

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

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E EVOLUTIVA DO
LITORAL SUL DE JAGUARUNA, SC/BRASIL: SUBSÍDIOS À GESTÃO
COSTEIRA**

RENATO AMABILE LEAL

**ORIENTADOR – Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza
CO-ORIENTADORA – Prof. Dr. Marinez Eymael Scherer**

Volume I

Porto Alegre – 2016

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

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E EVOLUTIVA DO
LITORAL SUL DE JAGUARUNA, SC/BRASIL: SUBSÍDIOS À GESTÃO COSTEIRA**

RENATO AMABILE LEAL

ORIENTADOR – Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

CO-ORIENTADORA – Prof. Dr. Marinez Eymael Scherer

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Caron – Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Guilherme Borges Fernandez - Departamento de Geografia, Universidade
Federal Fluminense

Prof. Dr. Luana Carla Portz – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Dissertação de mestrado apresentada como
requisito básico para obtenção do Título de
mestre em Geociências

FICHA CATALOGRÁFICA

Leal, Renato Amabile

Caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva do litoral sul de Jaguaruna, SC, Brasil: subsídios à gestão costeira. / Renato Amabile Leal. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.
[84 f.] il.

Dissertação (Mestrado).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es):Eduardo Guimarães Barboza
Coorientador(es):Marinez Eymael Garcia Scherer

1. Barreira holocênica 2. Radar de Penetração de Solo 3. Paleocanal 4. Gestão Costeira I. Título.

CDU 55

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Veleida Ana Blank

CRB 10/571

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus sinceros agradecimentos a todos que fizeram parte desta jornada e que contribuíram para elaboração do presente trabalho, em especial:

Ao meu orientador Dr. Eduardo Barboza, pelas oportunidades, discussões, ensinamento e apoio durante esse tempo de trabalho conjunto; a minha co-orientadora Dra. Marinez Scherer por aceitar fazer parte deste trabalho, e pelas importantes contribuições.

Aos amigos que fiz nessa trajetória em Porto Alegre, Volney e Erick, agradeço pela amizade, convivência e discussões; ao Rogério “Bóris” e ao Anderson pelas prestimosas colaborações técnicas; e a todos os colegas de Pós-Graduação, agradeço pelos campos, bares e discussões.

Em especial aos meus pais Magali e Wanderlei, pela vida que me proporcionam, pelos ensinamentos e apoio incondicional, permitindo realizar todos os meus objetivos. Sem vocês nada disso seria possível; a minha querida avó Zilda, por ser um exemplo de vida, com toda sua bondade e dedicação em lutar contra os obstáculos da vida.

A minha companheira Juliana e sua família (Beto, Betina e Isabel), obrigado por ser minha família em Porto Alegre, e por todo suporte durante esse período.

A todos os professores da instituição que participaram da minha formação, em especial ao professor Dr. Nelson Gruber, por me aceitar no projeto de Jaguaruna e pela disposição em ajudar e pelos conhecimentos; a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e especialmente ao CECO por toda estrutura e oportunidade concebidas; a CAPES pela bolsa de estudos;

Por fim, agradeço ao mar por ser minha válvula de escape e meu grande refúgio ao longo da minha vida, e a Deus por me dar saúde e sabedoria para alcançar meus objetivos.

RESUMO

Compreender os processos evolutivos que ocorreram para a conformação atual do ambiente costeiro é de suma importância para estudos relacionados ao planejamento e a gestão do litoral. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a barreira costeira holocênica do setor sul de Jaguaruna-SC, do ponto de vista geológico, geomorfológico e evolutivo, através de dados de superfície e de subsuperfície, a fim de subsidiar a gestão costeira da região. O estudo foi realizado com base na interpretação de fotografias aéreas e na análise de dados geofísicos de GPR. Em superfície foram identificados quatro depósitos sedimentares compondo a barreira costeira: Depósito Eólico, Depósito Marinho Praial, Depósito Lagunar Praial e Depósito Paludial. Do ponto de vista geomorfológico, esses depósitos se apresentam na forma de dunas, praia, planície de cordões litorâneos e banhados, respectivamente. Além destes, cristas de precipitação e paleocanais se destacam na morfologia da barreira. Quanto às informações de subsuperfície, a principal observação está relacionada à influência do rio Urussanga sobre o ambiente marinho e praial durante a evolução da barreira. A presença de paleocanais em subsuperfície, juntamente com outras informações identificadas em superfície, permitiram caracterizar o comportamento evolutivo da barreira como regressiva. As seções de GPR possibilitaram identificar os paleocanais devido à presença de uma superfície erosiva em forma côncava, com alta amplitude e continuidade lateral. Acima dessa superfície ocorre o preenchimento dos canais em fases distintas. Estas informações de caráter geológico e geomorfológico têm implicações importantes para o planejamento e gestão territorial. O litoral sul de Jaguaruna é uma das poucas áreas costeiras do município que se encontra em estágio inicial de ocupação. No entanto, possui muitas restrições à ocupação que devem ser consideradas nesta urbanização.

Palavras-chaves: Barreira holocênica, Radar de Penetração de Solo, Paleocanal, Gestão Costeira

ABSTRACT

Understanding the evolutionary processes that occurred for the current conformation of the coastal environment is very important for studies related to the planning and management of the coast. This study aims to characterize the Holocene coastal barrier southern sector of Jaguaruna-SC, geological, geomorphological and evolutionary point of view, through surface and subsurface data in order to support the coastal management in the region. The study was based on interpretation of aerial photographs and geophysical analysis of GPR data. In Surface, were identified four sedimentary deposits composing the coastal barrier: Eolic deposit, Beach-Marine deposit, Beach-Lagoonal deposit and Paludal deposit. The geomorphological point of view, these deposits are in the form of dunes, strandplain and wetlands, respectively. Beside these, precipitation ridges and paleochannels stands out in the morphology of the barrier. About the subsurface information, the main observation is related to the influence of the Urussanga river on the marine and beach environment during the barrier evolution. The presence of paleochannels in subsurface, along with other information identified in surface, allowed to characterize the evolutionary behavior of the barrier as regressive. The GPR sections enable to identify the paleochannels due to the presence of concave erosive surface with high amplitude and lateral continuity. Above these surface occurs channels filling in different phases. These geological and geomorphological information has important implications for the planning and territorial management. The southern coast of Jaguaruna is one of the few coastal areas of the municipality which is found in early stages of occupation. However, it has many restrictions on the occupation that must to be considered in this urbanization.

Keywords: Holocene Barrier, Ground Penetration Radar, Paleochannel, Coastal management.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
1.1 Introdução	9
1.2 Localização e aspectos gerais da área de estudo	11
1.3 Contexto geológico.....	13
1.4 Gestão Costeira e Ordenamento Territorial.....	23
1.5 Materiais e Métodos	31
1.6 Referências.....	35
2. CORPO PRINCIPAL – ARTIGO SUBMETIDO	50
3. CONSIDERACOES FINAIS.....	83

Sobre a estrutura da dissertação:

Esta Dissertação de Mestrado está estruturada em torno de artigos publicados em periódicos ou publicações equivalentes. Logo, está dividida em três capítulos principais e uma seção em anexo.

Capítulo 1: São as *Considerações Iniciais*, onde consta: *Introdução, Contexto Geológico, Gestão Costeira, Materiais e Métodos e Referências*. Na *Introdução* há uma breve contextualização sobre o tema e descrição do objeto da pesquisa de Mestrado, onde estão sumarizados os objetivos e a importância do estudo proposto. No *Contexto Geológico* foram descritas de maneira compilada as principais características da planície costeira de Santa Catarina e das barreiras costeiras em geral. Na *Gestão Costeira* abordou-se de maneira sucinta os instrumentos de gestão propostos para município de Jaguaruna e normativas pertinentes ao planejamento e ao ordenamento territorial. Os *Materiais e Métodos* contêm uma breve descrição das técnicas empregadas na realização do presente trabalho. Nas *Referências* encontram-se os trabalhos citados no texto do primeiro capítulo.

Capítulo 2: Compõe o *Corpo Principal* da Dissertação, com a versão integral do manuscrito submetido à revista *Pesquisas em Geociências*, intitulado: CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E EVOLUTIVA DO LITORAL SUL DE JAGUARUNA, SC/BRASIL: SUBSÍDIO À GESTÃO COSTEIRA.

