

# Práticas em Geociências: roteiro de campo para compreender a evolução costeira no Rio Grande do Sul, Brasil

PRACTICES IN GEOSCIENCES: FIELD TRIP TO UNDERSTAND COASTAL EVOLUTION IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

LUANA PORTZ<sup>1</sup>, ROGÉRIO PORTANTIOLO MANZOLLI<sup>1</sup>, MARIA LUIZA CORREA DA CÂMARA ROSA<sup>2</sup>, NELSON GRUBER<sup>2</sup>, EDUARDO GUIMARÃES BARBOZA<sup>2</sup> & LUIZ JOSÉ TOMAZELLI<sup>2</sup>

1- DEPTO. INGENIARÍA CIVIL Y AMBIENTAL, UNIVERSIDAD DE LA COSTA, COLOMBIA. E-MAIL: LPORTZ1@CUC.EDU.CO, RPORTANT@CUC.EDU.CO

2- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. PORTO ALEGRE, BRASIL.

E-MAILS: LUIZA.CAMARA@UFRGS.BR; EDUARDO.BARBOZA@UFRGS.BR; NELSON.GRUBER@UFRGS.BR; LUIZ.TOMAZELLI@UFRGS.BR.

**Abstract:** The Coastal Plain of Rio Grande do Sul is an excellent learning site, being one of the few coastal plains in the world where it is possible to visualize the stratigraphic/sedimentary records of the last four sea-level fluctuations caused by glacial/eustatic events of the Quaternary Period. This study proposes a Geology field trip that can be used by educators as a complement to the didactic content of Geosciences subjects. This field itinerary presents 10 waypoints where one can observe geological records and characteristics, which contribute to learning through practical activities. The article contains didactic materials to be used in the practical field classes, with a description of each waypoint, as well as its geographical coordinate and photographic records. The adoption of appropriate itineraries for the study of the environment may lead to a deeper understanding of the contents worked in the classroom, elucidating and giving meaning to the learning.

## Manuscrito:

Recebido: 05/03/2018

Corrigido: 28/03/2018

Aceito: 22/04/2018

**Citation:** Portz L., Manzolli R.P., Rosa M.L.C.C., Gruber N., Barboza E.G., Tomazelli L.J. 2018. Práticas em Geociências: roteiro de campo para compreender a evolução costeira no Rio Grande do Sul, Brasil. *Terræ Didática*, 14(2):119-133. URL: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>.

**Keywords:** Quaternary Period, coastal plain, education, geological site, geoeducation.

## Introdução

O conhecimento sobre o funcionamento do planeta Terra, e suas implicações sobre a vida dos seres que habitam este sistema, apresenta-se hoje como uma importante ferramenta de sobrevivência. As implicações decorrentes das atividades humanas, somadas aos desastres naturais, vêm afetando uma parcela significativa da população, e incorrendo em perdas nas atividades sociais e econômicas. Grande parte destas poderia ser evitada pelo conhecimento das questões que cercam o funcionamento ambiental do local que habitamos. Parte deste conhecimento pode ser repassada por meio das Geociências, que englobam o estudo sobre o passado e o presente do planeta Terra, envolvendo a interconexão entre as esferas (hidrosfera, geosfera, atmosfera, biosfera).

No Brasil, atualmente, os parâmetros curriculares nacionais são fragmentados quando abordamos o conhecimento a respeito da Terra. Estes permeiam diversas disciplinas, como Geografia, Biologia, Física, Química e História, tornando este

estudo muitas vezes superficial em decorrência de sua fragmentação. Por outro lado, os chamados meios não-formais de ensino (museus, parques naturais, imprensa e a indústria cultural em geral) exercem papel notável na difusão de conteúdos relacionados às Geociências, mas ainda são insuficientes (Carneiro et al. 2004).

Quando discutimos a abordagem de temas relacionados às Geociências no ensino, um dos objetivos seria desenvolver, trabalhar ou criar atitudes, procedimentos e conceitos geológicos básicos e essenciais para facilitar a compreensão e a interpretação do meio natural (Pedrinaci et al. 1994). Uma das estratégias adotadas para abordar esta temática consiste nas atividades práticas de campo, conceituadas como todas as ações realizadas em meio natural, com fins educativos e que requerem preparação prévia cuidadosa, execução fundamentada pedagogicamente, trabalho de aprofundamento e revisão após a ida ao campo, e avaliação das atividades (Bonito & Sousa 1997). Sua importância já é aceita por parte dos professores e poucos põem em dúvida o papel relevante deste tipo de atividade

para o conhecimento do seu entorno, tendo características positivas na aprendizagem como: contato direto com o ambiente, procedimentos científicos específicos, motivação etc. (Brusi 1992).

Neste sentido, os trabalhos de campo tornam-se fundamentais para o aluno observar e interpretar a região onde vive e trabalha, produzindo seu próprio conhecimento, adquirindo competência para tornar-se um agente transformador em seu meio (Scortegagna & Negrão 2005). Quando pensamos nos objetivos de ensino/aprendizagem para o deslocamento ao campo, e vale ressaltar que “não se pretende tirar os alunos da aula, mas levar a aula à rua” (Brusi 1992). Compiani (1991) elenca os seguintes pontos favoráveis ao trabalho de campo: aproveitar os conhecimentos geológicos prévios; reconhecer feições e fenômenos da natureza; elaborar dúvidas e questões; desenvolver e exercitar habilidades; estruturar hipóteses/sínteses e criar conhecimento; desenvolver atitudes e valores.

Considerando o exposto acima, esta pesquisa tem a finalidade de contribuir e estimular os educadores a adotarem novos exercícios didáticos, empregando atividades práticas de campo na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS). Este ambiente configura-se como um excelente local de aprendizado, sendo uma das poucas planícies costeiras no mundo onde se podem visualizar os registros sedimentares das últimas quatro flutuações do nível do mar causadas por eventos glacio/eustáticos do Período Quaternário (1,8 Ma A.P. - antes do presente) (Tessler & Goya 2005). O Período Quaternário, o mais recente da história da terra, é também conhecido como idade do gelo, pela forte influência sobre o meio ambiente das diversas glaciações que teriam ocorrido nesse intervalo de tempo (Souza 2005). Durante este período, no entanto, os registros indicam pelo menos dezesseis glaciações, com duração média de 10.000 anos, intercalados com épocas quentes (interglaciais), com duração aproximada de 20.000 anos (Salgado-Labouriau 1994, apud Neto & Nery 2005).

No Brasil não há registros da ocorrência de glaciares durante este período, porém as variações do nível do mar decorrentes desta condição global foram um dos fatores responsáveis pela configuração atual da costa do Rio Grande do Sul (RS). Uma descrição detalhada da variabilidade e mudanças climáticas durante o Período Quaternário pode ser acessada em Neto & Nery (2005).

Neste contexto, propõe-se um roteiro de campo na PCRS que pode ser utilizado por educadores

como apoio e consolidação dos conteúdos nas disciplinas de Geografia e de Ciências.

## Área, materiais e método

### Área de estudo

A região costeira da PCRS se estende desde a foz do rio Mampituba, em Torres, até a desembocadura do arroio Chuí, no sul do Estado. Ela é constituída por uma ampla planície, com cerca de 620 km de extensão e até 120 km de largura, que representa a porção emersa da Bacia de Pelotas. Esta planície abriga um complexo sistema de barreiras arenosas que resguarda um gigantesco sistema lagunar (Lagunas dos Patos e Mirim) e uma série de outros corpos d'água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (Villwock 1984).

