimentos finos (TOLDO JR.; ALMEIDA, 2009). Analisando diversos fatores morfológicos ele é considerado um lago. Alguns fatores são o não paralelismo de suas margens, o que não é típico de rios, e sim de lagos; além do fato de ele se iniciar a frente de um sistema deltaico, o que nunca ocorre com um rio (MENEGAT; CARRARO, 2009).

Estudos relacionados à sedimentação no Guaíba vêm sendo feitos há quase meio século, inferindo sobre o fundo do Guaíba, e delimitando ambientes de sedimentação. O primeiro trabalho a analisar a sedimentação no Guaíba foi de Cunha (1971), o qual realizou uma caracterização morfológica, textural e mineralógica dos depósitos.

O projeto “Sedimentação do Complexo do Guaíba”, que foi realizado em conjunto entre o Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), e o Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE), gerou mapas de ambiente de sedimentação do Guaíba em relação ao teor de areia apresentado pelas 187 amostras de fundo coletadas (CECO, 1999).

Nicolodi (2007) definiu para o Guaíba três ambientes sedimentares, com base na distribuição sedimentar, características das ondas, velocidade orbital, camada limite e o início do fluxo turbulento. Esses ambientes foram denominados de erosional, transicional e deposicional. O fundo erosional, que corresponde a 8% da área do Guaíba, é composto basicamente por areia. O fundo transicional, que corresponde a 41% da área, é formado por areia e silte. Já o fundo deposicional, o que corresponde aos 51% da área restante, é formado pelos sedimentos mais finos, e é caracterizado como o ambiente de mais baixa energia hidrodinâmica dentro do Guaíba.

Nicolodi, Toldo Jr. e Farina (2010) discutiram que os sedimentos mais grossos são depositados assim que adentram ao Guaíba, formando assim o delta do Jacuí. Já os sedimentos mais finos são levados preferencialmente em suspensão.

Porém, são poucos os estudos utilizando métodos sísmicos no Guaíba. Na expedição abordo da Lancha Larus (FURG), na qual foi feito um levantamento de dados de sísmica de reflexão de 3,5 kHz na Laguna dos Patos no ano de 2002 (WESCHENFELDER et al. 2010), foram levantados alguns perfis sísmicos no

Guaíba entre Porto Alegre e a entrada da Lagoa dos Patos, feitos sobre o canal de navegação. Desses perfis, aproximadamente 50 km de extensão foram analisados por Bortolin e Weschenfelder (2009), entre o farol de Itapuã ao cais Mauá, no qual foi evidenciado um grande canal próximo ao Farol de Itapuã. Nicolodi (2007) gerou um mapa batimétrico utilizando como base o Mapa físico do Atlas Ambiental de Porto Alegre, a base de dados do projeto “Sedimentação do Complexo do Guaíba”, e dados obtidos em 12 perfis praias e dois perfis transversais de 900 m de comprimento no Guaíba.

Desconhecem-se trabalhos utilizando métodos sísmicos de perfilagem sísmica ou sonografia de varredura lateral para caracterizar o leito do Guaíba e consequente proposição de diferentes ambientes de sedimentação. Então, partindo pelas premissas de que o Guaíba carece de um maior conhecimento arquitetural de seu fundo e subfundo; e de que métodos sísmicos de alta resolução são importantes ferramentas para o conhecimento do leito, e subfundo de corpos aquáticos, mas lembrando que fatores adversos do substrato e até da coluna d’água podem gerar alguns distúrbios no sinal sísmico, mascarando algumas feições sísmicas, esse trabalho levanta a seguinte pergunta: o uso do método de perfilagem sísmica auxiliado pela sonografia possibilitaria uma descrição mais completa sobre os ambientes deposicionais do Guaíba, gerando algum conhecimento adicional aos já existentes?

As hipóteses levantadas por esse trabalho são as seguintes:

- Com o uso de métodos sísmicos, será possível reconhecer e delimitar as fácies sedimentares do fundo do Guaíba;
- Será possível tecer informações sobre a morfodinâmica atuante no Guaíba ao analisar as fácies sedimentares.

2 JUSTIFICATIVA

O conhecimento das ecofácies e da morfologia de fundo e subfundo do Guaíba é importante para o seu conhecimento geológico e científico. O mapeamento de fundo e subfundo permite a visualização das superfícies sotopostas ao atual leito do lago, as quais formavam seus antigos leitos. Com isso, é possível analisar seu desenvolvimento através do tempo. Através das ecofácies é possível obter maior conhecimento sobre os processos sedimentares atuantes, e conseqüentemente sobre a dinâmica do fundo.

Além do aspecto científico, sabe-se que existe um debate sobre a possibilidade de extração de areia do Guaíba com caráter econômico (CORREIO DO POVO, 2015; G1, 2016). A reportagem publicada em maio de 2016 no portal de notícias G1, mostrou o ressurgimento dessa grande polêmica, que voltou a ser discutida intensamente. De acordo com a matéria, foi proposto um zoneamento ambiental pela Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul, para delimitar possíveis áreas para a extração de areia no Guaíba. Esta área proposta a se analisar sofreu previamente algumas restrições, e com isso ela não inclui regiões consideradas críticas ou de risco ambiental, sobrando uma área equivalente a 30% da área total do Guaíba livre para se estudar uma possível extração. Nesse caso, é muito importante que haja maior conhecimento do leito do Guaíba, para que seja feita uma boa gestão desse corpo, e para que se faça um zoneamento ambiental adequado, com intuito de não gerar danos ambientais. Com o uso de métodos sísmicos de alta resolução, é possível delimitar melhor essas áreas, possibilitando ter uma ideia preliminar de quais delas possuem ou não potencial para extração de areia.

Existe também a formação de bancos de areia na superfície de fundo do Guaíba. Esses bancos de areia podem causar transtornos a navegações situadas próximas a eles (ZERO HORA, 2012). Com o mapeamento do fundo do leito, é possível compreender melhor essas regiões, e com isso, provavelmente, amenizar esses transtornos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral mapear e identificar as ecofácies no leito do Guaíba utilizando perfilador sísmico.

3.2 Objetivos específicos

- Correlacionar as ecofácies identificadas com o uso do perfilador sísmico com a imagem gerada pelo sonar de varredura lateral, na busca de identificar estruturas e a morfologia de cada ecofácies.
- Correlacionar essas ecofácies com os sedimentos de fundo a serem coletados, na busca de estabelecer um padrão na granulometria de cada ecofácies.
- Criar um mapa de distribuição das ecofácies no leito do Guaíba.

4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na porção norte do Lago Guaíba, entre a cidade de Porto Alegre e a ilha da Pintada, e entre as latitudes $30^{\circ}01'52''\text{S}$ e $30^{\circ}03'49''\text{S}$ (Fig. 1). Esta área se encontra na entrada do Lago Guaíba, logo a frente do delta do Jacuí, e consiste no exutório dos rios Jacuí, Caí, Gravataí e Sinos. Desta forma, ela sofre bastante influência desses rios em sua composição sedimentar e em seu regime hidrodinâmico.

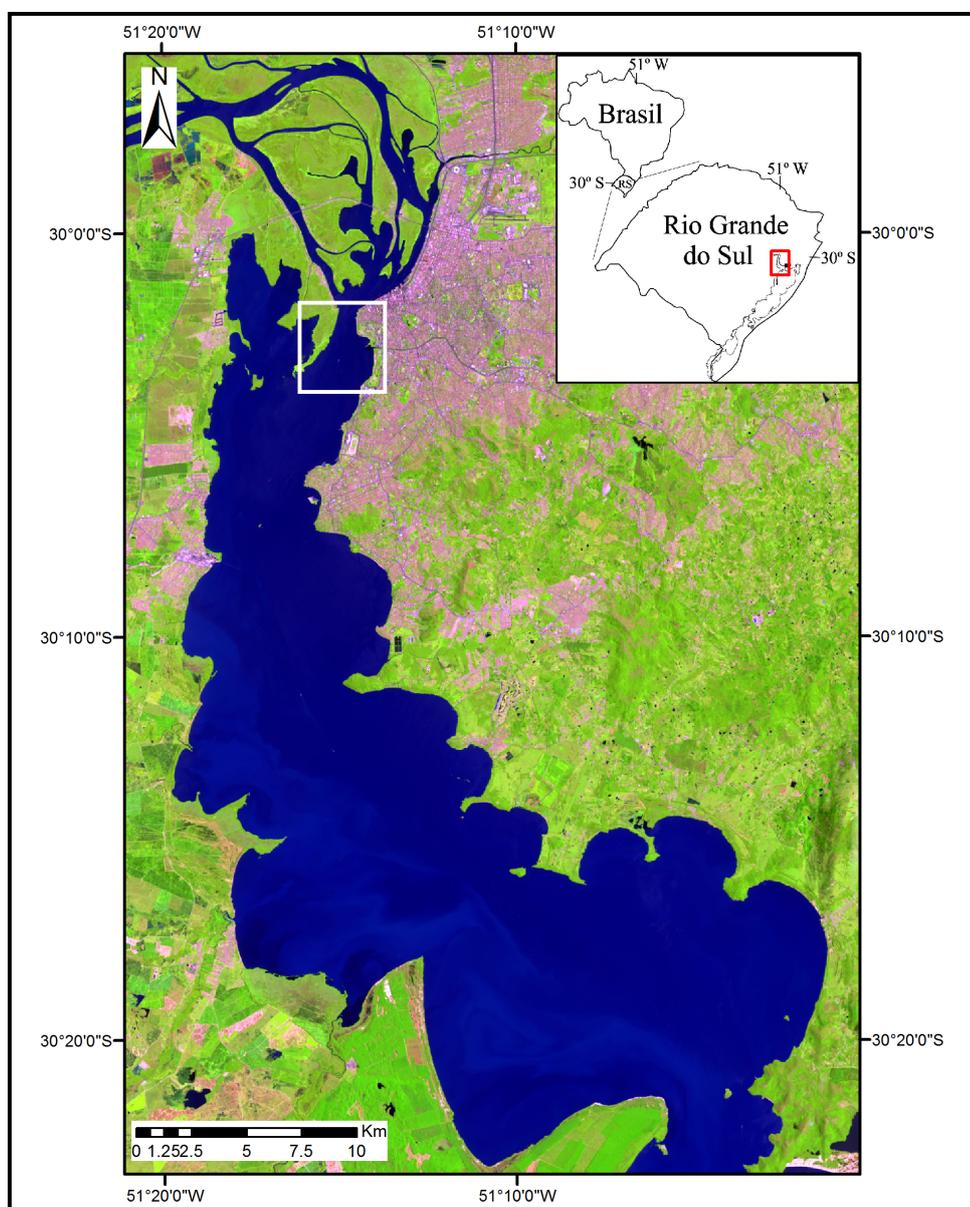


Figura 1 – Mapa do Lago Guaíba contendo área de estudo (delimitada por contorno branco).

Esta pequena área é alimentada diariamente por aproximadamente um terço das águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul, referentes à Bacia Hidrográfica do Guaíba (*website* FEPAM). Nela, se encontra a principal estação de bombeamento de água bruta de Porto Alegre, com vazão máxima de 3.000 L/s, a qual é utilizada para abastecer a cidade (*website* Prefeitura de Porto Alegre).

Diversas atividades são efetuadas nesta região, como a navegação, a recreação e captação de água. Além disso, ela serviu como espaço para ampliação do território de Porto Alegre sobre o Lago Guaíba com a criação do Aterro Praia de Belas (BOHRER, 2001). Nota-se, portanto, que a área estudada demonstra uma grande importância para Porto Alegre e para sua população.

4.1 Geologia da área

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é uma extensa região alongada de terras baixas, a qual é limitada a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pelas rochas do Complexo Cristalino Pré-Cambriano do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG) e pelas sequências vulcanosedimentares paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná (VILLWOCK, 1972). De acordo com Villwock e Tomazelli (2007), a PCRS é formada por dois elementos geológicos: o embasamento, o qual é formado por essas rochas pertencentes ao ESRG e a Bacia do Paraná; e pelos depósitos da Bacia de Pelotas, os quais se formaram sobre esse embasamento. Segundo Fontana (1996, *apud* WESCHENFELDER, 2005), análises de dados sísmicos indicam espessuras para esses depósitos de até 12 km.

A Província Costeira do RS pode ser dividida em dois compartimentos geomorfológicos: as Terras Altas e as Terras Baixas. As Terras Altas são formadas pelo ESRG, pelo Planalto das Araucárias, e Pela Depressão Central Gaúcha. Já as Terras Baixas são formadas pela Planície Costeira do RS (PCRS) e pela Plataforma Continental.

A partir da erosão das Terras Altas, foram formados dois tipos de sistemas deposicionais da PCRS, durante o Cenozoico: os sistemas de leques aluviais, situados próximos às Terras Altas, e sistemas do tipo Laguna-Barreira (VILLWOCK;

TOMAZELLI, 1995). A Figura 2 ilustra a disposição desses sistemas deposicionais na PCRS, e indica suas idades de formação.

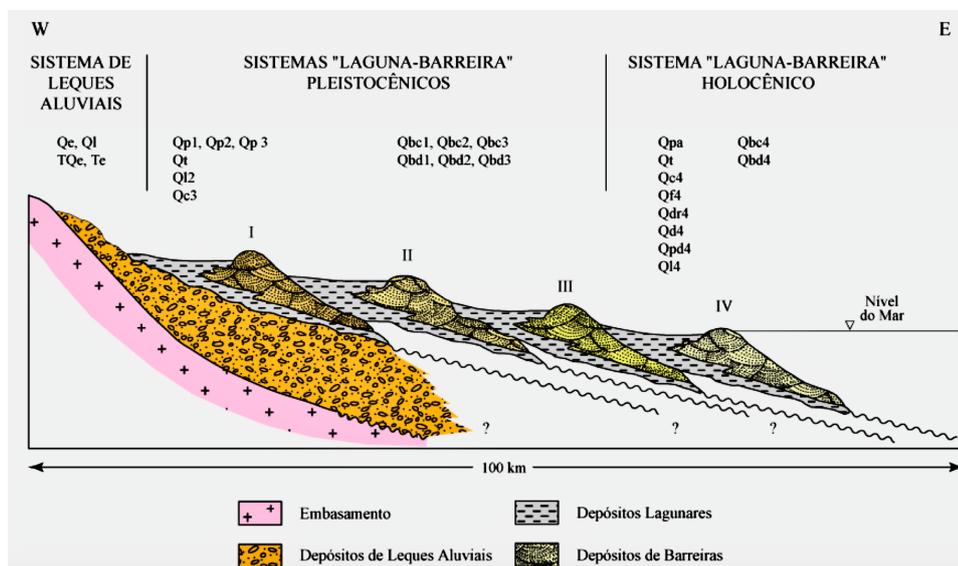


Figura 2 – Sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: sistemas de leques aluviais e sistemas do tipo Laguna-Barreira (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2005).

O sistema deposicional de leques aluviais foi formado por processos gravitacionais em regiões proximais, passando gradualmente para depósitos transportados em meio aquoso. Ao sul de Porto Alegre, esses depósitos tiveram como área fonte as rochas cristalinas do ESRG e ao norte as sequências da Bacia do Paraná (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2005; VILLWOCK; TOMAZELLI, 2007).

Os sistemas do tipo Laguna-Barreira foram formados como resultado de seguidos eventos transgressivo-regressivos durante o Quaternário. Desta forma, foram formados até o Recente, quatro sistemas Laguna-Barreira. O primeiro destes eventos, referente à Laguna-Barreira I, ocorreu durante o evento transgressivo-regressivo pleistocênico, há cerca de 400 mil anos atrás. Sua formação começou com a deposição do Sistema Lagunar I, o qual se acumulou sobre os terrenos da Bacia do Paraná e sobre os terrenos pré-cambrianos das regiões de Porto Alegre e redondezas. Os diversos eventos transgressivos-regressivos quaternários, responsáveis pela formação dos demais sistemas Laguna-Barreira, influenciaram a evolução desse sistema, com a formação de depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludiais, sotopostos à uma espessa camada de turfa de idade holocênica (VILLWOCK; TOMAZELLI, 2007).