Capítulo 3: Contém as *Considerações Finais* com a integração dos dados adquiridos e os principais resultados e as discussões obtidas no presente estudo.

Ao final, os anexos compreendem carta de submissão do artigo, resumos, relatório de desempenho acadêmico e o histórico de conceitos do Curso.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

As zonas costeiras são onde terra, mar e ar se encontram e interagem. Essas regiões podem ser mais bem compreendidas como uma interface onde misturas e ajustes ocorrem. Desta forma, tem-se a definição de Rodriguez e Windevoxhel (1998), numa das conceituações mais aceitas, em que Zona Costeira “*é o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, ou seja, a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre*”.

As zonas costeiras são ambientes complexos que se comportam de diferentes maneiras na dependência da escala de tempo e de espaço. A formação e a evolução desses ambientes é resultado de processos morfodinâmicos que acontecem como resposta a mudanças nas condições externas. Tomazelli e Villwock (2000) afirmam que o desenvolvimento de regiões costeiras é condicionado por dinâmicas em escalas global e local. No que se refere à dinâmica global o autor cita três importantes fatores: tectônica de placas, clima, e variações do nível do mar. Quando se fala em local (dinâmica costeira), os autores afirmam que os ventos, ondas, correntes e marés são os principais condicionantes no desenvolvimento dessas regiões e responsáveis pelos processos erosivos e deposicionais que as mantêm em constante transformação.

Caracterizada pelo surgimento do homem, o Quaternário representa a última grande divisão do tempo geológico, sendo subdividido em duas Épocas: o Pleistoceno e o Holoceno (GUERRA e GUERRA, 2009). Foi neste período que se desenvolveu grande parte das feições geomorfológicas e fácies deposicionais de diversos ambientes de sedimentação que representam hoje as planícies costeiras.

As planícies costeiras são definidas como regiões de baixo gradiente que margeiam corpos de água de grandes dimensões, como o mar, representando comumente faixas de terra recentemente emersas, compostas por sedimentos, em geral de idade quaternária (SUGUIO, 1992). Essas planícies incluem uma série de fácies deposicionais e feições geomorfológicas correlativas, formadas por sedimentos acumulados, principalmente, em ambientes fluvial, lagunar, paludial, eólico e marinho.

As barreiras costeiras são parte integrante da formação e da evolução das planícies costeiras do sul do Brasil. São formadas e evoluem pela ação e processos associados às variações do nível do mar, energia de ondas, declividade da

plataforma, amplitude das marés, balanço de sedimentos, geometria da costa e da geologia antecedente (CURRAY, 1964; DAVIS e HAYES, 1984; LESSA *et al.*, 2000; e DILLENBURG e HESP, 2009).

No Brasil, o estudo da evolução das planícies costeiras durante o Holoceno teve seu início na década de 60. No entanto, foi com a proposta de Villwock *et al.* (1986) de aplicar o modelo de sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira que houve o crescimento de estudos nesse sentido. Na planície costeira do Rio Grande do Sul destacam-se diversos trabalhos, como Tomazelli (1990), Villwock e Tomazelli (1994,1995), Dillenburg *et al.* (2000, 2004, 2006, 2009), Clerot (2004), Travessas (2005), Lima (2008), Martinho *et al.* (2008), Barboza *et al.* (2009, 2010, 2011ab, 2013), Lima *et al.* (2013), e Rosa *et al.* (2011) e Rosa (2012), cada qual com enfoques e áreas distintos, contribuindo para o entendimento da evolução desta região.

Em Santa Catarina os trabalhos sobre evolução de planícies costeiras são mais atuais e ainda há poucos trabalhos. Destacam-se os trabalhos de Fornari (2010), Tanaka (2010), Hein *et al.* (2013), Barboza *et al.* (2009, 2014a), Biancini da Silva *et al.* (2011, 2014, 2016), Dillenburg e Barboza (2014), Dillenburg *et al.* (2011, 2014).

O presente trabalho discorre sobre a evolução da barreira costeira holocênica, no setor Sul do município de Jaguaruna. A barreira holocênica é o sistema mais atual e dinâmico da planície costeira em estudo. Apesar da pequena representação geográfica é um sistema que sofre pressões antrópicas por constituir-se em um ambiente de interesses múltiplos e de sobreposição de atividades. É na barreira costeira holocênica que importantes ecossistemas costeiros estão presentes, como dunas, restingas, banhados, manguezais e praias.

Na busca pela conservação e gestão do espaço costeiro, o Estado de Santa Catarina instituiu o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro - GERCO/SC, o qual seguiu os passos da Lei Nacional do Gerenciamento Costeiro e estabeleceu normas para o uso e ocupação da zona costeira. Tanto o Plano Nacional, quanto o Estadual têm como uma das finalidades principais estabelecer estratégias para ordenar as formas de uso e ocupação do litoral.

Por esses motivos, entender os mecanismos envolvidos na formação e evolução das barreiras costeiras holocênicas é necessário para se fazer um planejamento territorial e manejo dos sistemas ambientais de maneira adequada, servindo como subsídio à gestão costeira.

Neste contexto, delineou-se como objetivo principal a caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva da barreira costeira holocênica no setor sul de Jaguaruna, Santa Catarina.

1.2 Localização e aspectos gerais da área de estudo

A região costeira de Jaguaruna está situada ao sul do Cabo de Santa Marta, e é delimitada ao norte pela Barra do Camacho, e ao sul pela desembocadura do rio Urussanga (Figura 1). Compreende aproximadamente 38 km de costa, com orientação preferencial de Nordeste – Sudoeste, exposta a todas as direções de ondas e ventos. Ao longo de sua extensão pequenos cursos d'água desembocam no oceano, os quais desempenham importante papel na drenagem da zona costeira e remobilização de sedimentos das dunas e face de praia (Calliari *et al.*, 2005). Os cursos d'água de maior influência são os que limitam a costa, citados anteriormente, além do Arroio Corrente, localizado no setor central.

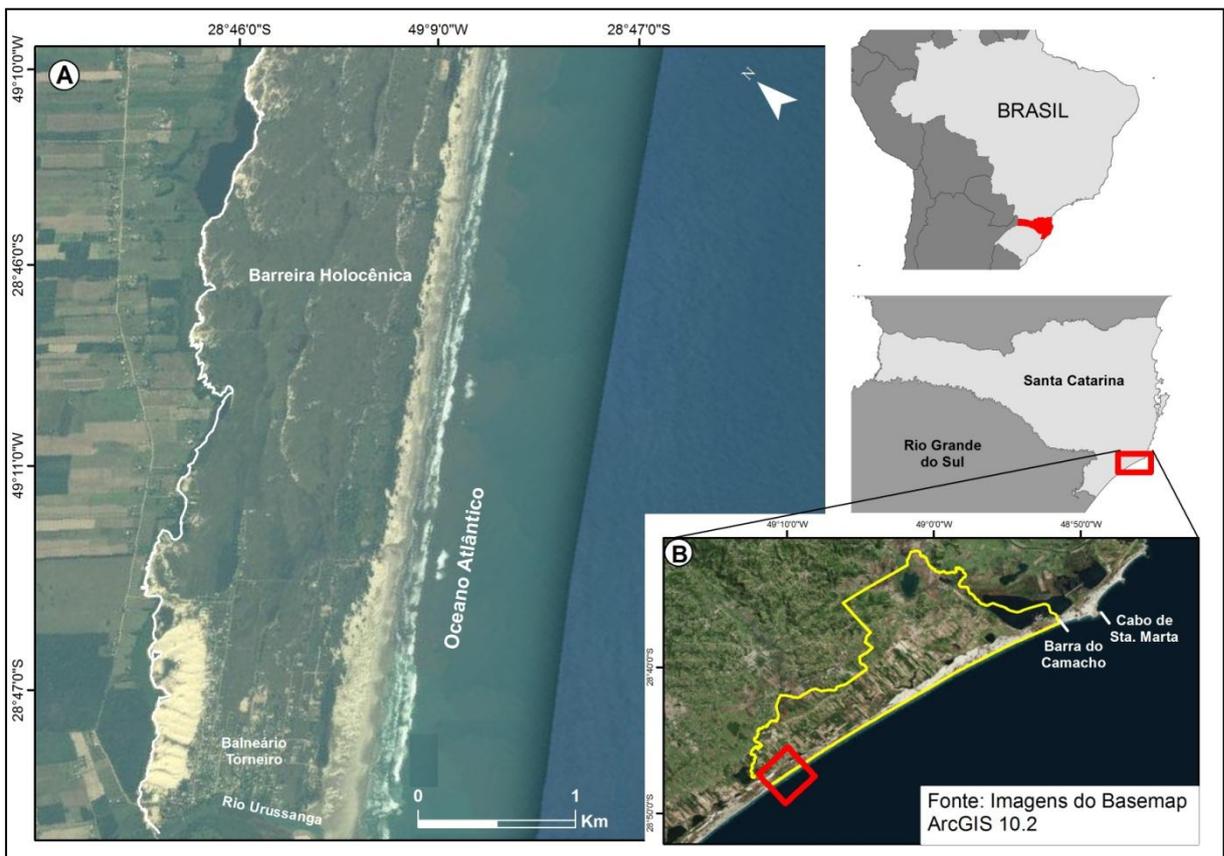


Figura 1: a) Localização da área de estudo com limitação da barreira holocênica. b) Município de Jaguaruna (em amarelo) setor sul do litoral (em vermelho).