A PCRS se desenvolveu sobre uma ampla plataforma continental, esta sendo fruto da subsidência relacionada à abertura do Oceano Atlântico Sul, que deu origem às bacias sedimentares da margem brasileira, incluída a Bacia de Pelotas. O embasamento desta bacia é composto por rochas ígneas e metamórficas do Escudo Sul-rio-grandense, além de rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná (Asmus & Porto 1972). Inicialmente, desenvolveram-se, a partir do Período Neógeno, depósitos de leques aluviais coalescentes, resultantes de processos de transporte de sedimentos clásticos terrígenos associados aos ambientes de encosta das terras altas. Posteriormente, ao longo do Quaternário, estes depósitos foram sobrepostos lateralmente por quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira (Fig. 1 e Fig. 2), cuja formação foi controlada pelas flutuações do nível do mar (elevação e rebaixamento) durante o Quaternário (Barreiras I, II e III, de idades pleistocênicas, e Barreira IV, de idade holocênica), constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares (Villwock 1984, Villwock et al. 1986, Villwock & Tomazelli 1995).

Durante o terceiro ciclo transgressivo registrado na PCRS há aproximadamente 125 ka formou-se o sistema Laguna-Barreira III que consolidou a laguna dos Patos (Villwock et al. 1984, Tomazelli & Dillenburg 2007) (Fig. 2.3). A transgressão marinha pleistocênica foi seguida por um rebaixamento do nível do mar, estabelecendo a linha de costa, aproximadamente, 120 m abaixo do nível atual, há

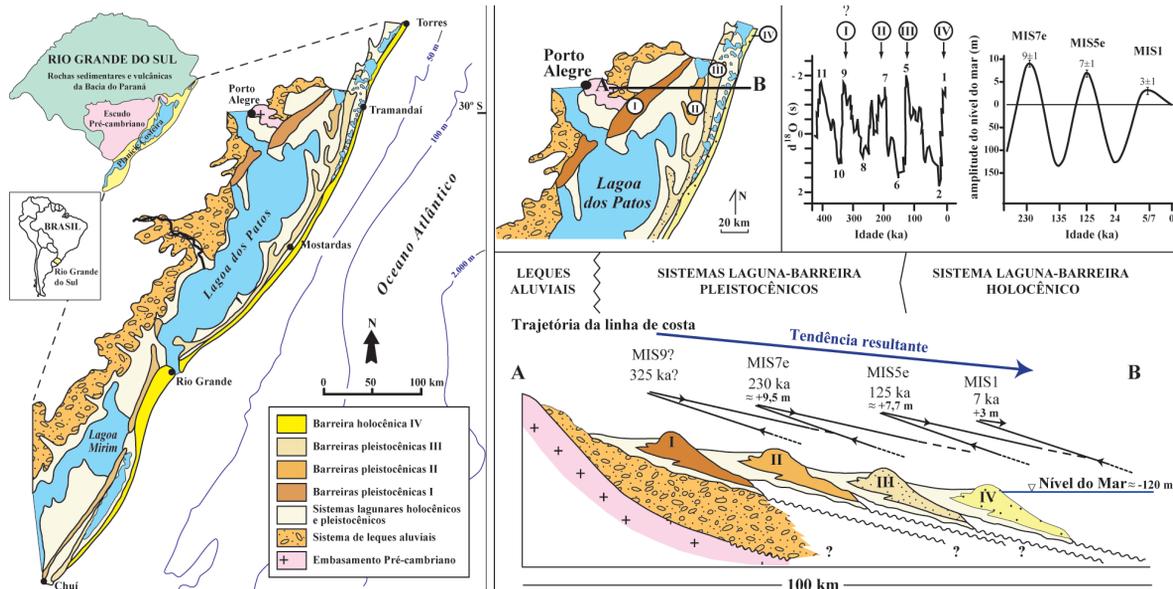


Figura 1. Mapa geológico simplificado da PCRS ilustrando a distribuição espacial do sistema de leques aluviais e do sistema do tipo laguna-barreira (adaptado de Tomazelli & Villwock 1996, 2006 e Rosa 2012)

cerca de 17,5 ka (A.P.) (Corrêa 1990). Nesta fase regressiva formou-se uma ampla planície costeira, que foi dissecada pela rede de drenagem, formando vales fluviais profundos que carregavam os sedimentos para onde atualmente está a plataforma interna.

Uma fase transgressiva subsequente iniciou a partir do final do Pleistoceno, com o início de um estágio interglacial como consequência do aumento da temperatura global. O máximo eustático ocorreu entre 7 e 5 ka (A.P.), com o nível do mar atingindo entre 2 e 4 m acima do nível atual (Angulo et al. 2006, Martinez & Rojas 2013), para a região costeira do RS.

Com a subida do nível do mar, a linha de costa se deslocou no sentido do continente e as regiões mais baixas foram inundadas. Há aproximadamente 9,4 ka (A.P.) o nível do mar estava entre 20 e 25 m abaixo do nível atual e os vales fluviais, que tinham sido escavados durante a fase regressiva na área ocupada pela paleolaguna dos Patos, bem como na região da paleolaguna Mirim, e no atual Banhado do Taim, começaram a ser afogados e preenchidos por

sedimentos com influência marinha. Weschenfelder et al. (2005) encontraram diatomáceas de espécies marinhas em amostras de testemunhos sedimentares na laguna dos Patos, a uma profundidade de 23,2 m com idade de  $9,4 \pm 0,14$  ka (A.P.).

Há aproximadamente 7-8 ka (A.P.), o nível do mar ultrapassou o nível atual e continuou subindo,

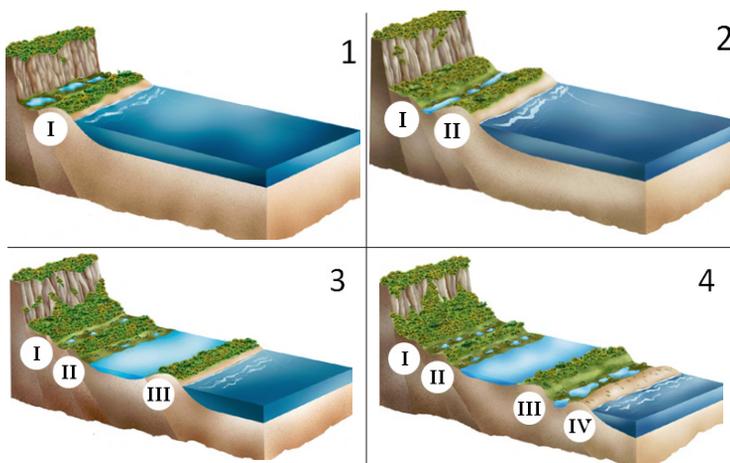


Figura 2. Esquema ilustrativo da formação do sistema tipo laguna-barreira PCRS. (1) Formação do Sistema Laguna Barreira I ocorrido há 325.000 anos, durante o Pleistoceno. Após a rebaixamento do nível do mar e posterior subida desenvolveu-se o Sistema Laguna Barreira II (2), ocorrido 200.000 anos atrás, durante o Pleistoceno. (3) formação do Sistema Laguna Barreira III ocorrido há 120.000 anos, durante o Pleistoceno. (4) formação do Sistema Laguna Barreira IV ocorrido 6.000 anos atrás, durante o Holoceno (Adaptado de Reginato & Ahlert 2017, Projeto Lagoas Costeiras).

dando início, em algumas regiões, a um processo de abrasão dos depósitos das barreiras de idade pleistocênica. Após o ápice de subida do nível do mar, entre 6 e 5 ka (A.P.), seguiu-se um novo rebaixamento até a posição atual. Em alguns setores da PCRS é possível observar o registro desta fase regressiva, que modelou e ainda está modelando a atual morfologia dos depósitos da Barreira IV e dos depósitos intra-lagunares associados. Porém, em alguns setores a linha de costa segue se deslocando no sentido do continente, caracterizando um comportamento transgressivo (Dillenburg et al. 2009, Barboza et al. 2011, Rosa 2012, Lima et al. 2013, Barboza & Rosa 2014, Rosa et al. 2017), com processos erosivos associados.