5 ESTADO DA ARTE

5.1 Métodos Sísmicos em AAR

Ambientes de águas rasas (AAR) são considerados um dos ambientes mais dinâmicos da superfície terrestre, uma vez que estão sujeitos a rápidos fluxos de transporte de sedimentos (MISSIAEN; WARDELL; DIX, 2005). Sua definição não é simples, mas pode ser considerada como todas as áreas em que a profundidade da lâmina d'água raramente ultrapassa algumas dezenas de metros (SOUZA, 2006). De acordo com Blondel (2009), são todas as áreas cuja espessura da lâmina d'água é inferior a 200 m.

Ainda de acordo com Blondel (2009), essas áreas moldam e são moldadas pela ação humana. Souza (2006) afirma que elas são as mais afetadas pelo avanço da ocupação do homem. Regiões como rios, lagos, represas e reservatórios possuem diversos fatores que despertam o interesse da sociedade nos dias atuais, especialmente o interesse por água e energia (SOUZA; GANDOLFO, 2012). Entre as diversas atividades efetuadas nessas áreas, destacam-se: o gerenciamento desses ambientes, as obras civis, a prospecção mineral e a navegação, entre outros. Para o desenvolvimento dessas atividades é de grande importância o conhecimento da superfície e subsuperfície de fundo desses ambientes (SOUZA, 2006).

Métodos sísmicos têm sido amplamente utilizados em investigações de fundo e subfundo de corpos aquáticos. Estes métodos propiciam uma grande penetração e resolução dos dados sísmicos, além de não causarem danos ao ambiente estudado (TÓTH; VIDA; HORVÁTH, 1997; SOUZA, 2006). O princípio desses métodos está na propagação de ondas elásticas as quais viajam com diferentes velocidades em diferentes meios. O produto da densidade do meio e da velocidade compressional de propagação da onda resulta na impedância acústica do meio, que é a razão da tensão pela velocidade de propagação das partículas (VIDAL et al., 2007). Com isso, a impedância acústica se trata da oposição do meio à propagação da onda. Sempre que essas ondas encontram um meio com impedância acústica diferente daquele ao

qual ela estava propagando, elas refletem para a superfície ou são refratadas para o próximo substrato. A reflexão da onda, também chamada de eco, viaja em direção à superfície, chegando ao receptor onde será registrada. O tempo de percurso da onda desde a camada refletora até o receptor é convertido em profundidade e em localização dessas camadas, podendo assim determinar suas distribuições em subsuperfície. A Figura 3 retrata o pulso de energia emitido pela fonte sendo refletido nas interfaces dos diferentes meios, e sendo captado por sensores, que reconhecem e transmitem essas informações a um equipamento de registro.

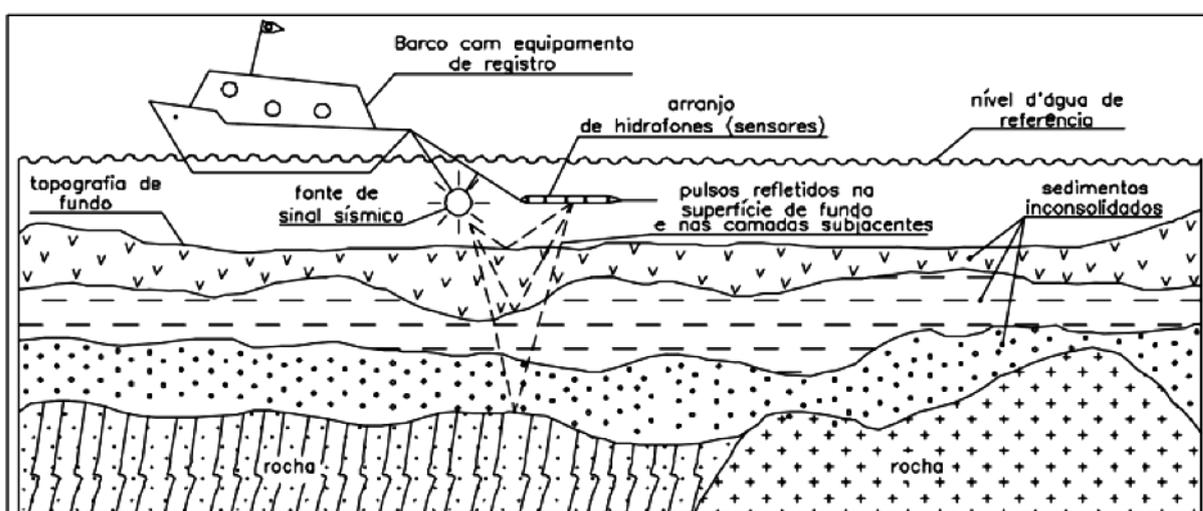


Figura 3 – Propagação e reflexão de ondas elásticas em meios com diferente impedância: O pulso de energia é emitido pela fonte. Ao atingir um meio com diferente impedância acústica, uma parte da energia é refletida. A maior parte é transmitida até encontrar um novo meio com diferente impedância acústica, gerando uma nova reflexão de parte da energia. Todas as reflexões vindas das interfaces dos diferentes meios são captadas por sensores, e então transmitido a um equipamento que faz seu registro (SOUZA, 2006).

A frequência do som utilizada nos métodos sísmicos é diretamente relacionada com a resolução e a penetração dos dados sísmicos esperados (JONES, 1999). Ondas com frequências muito altas conseguem dar uma definição da superfície a ser estudada, mas é ineficaz quanto à penetração. Da mesma forma, ondas com baixas frequências permitem uma maior penetração no substrato, e menor definição das superfícies de subfundo. Em ambientes aquáticos, para um maior detalhamento da topografia do fundo se utiliza frequências superiores a 30 kHz. Para uma perfilagem sísmica de subsuperfície se utiliza frequências menores,

geralmente inferiores a 20 kHz para ambientes de água rasa (SOUZA, 2006). A Figura 4 ilustra os diferentes métodos geoacústicos, e as fontes acústicas que trabalham em cada faixa de frequência.



Figura 4 – Diferentes frequências de ondas elásticas para diferentes objetivos de informação a ser gerada, em ambientes de águas rasas. A batimetria e o imageamento são utilizados para um maior detalhamento da topografia do fundo, enquanto a perfilagem sísmica permite maior penetração. A perfilagem sísmica utilizando fontes de mais alta frequência resulta em maior resolução e menor penetração, comparado ao uso de fontes de mais baixa frequência (SOUZA, 2006).

5.1.1 Perfilagem Sísmica de Alta Resolução

Para esse levantamento, são utilizados perfiladores de baixa potência, como *chirp*, SBP (*Subbottom Profilers*), sistemas paramétricos, entre outros. Como visto na Figura 4, este método tem como prioridade a resolução do dado coletado. Para isso, são utilizadas normalmente frequências de 2 a 20 kHz.

Na perfilagem sísmica, as ondas acústicas se deslocam com velocidades variáveis de acordo com o tipo de substrato no qual elas se propagam. Ao encontrar um meio com impedância acústica diferente, a onda será refletida. O contraste de impedância acústica entre os dois materiais forma uma interface entre eles, as quais aparecem no registro sísmico como horizontes refletivos (AYRES NETO, 2000).

As seqüências sedimentares cogenéticas apresentam um conjunto de estratos concordantes que possuem em seus limites superior e inferior discordâncias com as seqüências sobreposta e sotoposta a ele. A Figura 5 ilustra esses limites estratigráficos marcados por discordância. No sinal sísmico, a discordância no limite superior da seqüência analisada pode ser do tipo erosional, toplap ou concordante. No limite inferior, ela pode ser do tipo onlap, downlap ou concordante.

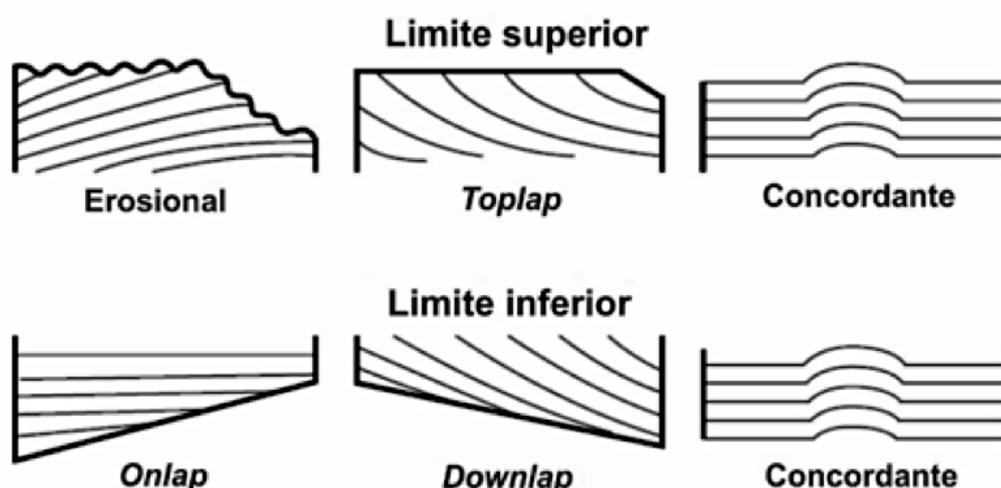


Figura 5 – Diferentes limites estratigráficos em sinal sísmico. O limite estratigráfico de topo de uma seqüência pode ser do tipo: erosional, toplap ou concordante. Já o limite inferior pode ser do tipo: onlap, downlap ou concordante (adaptado de SHERIFF, 1980).

5.1.2 Sonografia

O método de sonografia é utilizado através de um sonar de varredura lateral (SVL). Este trabalha em frequências comumente superiores a 100 kHz. Sonares que trabalham com frequências entre 50 e 100 kHz são utilizados em grandes profundidades, por atingirem grandes distâncias, porém proporcionam uma menor

definição da imagem. Frequências de 500 kHz a 1 MHz possibilitam uma imagem de excelente definição, porém atingem menores profundidades, sendo desta forma, bastante eficientes para ambientes de águas rasas (BULLA et al., 2006).

Trabalhos com sonografia têm sido bastante utilizados ao redor do mundo. Bulla et al. (2006), por exemplo, utilizaram sonografia para mapear feições de dragagem causadas por mineração, além de identificarem embarcações naufragadas. Caruthers et al. (2004) utilizou um SVL operando alternadamente em frequências de 150 kHz e 300 kHz, para imagear parte da costa noroeste da ilha de Kauai, Hawaii, e identificou um fundo arenoso contendo algumas *ripples* subaquosas. Atallah, Shang e Bates (2005) apresentam um método para identificar materiais arqueológicos, e diferenciá-los de objetos recentes, através do imageamento por SVL. Belo (2002) fez um estudo das formas de fundo encontradas na Baía de Ilha Grande, RJ, através de registros de um SVL de 100 kHz.

5.2 Ecofácies

Diversos trabalhos têm utilizado de registros sísmicos de alta frequência como base para estudos da superfície de fundo de um corpo aquático. Para isso, são analisadas diversas características físicas do eco, que juntas são chamadas de caráter do eco. Essa abordagem foi introduzida por trabalhos como de Damuth (1975; 1978; 1980) e Damuth e Hayes (1977).

A determinação do caráter do eco, para delimitar as diferentes ecofácies, é feita com a observação do primeiro refletor, o qual indica o leito do corpo aquático. A partir deste refletor, analisam-se vários fatores, como sua espessura, rugosidade, continuidade, etc. Cada tipo de sinal acústico refletido correlaciona-se com um tipo de superfície de fundo estudado, o qual por sua vez tem relação direta com os processos sedimentares atuantes (SOUZA, 2006). Para uma boa qualidade dos dados é necessária a utilização de fontes de alta frequência, comumente entre 3 e 12 kHz (BAPTISTA NETO et al., 2011; SOUZA, 2011; FÉLIX, 2012).

Atualmente, existem diversos estudos de ecofácies feitos em regiões de águas rasas no Brasil. Com enfoque na plataforma continental, pode-se exemplificar

Ayres Neto, Falcão e Amaral (2009), os quais fizeram um estudo de ecofácies na bacia da foz do Amazonas, na margem continental norte brasileira, e identificaram que os ecos encontrados não refletem perfeitamente a distribuição dos sedimentos de fundo, e mostram influência de processos geológicos atuantes em sua formação. Fora deste contexto, alguns trabalhos também foram elaborados na porção interna da zona costeira, como o de Bexiga (2016) que utilizou registros sísmicos de 3,5 kHz obtidos na célula sul da Lagoa dos Patos (RS), para identificar as ecofácies do local; Veronez Jr. et al. (2009) utilizou a sonografia juntamente da perfilagem sísmica para identificar as ecofácies encontradas na Baía de Vitória, e identificou quatro tipos distintos de eco; Baptista Neto et al. (2011), utilizou registros sísmicos de 10 kHz para identificar e delimitar as ecofácies da Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ). As ecofácies identificadas por Baptista Neto et al. (2011) estão exemplificadas na Figura 6.

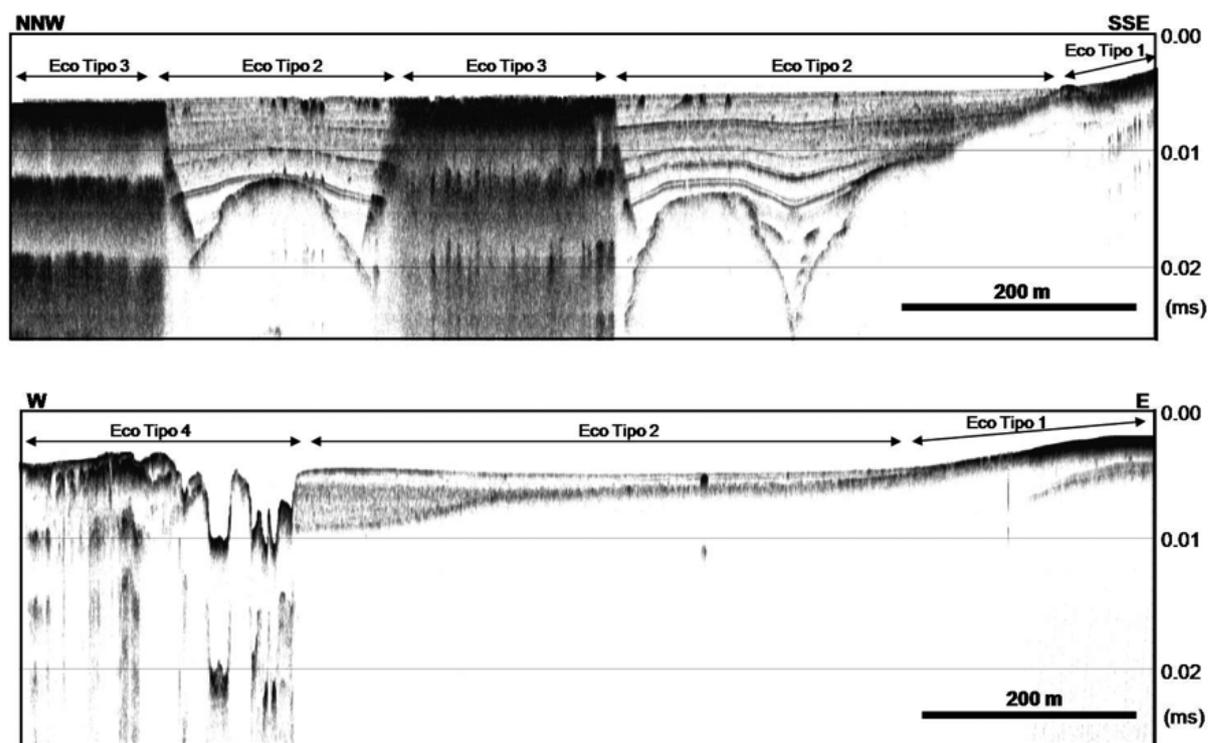


Figura 6 – Ecofácies da Lagoa Rodrigo de Freitas. Eco Tipo 1 representa fundo arenoso; Eco Tipo 2 representa fundo lamoso; Eco Tipo 3 representa gás disseminado em sedimento; e Eco Tipo 4 representa sedimento dragado (BAPTISTA NETO et al., 2011).