Gruber *et al.* (2014) elaborou a setorização da orla Jaguaruna em setor Norte, Central e Sul, a partir dos estados morfodinâmicos da praia. A área de estudo

abrange parte do Setor Sul do município de Jaguaruna, o qual envolve o balneário Torneiro.

Os aspectos geológicos e geomorfológicos da área de estudo e suas adjacências foram estudados e caracterizados por alguns autores, dentre eles Giannini (1993), Giannini e Suguio (1994), Martinho (2004), Vieira *et al.*, (2009), Fornari (2010), Tanaka (2010), Horn Filho *et al.* (2010, 2012, 2014), Barboza *et al.* (2014b), Dillenburg e Barboza (2014), Martins *et al.* (2014) e Cristiano *et al.* (2015).

Vieira *et al.* (2009) propuseram um modelo paleogeográfico sintetizado em quatro estágio evolutivos com base nas variações do nível do mar, desde a regressão do Pleistoceno (>120 ka AP) até o início da regressão do máximo holocênico (~5,4 ka AP). Esta proposta é similar ao modelo evolutivo Laguna-Barreira proposto por Villwock *et al.* (1986) e Tomazelli e Villwock (2000) (Figura 2) para o Rio Grande do Sul, também utilizado em alguns trabalhos para o litoral sul catarinense. No entanto, em grande parte da planície costeira catarinense há somente o registro dos dois mais recentes Sistemas Laguna-Barreira: pleistocênico (Barreira III), e holocênico (Barreira IV) propostos para o Rio Grande do Sul.

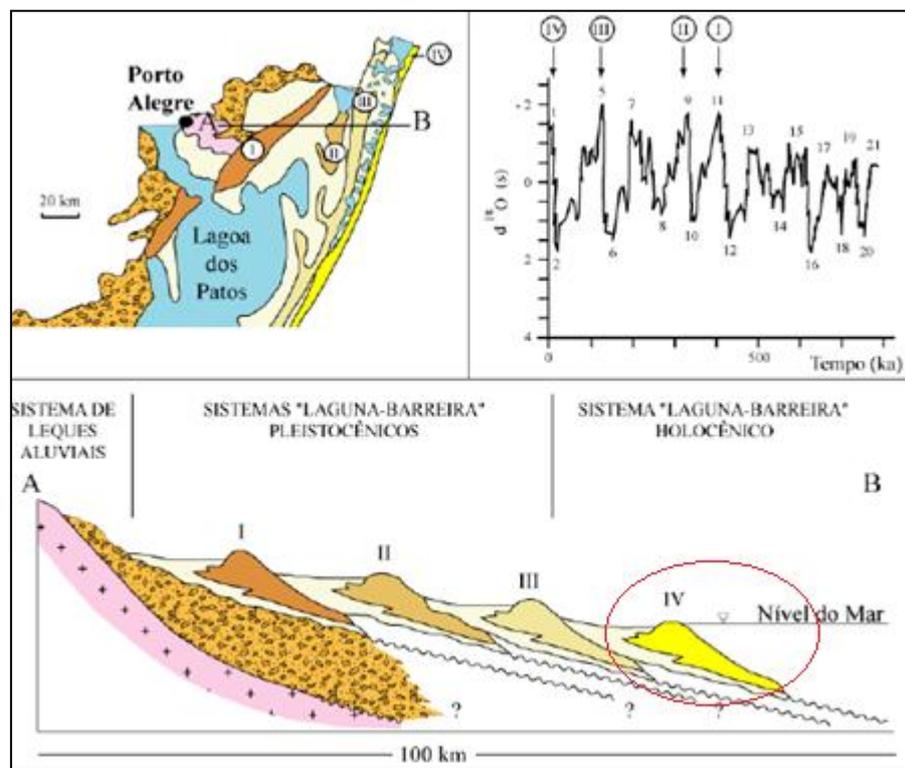


Figura 2: Perfil esquemático transversal aos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (modificado de Tomazelli e Vilwock, 2000), com destaque para o sistema Laguna-Barreira IV identificado na área de estudo.

O clima na região é do tipo Cfa, na classificação de Koeppen (1948 *apud* MONTEIRO, 1958), subtropical úmido mesotérmico, sem a presença de estação de

seca e com verões quentes (MONTEIRO, 1958). O Anticiclone Tropical do Atlântico Sul predomina nos meses de primavera-verão, trazendo ventos de leste a nordeste e no outono-inverno, a área é atingida pelo Anticiclone Móvel Polar, com ventos de sul e de sudoeste (ORSELLI, 1986).

As características das ondas refletem o regime de vento sobre o Atlântico Sul. Portanto, durante as estações primavera e verão, a direção predominante das ondas é do quadrante leste. Já nos meses de outono e inverno a passagem dos sistemas frontais produz ventos e ondas do quadrante sul. A altura significativa das ondas é de 1,15m (de leste), e 2 m (de sul), com períodos na faixa de 08 e 12 segundos, respectivamente (ARAÚJO *et al.*, 2003).

A costa tem regime de marés semi-diurna e é microtidal com uma gama média de 0,5 m. Relacionada com as marés meteorológicas, a amplitude pode ser mais expressiva na região e alcançar um pouco mais de 1m (GIANNINI, 1993).

A deriva litorânea é controlada pelas ondas do quadrante sul, que apesar de menos frequentes são mais intensas. Com isso, o transporte longitudinal dos sedimentos subaquosos é direcionado para o quadrante norte, como estudado por Tomazelli e Villwock (1992), Giannini (1993) e Toldo Jr. *et al.* (1993). Entretanto, é relevante salientar que Siegle e Asp (2007) concluíram que a deriva no litoral entre a desembocadura do rio Araranguá e o cabo de Santa Marta, num período anual, possui um caráter bidirecional, e apresenta uma clara diminuição no potencial de transporte.

O ponto de inversão da deriva envolve o setor sul da costa de Jaguaruna, sendo assim, a deriva litorânea nas adjacências da área de estudo é bidirecional, tendendo ao norte nos meses de outono, inverno e verão, e ao sul na primavera. Esse comportamento é decorrente da mudança na orientação da linha de costa nesse setor. As ondas de sul incidem na costa de maneira perpendicular ($\sim 90^\circ$), diminuindo a efetividade da deriva *longshore*, predominando o transporte *onshore*, e um equilíbrio no transporte longitudinal anual (Siegle e Asp, 2007).

1.3 Contexto geológico

Planície Costeira Catarinense

A conformação geológica atual do território catarinense origina-se de uma superposição de eventos geotectônicos dos quais os mais antigos remontam ao

Arqueano resultando numa complexa sucessão de modelados e compartimentos morfológicos (SCHEIBE, 1986).

Formaram-se durante estes eventos rochas magmáticas e metamórficas, rochas sedimentares gondwânicas e derrames de lavas ácidas, intermediárias e básicas da Formação Serra Geral (SCHEIBE, 1986), além dos sedimentos cenozóicos do litoral e das planícies costeiras.

Horn Filho e Diehl (1994, 2001) dividem a geologia de Santa Catarina em cinco províncias geológicas por seus caracteres petrográficos, estruturais, sedimentares e evolutivos, em: Escudo Catarinense; a Bacia do Paraná; Planalto da Serra Geral; Complexo Alcalino e Província Costeira (Figura 3).