As idades relativas dos quatro sistemas laguna-barreira foram sugeridas por intermédio da correlação com as curvas dos estágios isotópicos do oxigênio (Shackleton & Opdyke 1973, Imbrie et al. 1984), inicialmente correlacionadas aos picos 11, 9, 5 e 1, com idades de 400, 325, 120 e 6 ka, respectivamente (Villwock & Tomazelli 1995) (Fig. 1). Estas idades ficam bastante claras em sua disposição espacial, na qual o sistema mais antigo (Sistema Laguna-Barreira I) é o mais interiorizado e o sistema mais externo é o mais jovem (Sistema Laguna-Barreira IV) (Villwock & Tomazelli 2006). Mais recentemente, datações absolutas reposicionaram as idades dos sistemas, associando-os aos picos 9, 7, 5 e 1, com aproximadamente 325, 200, 120 ka e a partir de 8 ka (Rosa, 2012, Lopes et al. 2013).

O sistema deposicional do tipo “laguna-barreira” implica a existência contemporânea e interligada de três subsistemas deposicionais geneticamente relacionados: (1) o subsistema lagunar, (2) o subsistema barreira, e (3) o subsistema canal de ligação (*inlet*) (Fig. 3).

O subsistema lagunar engloba um conjunto de ambientes deposicionais que se desenvolve no espaço de retrobarreira (*backbarrier*), correspondente às regiões topograficamente mais baixas, situado entre a barreira e os terrenos interiorizados mais antigos. Dentre os ambientes deposicionais que aí se instalam, podem ser encontrados, além das lagunas, os lagos costeiros, pântanos, canais interlagunares, deltas intralagunares, etc. (Villwock & Tomazelli 2006). O subsistema barreira envolve basicamente as praias arenosas e o campo de dunas eólicas adjacentes (Villwock & Tomazelli 2006). O subsistema de canal de ligação (*inlet*) corresponde à unidade morfológica que viabiliza o contato entre o subsistema lagunar e o mar aberto.



Figura 3. Representação do sistema laguna-barreira no município de Tramandaí/Imbé, RS. (Fotografia aérea 1948, acervo biblioteca IGEO/UFRGS)

## Materiais e métodos

As orientações para a realização do roteiro de campo estão focadas na zona costeira do RS, com maior ênfase nos aspectos geomorfológicos, particularmente na evolução costeira e sua correlação com a ocupação humana. A base de construção partiu do roteiro construído por Luiz José Tomazelli e Jorge Alberto Villwock para a disciplina de Geologia do Quaternário Costeiro do Rio Grande do Sul do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Para a construção deste documento, o trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira foi realizado um criterioso levantamento bibliográfico, sendo compilados os dados e trabalhos de campo realizados nas disciplinas da área de Geologia Marinha do Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS.

Na segunda etapa foi realizado um trabalho de campo, em junho de 2016, para validação do roteiro. Neste trabalho de campo foram selecionados pontos importantes de observação com grande relevância para fins didáticos. Para a finalização do roteiro foram separadas imagens de satélite recentes e fotografias históricas, proporcionando a visualização das modificações que ocorreram na área de estudo. Dentre os diversos objetivos descritos para uma atividade de campo, esta proposta poderá ser utilizada para estimular a proposição de resolução de problemas. A técnica orienta o aluno para resolver problemas, assumidos como tarefa básica à atividade científica (Caballer 1993, Senabre 1994, Bonito & Sousa 1997).

Ao utilizar este roteiro deve-se considerar e manter um significado claro para os alunos, além de estabelecer relações com os conteúdos trabalhados na sala de aula, permitindo tratar aspectos relevantes do currículo (Carmen 1988, apud Pedrinaci et al. 1994).

## Resultados: roteiro de campo

O trajeto proposto neste trabalho tem como objetivo percorrer os quatro sistemas deposicionais presentes na PCRS, aprofundando o conteúdo visto em sala de aula e procurando apontar também o caráter interdisciplinar das Geociências. O caminho a ser percorrido encontra-se na Figura 4 e Tabela 1.

### Sistema deposicional Laguna-Barreira I

O Sistema Laguna-Barreira I é o mais antigo do conjunto de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira da PCRS, tendo o seu desenvolvimento como resultado de um primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. Atualmente, este sistema se encontra bem preservado na porção noroeste da planície costeira, na chamada Barreira das Lombas. Ocupa cerca de 250 km de extensão e uma largura média entre 5 e 10 km (Villwock & Tomazelli 2006), tendo seu desenvolvimento ocorrido principalmente a partir da acumulação de sedimentos eólicos que se ancoraram sobre altos do embasamento.

O Sistema Lagunar I corresponde às áreas baixas localizadas entre a Barreira I e os depósitos do sistema de leques aluviais. Esta região abrange boa parte das bacias do rio Gravataí e do complexo fluvial do Guaíba.

Tabela 1. Descrição dos pontos de visualização

Pontos de Visualização	Coordenadas	
	X	Y
<b>Sistema Depositional Laguna-Barreira I</b>		
Ponto 1 - Depósitos lagunares I (RS 040 - Viamão)	509884,6	6665671,6
Ponto 2 - Coxilha das lombas - Afloramento sistema Barreira I (RS 040)	522751,3	6669834,2
<b>Sistema Depositional Laguna-Barreira II</b>		
Ponto 3 - Depósitos lagunares II (RS 040)	532532,1	6668820,2
Ponto 4 - Sistema Barreira II - (Estrada de acesso a Dunas Altas)	554449,6	6647296,6
<b>Sistema Depositional Laguna-Barreira III</b>		
Ponto 9 - Jazida Gomes - Extração de areia Barreira III (RS 389 - Osório)	573560,6	6691861,8
<b>Sistema Depositional Laguna-Barreira IV</b>		
Ponto 5 - Campo de Dunas Móveis (RS 786)	579105,2	6669102,2
Ponto 6 - Desembocadura Laguna de Tramandaí - (Praia Imbé)	584920,2	6683627,0
Ponto 7 - Paleoduna - Máximo Eustático (RS 486 - Capão da Canoa)	598802,2	6723966,8
Ponto 8 - Morros testemunhos - Contato entre Botucatu e Depósitos ígneos Serra Geral (Torres)	622853,4	6751677,9
Ponto 10 - Morro da Borússia - Visualização geral dos depósitos sedimentares da Planície Costeira do Rio Grande do Sul	568809,0	6694104,9

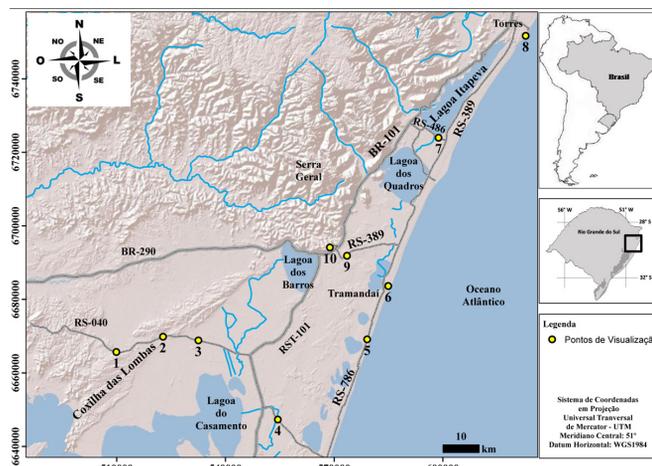


Figura 4. Percurso do roteiro de campo

### Ponto 1: Depósitos Lagunares I (RS-040)

O primeiro ponto de parada deste roteiro é a Coxilha das Lombas. Deslocando-se de Porto Alegre no sentido do litoral norte, pela rodovia RS-040, este ponto representa o limite entre a Barreira I (Coxilha das Lombas) e o terraço lagunar associado ao Sistema Laguna-Barreira I. Neste ponto, nós encontramos o sistema Lagunar I, e no horizonte podemos observar a Barreira I. O que mais chama a atenção nesta barreira é a sua altura, com um desnível de mais de 40 m, podendo atingir até 100 m de altitude. Desse modo, ela pode ser classificada como uma barreira predominantemente eólica, influenciada pela presença de altos do embasamento, os quais foram recobertos por dunas.