A Figura 7 mostra um mapeamento de ecofácies feito desde a costa oeste da Groelândia até o talude continental da plataforma Uummanaq, onde foram identificadas seis ecofácies distintas (DOWDESWEEL et al., 2014).

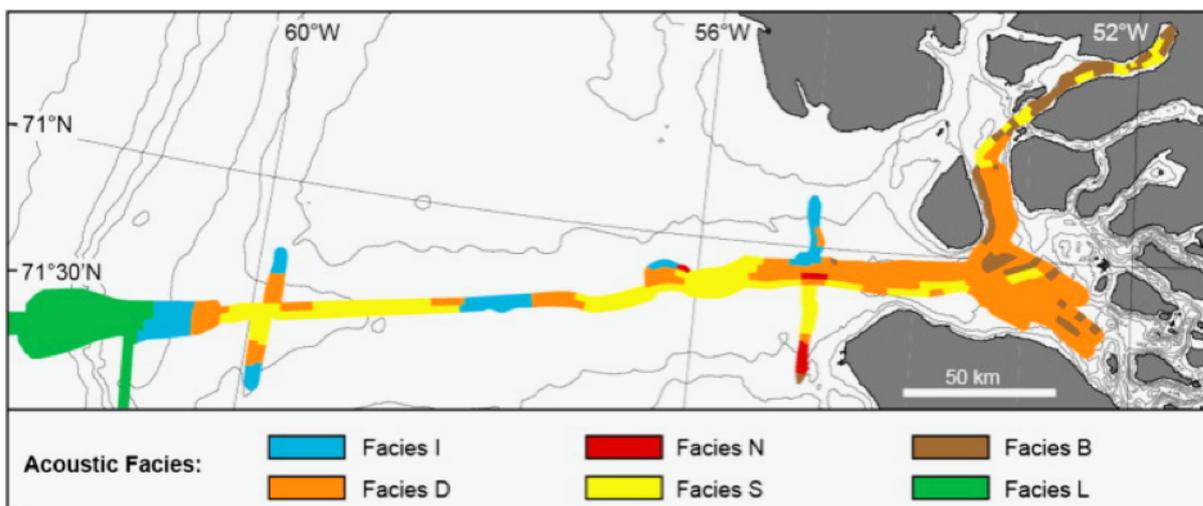


Figura 7 – Mapeamento de ecofácies em corpo aquático. No caso, foram mapeadas seis fácies acústicas em um estudo de aproximadamente 400km de registro (DOWDESWEEL et al., 2014).

5.3 Estudos no Guaíba

O Guaíba não possui um estudo de ecofácies publicado. Poucos perfis sísmicos foram levantados em seu interior. Na expedição a bordo da Lancha Larus da FURG, na qual foi feito um levantamento de dados de sísmica de reflexão de 3,5 kHz na Laguna dos Patos no ano de 2002 (WESCHENFELDER et al. 2010), foram levantados alguns perfis sísmicos no Guaíba entre Porto Alegre e a entrada da Lagoa dos Patos. Desses perfis, aproximadamente 50 km de extensão foram analisados por Bortolin e Weschenfelder (2009), entre o farol de Itapuã ao cais de Mauá, no qual foi evidenciado um grande canal próximo ao Farol de Itapuã.

Estudos relacionados à hidrodinâmica e sedimentação no Guaíba vêm sendo feitos há quase meio século. O primeiro trabalho a analisar a sedimentação no Guaíba foi de Cunha (1971), o qual realizou uma caracterização morfológica, textural e mineralógica dos depósitos. Segundo Toldo Jr. (1994), a fonte desses sedimentos

são basicamente rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, plutônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense e sedimentares da Bacia do Paraná. Estes sedimentos são transportados principalmente pelos rios Jacuí, Taquari, Sinos e Gravataí, os quais trazem consigo um grande aporte sedimentar que alimenta o Guaíba.

Segundo Nicolodi (2010), os sedimentos mais grossos são depositados assim que adentram ao Guaíba, formando o delta do Jacuí. Já os sedimentos mais finos são levados preferencialmente em suspensão. Isto ocorre devido a perda de competência no transporte desses sedimentos, que ocorre entre a foz do rio Jacuí e a entrada do Guaíba. O fato da queda de competência no meio de transporte, o qual gera o delta do Jacuí, foi utilizado por Menegat e Carraro (2009) como evidência de que o Guaíba se trata de um lago, uma vez que um rio não se inicia a frente de um depósito deltaico.

Toldo Jr. e Almeida (2009), analisando a hidrodinâmica do Guaíba, classificaram o Guaíba como um rio, devido a seus altos fluxos de escoamento. Segundo Nicolodi (2007), entre 16 de junho a 2 de agosto de 2005, foram registradas correntes com velocidade entre 10-40 cm/s, dificilmente havendo valores superiores a esses. Segundo DNAEE (1983), entre abril de 1982 a março de 1983, foram registrados valores entre 15-50 cm/s.

Nicolodi (2007) definiu para o Guaíba três ambientes sedimentares, com base na distribuição sedimentar, características das ondas, velocidade orbital, camada limite e o início do fluxo turbulento. Esses ambientes, como mostrado na Figura 8, foram denominados de erosional, transicional e deposicional. O fundo erosional, que corresponde a 8% da área do Guaíba, é composto basicamente por areia. O fundo transicional, que corresponde a 41% da área, é formado por areia e silte. Já o fundo deposicional, o que corresponde aos 51% da área restante, é formado pelos sedimentos mais finos, e é caracterizado como o ambiente de mais baixa energia hidrodinâmica dentro do Guaíba.

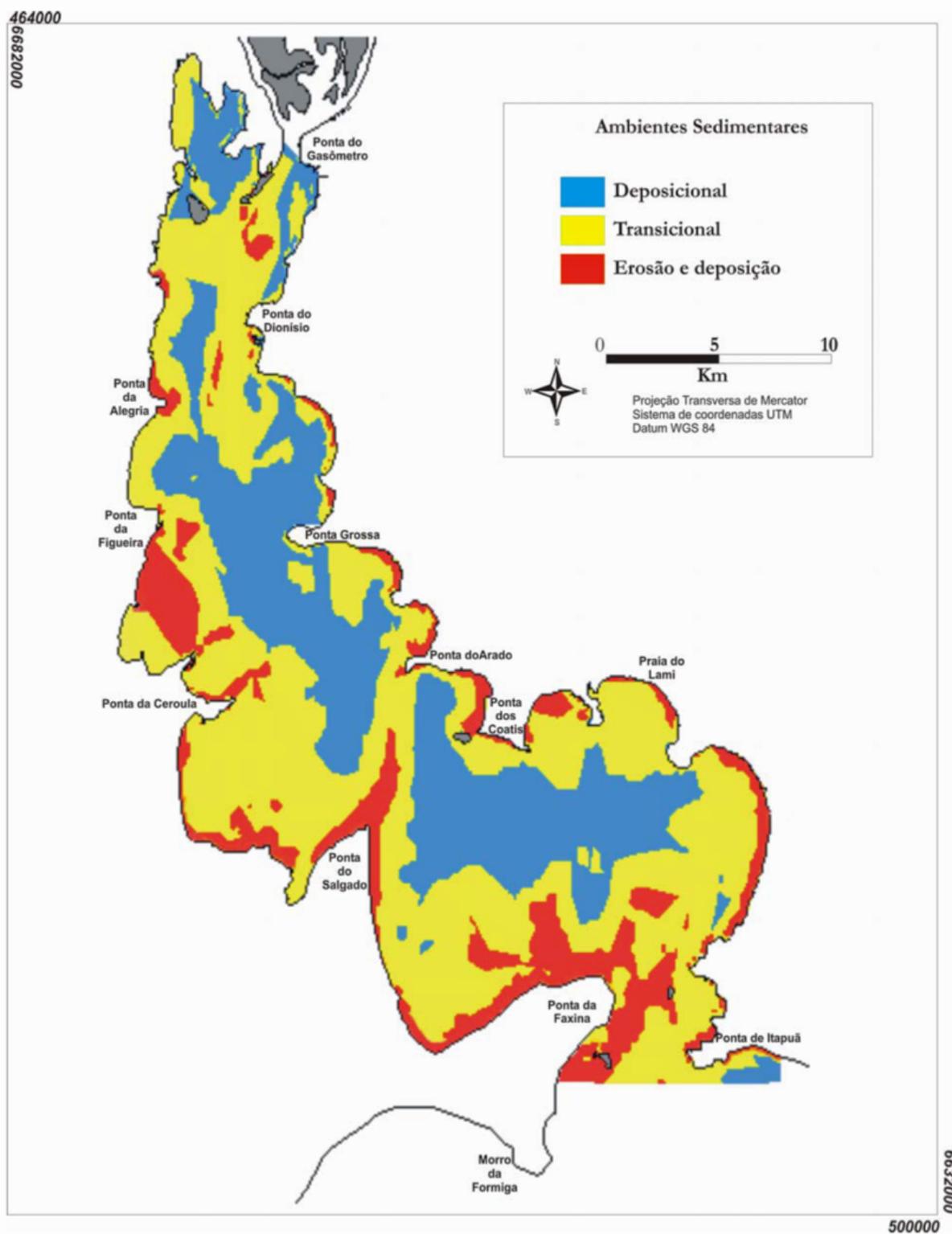


Figura 8 – Mapa dos ambientes sedimentares do Guaíba. Sistema deposicional, composto basicamente por silte e argila, em azul; Sistema transicional, composto basicamente por areia fina e silte em amarelo; e Sistema de erosão e deposição, composto basicamente por areia, em vermelho (NICOLODI et al., 2013).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu em duas etapas: uma de campo, para realização da coleta dos dados, e uma etapa pós-campo, para a realização de atividades de laboratório.

A etapa de campo consistiu na coleta de dados sísmicos e sedimentológicos no Guaíba. Os métodos sísmicos aplicados foram o de perfilagem sísmica e o de sonografia, através de um perfilador sísmico *StrataBox*TM 10 kHz da *SyQwest* e de um Sonar de Varredura Lateral (SVL) *Humminbird* 798ci SI de 455 kHz respectivamente. Ambos os sensores foram disponibilizados pelo laboratório LOGMAR no Centro de Estudos e Geologia Costeira e Oceânica (CECO) da UFRGS. A coleta de sedimentos de fundo foi efetuada através de uma draga busca fundo do tipo Van Veen.

A etapa pós-campo foi dividida em três partes: na análise granulométrica dos sedimentos; na análise e interpretação dos dados sísmicos; e na elaboração do mapa de distribuição das fácies sísmicas do Guaíba. A análise granulométrica foi efetuada pelo método tradicional de peneiração. A análise e interpretação dos dados sísmicos foram efetuadas no software *SonarWiz* 5. A elaboração do mapa de distribuição das fácies sísmicas do Guaíba foi efetuada no software *ArcMap*TM, pertencente ao pacote *ArcGIS*[®] 10.3 da empresa ESRI.

6.1 Etapa de campo

A etapa de campo ocorreu durante os dias 11, 12 e 13 de janeiro de 2016, a bordo de uma embarcação de médio porte, nomeada de “Nave Mãe”. Esta embarcação possui aproximadamente 10 m de comprimento, um motor de 120 HP, e é equipada com baterias, que serviu como fonte de energia para o funcionamento dos equipamentos. A figura 9 mostra uma imagem da embarcação utilizada.

A escolha das datas do campo foi em função às condições meteorológicas na cidade de Porto Alegre, região da área de estudo. Foi priorizada a condição de céu

aberto, com baixa ou nula influência de ventos, com intuito de minimizar ao máximo os ruídos provocados no sinal. Esta escolha foi feita ao consultar diversos *websites* de meteorologia até um dia antes da realização do campo.



Figura 9 – Embarcação utilizada para a etapa de campo.

A área de estudo escolhida consistiu na porção norte do Guaíba, área de confluência entre os rios Jacuí, Sinos, Caí e Gravataí, localizada à frente do Delta do Jacuí. Ela se encontra em frente a Porto Alegre entre as latitudes 30°01'52''S e 30°03'49''S, desde ao sul do Cais Mauá até o estádio Beira Rio.

A rota de navegação efetuada para coleta das linhas sísmicas e de amostra de fundo foi disposta preferencialmente na direção norte-sul, com espaçamento de aproximadamente 100 m entre cada linha, e leste-oeste, com espaçamento aproximado de 250 m entre linhas. A amostragem dos sedimentos de fundo foi efetuada simultaneamente à coleta dos dados sísmicos.

6.1.1 Coleta de dados sísmicos

Os dados de perfilagem sísmica e de sonografia foram obtidos de forma simultânea. Para isso, foram instalados o perfilador sísmico na borda esquerda

(bombordo) e o SVL na borda direita (boreste) da embarcação. A velocidade da embarcação durante a coleta dos dados sísmicos foi em média de 6 km/h.

O sistema do perfilador de subfundo contava com: um transdutor, um gerador de pulso acústico, um sensor receptor de pulso, canos de sustentação conectados por roscas para fixação do aparelho no bordo da embarcação, um aparelho com sistema DGPS, e o *software* de aquisição de dados *StrataBox*TM instalado em um computador *notebook*.

O sistema do SVL contava com: transdutor de varredura lateral de 455 kHz com 18° de cobertura, sistema de geração e recepção de pulso, *hardware* de visualização da imagem com GPS embutido, e antena GPS, ambos da *Humminbird*; e canos de fixação do sensor e antena GPS no bordo da embarcação.

6.1.1.1 Perfilagem sísmica de alta resolução

A perfilagem sísmica tem como objetivo a investigação do subfundo, podendo oferecer informações como: a espessura das camadas sedimentares, a relação de contato entre as camadas adjacentes, e o embasamento cristalino desses sedimentos de fundo (SOUZA, 2006). Porém, além de apresentar informações referentes ao subfundo de ambientes submersos, ele também apresenta imagem da superfície de fundo, que é caracterizada pelo primeiro refletor.

Como foi mencionado anteriormente, meios com diferentes impedâncias acústicas se relacionam de forma diferente com as ondas acústicas. Como consequência, o sinal refletido pelos diferentes meios apresentará respostas distintas. Desta forma, camadas de diferentes composições sedimentares apresentarão um sinal característico para cada composição, uma vez que cada uma delas interage de forma distinta com a onda.

Com isso, através da perfilagem sísmica, é possível inferir a composição do sedimento amostrado, representado por diferentes fácies sísmicas. Além disso, ele possibilita a visualização de estruturas sedimentares, como *ripples* e dunas, as quais podem até serem medidas em comprimento e altura. Somente a presença dessas estruturas já permite tecer informações sobre a hidrodinâmica atuante. Ao utilizar

essas informações junto à granulometria dessas estruturas, é possível inferir até a velocidade de fluxo na qual elas foram formadas. Este tipo de informação também pode ser levantado ao analisar o predomínio de sedimentos finos (silte e argila), em camadas horizontalizadas e paralelas, indicando um ambiente de baixa energia hidrodinâmica, comparado a presença de sedimentos arenosos, em camadas altamente refletivas, depositadas em ambiente de maior energia.

A vulnerabilidade desta técnica está relacionada principalmente à presença de ruídos, que podem obscurecer os registros. Além disso, a presença de gás disseminado no sedimento pode mascarar as informações do dado, como sua forma e composição, não permitindo o reconhecimento das fácies sísmicas.

Em relação ao perfilador de subfundo utilizado, ele trabalha em lâminas d'água em torno de 2 a 150 m de profundidade. Assim, áreas mais rasas do que isso não permitirão uma leitura adequada dos dados. Outro fator importante deste equipamento é que ele trabalha apenas na frequência de 10 kHz. Com isso, é esperada uma baixa penetração do sinal em regiões com o fundo arenoso.

6.1.1.2 Sonografia

A sonografia tem como objetivo o imageamento da superfície de fundo de áreas submersas, uma vez que técnicas usuais de mapeamento em terra, como fotografia aérea, imagens de satélite e de radar não podem ser utilizadas para esse tipo de ambientes (SOUZA, 2006).