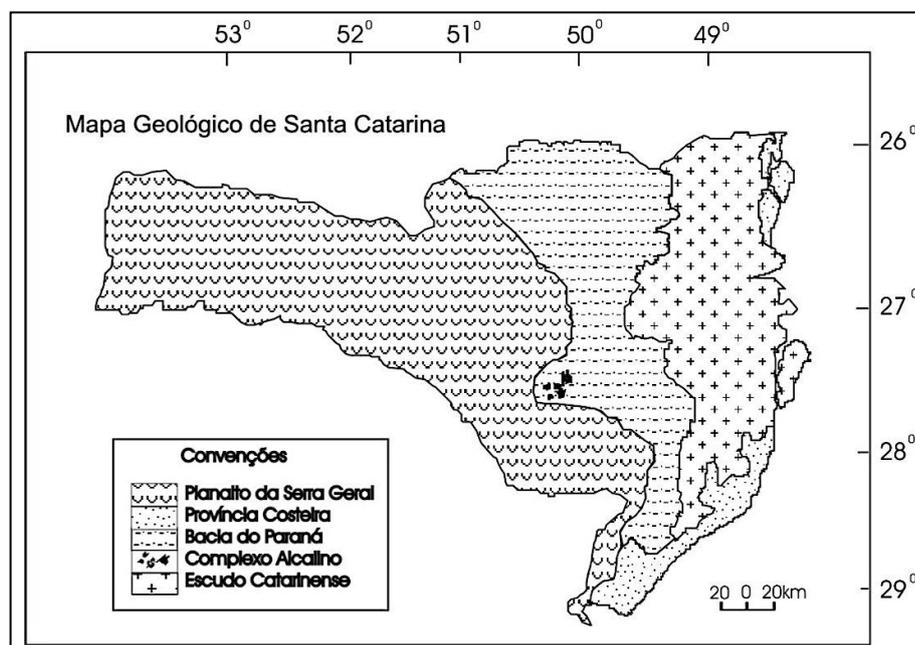


Figura 3: Geologia do Estado de Santa Catarina (Horn Filho e Diehl, 1994).

A Província Costeira é uma unidade tridimensional que tange os aspectos geológicos, estratigráficos e estruturais (VILLWOCK, 1972). Em Santa Catarina é constituída de duas unidades geológicas maiores (Figura 4): embasamento e bacias sedimentares marginais passivas de Pelotas e Santos.

O embasamento aflora na forma de elevações, maciços rochosos, promontórios, pontais e ilhas continentais. Geomorfologicamente representam as terras altas, constituídas por rochas das províncias geológicas do Escudo Catarinense, da Bacia do Paraná e do Planalto da Serra Geral. As Bacias de Pelotas e Santos configuram a margem continental da Província.

As bacias são constituídas por dois sistemas interdigitados limitados pela praia: o sistema deposicional transicional, setor emerso representado pela planície

costeiro, e o sistema deposicional marinho, setor submerso representado pela plataforma continental. Estas bacias marginais são limitadas geograficamente pela Plataforma de Florianópolis, nas imediações do Cabo de Santa Marta (Laguna) que tem ao sul, a Baía de Pelotas e ao norte, a Baía de Santos (HORN FILHO, 2003).

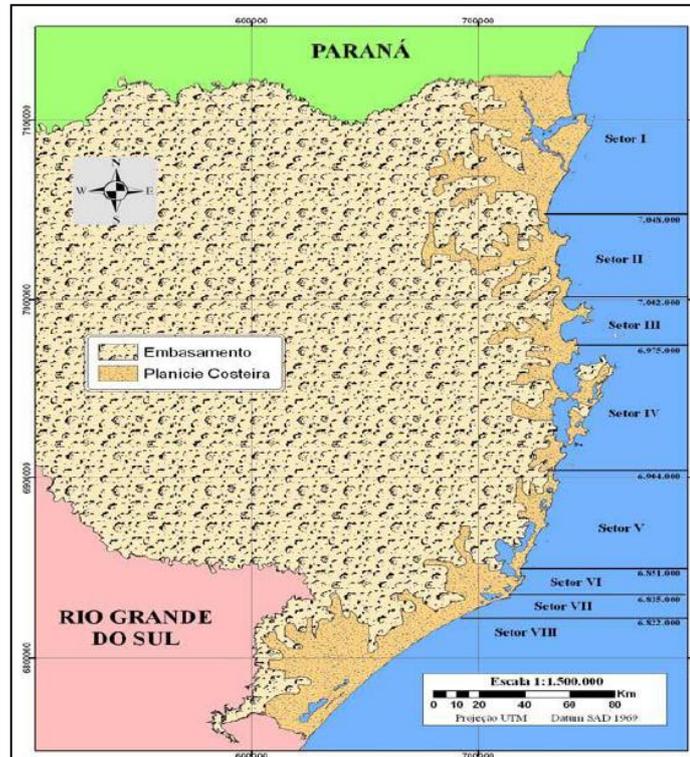


Figura 4: Compartimentos geológico-geomorfológicos do litoral catarinense(Diehl e Horn Filho, 1996).

No âmbito geomorfológico, o Cabo de Santa Marta é descrito como fronteira geográfica natural entre o litoral sul e o litoral sudeste brasileiro. Ao norte do cabo o litoral é composto por as baías, pequenas lagunas, ilhas e praias recortadas pelo embasamento cristalino, enquanto a sul têm-se planícies largas e contínuas (SIEGLE e ASP, 2007), com extensas praias e campos de dunas.

As planícies costeiras podem ser caracterizadas como um mosaico de fácies deposicionais e feições geomorfológicas correlativas, formadas por sedimentos, predominantemente quaternários acumulados por deposição em diversos ambientes, como o fluvial, o lagunar, o paludial, o eólico e o marinho (SUGUIO, 1992).

Estes ambientes de acumulação são resultado de fatores ambientais climáticos, oceanográficos e de atividades tectônicas. No estudo dos depósitos de planícies costeiras, estes ambientes podem ser agrupados em sistemas, conforme suas origens sedimentares, suas forças atuantes no processo de sedimentação e

idades. Estabeleceram-se, assim, dois principais sistemas geológicos sedimentares para PCSC: continental e transicional (HORN FILHO *et al.*, 2012).

O sistema deposicional continental consiste na deposição dos sedimentos continentais durante todo o Quaternário, ocasionando feições geomorfológicas de rampas e leques e planícies aluviais. Os sedimentos continentais localizam-se principalmente nas encostas de morros e junto aos cursos dos rios (HORN FILHO *et al.*, 2012).

O sistema deposicional litorâneo ou transicional compreende os depósitos formados principalmente por sedimentos arenosos que constituem os depósitos marinho e eólico, que estão diretamente associados aos processos costeiros, como a variação do nível do mar, ação das ondas, das marés, dos ventos, e das correntes litorâneas. Estes processos costeiros resultaram em complexos sistemas do tipo laguna-barreira, já mencionado anteriormente.

Horn Filho *et al.* (2012) identificaram 19 unidades litoestratigráficas dos três sistemas deposicionais do Quaternário costeiro para a planície costeira de Santa Catarina. As unidades foram classificadas e agrupadas de acordo com três premissas básicas: processo, forma e idade. Do ambiente continental afloram os depósitos coluvial, leque aluvial e aluvial. Os depósitos do sistema deposicional litorâneo abrangem sedimentos eólicos do Pleistoceno médio, do Pleistoceno superior e do Holoceno (Barreira II, III, e IV, respectivamente), sedimentos lagunares do Pleistoceno superior e do Holoceno, além dos depósitos holocênicos dos ambientes lagunar, flúvio-lagunar, deltaico intralagunar, paludial, estuarino, de baía, *chenier*, marinho praiial, lagunar praiial e estuarino praiial (HORN FILHO *et al.*, 2012).

Os sedimentos mais antigos típicos dos ambientes lagunar e eólico estão correlacionados às fases transgressivas e regressivas do Pleistoceno médio e superior, correlacionadas aos períodos interglaciais *Mindel/Risse Riss/Wurm*, respectivamente, representando o sistema Laguna-Barreira III. Os sedimentos mais jovens típicos dos ambientes praiial e eólico foram originados durante as fases regressivas seguinte à Transgressão Marinha Pós-Glacial – PMT(5,6ka AP) até os dias atuais e estão associados à barreira costeira holocênica (Barreira IV).