Figura 5. Visualização do Ponto 1, Depósitos Lagunares I. (Fotografia: Miguel Sanchis)

Pode-se observar, com o apoio dos mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, a morfologia ondulada desta barreira, relacionada à cobertura eólica, em contraste aos planos abatidos do terraço lagunar. A região baixa pertence ao sistema lagunar I, composta pelos terraços lagunares lamosos e turfáceos (Fig. 5).

Salientamos que a Barreira I está ancorada a NE, sobre os arenitos da Formação Botucatu (Bacia do Paraná) e os basaltos do Planalto Meridional, nos municípios de Santo Antônio da Patrulha/Osório, além de seguir no sentido SW (do outro lado do lago Guaíba) ancorada sobre o embasamento cristalino do Escudo Sul-rio-grandense. O processo de crescimento desta barreira ocorreu graças ao cavalgamento de dunas escadoras em direção aos altos do embasamento. Este processo é muito similar ao que ocorre hoje na praia da Joaquina, em Santa Catarina.

Existem evidências de bioindicadores de uma fauna e flora residual existente, e que teria se desenvolvido em um clima mais quente e seco, como por exemplo, o butiazeiro. Essa Barreira representa um excelente aquífero, sendo aproveitado em exploração industrial. Da mesma maneira, junto a esse Sistema configura-se um extenso campo de turfas, onde seus depósitos possuem grandes espessuras, por vezes em torno de 7 m.

### Ponto 2: Coxilha das lombas. Afloramento sistema Barreira I (RS-040, Viamão)

As estruturas sedimentares primárias foram em grande parte destruídas pelos processos pedogenéticos que afetaram profundamente os sedimentos deste setor. Observando-se os sedimentos presentes, identificamos a presença de areias bem selecionadas e grãos sub arredondados, com uma porcentagem considerável de argila (10 a 12% proveniente da alteração dos minerais oriundos do embasamento cristalino) (Fig. 6A). Após o processo de lavagem desses sedimentos (retirada da argila), encontram-se areias bem selecionadas e arredondadas (Fig. 6B).

### Sistema deposicional Laguna-Barreira II

O Sistema Depositional Laguna-Barreira II é resultado de um segundo evento transgressivo-



Figura 6. (A) Afloramento da Barreira I, evidenciando a composição arenosa/argilosa. (B) Detalhe dos areais da Barreira I, sem a presença de argila. (Fotografia: Volney Bitencourt)

-regressivo cujo pico transgressivo corresponde a uma idade inicialmente estimada em 325.000 anos (Villwock & Tomazelli 2006) e, mais recentemente, determinada por datação absoluta modificada para 200.000 anos (Rosa 2012, Lopes et al. 2013). Este sistema foi o responsável pelo início do isolamento de um corpo lagunar, hoje conhecido como laguna dos Patos e lagoa Mirim (“Sistema Lagunar Patos-Mirim”).

A Barreira II ficou preservada, ao norte, como um grande pontal arenoso desenvolvido ao leste da lagoa dos Barros e, ao sul, como um antigo sistema de ilhas-barreira. As fácies acumuladas no Sistema Lagunar II refletem a sedimentação nos ambientes deposicionais que se desenvolveram nesta região de retrobarreira, não só durante o tempo em que o Sistema Laguna-Barreira II permaneceu ativo, bem como durante os eventos transgressivo-regressivos posteriores (Villwock & Tomazelli 2006).

Durante a transgressão do Sistema II as águas do corpo lagunar avançaram sobre os sedimentos do Sistema de Leques Aluviais, retrabalhando-os e esculpindo um terraço de abrasão que se estende por boa parte da margem oeste da planície costeira. Este terraço, situado entre 18-24 m de altitude, registra a transgressão ocorrida neste corpo lagunar.

### Ponto 3: Depósitos Lagunares II (RS-040)

O ponto de parada para visualização do Sistema Depositional Laguna-Barreira II é na RS-040, na altura do km 49. A sua identificação visual é um pouco difícil, pois o contato entre os depósitos eólicos e o terraço lagunar é sutil e a declividade é suave. Com o auxílio dos mapas impressos esta tarefa é facilitada e a identificação do contato é mais clara.

Neste ponto é possível ter uma visão geral do terraço lagunar da Barreira II, que se caracteriza por uma área de ingressão do mar, mas que não

se configurou num fechamento completo tipo laguna-barreira (Fig. 7). Diferentemente do que acontece no sul da planície costeira, onde o sistema da Lagoa Mirim ficou praticamente isolado, com uma abertura somente na região do atual Banhado do Taim, neste local o sistema Laguna-Barreira II permaneceu como uma feição aberta, cuja barreira possuía a forma de um pontal em “gancho” (Fig. 1b). Tal feição deixou o sistema aberto e suscetível ao afogamento pelo mar, sobre os depósitos marinhos da Barreira I, como é visível nas imagens e mapas.

### Sistema deposicional Laguna-Barreira III

Este sistema, associado ao terceiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico registrado na PCRS, foi formado há cerca de 120.000 anos, sendo o responsável pela implantação final do sistema lagunar Patos-Mirim. Seus depósitos podem ser encontrados, de maneira quase continua, ao longo de toda planície costeira do Rio Grande do Sul, desde Torres até o Chuí.

Ao norte da região de Osório, os depósitos deste sistema se encontram apoiados na base da escarpa da Serra Geral. Este fato indica que a linha de costa atingia diretamente a escarpa da Serra Geral, neste período, o que possibilitou a formação de cavernas de erosão marinha, como as preservadas próximas à lagoa Itapeva, ao sul de Torres. As feições foram escavadas nos arenitos eólicos da Formação Botucatu (Ab’Sáber & Gomes 1969), e podem ser observadas em campo.

Entre Osório e Rio Grande, os depósitos atuaram como uma verdadeira barreira, isolando do lado do continente, na região de retrobarreira, um importante sistema lagunar (Sistema Lagunar III) hoje em dia ocupado, em sua maior parte, pela Laguna dos Patos (Villwock & Tomazelli 2006).



Figura 7. Vista panorâmica da Barreira II (Terraço do Sistema Lagunar II). Ao fundo a Coxilha das Lombas (Barreira I) (Fotografia: Miguel Sanchis 2003)

O Sistema Lagunar III envolveu um complexo de ambientes deposicionais instalados na região de retrobarreira. Os depósitos aí acumulados são representados principalmente por areias finas, siltico-argilosas, pobremente selecionadas, de coloração creme, com laminação plano-paralela e, frequentemente, incluindo concreções carbonáticas e ferruginosas (Villwock & Tomazelli 2006).



Figura 8. Ao fundo percebe-se uma região com cota superior à das áreas no entorno, correspondente à Barreira II (Fotografia: Luana Portz)

#### Ponto 4: Depósitos Lagunares III (Estrada de acesso a Dunas Altas)

Seguindo a linha traçada sobre os diferentes sistemas, nesta parada podemos observar a Barreira III. Apenas é possível observar a ondulação entre o sistema lagunar e a barreira (Fig. 8). Para visualização das fácies presentes nesta barreira é indicada a parada na Jazida Gomes, Osório, onde estão presentes depósitos de sedimentos da Barreira III, expostos pela mineração.