Seu princípio, ainda de acordo com Souza (2006), está baseado na emissão de um sinal acústico de alta frequência, comumente superiores a 100 kHz, para ambos os lados da navegação, em intervalos de tempo regulares. Esta emissão é feita por dois transdutores submersos os quais não apenas emitem, mas também recebem o sinal refletido da superfície de fundo.

O sinal emitido pelo sonar não penetra os estratos, mas permite a identificação com grande precisão de feições do leito do corpo aquático, como estruturas sedimentares e contatos geológicos.

Este método foi utilizado neste trabalho com o objetivo de identificar estruturas sedimentares e outras feições, para corroborar com os dados obtidos por perfilagem sísmica. Para isso, foram comparados os dados de perfilagem de subfundo e de sonografia, relacionados a um mesmo local, ou a uma mesma estrutura, uma vez que ambos os dados foram coletados simultaneamente.

Um fator importante relacionado ao sensor utilizado é que ele necessita de no mínimo dois metros de lâmina d'água para que a leitura seja adequada, o que prejudica a leitura de regiões mais rasas do que isso.

6.1.2 Coleta de sedimentos de fundo

A coleta dos sedimentos de fundo foi feita com a utilização de uma draga Van Veen. Os locais da coleta foram escolhidos à medida que se observava uma mudança no sinal da perfilagem sísmica. A cada coleta, marcava-se um ponto em uma planilha, enumerando-o e anotando suas coordenadas. Com isso, foram coletadas 18 amostras de fundo. As amostras foram armazenadas em um saco plástico e rotuladas de acordo com o ponto a qual foi coletada.

A coleta de sedimentos de fundo é de suma importância para a corroboração dos dados sísmicos. A partir dos sedimentos de fundo é possível ter certeza se o sinal sísmico realmente representa aquela fácies sedimentar. Desta forma, um fundo interpretado como arenoso através dos dados de perfilagem, por exemplo, será comprovado com a presença da amostra de fundo.

6.2 Etapa pós-campo

Esta etapa consistiu na análise granulométrica dos sedimentos, na interpretação dos dados sísmicos e no mapeamento das fácies sísmicas.

6.2.1 Análise granulométrica dos sedimentos de fundo

A análise granulométrica dos sedimentos de fundo foi efetuada por peneiração. Esta é feita a partir de uma série de peneiras sobrepostas uma às outras, cujas malhas apresentam diferentes tamanhos de abertura. Esses tamanhos de abertura da malha de cada peneira são equivalentes aos valores de tamanho de grão dos intervalos granulométricos dos sedimentos. A peneira é montada a partir da base, com um recipiente para os sedimentos mais finos, de tamanho silte e argila. Acima dele, é colocada a peneira de menor abertura (0,0625 mm), a qual seleciona até areia muito fina, seguida pelas outras de maior abertura.

Antes de ser peneirada, cada amostra foi quarteada através de um quarteador do tipo Jones, no intuito de gerar uma alíquota representativa de cada amostra. Após isso, a porção quarteada foi pesada com uma balança digital de precisão. Depois de peneiradas as amostras, pesou-se o sedimento retido em cada peneira, para o cálculo da distribuição de cada tamanho de grão. Para isso ser feito, foi calculada a percentagem em peso das amostras retidas em cada peneira em relação ao peso total peneirado.

6.2.2 Análise e interpretação dos dados sísmicos

Após adquiridos os dados sísmicos, estes foram importados para o *software* SonarWiz 5. Inicialmente, os dados foram analisados em sua forma bruta, sem nenhum processamento, assim como é feito em muitos trabalhos de sísmica rasa, uma vez que o dado já possui uma alta resolução, apresentando uma boa resposta.

Seguiu-se um fluxo de pós-processamento sugerido pelo manual do próprio *software*. Primeiramente, introduziram-se os dados no *software*. Em seguida, carregou-se um *basemap* referente à área de estudo, para auxiliar a visualização e compreensão dos dados sísmicos. Os perfis que se apresentaram muito pesados, impossibilitando sua total visualização, foram então recortados através da função *Split*, assim como sugerido pelo manual. Após isso, foi feita a delineação da

superfície de fundo de cada perfil, através da função *Bottom Track*. Finalizada a delimitação do primeiro refletor, foi feito o processamento do sinal. Após experimentar os diferentes tipos de ganhos e filtros disponíveis, obteve-se melhor resultado utilizando um filtro passa-banda para atenuar as interferências no sinal. O tipo de filtro utilizado foi o *blackman*, com frequências de corte de 500 Hz e 1500 Hz. O número de *taps* utilizado variou entre 5 e 7 para cada perfil. Utilizou-se também o ganho do tipo AGC, algoritmo utilizado para a correção da amplitude, utilizando uma resolução de 100% e uma intensidade variável para cada perfil, entre 40 a 60%.

Após todas essas etapas, foi feito o reconhecimento das fácies acústicas. Os dados têm sido interpretados segundo dois fatores: os aspectos do refletor primário, como sua forma e refletividade; e a ocorrência de reflexões do subfundo. Analisados os diferentes parâmetros apresentados pelo eco, foram então delimitadas todas as superfícies de fundo com características semelhantes, representativas de uma fácies acústica. Para isso, foi utilizada a função *Digitizing Features*, e dentro dessa, a função de adicionar linhas. Assim, cada eco foi delimitado com um refletor característico para ele, com uma cor característica. Depois de feito isto, estas linhas são dispostas na visão do mapa do *software*, sobre as rotas sísmicas, apresentando a localidade geográfica de cada um desses ecos. Os arquivos de linhas criados foram então exportados em formato dbf.

6.2.3 Elaboração do mapa de distribuição das ecofácies do Guaíba

A elaboração do mapa de distribuição das ecofácies do Guaíba foi feita com o uso do *software* ArcMap™ 10.3. Para isso, adicionou-se uma *basemap* da área de estudos, e os arquivos de linhas referentes a cada eco, exportados do SonarWiz™, no ArcMap™. Estas linhas foram referenciadas no datum WGS84. Neste *software*, foram inseridas a legenda, a escala, e as coordenadas da área de estudada.

7 RESULTADOS

7.1 Ambientes sedimentares e Ecofácies

A partir da análise dos dados sísmicos, em conjunto com as informações sedimentares do fundo, foi possível reconhecer quatro setores com diferentes características em sua sedimentação. Cada um desses ambientes sedimentares apresenta algumas variações nas respostas do sinal acústico, o que possibilitou a identificação de oito diferentes ecofácies presentes na área de estudo. A Figura 10 ilustra esses setores e ecofácies distintos.

7.1.1 Setor 1

O setor se encontra na entrada do Guaíba, e é caracterizado pela deposição de sedimentos mais grossos. Ele é caracterizado por um fundo bastante irregular, composto por formas de fundo com alto ângulo de repouso, aparentemente bancos de areia. Este setor também apresenta um canal principal e um canal vicinal associados a essas formas de fundo, porém contendo uma sedimentação um pouco mais fina. Dados sedimentológicos mostram que o leito desse setor é composto predominantemente por sedimentos arenosos grossos a cascalhosos. A Figura 11 ilustra esse padrão de eco:

7.1.1.1 Eco 1a

Sua ocorrência está restrita à entrada do lago, especialmente nas porções mais centrais desse setor, em profundidades que variam de 6 a 11 m. Estes são apresentados nos perfis sísmicos como estruturas de alto ângulo de repouso,

composto por primeiro refletor altamente refletivo, e com pouca ou nenhuma penetração.

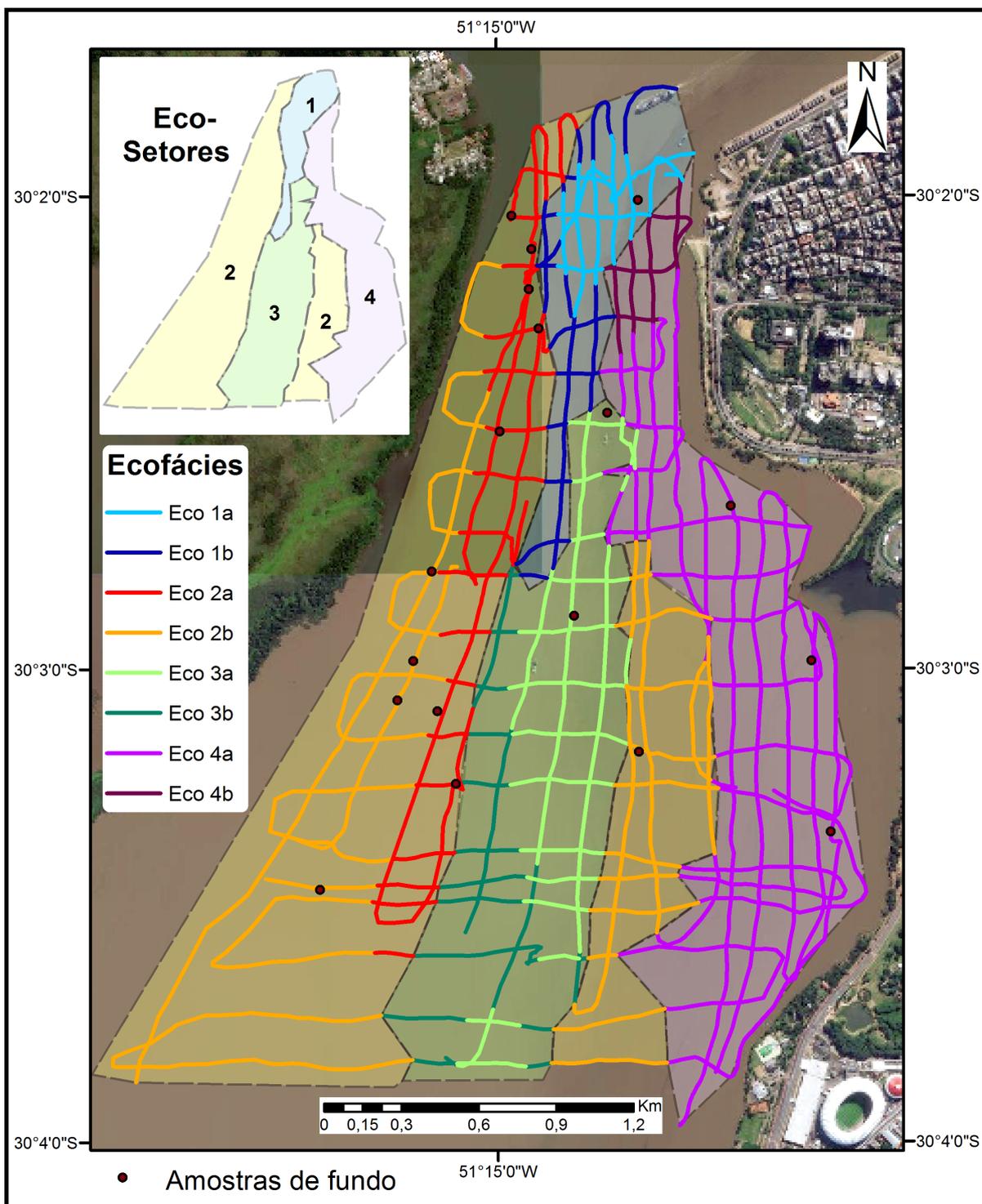


Figura 10 – Mapa de Eco-Setores e de Ecofácies da porção norte do Lago Guaíba. Pontos representam locais de amostragem de amostras de fundo.

7.1.1.2 Eco 1b

Esse eco está associado aos canais que ocorrem neste setor. Eles são formados por uma superfície semiplana, sem formas de fundo. A perfilagem sísmica indica no canal principal certa penetração do sinal sonoro sobre o primeiro refletor, evidenciando uma superfície de subfundo altamente refletiva e irregular. Este canal se encontra em profundidades de até 14 m.

Dados de SVL corroboram com os resultados do perfilador de subsuperfície, apresentando formas de fundo com alto ângulo de repouso, referentes ao Eco 1a, dispostas lateralmente ao canal, o qual apresenta uma textura mais lisa, como pode ser visto na Figura 11.

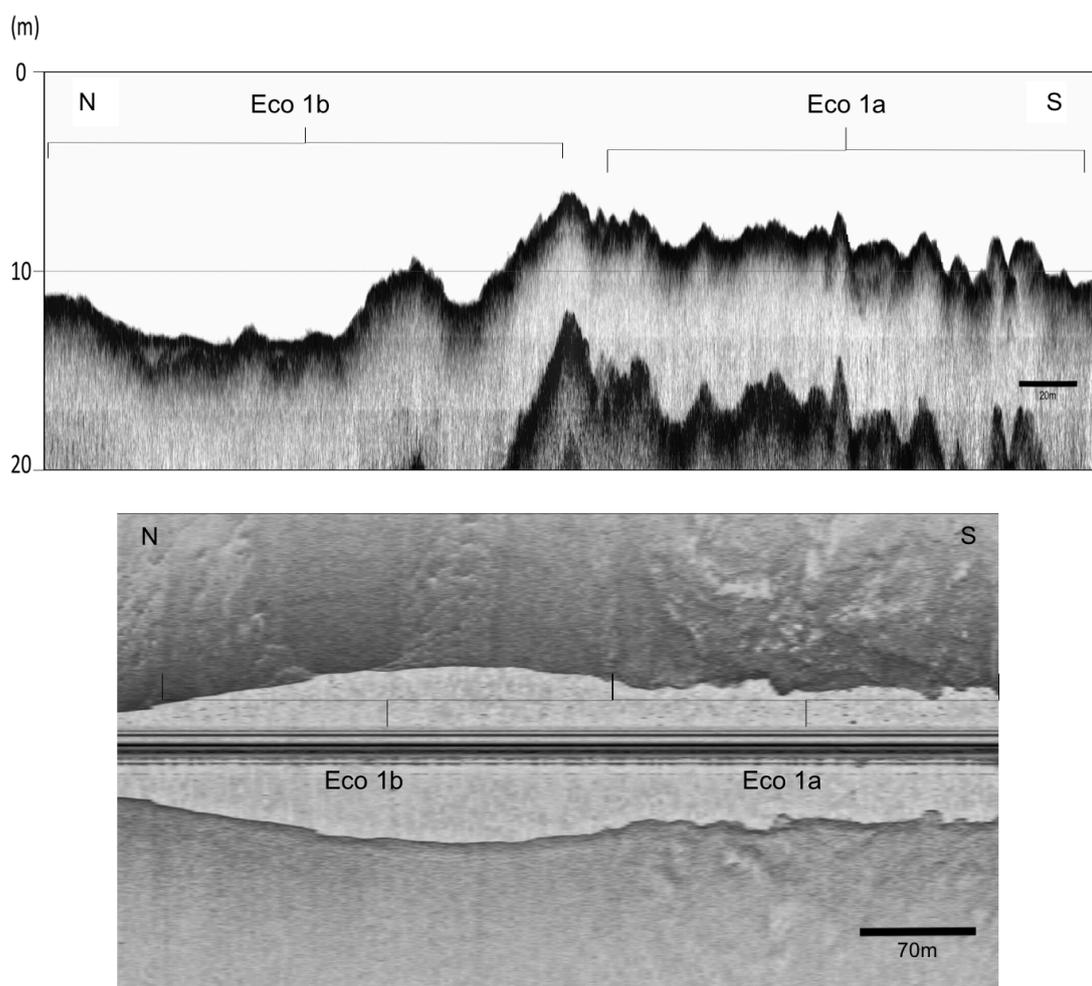


Figura 11 – Dados sísmicos com uma superfície bastante irregular e altamente refletiva, relativa ao Eco 1a, e uma superfície com textura mais suave e com penetração sonora, relativa ao Eco 1b

7.1.2 Setor 2

Este setor ocorre em toda porção oeste da área estudada, junto à Ilha da Pintada, assim como se encontra nas porções mais rasas, a leste do canal de navegação. Ele é composto por dunas subaquosas, estruturas de fluxo unidirecional, com migração no sentido Sul. Analisando a área a oeste, observa-se uma grande variação no comprimento de onda, na direção N-S, com uma grande concentração de dunas largas a norte, as quais variam gradualmente a dunas pequenas nas regiões mais ao sul. Variações no comprimento de onda também são observadas de acordo com a profundidade, onde dunas pequenas se concentram em regiões mais rasas, mais próximas à margem oeste do lago, e dunas de maior porte são encontradas em profundidades superiores, a uma distância maior da margem.