Barreiras Costeiras

As barreiras costeiras representam 15% do total de linha de costa do mundo (Otvos, 2012). A origem do termo barreira costeira está relacionada ao fato de

representarem uma barreira física entre o oceano e o continente. Nesse sentido, tem-se a definição de barreira costeira como “uma feição arenosa alongada, emersa, que protege um corpo aquoso, correspondente a laguna, estuário ou baía, da ação direta das ondas oceânicas” (Fisher & McGowen, 1969; Boyd *et al.*, 1992; Morton, 1994).

Entretanto, como nem sempre existe um corpo aquoso em sua retaguarda, definições mais atuais que abordam a forma, e não mais a função das barreiras, têm sido utilizadas. Nessa abordagem, Dillenburg e Hesp (2009) definem barreira costeira como “uma estrutura paralela à linha de costa formada por acumulação de areia, cascalho, conchas e quantidades pequenas de matéria orgânica, decorrente da ação de ondas, marés e ventos”.

Segundo Dillenburg e Hesp (2009), esta feição morfológica é o elemento deposicional de maior importância de costas dominadas por ondas e de baixo gradiente, ocorrendo especialmente em costas de margens continentais passivas (*trailing edge coasts*), onde as topografias costeiras são mais suaves e os sedimentos são mais abundantes. Davis e Hayes (1984), afirmam que nestas costas o transporte sedimentar através da ação de ondas predomina sob a força de maré, sendo normalmente associada a ambientes de micromaré.

Os sedimentos que compõem uma barreira podem ser individualizados em dois principais ambientes: eólico e o praiial. O ambiente eólico é representado pelas dunas costeiras; o ambiente praiial possui uma zona subaérea (pós-praia e antepraia) e outra subaquosa (face praiial) (Figura 5). Além destes, canal de maré, delta de maré e leque de sobrelavagem (*washover*) também são ambientes de sedimentação presentes em algumas barreiras costeiras (ROY *et al.*, 1994).

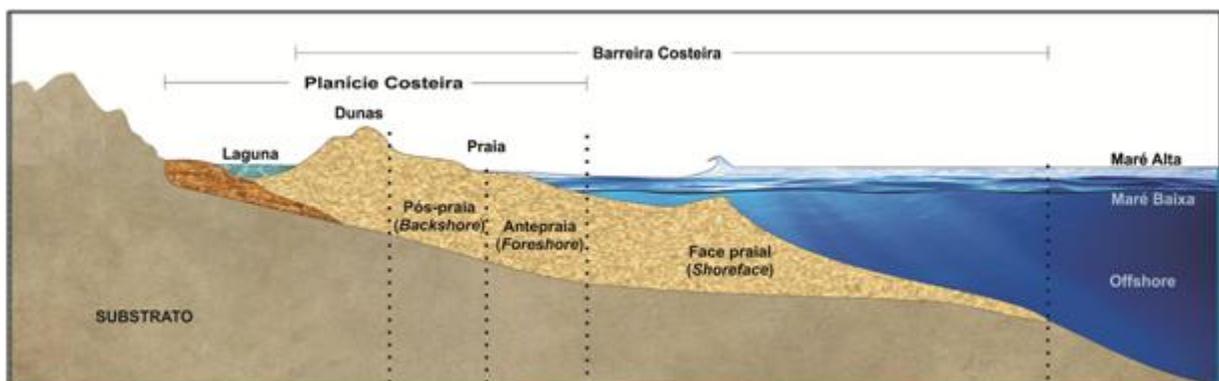


Figura 5: Perfil esquemático dos principais ambientes da barreira costeira (modificado de Hesp 2005).

Inicialmente chamada de ilha-barreira (*barrier island*) pela escola americana (PRICE, 1951; SHEPARD, 1952, 1960), uma barreira costeira pode ou não possuir corpos lagunares ou áreas úmidas em sua retaguarda (*back barrier*). Quando não apresentam podem ser separadas ou distinguidas de terrenos mais antigos por idade, litologia ou forma (DILLENBURG e HESP, 2009).

Para a existência das barreiras há a necessidade de três requisitos básicos destacados por Dillenburg e Hesp (2009): (i) um adequado substrato, o qual a declividade é crítica, (ii) disponibilidade de sedimentos (areia principalmente e cascalho), e (iii) energia de ondas. Além disso, fatores como nível do mar, ventos e marés irão influenciar na formação e evolução das barreiras.

Reison (1992), com base nos estudos de Beaumont (1845), Gilbert (1885), Davis (1912) e Johnson (1919), sintetizou as hipóteses para formação de uma barreira costeira em três principais:

- 1- Agradação e emergência de barras submarinas;
- 2- Progradação paralela à praia de pontais arenosos;
- 3- Isolamento de praias ou dunas, devido a submergência costeira.

De acordo com Reison (1992) e Dillenburg e Hesp (2009), a questão da origem das barreiras é controversa e gera discussão desde o final da década de 60 e meados de 70 (e.g. HOYT, 1967; FISHER, 1968; SWIFT, 1976; FIELD e DUANE, 1976), até recentemente quando revisado por Davis (1994), Hesp e Short (1999) e Davis e Fitzgerald (2004).

Após décadas de intensas discussões e estudos ficou reconhecido que as barreiras podem ter múltiplas causas, e o substrato mais comum da barreira deve ser continental (substrato de planície costeira) devido ao fato de que, não importa qual o processo da formação da barreira, elas migraram sentido continente sobre os depósitos da planície costeira como consequência do aumento do nível do mar (ZENKOVICH, 1967; FIELD e DUANE, 1976; OERTEL *et al.*, 1992 *apud* DILLENBURG e HESP, 2009).

É importante salientar que as variações relativas do nível do mar ocorrem em diferentes escalas de tempo, e que a linha de costa, em qualquer escala de tempo, não necessariamente permanece estável durante situações de estabilidade do nível do mar. Sob condições particulares, a linha de costa pode apresentar um comportamento transgressivo ou regressivo, em situações de rebaixamento e

elevação do nível do mar, respectivamente. O nível do mar apenas tem controle absoluto sobre o comportamento da linha de costa quando está descendo ou subindo rapidamente (DILLENBURG e HESP, 2009).

Barreiras Costeiras Holocênicas

A gênese das barreiras holocênicas teve início há aproximadamente 17,5 ka AP, após o fim do último máximo glacial, associada ao início da Transgressão Marinha Pós-Glacial - PMT (FIELD e DUANE, 1974; SWIFT, 1976; SWIFT e THORNE 1991; ROY *et al.*, 1994; COWELL *et al.*, 1999). Elas podem ter se formado próximo à beira de plataformas continental e durante o curso da PMT as barreiras existentes migraram sentido ao continente, retrabalhando os depósitos da planície costeira (SWIFT, 1976; SANDERS e KUMAR 1975; STREIF, 1989; ROY *et al.*, 1994).

Através de estudos estratigráficos, diferentes comportamentos de barreiras foram identificados. Esses comportamentos seguem padrões progracionais, retrogradacionais, ou agradacionais, os quais são controlados pela relação entresuprimento sedimentar e espaço de acomodação, e por variações destas duas variáveis no tempo e espaço (DILLENBURG e HESP, 2009; DILLENBURG e BARBOZA, 2014; OTVOS, 2012; ROY *et al.*, 1994). A seguir serão discutidos os dois principais tipos de barreiras que são utilizadas de maneira mais comum na literatura, sob a perspectiva evolutiva e estratigráfica.

Uma barreira progracional (regressiva) ocorre quando a taxa de aporte sedimentar supera a taxa do espaço de acomodação da bacia. Isso faz com que os sistemas deposicionais migrem no sentido do depocentro da Bacia, ou seja, predomina os processos deposicionais no pós-praia, com o aumento da barreira e a consequente regressão da linha de costa (Figura 6).