Para visualização das características da Barreira III são recomendados mais dois pontos de parada (Ponto 9 e 7). Estes não se encontram na sequência do roteiro, porém estão indicados abaixo e podem ser percorridos no retorno do percurso.

#### Ponto 9: Jazida Transareia. Extração de areia Barreira III (RS 389, Osório)

Neste ponto é possível observar a litologia da Barreira III, constituída por fácies arenosas tendo sua origem nos sistemas praial e marinho raso, recobertas por depósitos eólicos, dispostas numa sucessão vertical claramente indicativa de um processo prográdante (linha de costa regressiva, Tomazelli 1985).

Os sedimentos praias são compostos por areias quartzosas claras, finas, bem selecionadas, com estratificações bem desenvolvidas que incluem, entre outros tipos, a laminação plano-paralela com truncamentos de

baixo ângulo e as cruzadas planar, acanalada e *hummocky*. Estas são representadas pela porção inferior do depósito (Fig. 9A). Em muitos afloramentos é notável a ocorrência de uma grande quantidade de icnofósseis representados por tubos de *Ophiomorpha* (*Callichirus* sp.) (Fig. 9B) além de moldes de conchas de moluscos. Estes são indicativos do nível do mar, pois apenas sobrevivem na praia intermarés.

As areias eólicas presentes na porção superior do depósito (Fig. 9A) apresentam, em geral, uma coloração mais avermelhada, em função da oxidação. Em vários locais ao longo da Barreira III a remoção da cobertura vegetal, por processos naturais ou antrópicos, possibilitou a reativação dos processos eólicos.

#### Sistema deposicional Laguna-Barreira IV

O Sistema IV é o mais recente sistema deposicional do tipo laguna-barreira da PCRS. Ele se desenvolveu durante o Holoceno, como consequência da última transgressão pós-glacial, iniciada há aproximadamente 17,5 ka.

Nesta época, formou-se uma barreira constituída a partir do transporte de areias provenientes do sistema praial, formando depósitos eólicos.



Figura 9. a) Depósitos sedimentares da Barreira III expostos pela mineração, b) Tubos de *Ophiomorpha* presentes na Barreira III (fotografia: Volney Bitencourt).

Enquanto alguns setores ao longo do litoral norte do RS cresceram no sentido do oceano, registrando uma fase regressiva por meio da formação de cordões litorâneos regressivos, em outros setores a barreira ainda se desloca no sentido do continente, o que é evidenciado por processos erosivos (Rosa et al. 2017). Atualmente esta barreira, ao longo de toda a costa do RS, apresenta desde alguns metros (nos setores em erosão) até 15 km de largura (nos setores que cresceram). Além disso, formou-se também um conjunto complexo de ambientes e subambientes deposicionais (Subsistema Lagunar IV) que incluem: corpos aquosos costeiros (lagos e lagoas, por exemplo, as lagoas Mangueira, do Peixe, Itapeva e do Palmital), sistemas aluviais (rios meandantes e canais inter-lagunares), sistemas deltaicos e sistemas paludais (pântanos, alagadiços e turfeiras).

A Barreira IV é constituída essencialmente por areias quartzosas finas ou muito finas e, por vezes, com elevadas concentrações de minerais pesados, principalmente no litoral médio do RS (Dillenburger et al. 2004). As dunas, em geral, se formam em resposta a um regime de ventos de alta energia proveniente de NE e migram no sentido SW (Villwock & Tomazelli 2006). Por outro lado, a retro-barreira configura-se por uma série de lagoas, lagos, canais interbarreiras e de comunicação inter-lagunares, pântanos e deltas.

#### **Ponto 5: Campo de dunas móveis holocênico (RS-786, Cidreira)**

Como parte integrante, o sistema eólico da Barreira IV pode apresentar campos de dunas com aproximadamente 30 km<sup>2</sup>. O campo de dunas que observamos está localizado na Praia das Cabras, entre os municípios de Cidreira e de Tramandaí,

seguindo pela RS-786.

As dunas eólicas, também chamadas de dunas móveis ou ativas, são depósitos que possuem como fonte de alimentação areias provenientes do setor praial. Estas dunas migram para o interior do continente recobrando terrenos mais antigos.

Os tipos de dunas presentes neste setor da costa são cadeias barcanóides e, secundariamente, barcanas isoladas e cadeias transversais (Tomazelli 2008). Nas porções marginais do campo eólico, locais com menor quantidade de areia e presença mais abundante de vegetação, predominam dunas parabólicas e lençóis de areia (Tomazelli 2008). A altura média das dunas situa-se em torno de 8 a 10 m, alcançando até 25 m (Fig. 10).

Essas dunas estão em constante movimentação carregadas pelos ventos presentes na região. A efetividade do vento em transportar estes sedimentos vai depender de sua velocidade e da direção predominante. Na região predominam os ventos do quadrante NE (Tomazelli 1993, Portz 2015), conhecido como “Nordestão”, fazendo com que as areias sejam transportadas no sentido sudoeste, levando grandes quantidades destas, continente adentro e controlando o rumo de migração das dunas.

Nesta parada é possível visualizar as estruturas geradas pelo transporte eólico, relacionadas basicamente aos processos deposicionais de avalanche, principalmente os fluxos de grãos que ocorrem em sua face de deslizamento. Podem ser observadas as estruturas geradas nas faces de deslizamento, além de estratificações cruzadas, superfícies de truncamento (Fig. 11a), *ripples*, relacionadas à superposição das dunas sobre os interdunas, dunas sobre dunas e ao registro de mudanças periódicas no sentido do vento, respectivamente (Fig. 11).

Neste trecho do litoral norte do RS, o campo de dunas presente é um dos poucos ainda conec-



Figura 10. A) Campo de dunas da Barreira IV na região da Praia das Cabras (Fotografia: Nelson Gruber), B) dominado por cadeias barcanóides (Fotografia: Luana Portz)

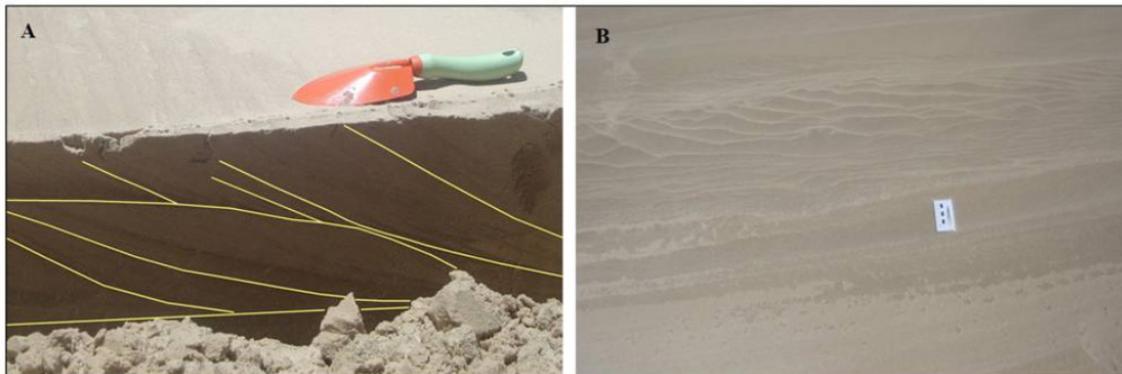


Figura 11. Estruturas de transporte eólico (Fotografia: Rogério P. Manzolli)

tado ao sistema praiar, possibilitando desta forma sua alimentação (Fig. 12A). A interrupção deste suprimento leva a diversos efeitos, culminando na sua extinção. Por meio da observação de fotografias aéreas da década de 70 e de imagens de satélite atuais, podemos traçar um paralelo entre as modificações ocorridas no campo de dunas ao longo do tempo. Estas mostram que o campo de dunas se estendia, de forma contínua, ao longo de toda a linha de costa e o que observamos atualmente são apenas remanescentes do que existia no passado (Fig. 12B).