Essa variação no comprimento de onda das formas de fundo é acompanhada por uma variação na granulometria dos sedimentos que as formam. Os sedimentos de maior granulometria, principalmente a fração arenosa grossa, se concentram mais ao norte, ao adentrarem ao Guaíba, enquanto que nas porções mais ao sul, concentram-se as frações arenosas médias e finas.

A área a leste do canal principal apresenta dunas com uma menor variação no comprimento de onda, variando apenas entre dunas pequena e média. Esta variação ocorre em função da profundidade.

Analisando principalmente as características do eco e a dimensão das dunas, foi possível dividir esse ambiente em duas ecofácies distintas: Eco 2a, relacionado a dunas subaquosas grandes a muito grandes, e Eco 2b, relacionado a dunas subaquosas médias a pequenas.

A Figura 12 mostra um perfil longitudinal, no qual é possível observar a distribuição dessas dunas de acordo com a profundidade, e a alta penetração encontrada nas dunas de maior dimensão. Além disso, é possível identificar a forma 2D das dunas no imageamento de fundo.

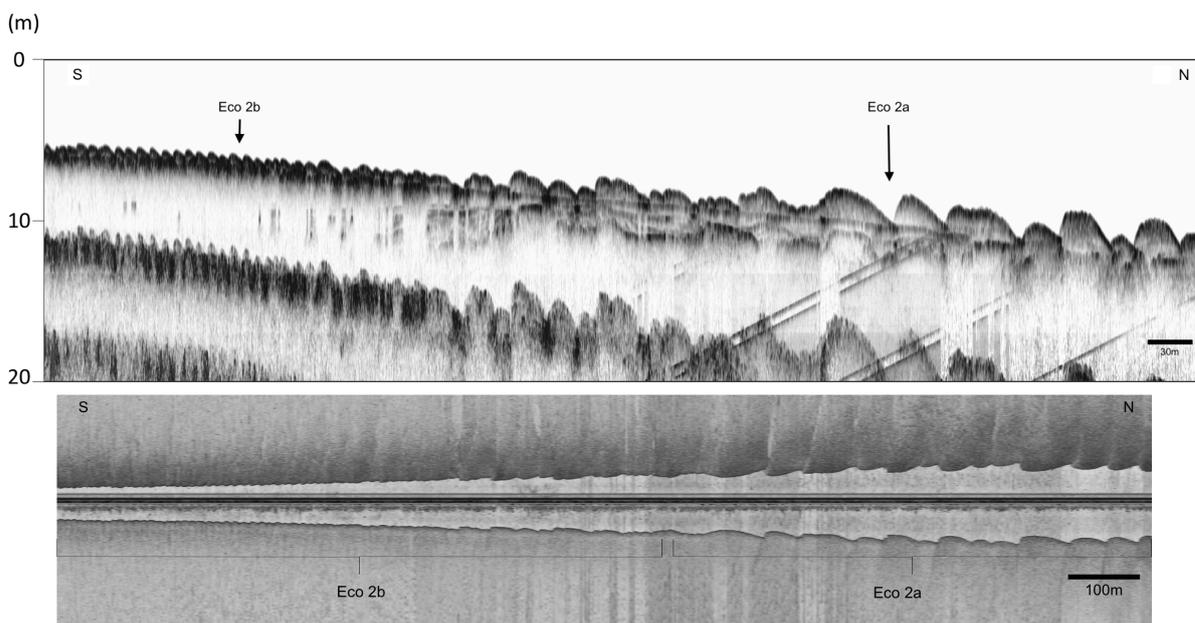


Figura 12 – Dunas subaquosas: perfilagem sísmica evidencia dunas grandes com penetração do sinal acústico, e dunas médias e pequenas com pouca ou nenhuma penetração; imagem de SVL demonstra forma 2D das dunas.

7.1.2.1 Eco 2a

Essas dunas apresentam comprimento de 15 a 130 m, e altura de 1,7 a 4 m. O fator H/L delas varia entre 0,03 a 0,04. Estas são encontradas em profundidades de 7 a 13 m.

Nos dados de perfilagem sísmica, essas dunas apresentam-se superpostas uma às outras. Elas possuem primeiro refletor bem marcado, e penetração do dado, evidenciando refletores de fundo e subfundo do leito a qual elas estão assentadas.

Sedimentos de fundo coletados nesse setor mostram que essas dunas são formadas predominantemente por areia grossa e média (mais de 80%), com contribuição de 3% a até 25% de areia muito grossa, e de 2% a 7% de areia fina.

7.1.2.2 Eco 2b

Essas dunas apresentam comprimento de 3 a 14 m, altura de 30 a 80 cm, e razão H/L de 0,07 a 0,09. Elas se encontram em profundidades de até 7 m.

Em perfilagem sísmica, elas apresentam primeiro refletor bem marcado, altamente refletivo, e geralmente não apresentam penetração do sinal acústico. Por vezes, elas apresentam uma baixa penetração, especialmente nas dunas de maior comprimento, evidenciando uma superfície contínua lateralmente, sobre a qual elas se assentam.

Dados de sedimentos de fundo indicam uma granulometria composta majoritariamente por areia média e areia fina, com predomínio de areia média nas dunas médias e de areia fina nas dunas pequenas.

Dados de SVL indicaram sinais bem semelhantes para ambas as fácies, variando apenas a dimensão dessas formas de fundo, de acordo com a profundidade.

7.1.3 Setor 3

Esta área se encontra no canal de navegação, a sul do setor 1, em profundidades de 5 a 15 m. Ela se caracteriza como um local de deposição de sedimentos finos. Seu leito apresenta uma alta penetração sonora, evidenciando espessas camadas tabulares de refletores concordantes em subfundo, formadas pela deposição de sedimentos de granulometria fina, predominantemente silte e argila nas porções mais profundas do canal (75 a 99% de silte e argila) e uma predominância de areia fina nas suas porções mais rasas (50 a 90% de areia).

A partir da Figura 13, é possível visualizar mais dois refletores concordantes em subfundo, abaixo dessas camadas: o primeiro possui alta reflexão, e o segundo possui baixa reflexão.

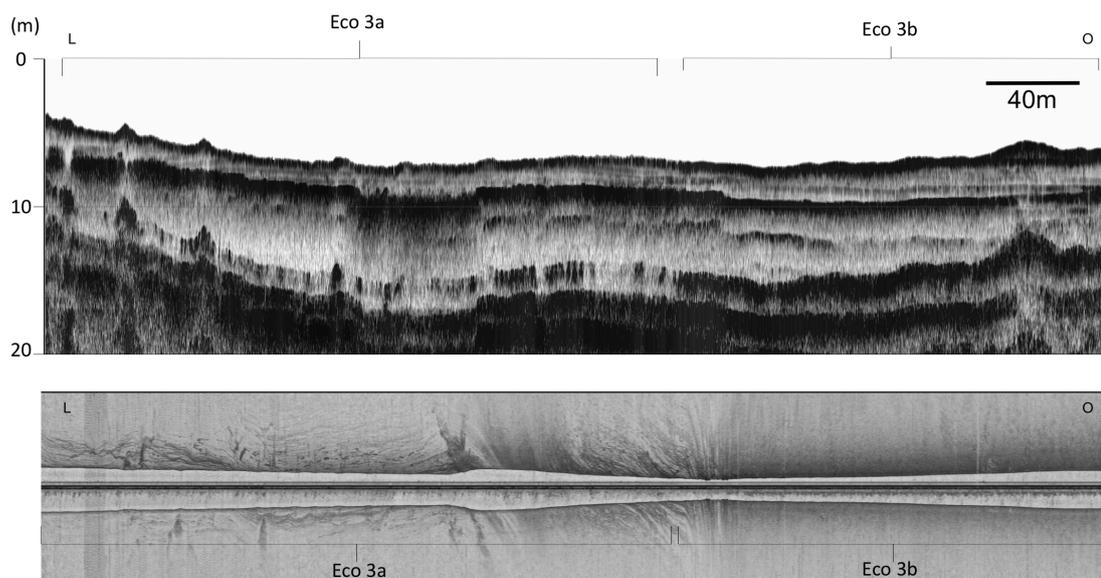


Figura 13 – Perfilagem sísmica evidencia uma espessa camada com alta penetração do sinal acústico sobre refletor altamente refletivo em subfundo. Ecos 3a e 3b são diferenciados pelo primeiro refletor: Eco 3b apresenta primeiro refletor altamente refletivo, com presença de barras arenosas, enquanto Eco 3a possui primeiro refletor pouco refletivo. A sonografia apresenta Eco 3a com uma coloração cinza claro, e aparentemente algumas formas de fundo sobre ele. Eco 3b possui textura lisa, e coloração cinza escuro.

7.1.3.1 Eco 3a

Este eco corresponde a um fundo lamoso, com primeiro refletor plano, com grande continuidade lateral, e altamente penetrativo, mostrando refletores concordantes em subfundo. A camada de lama varia de 1 a 4,5 m de espessura, e se encontra em profundidades de 4 a 6 m. Amostras de fundo mostraram porcentagens de areia de 1 a 25%, sendo compostas em sua maioria por areia fina.

7.1.3.2 Eco 3b

Este eco representa uma camada arenosa de 0,5 a até 1 m de espessura, bem marcada, e com alta penetração, evidenciando em subfundo, uma espessa

camada tabular de 2 a 3,5 m de composição lamosa. Esta última camada apresenta refletores concordantes, e alta penetração do som.

É comum, próximo ao limite leste do Setor 3, junto às dunas, a presença de barras arenosas, de 7 a 10 m de largura, e 0,5 a 0,8 m de altura.

O imageamento de fundo mostrou resultados bem distintos para esses dois ecos. O Eco 3a apresenta uma superfície plana, com uma coloração cinza claro em escala de cinza, repleta de ondulações. Por sua vez, o Eco 3b também apresenta uma superfície plana, porém com uma coloração cinza escuro, e sem a presença de ondulações.

De acordo com o mapa de teores de areia do Guaíba (CECO, 1999), a região apresenta aproximadamente entre 50 e 90% de areia.

7.1.4 Setor 4

Esse setor se encontra em toda a margem leste da área de estudo, junto a Porto Alegre. Ele se caracteriza por uma superfície altamente irregular, repleta de cavidades profundas e pilhas de sedimento. Em suas regiões menos contrastantes, ela apresenta um relevo hiperbólico.

7.1.4.1 Eco 4a

O eco se caracteriza por primeiro refletor com forma bastante irregular e com alta reflexão, sem penetração do sinal acústico.

A Figura 14a apresenta um fundo irregular, com relevo hiperbólico. Já a Figura 14b apresenta duas grandes cavas.

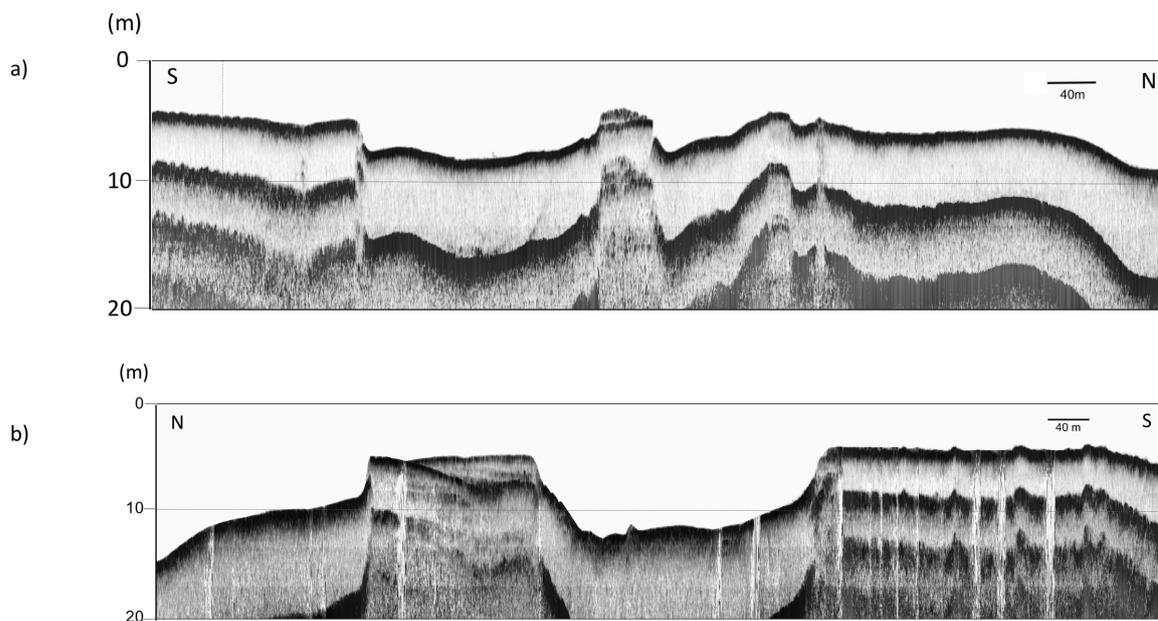


Figura 14 – a) fundo com relevo hiperbólico, e bastante acidentado. Possui estruturas semelhantes a pilhas de sedimentos; b) grandes cavas no leito, e rejeito de dragagem entre as cavas.

7.1.4.2 Eco 4b

Esse eco se encontra na área mais ao norte, em frente a Ponta da Cadeia. Ele possui primeiro refletor bem marcado, e apresenta alguma penetração do sinal acústico, sendo possível ver a superfície em subfundo altamente refletiva e hiperbólica. Possui refletores internos mergulhando para oeste, como pode ser visto na Figura 15a.

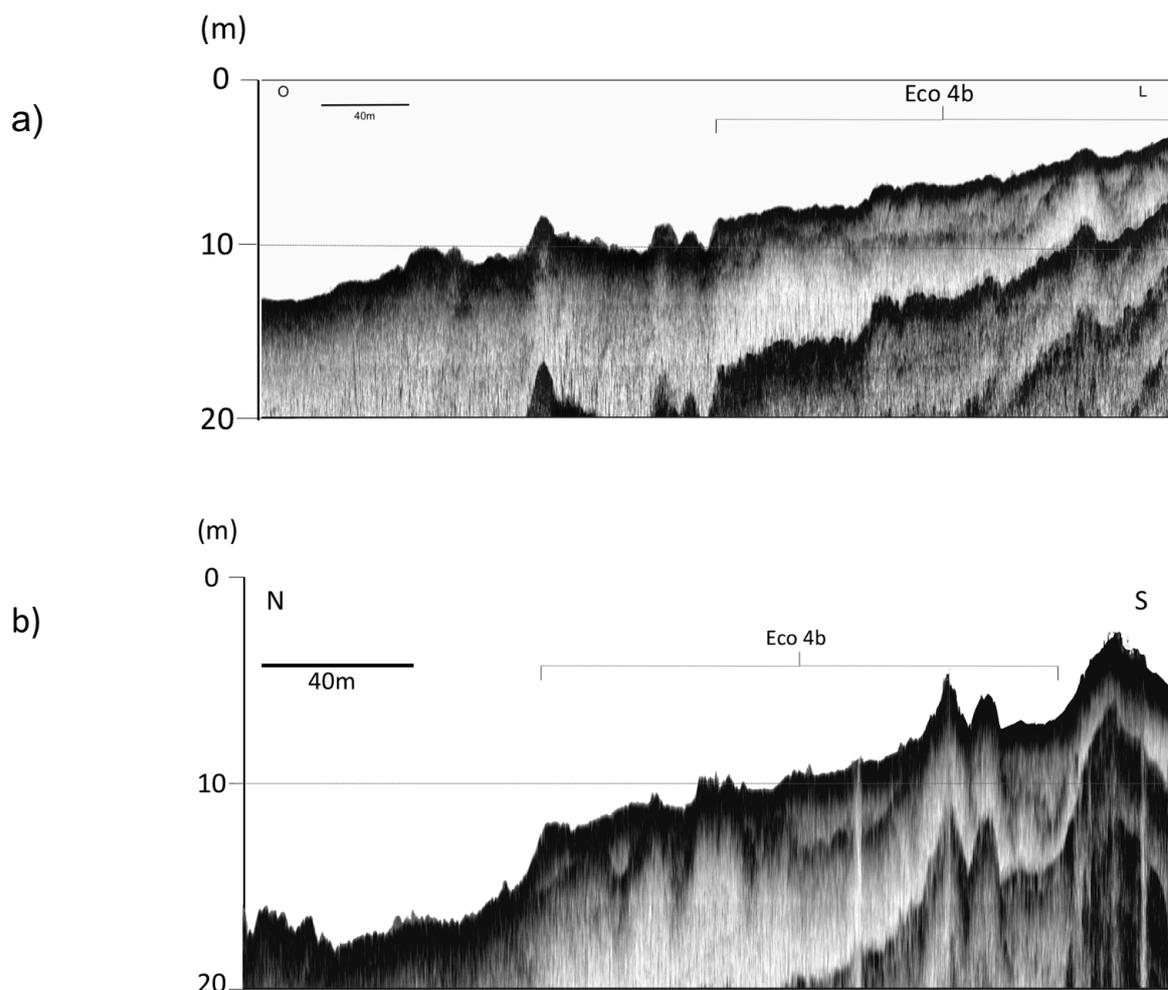


Figura 15 – a) Eco 4b apresentando refletos internos mergulhando a leste; b) Eco 4b indicando refletor altamente refletivo e hiperbólico em subfundo, que aparentemente representa rochas.