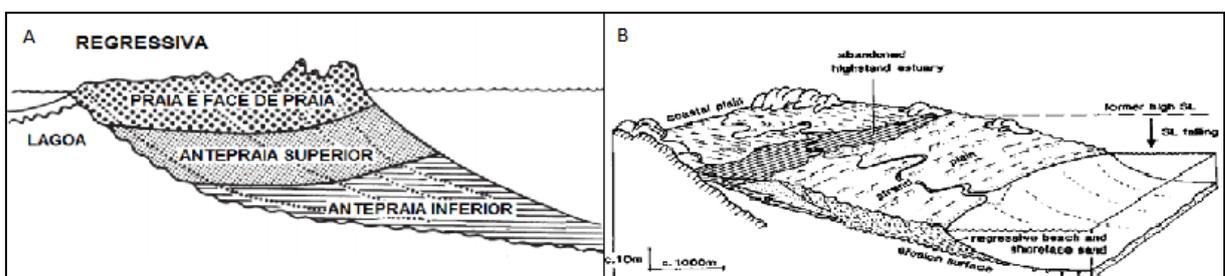


Figura 6: Modelo estratigráfico de barreira regressiva (a) e comportamento de seus ambientes (b)(modificado de Kraft e John, 1979; Roy *et al.* 1994).

A migração dos sistemas em direção ao oceano resulta em feições geomorfológicas características desse tipo de barreira, com destaque as planícies de cordões litorâneos (*strandplains*). Os cordões litorâneos se apresentam na forma de cristas (*ridges*) e cavas (*swales*) contínuas, retilíneas e paralelas à linha de costa. Estes cordões regressivos podem ser individualizados conforme a sua gênese como cordões de praia (*beach ridge*) e cordões de dunas frontais (*foredune ridges*), sendo formados por ondas, e deposição eólica no pós-praia, respectivamente (HESP *et al.*, 2005).

Campos de dunas transgressivos também podem ocorrer como morfologia dominante de barreiras prográdacionais (HESP *et al.*, 2005), inibindo os cordões e outras morfologias costeiras.

Outra observação significativa em barreiras prográdacionais relaciona-se as características das dunas frontais, as quais geralmente são bem desenvolvidas com presença de dunas embrionárias (BARBOZA e ROSA, 2014). Entretanto, em eventos de alta energia (ressaca e marés meteorológicas), o pós-praia e a duna frontal podem apresentar características erosional de barreiras regressivas, por esse motivo, análises de maior periodicidade são necessárias para caracterização deste aspecto.

A introdução do GPR tem permitido a interpretação estratigráfica de diversos sistemas deposicionais costeiros (*e.g.* BRIDGE *et al.*, 1995; BRISTOW e JOL, 2003; BRISTOW e PUCCILO, 2006; JOL *et al.*, 1996; MEYERS *et al.*, 1996; VAN HETEREN e VAN DE PLASSCHE, 1997; BUYNEVICH e FITZGERALD, 2005, 2009; BUYNEVICH *et al.*, 2011, BARBOZA *et al.*, 2009, 2011b, 2013, 2014a; BIANCINI DA SILVA *et al.*, 2014; DILLENBURG *et al.*, 2013, 2014; TAMURA *et al.*, 2008), inclusive nos estudos de evolução costeiras, onde o comportamento das barreiras pode ser visualizados em subsuperfície.

As seções adquiridas em barreiras regressivas do mundo inteiro revelam um padrão de inclinação dos refletores no sentido do oceano (*seaward dipping reflectors*). Este padrão é evidenciado através da configuração interna, considerada prográdante por Mitchum Jr. *et al.* (1977), onde os estratos sobrepõem-se lateralmente, constituindo-se em superfícies inclinadas denominadas de clinofórmias. O padrão de empilhamento também é observado em seções de GPR, onde a fácies eólica e/ou praias se sobrepõem às fácies marinhas (Figura 7).

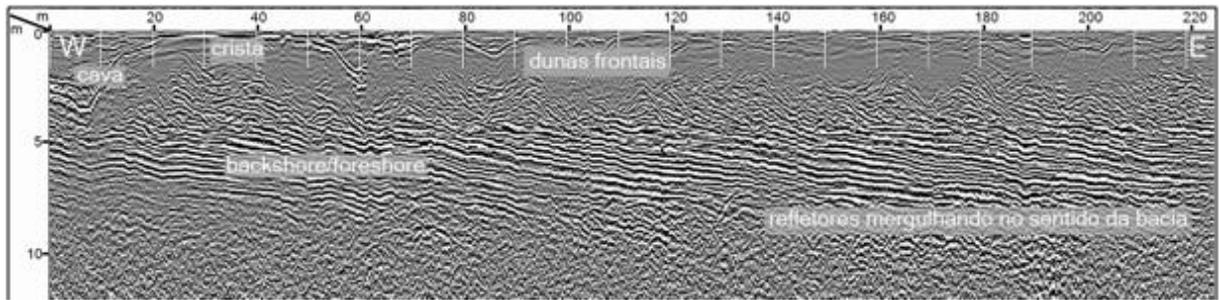


Figura 7: Perfil de GPR de uma barreira de comportamento regressivo (BARBOZA e ROSA, 2014).

A barreira transgressiva ou retrogradacional ocorre quando o espaço de acomodação é maior que o aporte de sedimento, predominando os processos erosivos no pós-praia, a diminuição da barreira, e o avanço dos sistemas deposicionais e da linha de costa continente adentro (Figura 8).

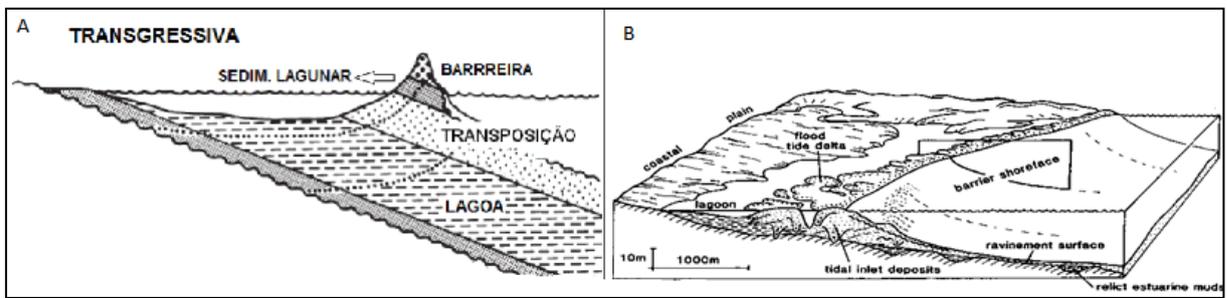


Figura 8: Modelo estratigráfico de barreira transgressiva (a) e comportamento de seus ambientes (b) (modificado de Kraft e John, 1979; Roy *et al.*, 1994).

Durante a transgressão, as barreiras costeiras migram em resposta à subida do nível do mar e/ou ao déficit de sedimentos. O processo de leques de sobrelavagem (*washoverfans*) é mencionado por autores como o principal mecanismo de barreiras retrogradacionais (e.g. LEATHERMAN *et al.*, 1977; DAVIS e HAYES, 1984).

A deposição de leques de sobrelavagem ocorre quando ondas de tempestade sobrepõem-se a berma da praia, erodindo e arrastando no fluxo, sedimentos da barreira costeira (LEATHERMAN, 1977), transferindo os sedimentos da praia para o pós-praia, dunas e retrobarreira (pântanos ou lagunas). Por vezes esta transferência de sedimentos ocorre de forma localizada, em canais (*inlets*), na forma de deltas de maré enchente (*flood-tidal deltas*). Entretanto, apesar de condições extremas e a larga escala espaço-temporal envolvidas em algumas tempestades, nem sempre ocorre à deposição dos leques na retrobarreira das barreiras transgressivas (LEATHERMAN, 1976).

De acordo com Barboza e Rosa (2014), em barreiras com este comportamento transgressivo outras características são observadas na retrobarreira e nos sistemas eólico e praias. No sistema lagunar presente na retaguarda (*back barrier*) dos setores em erosão ocorre um perfil assimétrico quando analisadas as margens do lado leste - em contato com a barreira holocênica - e as margens do lado oeste - mais continentalizadas. O maior aporte de sedimentos na margem leste, como consequência da retrogradação da barreira, resulta em um perfil mais íngreme; já nas margens opostas, no sentido do continente, o perfil lagunar tende a ser mais suave. Com o aporte de sedimentos oriundos da margem leste do sistema lagunar, ocorre o padrão de empilhamento retrogradacional, observado em subsuperfície (Barboza *et al.*, 2011b).