Este processo de extinção ou de acelerada degradação foi influenciado pela urbanização, que afetou esta região através de duas maneiras, uma direta e outra indireta. A extinção direta dá-se de forma imediata, quando as obras urbanas passam a ocupar o mesmo espaço físico antes ocupado pelas dunas. A extinção indireta é um processo mais lento, que ocorre pelo cancelamento da fonte de alimentação. A fonte de suprimento de areias para os campos de dunas costeiras reside nas praias adjacentes. Ao se interpor entre a praia e o campo de dunas casas, ruas, muros e outras construções, cancela-se a alimentação levando à progressiva extinção do campo eólico (Tomazelli et al. 2008).

### Ponto 6: Desembocadura Laguna de Tramandaí (Praia Imbé)

O Estuário de Tramandaí/Imbé (Sistema Laguna-Barreira IV) configura-se como a uma conexão entre

o sistema de drenagem do Litoral Norte e o mar. Nesse sentido, sua importância no balanço hídrico, bem como na preservação do ecossistema regional, é fundamental. Neste local, ocorre o deságue de todo o sistema de lagos e lagoas interligados do litoral norte, desde ao sul de Cidreira até a Lagoa de Itapeva, ao norte, em Torres. A área apresenta uma variação de feições (laguna, lagos, deltas, canais e terraços) e de ambientes de água salgada e salobra (marismas) (Fig. 13).

Este sistema está inserido em um dos setores com maior modificação pela ação antrópica do litoral norte do RS. São vários os tipos de usos e conflitos na área, tais como: os aparelhos portuários e de navegação da PETROBRAS; as obras costeiras; a urbanização acelerada; a infraestrutura precária; os aterros nas lagunas, marismas e banhados (viveiros das espécies do ecossistema); a pesca esportiva e artesanal; a navegação e esportes náuticos; as instalações industriais e as atividades agrícolas, entre outras, provocando danos ao

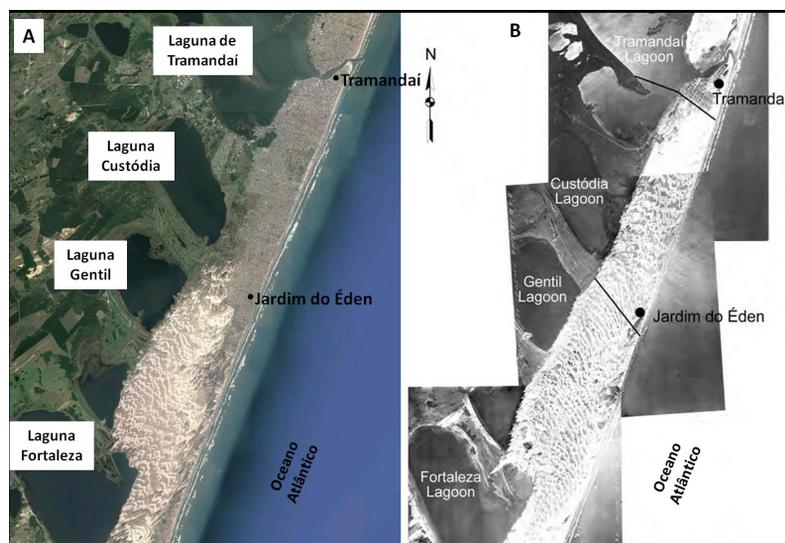


Figura 12. Extensão do campo de dunas remanescente entre os municípios de Tramandaí e Cidreira. A) Ano: 2013, Google Earth. B) Ano: 1948, Fonte Dillenburg et al. (2009)



Figura 13. Foto panorâmica da desembocadura da Laguna de Tramandaí (Barreira IV). Observe a evolução da ocupação urbana na área (Fotografia: Nelson Gruber).

ambiente costeiro.

A maior modificação geomorfológica ocorrida na região foi a construção de um guia de correntes no ano de 1957, permitindo a fixação da embocadura, que sofria uma constante mobilidade, tendendo com a resultante da deriva litorânea de sul para norte (Fig. 14). Com a fixação outro problema foi criado graças à acumulação de areias na forma de uma barra na saída do canal, que representa a perda de energia do transporte de deriva litorânea com o consequente assentamento dos sedimentos neste setor. Em períodos de forte dinâmica, o retrabalhamento destas areias se faz presente.

#### **Ponto 7: Paleoduna. Representa o máximo transgressivo holocênico (RS 486, Capão da Canoa)**

Neste ponto, é possível observar depósitos situados a uma altitude de ~15 m, caracterizados por uma grande acumulação eólica da Barreira IV (Fig. 15). Esta duna está ancorada praticamente ao longo de toda a margem leste da laguna de Itapeva se entendendo por aproximadamente 15 km. Corresponde ao terreno com maior topografia do sistema laguna-barreira IV com cotas que chegam a 23m (Lima 2012). O lado voltado para a laguna corresponde à face de deslizamento com elevada pendente, no qual os mergulhos dos estratos (Salientado na Fig. 15) indicam que a mesma migrava em direção ao continente, sendo posteriormente fixada pela vegetação.

#### **Morros testemunhos Ponto 8: Contato entre Botucatu e Depósitos ígneos Serra Geral (Torres)**

Nossas observações neste local iniciam-se pelos conjuntos de morros localizados na beira mar do Parque da Itapeva. Nestes estão registradas a intera-

1948



1974



2013



Figura 14. Fotografias aéreas e imagem de satélite da embocadura do Sistema Laguna-Barreira de Tramandaí-Imbé (Barreira IV) em diferentes períodos 1948, 1974 e 2013, com a fixação pelo Guia Corrente em 1974. Estas registram a evolução da ocupação urbana na área



Figura 15. Visualização de uma paleoduna de idade compatível com a Barreira III (Ponto 7) (Lima 2013)

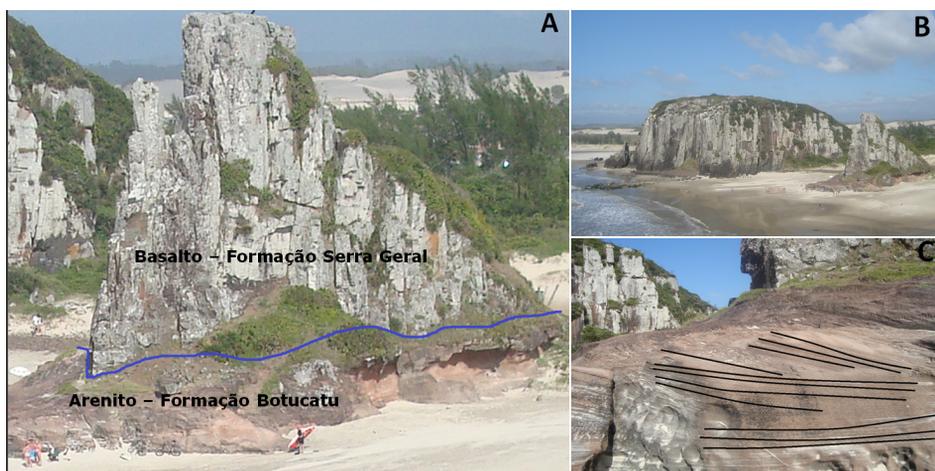


Figura 16. (A) Contato entre o Basalto da Formação Serra Geral e o Arenito da Formação Botucatu. (B) Visão geral das torres presentes no Parque da Guarita, Torres. (C) Estratificações presentes no arenito Botucatu (Fotografia: Luana Portz)

ção entre dois grandes eventos que marcam a evolução geológica do estado do RS: o deserto Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Para entendermos os dois eventos teremos que voltar à Era Mesozoica, da qual fazem parte os períodos Triássico, Jurássico e o início do Cretáceo, ou seja, entre 250 e 65 milhões de anos atrás (Ma).