Os dados de SVL mostram uma superfície hiperbólica, com uma textura bastante suave, sem formas de fundo, como pode ser visto abaixo na Figura 16:

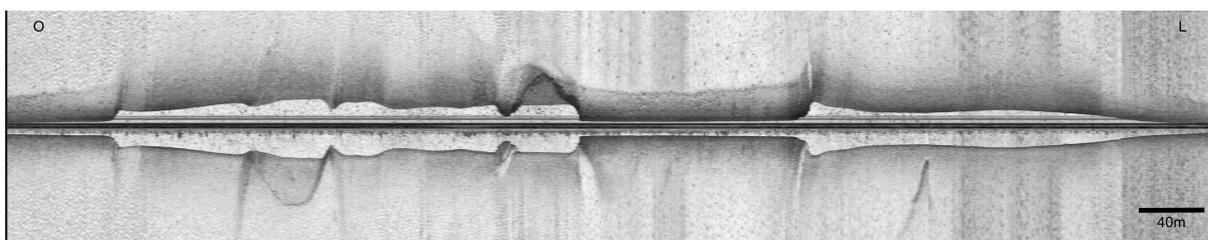


Figura 16 – Eco 4a em sonografia mostrando uma superfície bastante irregular e acidentada.

Uma amostra de fundo coletada a sul do Arroio Dilúvio indicou conter mais de 90% de silte e argila. Por sua vez, o mapa de ambientes de sedimentação de Nicolodi (2007) indica para esse mesmo local uma quantia de 50 a 90% de areia.

7.2 Batimetria

A partir da delimitação dos refletores de fundo, foi possível construir um mapa batimétrico simplificado referente à área estudada, como pode ser observado na Figura 17.

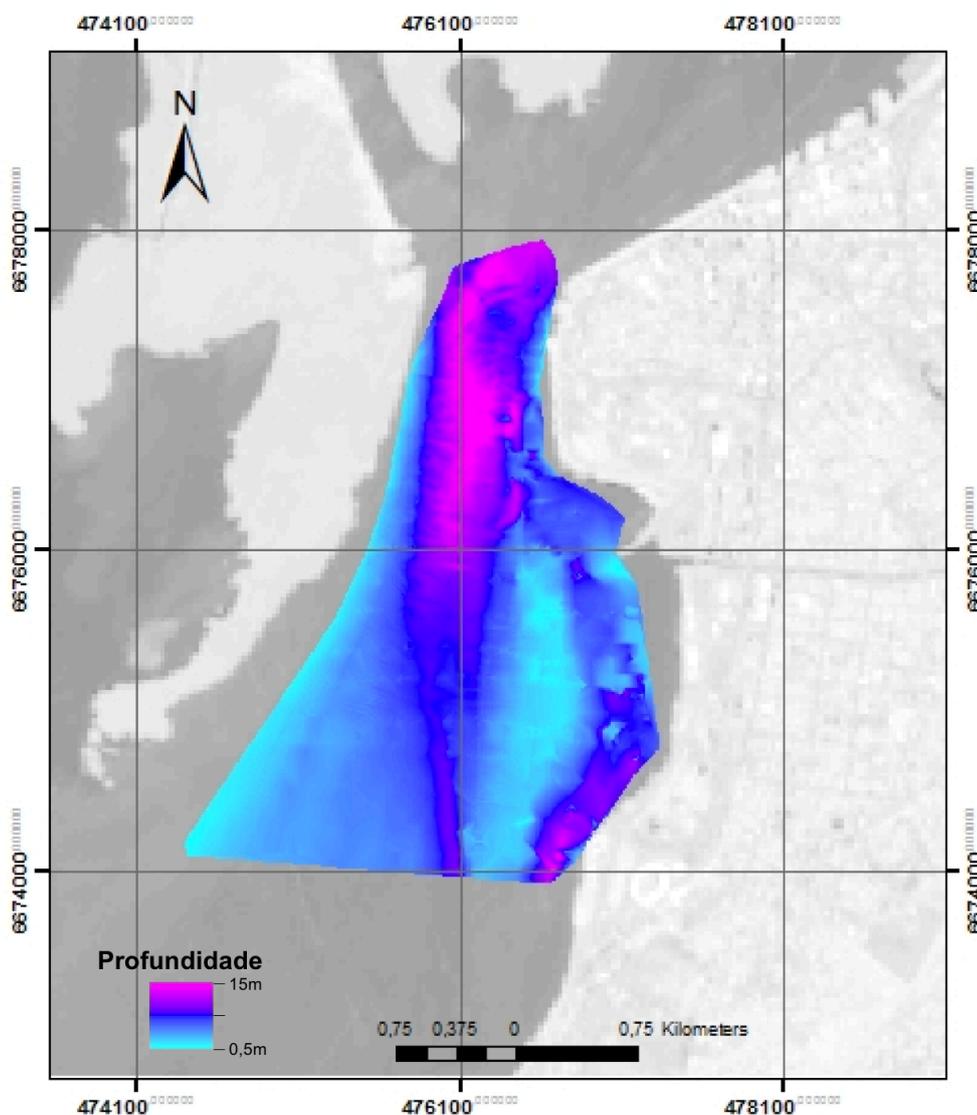


Figura 17 – Mapa batimétrico do setor norte do Lago Guaíba.

Analisando esta batimetria, é possível identificar o canal de navegação em sua porção central, regiões rasas em volta do canal, e um local com leito bastante irregular na margem leste.

A região do canal apresenta maiores profundidades mais a norte, e diminui em direção ao sul, à medida que as margens do lago se ampliam. A essa região, são associados os ecos 1b, 3a e 3b, com a deposição de sedimentos mais finos do que os presentes em volta do canal.

A região mais rasa se relaciona especialmente ao eco 2b, onde existe a formação de dunas pequenas e médias.

Já a região situada a leste está relacionada aos ecos 4a e 4b. A Figura 18 mostra um esquema relacionando os ecos e seus locais de identificação.

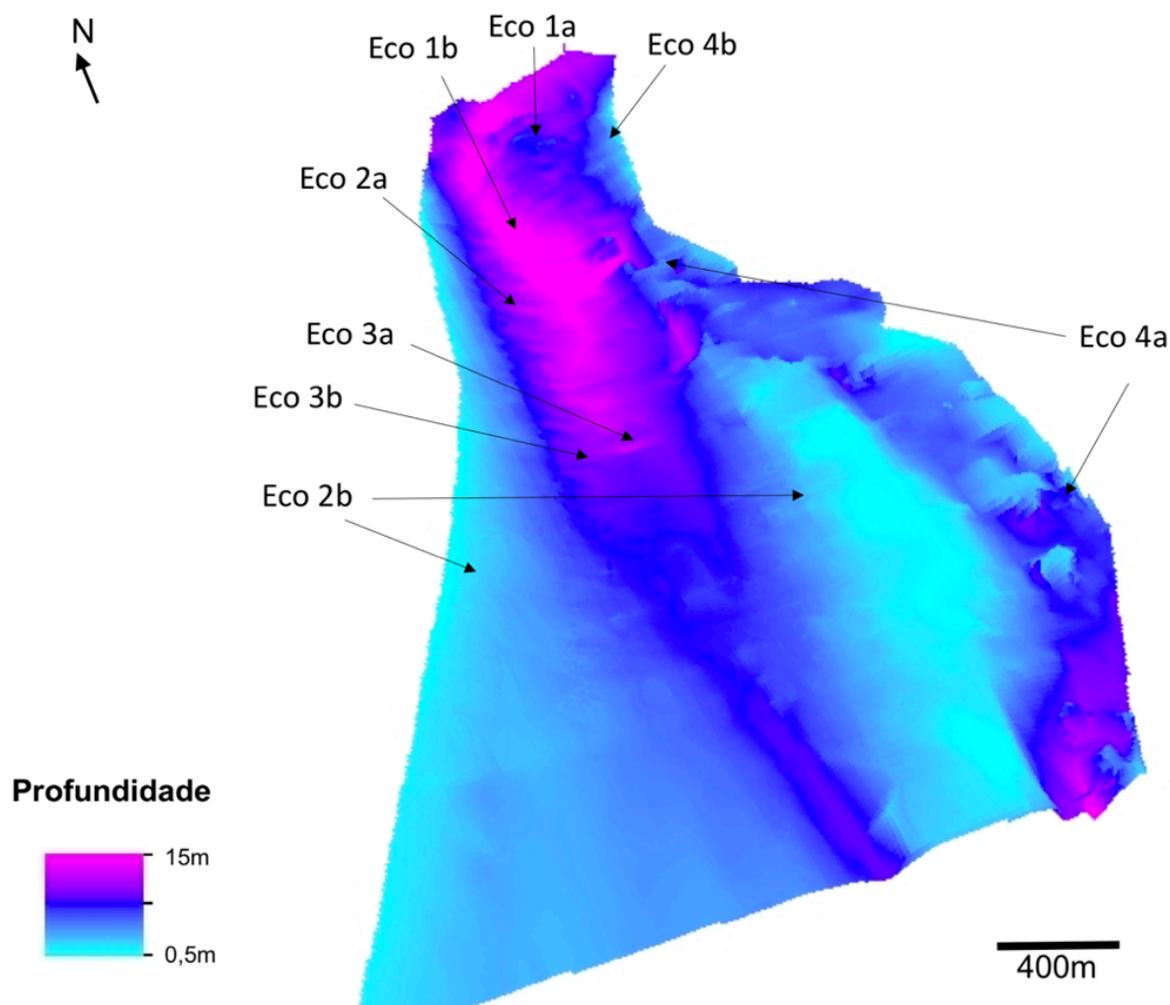


Figura 18 – Diferentes ecos e suas localizações em cada região do leito.

8 DISCUSSÃO

Ao analisar os dados de perfilagem sísmica e de sonografia, foi possível reconhecer quatro unidades distintas, as quais refletem diferentes condições hidrodinâmicas para sua formação. Essa diferença hidrodinâmica está diretamente relacionada à perda de competência dos cursos d'água ao adentrarem ao Guaíba.

8.1 Setor 1

O setor 1 reflete a primeira barreira hidrodinâmica aos fluxos dos rios Jacuí, Taquari, Gravataí e Sinos ao ingressarem ao Guaíba. Segundo Bachi, Barboza e Toldo Jr. (2000), o regime fluvial destes afluentes perde competência de transporte, depositando nesse setor os sedimentos de maior granulometria. Amostras de fundo coletadas nessa área mostram um predomínio das frações areia muito grossa e areia grossa.

Ao analisar ao Eco 1a, notam-se formas de fundo em alto ângulo de repouso. É claro que o ângulo apresentado na imagem não retrata o ângulo real da forma de fundo, uma vez que a imagem sísmica formada é comprimida, o que causa um exagero virtual neste ângulo. Ao medir esse ângulo, levando em conta o comprimento e a altura da forma de fundo, encontrou-se um valor de aproximadamente 23°. Sabe-se que quanto maior a granulometria do sedimento, maior será seu ângulo de repouso, sendo que uma areia grossa seca tem um ângulo de repouso na faixa de 35° (NICHOLS, 2009), valor superior ao medido. Porém, em sedimentos saturados em água, esse ângulo é menor, devido a maior pressão de água nos poros do sedimento, que o fluidiza. Com isso, a formação dessas formas de fundo na entrada do Guaíba pode ser explicada como uma deposição de sedimentos grossos, ocasionada pela diminuição de competência de transporte dos afluentes, a qual forma vários bancos de areia de granulometria grossa.

O Eco 1b está relacionado aos sedimentos do leito do canal de navegação. Este é um canal natural que, de acordo com Toldo Jr. e Almeida (2009), é uma

extensão do Rio Jacuí, o qual deságua na Lagoa dos Patos. Porém, é de amplo conhecimento que esse canal é, às vezes, dragado para que mantenha uma profundidade adequada para a navegação. De acordo com o Eduardo da Silva Alvez, diretor da SPH, companhia responsável pela manutenção dos canais de navegação do Guaíba, essas dragagens são feitas com uma draga de sucção e recalque, o que proporciona à área um relevo mais suave (VIVA GUAÍBA, 2016). Isso pode explicar as características do primeiro refletor desse eco, o qual é semiplano em toda extensão do canal, nessa unidade. Por ser formado em altas profundidades, onde a ação de correntes é menor, é possibilitada também a deposição de sedimentos mais finos, os quais permitem uma maior penetração do som, evidenciando refletores em subfundo.

8.2 Setor 2

O setor 2 é a representação de um fluxo turbulento unidirecional, o qual deve ser mantido por um tempo suficiente, para que haja a formação de dunas subaquosas (NICHOLS, 2009). Valores de velocidade desse fluxo podem ser estipulados relacionando essas formas de fundo com o tipo de granulometria do sedimento que as compõem. Para isso, utiliza-se um diagrama de estabilidade de formas de fundo (Fig. 19).

Utilizando esse diagrama, pode-se inferir para o Eco 2a, o qual é composto predominante de areia média e areia grossa, valores de fluxo na faixa de 50 a 120 cm/s. Já para o Eco 2b, o qual apresenta variações em sua granulometria, entre areia fina e areia média, podem-se inferir valores de fluxo por volta de 50 a 80 cm/s. Desta forma, o valor de corrente mínimo atuante nessa área seria de aproximadamente 50 cm/s. Esses valores são muito superiores aos valores de corrente comumente encontrados para o lago. Nicolodi (2007) indica valores médios de corrente no lago de 10 cm/s, e que raramente ultrapassam 40 cm/s. Porém, DNAEE (1983) indica valor máximo de fluxo, medidos entre 1982 e 1983, de 50 cm/s, valor compatível com a velocidade de fluxo mínima necessária para formar essas formas de fundo. De acordo com o diagrama acima, essas velocidades mais

comuns de serem identificadas, não são suficientes para gerar formas de fundo. Provavelmente, essas velocidades foram medidas em regiões mais a sul, onde a influência dos rios tributários é bem menor, e a área transversal ao fluxo é bem maior, favorecendo assim, menores valores de velocidade. Essas formas de fundo, no entanto, estão concentradas nas regiões mais confinadas do Guaíba, sendo esperado, assim, uma maior velocidade de fluxo.