No sistema eólico-praias as dunas frontais são menos desenvolvidas e as praias geralmente mais estreitas. Em períodos de maiores elevações do mar, causadas por marés meteorológicas e/ou astronômicas, as dunas frontais são atingidas, tendo sua face escarpada (erodida) (BARBOZA e ROSA, 2014). Outra observação importante ocorre quando a retrogradação dos sistemas está relacionada ao déficit sedimentar. Nesse caso turfas e lamas lagunares podem aflorar na praia, como registrado em alguns setores da PCRS (DILLENBURG, 2000)

Perfis de GPR revelam o comportamento das barreiras transgressivas em subsuperfície. As seções adquiridas em diversos estudos revelam um padrão de inclinação dos refletores no sentido do continente (*landward dipping reflectors*), devido a migração do sistema eólico sobre a retrobarreira. O padrão de empilhamento também é observado, onde as fácies de margens lagunares ou deltas se sobrepõem às fácies lagunares (Figura 9).

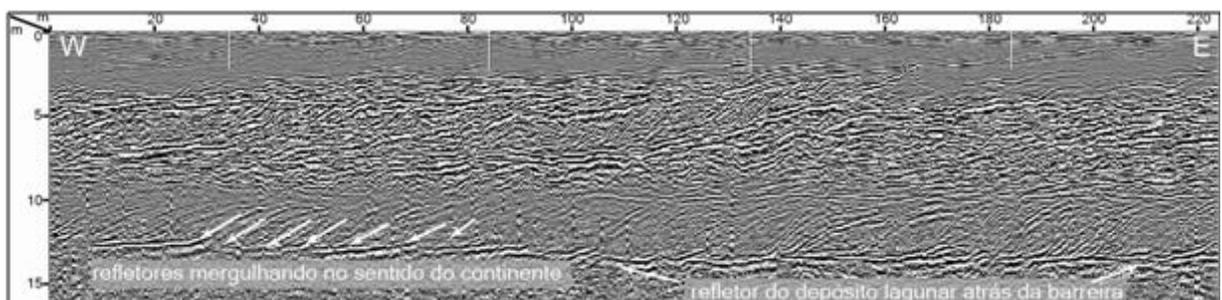


Figura 9: Perfil de GPR de uma barreira de comportamento regressivo (BARBOZA e ROSA, 2014).

1.4 Gestão Costeira e Ordenamento Territorial

O espaço costeiro é uma das áreas que maior sofre estresse ambiental por conta da exploração de seus recursos naturais e o uso desordenado do solo. Coincidem processos acelerados de intensa urbanização, potencializados por atividades econômicas como portos, indústrias, e exploração turística em larga escala. Na busca pela conservação e gestão do espaço costeiro, o Estado de Santa Catarina instituiu o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro - GERCO/SC.

Em Santa Catarina o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (GERCO/SC) foi legalmente instituído pela Lei Estadual nº 13.553/05, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 5.010/06. Santa Catarina seguiu os passos da Lei Nacional do Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661/88), a qual é regulamentada pelo Decreto Federal 5.300/04 que estabelece normas para o uso e ocupação da zona costeira. Tanto o Plano Nacional, quanto o Estadual têm como uma das finalidades principais estabelecer estratégias para ordenar as formas de uso e ocupação do litoral.

Além da lei específica de gerenciamento costeiro, o Estado de Santa Catarina possui instrumentos legais de âmbito federal e estadual, os quais visam à conservação dos recursos naturais, culturais, históricos da zona costeira. Existem leis e normativas setoriais aplicadas a unidades de conservação marinho-costeiras, uso do solo, turismo, pesca, entre outros, sendo elencadas cerca de 400 normas incidentes do litoral catarinense (ANDRADE e SCHERER, 2014).

No âmbito do ordenamento territorial três instrumentos importantes figuram no GERCO/SC: Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC), Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC), e Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla). Os dois primeiros instrumentos (ZEEC e PGZC) já foram desenvolvidos para o litoral catarinense, incluindo Jaguaruna. O Projeto Orla está em fase de desenvolvimento em vários municípios do Estado. A seguir estes instrumentos serão descritos conforme SPG (2010) com intuito de discutir e analisar os resultados com base no cenário atual.

1.4.1 Instrumentos de Gestão

Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro

Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC) é o instrumento básico de planejamento que estabelece, após discussão pública de suas recomendações técnicas, inclusive a nível municipal, diretrizes de uso e ocupação do solo e do mar e de manejo dos recursos naturais em zonas específicas, definidas a partir das análises de suas características ecológicas e socioeconômicas. Tem por objetivo, o desenvolvimento harmonioso da Zona Costeira pela otimização das infraestruturas, do uso do espaço e do aproveitamento racional dos seus recursos. Ele define diretrizes e metas ambientais e socioeconômicas a serem alcançadas por meio de planos de gestão da zona costeira. As diretrizes e metas do ZEEC devem ser consideradas na elaboração de planos, programas ou projetos de caráter estadual e municipal (SPG, 2010).

As Tipologias de enquadramento do ZEEC são divididas em Faixa Terrestre e Faixa Marinha. Grande parte da barreira costeira holocênica de Jaguaruna está inserida na Zona de Preservação Predominante (ZPP), com algumas zonas de Uso Restrito (ZUR) e Uso Especial (ZUE) (<http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/gerco/setor-4/112-mapa-d-zeec-pgzc-jaguaruna/file>). Essas zonas são definidas a seguir, de acordo com o Decreto Estadual 5.010 de 2006.

“(...) I - Faixa Terrestre:

a) Zona de Preservação Predominante (ZPP): Zona que não apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, estando capacitada ou com potencial para manter em equilíbrio uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade.

b) Zona de Uso Restrito (ZUR): Zona que apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, porém capacitada ou com potencial para conservar o equilíbrio de uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade, quando da ocorrência de ocupação humana de baixo impacto. (...)

e) Zona de Uso Especial (ZUE): Zona que apresenta os ecossistemas primitivos em diversos estágios de conservação ou completamente degradados e que deverá estar submetida a normas específicas de manejo, uso e ocupação” (...).

Plano de Gestão da Zona Costeira

O Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC) é um dos instrumentos de planejamento definidos pelo GERCO/SC. De acordo com o Decreto Estadual 5.010/06 deve ser desenvolvido com a participação da sociedade e dos órgãos governamentais, tendo como base, mas não se restringindo, às diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro.

Vale ressaltar que os Planos de Gestão podem ser desenvolvidos ainda que o zoneamento do litoral não esteja completo, pois o zoneamento deve ser entendido como um produto dinâmico, sujeito a constantes adequações à realidade (Scherer *et al.*, 2014). Um PGZC compreende a formulação de um conjunto de ações estratégicas e programáticas, articuladas e localizadas, elaboradas com a participação da sociedade, que visam orientar a execução do Gerenciamento Costeiro. Esse plano poderá ser aplicado nos diferentes níveis de governo e em variadas escalas de atuação.

A partir da metodologia para organização de um PGZC o GERCO/SC elaborou um plano de gestão para o Setor 4, o qual se insere o município de Jaguaruna, apontando três temáticas principais: Conservação dos recursos naturais, demanda por legislação, planos e/ou programas e desenvolvimento urbano e saneamento.

Especificamente para o Município de Jaguaruna foram apontadas as seguintes ações, segundo SPG (2010):

- Conservação dos Recursos Naturais

a. Proteção e Recuperação das margens de cursos de água

i. Proteger e recuperar margens dos cursos de água

- Demanda por Legislação, Planos e/ou Programas

a. Revisão do Plano Diretor

- Desenvolvimento Urbano e Saneamento

a. Ordenamento da ocupação urbana

- i. Controlar ocupação nas áreas litorânea com instabilidade hidrogeológicas em áreas urbanas
- ii. Controlar a ocupação urbana sobre Área de Preservação Permanente
- iii. Desenvolver políticas de planejamento urbano para as áreas definidas pelo ZEEC como núcleo de ocupação humana”.

Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla)

O Projeto Orla é também um instrumento de execução do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e tem como objetivo a *“gestão adequada da Orla Marítima a fim de disciplinar, de maneira integrada e participativa, o uso e ocupação do território na tentativa de melhorar a qualidade de vida de populações locais e de preservar e conservar os ecossistemas costeiros”* (MMA , 2006).

Serve como guia aos gestores costeiros para, juntamente com a sociedade civil, realizar um planejamento e ordenamento litorâneo de forma descentralizada com os seguintes objetivos estratégicos:

- Fortalecimento da capacidade de atuação e da articulação de atores públicos e privados na gestão integrada da orla, com aperfeiçoamento das normas de ordenamento de uso e ocupação do espaço;
- Desenvolvimento de mecanismos institucionais de mobilização social para a gestão integrada;
- Estimulação de atividades socioeconômicas de desenvolvimento sustentável da orla.