A Formação Botucatu, presente na porção sul da Bacia do Paraná, é formada por arenitos de um antigo deserto que existiu quando a América do Sul e a África ainda estavam unidas, no chamado continente Gondwana. Durante o Período Triássico, Jurássico e o início do Cretáceo, esta região estava sob influência de clima desértico, com extensos campos de dunas que foram registrados nos espessos pacotes de arenitos. Esta formação é constituída por depósitos eólicos caracterizadas por conjuntos de estratos cruzados. Litologicamente, predominam areias quartzíticas, contendo estratificações cruzadas de grande porte e zonas de deflação relacionadas aos interdunas.

A partir do Período Jurássico, começou a ocorrer o processo de ruptura do supercontinente Gondwana, o que levou à separação do continente, formando a América do Sul e a África, além do Oceano Atlântico Sul. Como consequência deste processo houve a ocorrência de eventos de vulcanismo que, durante milhões de anos, cobriram o deserto Botucatu, originando a Formação Serra Geral.

Desta forma, a Formação Serra Geral constitui uma província magmática relacionada aos derrames vulcânicos, predominantemente basálticos, que recobrem grande parte da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai

e Argentina, além de estar presente na África.

O registro da Formação Botucatu está na presença dos arenitos quartzosos (rocha sedimentar rica em quartzo) observados na porção inferior do Morro das Cabras e Morro do Farol (Fig. 16). Estes arenitos podem ser reconhecidos por apresentarem estruturas internas características, denominadas estratificações, e que são de grande auxílio na interpretação dos mecanismos de transporte e deposição de sedimentos. As estratificações nesses arenitos são dos tipos cruzadas e plano-paralelas (embora essas últimas apareçam mais raramente nesse local; Fig. 16C). Para a melhor compreensão do leitor, podemos usar como modelo análogo atual para a geração das estruturas mencionadas a formação de dunas eólicas nos desertos e zonas costeiras ao redor do mundo, que o visitante pode ver nos campos de



Figura 17. Visualização do intemperismo biológico, causado por Ouriços do Mar (Fotografia: Luana Portz)

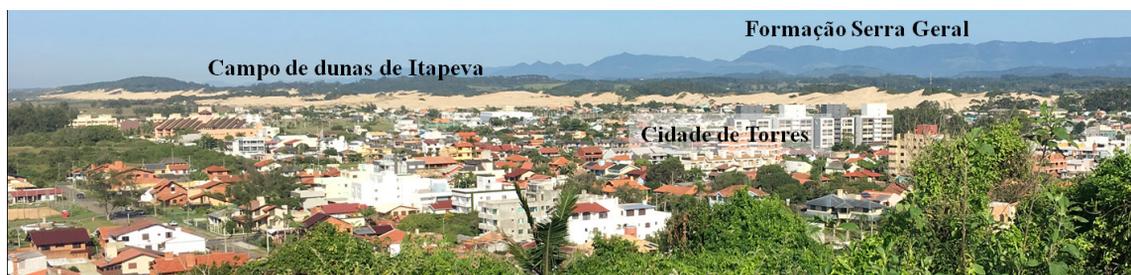


Figura 18. Campo de dunas observado desde o Parque da Guarita, Torres (Fotografia: Rogério P. Manzolli).

dunas do litoral do RS na própria região de Torres.

### 1 Dunas móveis

Neste mesmo ponto de observação pode-se visualizar ao fundo da planície arenosa, as dunas livres barcanóides e os terraços lagunares associados aos Sistemas Laguna-Barreira III e IV, limitados pela escarpa de falha dos Aparados da Serra do Planalto Meridional (Fig. 18).

Este campo de dunas faz parte do Parque Estadual de Itapeva, uma Unidade de Conservação criada em 2002. Apresenta cerca de 2,5 km<sup>2</sup>, sendo limitado, a lado leste, por uma zona de dunas vegetadas intercaladas com áreas de deflação (Tomazelli et al. 2008), havendo, atualmente, praticamente nenhuma alimentação de areias da praia para o campo de dunas. Já no limite oeste, o campo de dunas ganha altura pela presença de altos do embasamento, sobre os quais as dunas escalam.

A preservação destas dunas está em parte assegurada pelo regime de ventos local, onde há maior efetividade dos oriundos de S-SW, devido ao padrão de circulação no local (Tomazelli et al. 2008). Esta característica favorece o desenvolvimento de dunas reversas, ou seja, dunas com crista transversal aos ventos dominantes, com as faces de deslizamento mergulhando em sentidos opostos. Desta forma, há uma diminuição da taxa de migração das dunas, que permanecem na área do campo. Excluído a migração das areias deste campo de dunas para fora do sistema, o fator que mais ameaça sua existência é o avanço da urbanização.

### Morro da Borússia Ponto 10: Visão panorâmica dos depósitos sedimentares da Planície Costeira do Rio Grande do Sul

No município de Osório existe uma elevação onde se encontra um mirante denominado Morro da Borússia. A principal estrada que leva ao topo encontra-se no km 98 na BR-101. A subida até o topo do morro é de 4 km, com estrada asfaltada e bem sinalizada.

A planície costeira observada a partir do mirante no Morro da Borússia representa dois dos quatro eventos relatados, os sistemas III e IV, sendo estes bem visualizados na forma de campos de dunas, lagoas e pela laguna de Tramandaí (Fig. 19).

### Conclusões

A disponibilização de um roteiro de campo para compreender a evolução costeira no Rio Grande do Sul poderá auxiliar no entendimento da formação da zona costeira pelos alunos de ensino médio e superior, além do público interessado nesta temática.

Por intermédio da disponibilidade e sistematização dos dados apresentados neste artigo demonstra-se a diversidade de eventos que fizeram parte da história deste setor do estado, destacando a sua sequência cronológica. Assim, demonstra o quanto é dinâmica a formação da paisagem, dependendo da escala de tempo do observador. Esta é uma ferramenta importante no



Figura 19. Fotografia panorâmica do visual dos ambientes observados no mirante do Morro da Borússia (Fotografia: Rogério Manzolli)

processo de ensino e aprendizagem, levando a sala de aula ao campo e proporcionando a apropriação do ambiente pela população local.

A adoção de itinerários adequados ao estudo do ambiente conduz a um aprofundamento dos conteúdos trabalhos em sala de aula, traduzindo e dando significado ao aprendizado.

O trajeto proposto é uma sugestão em um universo de muitas possibilidades de trabalhos de campo dentro desta temática. Com disponibilidade de percorrer percursos maiores pode-se deslocar às demais regiões da zona costeira do Rio Grande do Sul, onde se encontram outros pontos de interesse para a observação destes sistemas deposicionais.

A compreensão do ambiente em que vivemos, determinando o seu significado dentro do ecossistema, leva à sua valorização e contribui para sua preservação.

## Agradecimentos

O autor principal agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Ministério da Educação (Capes - MEC) pela concessão de bolsa de pós doutorado PNPd, que contemplou o projeto "Popularização das Geociências. Foco no Programa de Pós Graduação em Geociências da UFRGS". Reconhece também o apoio da pesquisadora Ana Maria Pimentel Mizusaki (UFRGS, Porto Alegre).