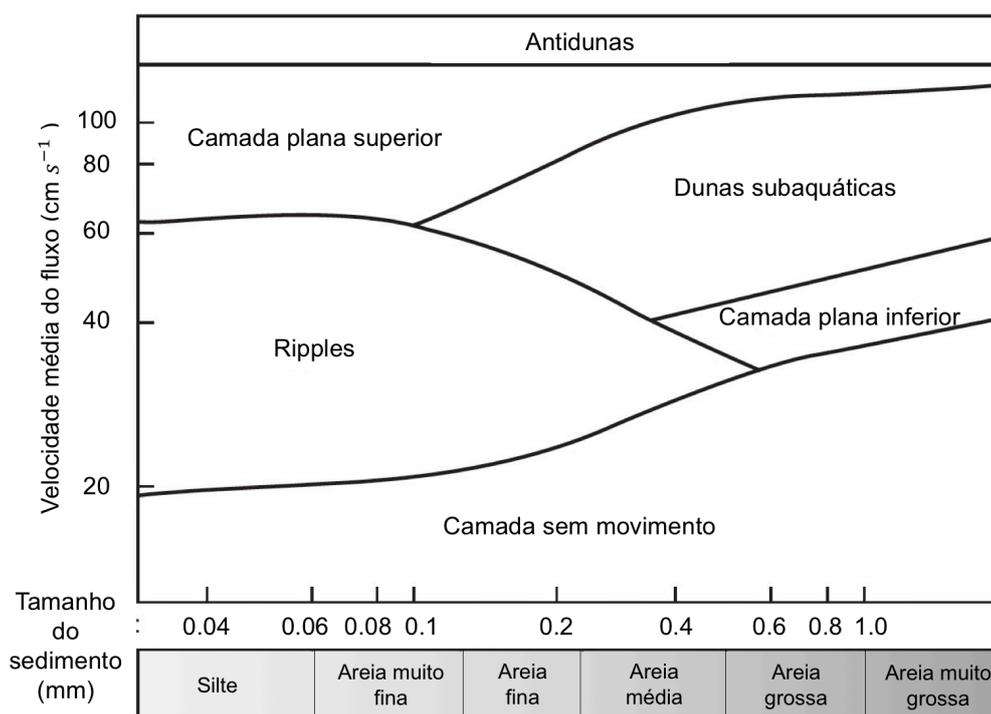


Figura 19 – Diagrama correlacionando granulometria e formas de fundo para inferir velocidade média de fluxo (NICHOLS, 2009).

Outro fator que pode ser observado nesta unidade é a relação da altura das dunas com a profundidade do fluxo. De acordo com Prothero (2014), a altura das dunas é limitada apenas pela profundidade do fluxo, o que implica em uma relação diretamente proporcional entre essas duas grandezas. Analisando as dunas desta unidade, nota-se que as dunas mais altas, com aproximadamente 4 m de altura, são as encontradas em maiores profundidades, por volta de 13 m. As menores dunas, por sua vez, que possuem altura de aproximadamente 30 cm, se encontram nas porções mais rasas, inferiores a 2 m de profundidade.

Em relação às características do sinal sísmico apresentado, vale ressaltar o resultado anormal apresentado pelo perfil sísmico do Eco 2a. Sabe-se que quão

maior for a granulometria, menor será a capacidade de penetração do som em um sedimento. Porém, estas formas de fundo apresentaram uma alta penetração do som, sendo possível ver os refletores de subfundo, o que é um resultado inesperado, uma vez que essas dunas são formadas predominantemente por sedimentos mais grossos. Uma hipótese para esse comportamento é que a má seleção desse sedimento, o qual apresenta uma contribuição de grãos mais finos em sua composição, permite a propagação da onda acústica; ou que esse sedimento apresenta um grau de compactação propício à propagação do som.

A partir do reconhecimento desses refletores de subfundo, os quais são altamente penetrativos, é possível interpretá-lo como um ambiente sedimentar prévio, com características hidrodinâmicas diferentes das atuais, o qual permitia a deposição de sedimentos finos. A deposição destes sedimentos está provavelmente relacionada com uma antiga planície de inundação.

8.3 Setor 3

Este setor é caracterizado pela deposição de sedimentos finos, especialmente silte e argila, além de areias mais finas. Com isso, ele apresenta maior penetração do som, nos dados de perfilagem sísmica. Sua formação ocorre na mesma latitude do Parque Marinha, que é onde o Guaíba se alarga, praticamente dobrando a sua seção transversal. A partir dessa região, o fluxo diminui sua competência de transporte, por encontrar uma área mais ampla. Nota-se que sua localização é associada ao canal de navegação, e que ela se encontra em suas porções mais profundas. A deposição dessas partículas ocorre provavelmente, porque este canal possui baixas velocidades de fluxo em suas porções mais profundas nessa região.

A localização dos Ecos 3a e 3b ilustram bem esse cenário. Em maior profundidade, se encontra o Eco 3a, o qual é composto predominantemente por sedimentos de suspensão. Amostras de fundo mostraram nessa região, uma quantia de até 99% em silte e argila. Já nas porções mais rasas do canal, se encontra o Eco 3b, o qual possui esses sedimentos finos, porém contendo uma fina camada

superficial de sedimentos arenosos. As percentagens apresentadas de areia são de aproximadamente 50 a 90%.

Nas porções mais próximas às margens do canal, esses ecos apresentam barras arenosas isoladas, já próximas à formação das dunas subaquosas do setor 2. Essas barras parecem representar uma fase intermediária desses setores de baixa e alta velocidade de fluxo.

Sob o canal de navegação, em subfundo, foi possível reconhecer a morfologia de um paleocanal (ver Figura 20). Este é provavelmente o antigo curso do Rio Jacuí, o qual dissecava toda a extensão do Guaíba, até encontrar a Lagoa dos Patos, como foi observado por Weschenfelder et al. (2010; 2014). De acordo com esses autores, os cursos desse rio mantiveram suas posições relativamente fixas durante o Quaternário. Isto corrobora com a hipótese de este paleocanal encontrado ser um antigo curso do Rio Jacuí, já que se encontra na mesma posição do atual canal de navegação do Guaíba, o qual, como já citado anteriormente, é considerado por Toldo Jr. e Almeida (2009) como uma extensão do Rio Jacuí até a Lagoa dos Patos. Esse antigo canal dissecou toda a PCRS, até desaguar no Oceano Atlântico, durante o último máximo glacial.

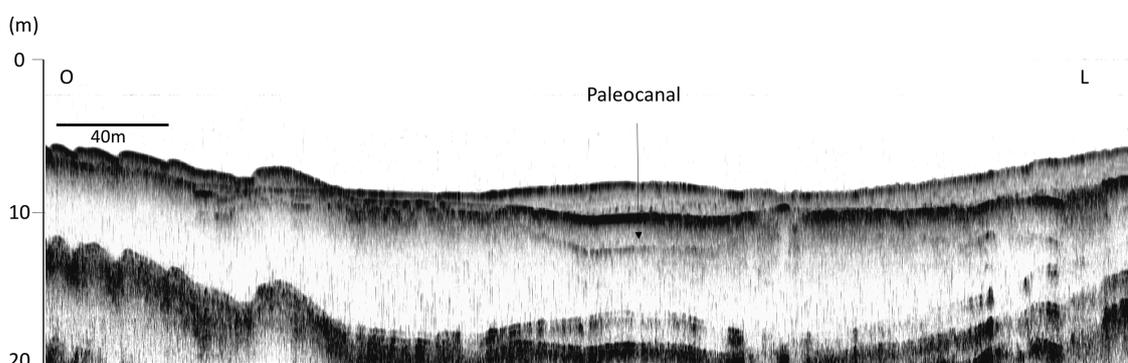


Figura 20 – Região do canal de navegação evidenciando um paleocanal em subfundo.

8.4 Setor 4

O setor 4 se encontra em toda a porção leste da área estudada, às margens de Porto Alegre. Sua formação está intrinsecamente relacionada a uma influência

uma grande contribuição material para a formação desses aterros vinda de detritos urbanos como: fragmentos de tijolo, pedras britadas, concreto e solo de áreas próximas.

Analisando os dados sísmicos (ver Figura 14b), é possível observar cavas gigantescas próximas à orla do Guaíba, desde poucos metros a sul da Ponta do Gasômetro até regiões próximas ao estádio Beira Rio, no sul da área de estudo. Além dessas cavas, é possível reconhecer por meio de toda essa extensão, um aprofundamento nesse leito formando um relevo irregular, porém mais suave do que essas grandes cavidades. Dessa forma, esses resultados corroboram com a afirmação de que esse último aterro foi formado com sedimentos do próprio leito do Guaíba. Além disso, é possível ver que esses sedimentos foram retirados de regiões bem próximas ao aterro. Em alguns perfis, é possível visualizar aprofundamentos sobre o leito, os quais parecem ter abrigados tubulações (ver Figura 22). Em um perfil, há a presença de uma estrutura, que aparentemente se trata de uma tubulação. Caso esses aprofundamentos realmente abrigassem tubulações, essas então poderiam ter sido as utilizadas para a retirada de sedimentos de fundo para a construção desse aterro.

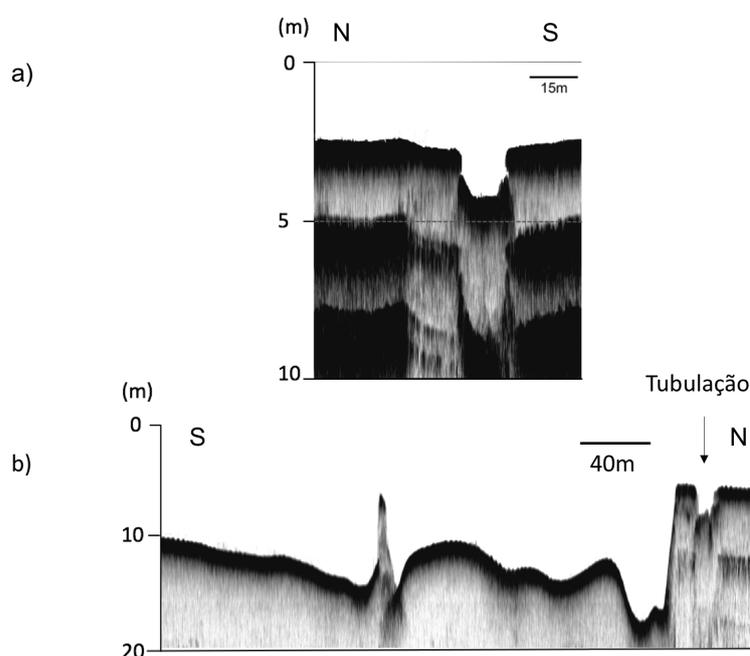


Figura 22 - a) Depressão que provavelmente abrigava uma tubulação; b) Depressão que aparentemente contém uma tubulação.

O aprofundamento dessa porção leste também pode ser observado ao comparar os dados da carta náutica da Marinha do Brasil, levantados no Guaíba na década de 1960, com a o mapa batimétrico levantado neste trabalho (ver Figura 23). Na década de 1960, antes da construção desse aterro, essa região possuía profundidades de 0,1 a 1,4 m, de acordo com a carta náutica. Esses valores de profundidade são bem inferiores aos apresentados na configuração atual dessa região, que atingem profundidades superiores a 10 m.

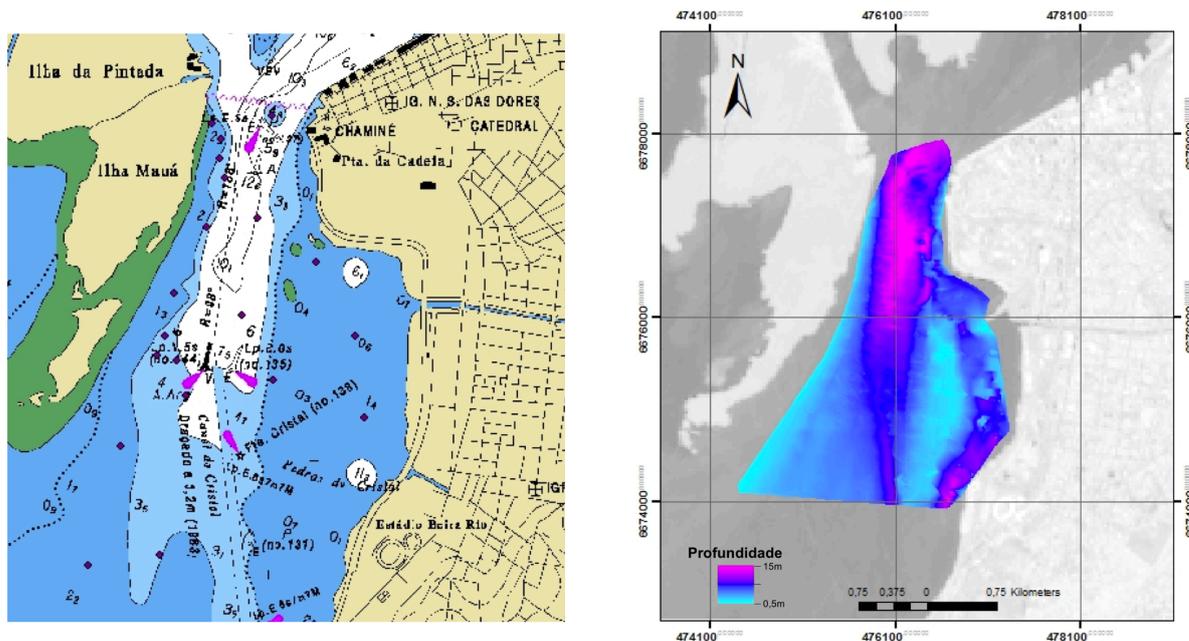


Figura 23 - Comparação entre carta náutica da Marinha Brasileira da década de 1960 e mapa batimétrico levantado neste trabalho. A comparação permite observar um grande aprofundamento observado na margem leste da área de estudo, o qual não era observado na década.

Além dos registros de dragagem, é possível observar pilhas de sedimentos, provavelmente restos de dragagens, os quais atingem baixas profundidades, como pode ser vista na Figura 22, a qual aparentemente contém uma tubulação.

Outra característica apresentada pelos dados sísmicos nessa região, além da irregularidade do relevo, é a alta reflexão e a não penetração do sinal acústico, vistos em perfilagem sísmica.

Na região a norte da Ponta do Gasômetro, por sua vez, o relevo apresentado é mais regular, sem a indicação de dragagens, e os dados sísmicos apresentam uma menor reflexão e uma maior penetração do sinal acústico. Em um perfil sísmico, é possível ver um pacote de sedimentos depositados sobre o leito do

Guaíba, com refletores mergulhando para oeste da margem, em sentido ao lago (Figura 15a). Provavelmente, estes sedimentos compõem a parte submersa da aterragem feita em 1927, uma vez que eles estão apoiados sobre esse aterro, e com refletores indicando um escorregamento da margem em direção ao lago.

Essa diferença na característica do sinal acústico vista em perfilagem sísmica entre o aterro Praia de Belas, a sul do Gasômetro, e o aterro a norte, pode ser explicado pela diferença em suas composições. Desta forma, o aterro formado por sedimentos arenosos do próprio lago apresenta alta reflexão, e nenhuma penetração do eco, enquanto o aterro formado por outros materiais, inclusive solo, apresenta baixa reflexão e alta penetração.

Uma amostra de fundos coletada a sul do Arroio Dilúvio apresentou em sua composição mais de 90% de silte e argila, o que não está de acordo com o eco apresentado, o qual indica um fundo arenoso. Uma hipótese para este resultado é que esse sedimento tenha vindo do Arroio Dilúvio, e se depositado um pouco a sul, formando uma fina camada de lama. Por ser pouco espessa, essa camada é mascarada pelo fundo arenoso, o qual é altamente refletivo, sendo difícil observá-la. Porém, na coleta de sedimento, ela foi bastante expressiva, uma vez que a draga utilizada amostra no máximo 15 cm de profundidade do leito.

9 CONCLUSÕES

O emprego de métodos sísmicos de alta frequência e resolução possibilitou reconhecer diversos elementos arquiteturais do fundo e subfundo do lago Guaíba. A partir dos dados geoacústicos foi possível fazer um mapeamento das ecofácies presentes na área de estudo. Os ecos encontrados são indicativos de um ambiente bastante dinâmico, o qual possui regiões com altas velocidades de fluxo, capazes de formar dunas subaquosas, muito próximas a regiões que possibilitam a deposição de sedimentos de suspensão. Eles indicam também uma queda na competência de transporte desse fluxo, com a presença de formas de fundo de alta granulometria próximas a entrada do Guaíba variando para formas de fundo indicativas de sedimentos finos mais a sul, especialmente após o alargamento que o lago apresenta de suas margens, praticamente dobrando a distância entre elas.

Além da indicação de altas velocidades de fluxo, a presença das dunas subaquosas indica a entrada de areia no Guaíba, vindas de seus tributários.

Com o uso da perfilagem sísmica, foi possível reconhecer, em todas as regiões que houve uma alta penetração do sinal, grandes pacotes sedimentares, referentes a um fundo lamoso. A partir deles, pode-se inferir um antigo ambiente deposicional de baixa energia hidrodinâmica, provavelmente relacionado a uma planície de inundação pretérita. Outro artefato observado em subfundo é o registro de um paleocanal instalado bem abaixo do atual canal de navegação. Este canal corresponde provavelmente ao antigo curso do Rio Jacuí em direção à Lagoa dos Patos em um período de mar baixo relacionado ao último máximo glacial.

Os métodos sísmicos também possibilitaram a identificação de áreas com influência antrópica. Foi possível reconhecer uma grande irregularidade no relevo de toda porção submersa em frente ao aterro Praia de Belas, o qual mostra um grande aprofundamento da região, com a presença de grandes depressões no leito. Este resultado foi interpretado como um fruto de dragagens efetuadas, com intuito de coletar sedimentos de fundo para usar como matéria prima para a construção desse aterro.

Portanto, o uso de métodos sísmicos de alta reflexão se mostrou bastante eficiente para o reconhecimento do leito do Guaíba, de sua composição sedimentar, e dos processos hidrodinâmicos atuantes.

Nota-se, porém, que é indispensável para esse estudo, o uso de sedimentos de fundo, ou até de furos de sondagem, para corroborar com o dado obtido e auxiliar com a interpretação do mesmo.

Trabalhos futuros poderão contribuir com um aumento da malha de investigação, assim como com um aumento nas amostragens de sedimentos de fundo sobre os ambientes sedimentares estabelecidos por este trabalho, para que haja uma melhor delimitação das ecofácies, e até o reconhecimento de diferentes ecos e dos elementos arquiteturais de fundo e subfundo do Guaíba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATALLAH, L., SHANG, C., BATES, R. Object detection at different resolution in archeological side-scan. **IEEE Oceans**, 2005. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1511727/>. Acesso em: 26 nov. 2017.

AYRES NETO, A. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 299-309, 2000.

AYRES NETO, A.; FALCÃO, L.C.; AMARAL, P.J.T. Caracterização de ecofácies na margem continental norte brasileira – estado do conhecimento. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 1, p. 97-106, 2009.

BACHI, F.A., BARBOZA, E.G., TOLDO JR., E.E. Estudo da sedimentação do Guaíba. **Ecos**, v. 17, p. 32-35, 2009.

BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; ROSA, M.L.C.C. Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Erosão em longo Período. **Revista SUG**, n. 15, p. 94, 2009.

BAPTISTA NETO, J.A.; SILVA, C.G.; DIAS, G.T.M.; FONSECA, E.M. Distribuição sedimentar da lagoa Rodrigo de Freitas através de sísmica de alta resolução. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 187-195, 2011.

BERTÊ, A.M.A.; SUERTEGARAY, D.M.A. Depósitos tecnogênicos e planejamento urbano: o aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre – RS/Brasil. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2004, Santa Maria (RS). **I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**. Santa Maria, 2004.

BEXIGA, G.M.S. **Estudo geoacústico para mapeamento de eco-caráter em registros sísmicos de alta resolução do interior da Lagoa dos Patos, RS, Brasil**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BELO, W.C. O fundo marinho da Baía da Ilha Grande, RJ: evidências da ação de correntes e de ondas no canal central com base em formas de fundo observadas em

registros de sonar (100kHz). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, n 1, p. 17-30, 2002.

BLONDEL, P. **The Handbook of Sidescan Sonar**. Berlin: Springer, 2009. 316 p.

BOHRER, M.D. **O aterro Praia de Belas e o aterro do Flamengo**. 2001. 237 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BORTOLIN, E.C.; WESCHENFELDER, J. Análise sísmica e estratigráfica preliminar em perfis sísmicos do interior do Rio Guaíba. In: XXI SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFRGS, 2009. Porto Alegre (RS). **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica, UFRGS**. Porto Alegre, 2009.

BRANCO FILHO, C.C. **A orla do Lago Guaíba no município de Porto Alegre-RS: análise ambiental urbana e proposta de revitalização**. 2005. 174f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BULLA, L.A.S.; CUNHA, R.P.; GRIEP, G.H.; HARTMANN, C. Uso de sonar de varredura lateral na avaliação de uma área de mineração de areia no Rio Jacuí – RS. In: SEMENGO – II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 2006. Rio Grande, RS, **Anais do II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica**, 2006.

CARUTHERS, J.W.; QUIROZ, E.; FISHER, C.; MEREDITH, R.; SIDOROVSKAIA, N.A. Side-scan sonar survey operations in support of KauaiEx. **AIP Conference Proceeding**, p. 366-372, 2004.

CECO (Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica), 1999. **Projeto Sedimentação do Complexo Guaíba**. Convênio CECO/IG/UFRGS – DVP/DMAE. Porto Alegre. 17 p. Relatório final.

CORREIO DO POVO. APÓS uma década, Fepam autorizará extração de areia do Guaíba. **Correio do Povo**, Porto Alegre. 2015. Notícias. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/551595/Apos-uma-decada,-Fepam-autorizara-extracao-de-areia-do-Guaiba>>. Acesso em: 17 out. 2016.

CUNHA, R. **O estuário do Guaíba: características texturais, mineralógicas e morfológicas**. 1971. 51f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1971.

DAMUTH, J.E. Echo character of the western equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. **Marine Geology**, v. 18, n. 2, p. 17-45, 1975.

_____. Echo character of the Norwegian - Greenland Sea: relationship to Quaternary sedimentation. **Marine Geology**, v. 28, n. 1-2, p. 1-36, 1978.

_____. 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**, v. 38, n. 1-3, p. 51-75, 1980.

DAMUTH, J.E.; HAYES, D.E. Echo character of the East Brazilian continental margin and its relationship to sedimentary processes. **Marine Geology**, v. 24 n. 2, p. 73-95, 1977.

DNAEE. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. 1983. *Mecânica de Correntes do Guaíba: Relatório Síntese*. Porto Alegre, Ministério das Minas e Energia, p.61.

DOWDESWELL, J.A.; HOGAN, K.A.; Ó COFAIGH, C.; FUGELLI, E.M.G.; EVANS, J.; NOORMETS, R. Late Quaternary ice flow in a West Greenland fjord and cross-shelf trough system: Submarine landforms from Rink Isbrae to Uummanaq shelf and slope. **Quaternary Science Reviews**, v. 92, p. 292-309, 2014.

FÉLIX, C.A. **Evolução quaternária superior e formação de gás raso em ambiente estuarino tropical: o caso do canal de Bertioiga, São Paulo**. 2012. 111f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

FONTANA, R.L. **Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis. Porto Alegre**. 1996. 364 f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

G1 - PROPOSTA para delimitar extração de areia no Guaíba é apresentada no RS. **G1**, Porto Alegre. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2016/05/proposta-para-extracao-de-areia-do-guaiba-e-apresentada-no-rs.html>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

GRUBER, N.L.S., BRANCO F^o, C.C. Gestão integrada do lago Guaíba: modelos de gestão para a orla e recursos hídricos do lago – análise crítica e propostas. **Gravel**, v. 8, n. 1, p. 45-61, 2010.

JONES, E.J.W. **Marine Geophysics**. Chichester: Wiley, 1999. 466p.

MENEGAT, R.; CARRARO, C.C. **Manual para saber por que o Guaíba é um lago**. Armazém Digital, Porto Alegre, 2009. p. 108.

MISSIAEN, T.; WARDELL, N.; DIX, J. Subsurface imaging and sediment characterization in shallow water environments. **Marine Geophysical Researches**, v. 26, p. 83-85, 2005.

NICOLODI, J.L. **O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação**. 2007. 179f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NICOLODI, J.L.; TOLDO JUNIOR, E.; FARINA, L. Dinâmica e ressuspensão por ondas no lago Guaíba e suas implicações nos locais de captação de água para abastecimento humano. **Pesquisa em Geociências**, v. 37, n. 1, p. 25-39, 2010.

_____. Dynamic and resuspension by waves and sedimentation pattern definition in low energy environments. Guaíba Lake (Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, p. 55-64, 2013.

NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. Ed. 2, p.432.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=171> Acesso em: 26 ago. 2017.

PROTHERO, D.R., SCHWAB, F. **Sedimentary Geology. An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy**. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2014. Ed. 3, p. 593.

SHERIFF, R.E. **Seismic Stratigraphy**. IHRDC: Boston, 1980. 227p.

SOUZA, L.A.P. **Revisão Crítica da Aplicabilidade dos Métodos Geofísicos na Investigação de Áreas Submersas Rasas**. 2006. 311f. Tese de Doutorado, Curso de Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

_____. SBP 3.5, 7, 10kHz, Chirp (0.5-2.0kHz), Chirp (2.0-12kHz), Chirp (10-18kHz), Boomer (0.5-2.0kHz) e Sparker (0.1-1.0kHz): Quando decidir por uma ou outra fonte acústica? In: 12TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILLIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 2011, Rio de Janeiro (RJ). **Anais do 12th international congress of the Brazillian geophysical society**. Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, L.A.P., GANDOLFO, O.C.B. Métodos geofísicos em geotecnia e geologia ambiental. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, p. 9-27, 2012.

TOLDO JUNIOR, E. E. **Sedimentação, Predição do Padrão de Ondas e Dinâmica Sedimentar da Antepraia e Zona de Surfe do Sistema Lagunar da Lagoa dos Patos, RS**. 1994. 178f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

TOLDO JUNIOR, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B. **Rio Guaíba**. Porto Alegre. *Website PROCEMPA*, p. 1-7, 2009. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/rioguaiba_eliriotoldojr.pdf. Acessado em: 04 nov. 2016.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**, n. 3, p. 111-113, 2005.

TÓTH, T.; VIDA, R.; HORVÁTH, F. Shallow-water single and multichannel seismic profiling in a riverine environment. **Lead. Edge**, p. 1691-1695, 1997.

VERONEZ JR, P., BASTOS, A.C., PIZZIN, B.F., GAVA, R.D., QUARESMA, V.S., SILVA, C.G. Sonar de varredura lateral e sísmica de alta resolução aplicados no estudo de ecofácies na Baía de Vitória – ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 411-425.

VIDAL, A.C.; SANCEVERO, S.S.; REMACRE, A.Z.; COSTANZO, C.P. Modelagem geoestatística 3D da impedância acústica para a caracterização do Campo de Namorado. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 3, p. 295-305, 2007.

VILLWOCK, J.A. **Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1972. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1972.

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

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: BECKER, R.G., RAMOS, R.A., MOURA, L.A.. (Org.). **Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul**. 1^a ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SBF, 2007. 388 p.

VIVA Guaíba entrevista Eduardo da Silva Alvez, diretor de hidrovias da SPH. **VIVA GUAÍBA**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://vivaguaiba.eco.br/viva-guaiba-entrevista-eduardo-da-silva-alves-diretor-de-hidrovias-da-sph/>. Acesso em: 05 ago. 2017.

WESCHENFELDER, J. **Processos sedimentares e variação do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2005. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WESCHENFELDER, J.; CORREA, I. C. S.; ALIOTTA, S.; BAITELLI, R. Paleochannels Related to Late Quaternary Sea-Level Changes in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 35-44, 2010.

WESCHENFELDER, J.; BAITELLI, R.; CÔRREA, I.C.S; BORTOLIN, E.C.; SANTO, C.B. Quaternary incised valleys in southern Brazil coastal zone. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 55, p. 83-93, 2014.

ZERO HORA, OBRAS causam acidentes e encalhes no Guaíba. **Zero Hora**, Porto Alegre. 2012. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2012/03/obras-causam-acidentes-e-encalhes-no-guaiba-3689452.html>. Acesso em 09 jan. 2017.

ANEXOS

GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia: Identificação geoacústica das ecofácies de fundo e subfundo da porção norte do Guaíba	
Autor: Vicente Oliveira da Silva Junior	
Orientador(es): Jair Weschenfelder	
Nota final (1 até 10): 9,5	
Examinador:	Artur Cezar Bastos Neto
Data: 18/12/2017	

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	x		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	x		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	x		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	x		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	x		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	x		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	x		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	x		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	x		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	x		

Página	Correções obrigatórias
	O autor deve revisar os perfis para verificar se não há problemas na orientação dos mesmos.
	

GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia: Identificação Geocústica das Ecofácies de Fundo e Subfundo da Porção Norte do Lago Guaíba, RS.	
Autor: Vicente Oliveira da Silva Junior	
Orientador(es): Prof. Dr. Jair Weschenfelder	
Nota final (1 até 10): 9,0	
Examinador: Pedro Antonio Roehe Reginato	Data: 18/12/17

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?			X
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

Página	Correções obrigatórias
	Resumo: diminuir a parte onde é feita a introdução do trabalho e aumentar a parte de resultados.
12	Retirar a palavra Alguns da frase - “Alguns estudos relacionados...”
12	Referência – CECO/DMAE, 1999 ou só CECO, 1999. Nas referências está só como CECO, 1999
14	Reescrever a frase “ Desta forma, este trabalho, demonstra os métodos sísmicos de alta resolução como uma importante ferramenta para o zoneamento ambiental. – Isso não justifica o trabalho, e do jeito que está escrito seria um resultado do teu trabalho, destacando que o uso desses métodos é eficiente para esse tipo de estudo.



17	Segundo Parágrafo – Abastecimento não é uma atividade e sim um uso. Na área de teu estudo a atividade é a captação de água – corrigir.
18	Figura 2 – melhorar resolução da imagem
18	No final do item geologia da área deveria ser colocado um texto falando sobre a evolução do Guaíba e a relação dessa evolução com os sistemas deposicionais Laguna-Barreira I, II, III e IV.
19	Formatação – espaço a mais no primeiro parágrafo
26	Corrigir frase “são basicamente rochas vulcânicas do Serra Geral, plutônicas e sedimentares” – exemplo: são basicamente rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, plutônicas do escudo Sul-Riograndense e sedimentares da Bacia do Paraná.
28	Sugiro trocar Metodologia por Materiais e Métodos
Resultados	Seria necessário colocar um mapa de localização dos pontos onde foram feitas as coletas de sedimentos. Isso é importante para saber a localização e distribuição dos pontos onde foram feitas as coletas.
40	Setor 3 - Informar a % de areia, pois é somente dito que os sedimentos são de granulometria fina, predominantemente silte e argila, mas não tem a % de areia.
41	Eco 3ª – informar % de areia.
42	Eco 3b – informar % de areia
46	Figura 18 – poderia ser modificada indicando na mesma as feições descritas no texto (canal, regiões rasas, etc...) e não só colocar a localização das Ecos. Também não tem escala e orientação e isso é importante, mesmo para uma figura ilustrativa.
50	Setor 3 – não tem a relação nos resultados e nem nesse item entre as frações de areia mais finas e silte e argila.
52	Sei que a imagem original não deve ser boa, mas se possível seria bom melhorar a resolução ou tentar refazer a imagem, pois não dá para avaliar pela imagem as diferentes fases dos processos de aterro da orla.
58-63	O texto das referências não está justificado.

GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia:	Identificação bioacústica das	
	Ecopáteis de Fundos e Suprafundo de peixes...	
Autor:	VICENTE OLIVEIRA DA SILVA JUNIOR	
Orientador(es):	JAIR WESUTENFELDER	
Nota final (1 até 10):	9,0	
Examinador:	MARCUS V. D. REMUS	Data: 18/12/17

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?			X
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

Página	Correções obrigatórias
	O trabalho foi bem apresentado e o aluno mostrou que domina o assunto durante a arguição.
	Considero que o Resumo deve ser corrigido de modo a incluir os Resultados e Conclusões principais