## Referências

- Angulo R.J., Lessa G.C., Souza M.C. 2006. A critical review of Mid to Late Holocene sea level fluctuation on the eastern Brazilian coastline. *J. Quat. Sci.*, **25**:486-506.
- Asmus H.E, Porto R. 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: Congr. Bras. Geol., 26, 1972, Belém. *Anais...* Belém: SBG. v. 2, p. 67-90.
- Barboza E.G., Rosa M.L.C.C. 2014. Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosão na costa do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Goso C. ed. 2014. *Problemática de los ambientes costeros. sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. DI-RAC, p. 83-98.
- Barboza E.G., Rosa, M.L.C.C., Hesp P.A., Dillenburg S.R., Tomazelli L.J., Ayup-Zouain R. 2011. Evolution of the holocene coastal barrier of Pelotas Basin (southern Brazil). A new approach with GPR data. *J. Coast. Res.*, Special Issue, **64**:646-650.
- Bonito J., Sousa M.B. 1997. Atividades Práticas de Campo em Geociências, uma Proposta Alternativa. In: Leite L., Duarte M.C., Castro R.V., Silva J., Mouro A.P., Precioso J. orgs. 1997. *Didáticas /Metodologias da Educação*. Braga: Depto. Metod. Educação, Inst. Educ. Psicologia, Univ. Minho. p. 75-91. URL: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/8355>.
- Brusi D. 1992. Reflexiones en tomo a la Didáctica de las salidas de campo en Geología (I): Aspectos funcionales. (II) Aspectos metodológicos. In: VII Simp. Ens. Geología, 1992, Santiago de Compostela. *Actas...* Santiago de Compostela, ICE. v. 1, p. 363-407.
- Caballer J.S., Gimenez I.G., Madrid A. 1993. Utilización de problemas en la enseñanza de la Geología. Dinámica litosférica: Primer nivel de acercamiento. *Rev. de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. **1**:33-36.
- Carneiro C.D.R., Toledo M.C.M., Almeida F.F.M. de. 2004. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Rev. Bras. Geoc.* **34**(4):553-560. URL: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9787/9135>. Acesso 23.01.2018.
- Compiani M. 1991. A relevância das atividades de campo no ensino de Geologia na formação de professores de Ciências. *Cadernos IGUNICAMP*, **1**(02):2-25.
- Corrêa I.C.S. 1990. *Analyse morphostructurale et évolution paléo géographique de La plate-forme continentale eat lantiquesud - brésilienne (Rio Grande do Sul - Brésil)*. Bordeaux 1. (Tese Dout.)
- Dillenburg S.R., Tomazelli L.J., Barboza E.G. 2004. Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil. *Marine Geology*, **203**:43-56.
- Dillenburg S.R., Hesp P.A. 2009. Coastal Barriers. An Introduction. In: Dillenburg S.R., Hesp P.A. eds. 2009. *Geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil*. Springer, Lecture Notes in Earth Sciences, 107, p. 1-15.
- Gomes A.B., Ab'sáber A.N. 1969. Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres, RS. *Geomorfologia*, **10**:2-4.
- Lima L.G. 2012. Estratigrafia e evolução holocênica de uma barreira costeira transgressiva/regressiva, litoral Norte do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Inst. Geoc., Univ. Fed. Rio Grande do Sul (Tese Dout.). URL: <http://hdl.handle.net/10183/72230>.
- Lima L.G., Dillenburg S.R., Medeanic S., Barboza E.G., Rosa M.L.C.C., Tomazelli L.J., Denhardt B.A., Caron F. 2013. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, **42**:27-38. DOI: 10.1016/j.jsames.2012.07.002.
- Imrie J., Hays J.D., Martinson D.G., McIntyre A.,

- Mix A.C., Morley J.J., Piceas N.G., Prell W.L., Shackleton N.J. 1984. The Orbital Theory of Pleistocene Climate: Support from a Revised Chronology of the Marine  $\delta^{18}O$  Record. In: Berger A. *Milankovitch and Climate*. Part 1. Reidel Publishing Co., Norwell, p. 269-305.
- Lopes R.P., Ribeiro A.M., Dillenburg S.R., Schultz C.L. 2013. Late middle to late Pleistocene paleoecology and paleoenvironments in the coastal plain of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil, from stable isotopes in fossils of *Toxodon* and *Stegomastodon*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **369**:385-394. doi 10.1016/j.palaeo.2012.10.042.
- Martinez S.A., Rojas A. 2013. Relative sea level during the Holocene in Uruguay. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **374**:123-131.
- Neto J.L.S., Nery J.T. 2005. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: Souza C.R., Suguio K., Oliveira P.E., Oliveira A.M.S. (ed.) 2005. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto, Holos, **28**:51p.
- Pedrinaci E., Sequeiros L., García de la Torre E. 1994. El trabajo de campo y el aprendizaje de la geología. *Alambique. Didáctica de las ciencias*, **2**:37-45.
- Portz L., Manzolli R.P., Hermanns L., Alcántara Carrió J. 2015. Evaluation of the efficiency of dune reconstruction techniques in Xangri-lá (Rio Grande do Sul, Brazil). *Ocean & Coastal Management*, **104**:78-89.
- Reginato P.A.R., Ahlert S. 2017. Geologia. Formação geológica da planície das lagoas costeiras. Projeto Lagoas Costeiras. EDUCS. Editora da Universidade de Caxias do Sul.
- Rosa M.L.C.C. 2012. *Geomorfologia, Estratigrafia de Sequências e Potencial de Preservação dos Sistemas Laguna-Barreira do Quaternário Costeiro do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Inst. Geoc. Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (Tese Dout.). URL: <http://hdl.handle.net/10183/66367>.
- Rosa M.L.C.C., Barboza E.G., Abreu V.S., Tomazelli L.J., Dillenburg S.R. 2017. High Frequency Sequences in the Quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. *Brazilian Journal of Geology*. (in press).
- Scortegagna A., Negrão O. 2005. Trabalhos de campo na disciplina de Geologia Introdutória: a saída autônoma e seu papel didático. *Terra Didática*, **1**(1):36-43.
- Senabre M. 1994. Resolución de problemas y aprendizaje de la geología. *Rev. de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **2**(02):393-397.
- Shackleton N.J., Opdyke N.D. 1973. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of sediment core V28-239. *Quaternary Research*, **3**: 39-55. DOI:10.1594/PANGAEA.726599.
- Souza C.R., Suguio K., Oliveira P.E., Oliveira A.M.S. (ed.) 2005. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto, Holos, 382p.
- Tessler M.G., Goya S.C. 2005. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. *Rev. Depto. Geografia*, **17**:11-23.
- Tomazelli L.J. 1985. Contribuição ao conhecimento das fácies de ambiente praiá a partir de elementos do pleistoceno costeiro do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 2, 1994, Florianópolis. *Anais...*, Florianópolis, SBG. v. 1, p. 325- 338.
- Tomazelli L.J., Dillenburg S.R. 2007. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. *Marine Geology*, **244**:33-45.
- Tomazelli L.J. 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, **20**(1):18-26.
- Tomazelli L.J., Dillenburg S.R., Barboza E.G., Rosa M.L.C.C. 2008. Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivos de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, **35**(2):47-55.
- Villwock J.A. 1984. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. *Pesquisas em Geociências*, **16**:5-49.
- Villwock J.A., Tomazelli L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, **8**:1-45.
- Villwock J.A., Tomazelli L.J., Loss E.L., Dehnhardt E.A., Horn N.O., Bachi F.A., Dehnhardt B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: Rabassa, J. (Ed). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. A. A. Balkema, Rotterdam, 4:79-97.
- Villwock J.A., Tomazelli L.J. 2006. Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: Becker, F.G., Ramos, R.A., Moura, L.A. *Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tápes, planície costeira do Rio Grande do Sul*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente (MMA), SBF. pp. 20-33.
- Weschenfelder J., Corrêa I.C.S., Salvador A. 2005. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. *Pesq. Geoc.*, **32**(2):57-67.