Os limites de orla e classificações definidas no Projeto Orla são regulamentados pelo Decreto Federal nº 5.300 de 08 de dezembro de 2004. A metodologia proposta neste instrumento estabelece duas tipologias para caracterização da orla: uma que observa as características fisiográficas, distinguindo a orla em abrigada, exposta ou semi-exposta, e outra analisa os níveis de ocupação e adensamento populacional.

No Projeto Orla também são apresentados roteiros para a aplicação das metodologias de construção do diagnóstico, classificação, formulação de cenários e

do Plano de Intervenção na Orla. A classificação da orla integra o planejamento estratégico múltiplo, que dará subsídios para a tomada de decisões necessárias para se alcançar os cenários desejados.

A construção de cenários é utilizada para descrever alternativas de futuro e baseia-se no conhecimento da situação atual (diagnóstico), para assim, se estabelecer tendências e delinear a situação desejada, que pode ser alcançada com ações de curto, médio e longo prazo (MMA/SQA, 2006).

Os limites da orla marítima (Figura 10) ficam estabelecidos de acordo com os seguintes critérios:

*“I - **marítimo**: isóbata de 10 m, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos;*

*II - **terrestre**: 50 m em áreas urbanizadas ou 200 m em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos”* (Decreto nº 5300/2004, Art. 23).

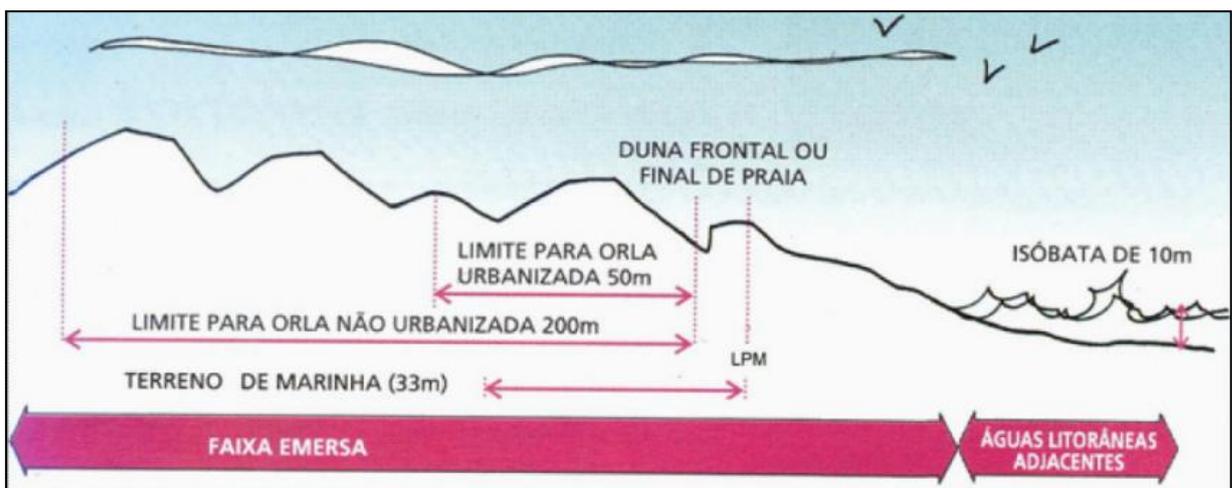


Figura 10: Limites da Orla Marítima conforme o Projeto Orla, sendo 33 m de terrenos de Marinha, o limite de 50 m de orla para áreas urbanizadas e 200 m para não urbanizada (MMA, 2006).

Na faixa terrestre deve ser observada, complementarmente, a ocorrência de aspectos geomorfológicos, os quais implicam o seguinte detalhamento dos critérios de delimitação.

*I - **falésias sedimentares**: 50 m a partir da sua borda, em direção ao continente;*

*II - **lagunas e lagoas costeiras**: limite de 50 m contados a partir do limite da praia, da linha de preamar ou do limite superior da margem, em direção ao continente;*

*III - **estuários**: 50 m contados na direção do continente, a partir do limite da praia ou da borda superior da duna frontal, em ambas as margens e ao longo delas, até onde a penetração da água do mar seja identificada pela presença de salinidade, no valor mínimo de 0,5 ppm;*

*IV - **falésias ou costões rochosos**: limite a ser definido pelo plano diretor do Município, estabelecendo uma faixa de segurança até pelo menos 1 m de altura acima do limite máximo da ação de ondas de tempestade;*

*V - **áreas inundáveis**: limite definido pela cota mínima de 1 m de altura acima do limite da área alcançada pela preamar;*

*VI - **áreas sujeitas à erosão**: substratos sedimentares como falésias, cordões litorâneos, cabos ou pontais, com larguras inferiores a 150 m, bem como áreas próximas a desembocaduras fluviais, que correspondam a estruturas de alta instabilidade, podendo requerer estudos específicos para definição da extensão da faixa terrestre da orla marítima”(Decreto nº 5300/2004, Art. 23,§ 1o).*

1.4.2 Normativas ambientais pertinentes

Importantes ecossistemas costeiros estão presentes nas barreiras costeiras holocênicas do sul de Santa Catarina. No município de Jaguaruna destacam-se dunas, restingas, banhados, lagoas e praias. A seguir serão apresentadas as normativas pertinentes a esses ambientes e também sobre o Decreto-Lei que define as áreas de Bens imóveis da União, devido à existência destes na área de estudo.

Ao longo do trabalho estas normativas serão importantes para um melhor entendimento das restrições ao uso e ocupação da área de estudo.

Áreas De Preservação Permanente (APP)

O **Código Florestal Atual (CFA; Lei nº 12.651/2012)** que altera o Código Florestal de 1965, estabelece e define as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), assim como aborda outras diretrizes relacionadas ao usufruto e à conservação de áreas florestais, entre outros tópicos. Apesar de discussões, a Advocacia-Geral da União expediu parecer (Ofício 314/2015/CONJUR/GM-MMA) sustentando que a Resolução nº 303 do CONAMA está vigente e em harmonia com o ordenamento jurídico. Sendo assim, o CFA, de acordo com o parecer da AGU, não **revoga a Resolução do CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**, esta ainda dispõe sobre parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente. Assim, o presente trabalho irá embasar-se na Resolução CONAMA nº 303.

Unidade de Conservação - Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APABF)

O litoral de Jaguaruna está inserido em território da APABF, Unidade de Conservação pertencente ao grupo de Uso Sustentável. Essa categoria tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Segundo o Instituto Chico Mendes de Preservação da Biodiversidade (ICMbio), a APA da Baleia Branca possui uma área de 156 mil hectares, 130 km de costa marítima, abrangendo nove municípios, desde o sul da ilha de Santa Catarina até o Balneário Rincão, incluindo Jaguaruna e, portanto, a área de estudo. Esta APA tem como objetivo proteger a baleia franca austral (*Eubalaena australis*), cuja reprodução se dá na área compreendida pela APABF, considerada santuário dessa espécie ameaçada de extinção.

Além disso, objetiva também ordenar e garantir o uso racional dos recursos naturais da região, ordenar a ocupação e a utilização dos solos e das águas,

ordenar o uso turístico e recreativo, as atividades de pesquisa e o tráfego local de embarcações e aeronaves.

As riquezas naturais protegidas pela APABF também incluem outras espécies de animais e vegetais nativos, promontórios, costões rochosos, praias, ilhas, lagoas, banhados, marismas, área de restinga, dunas, além de sítios arqueológicos, como os sambaquis e as oficinas líticas. Trata-se de uma unidade de conservação que permite o uso sustentável dos recursos naturais, a ocupação territorial e diversas atividades econômicas, desde que não vá de encontro aos objetivos propostos por ela. É importante salientar que a APABF ainda não possui um Plano de Manejo instaurado.

De acordo com Cristiano (2014), em 2011 o Ministério Público Federal (MPF) expediu uma Recomendação para que os municípios que fizessem parte da APABF não autorizassem mais intervenções no interior da unidade de conservação. E também, que não fossem concedidos alvarás e autorizações para o parcelamento do solo e implantação de loteamentos em zona costeira sem aprovação por parte do órgão ambiental competente e que fosse regularizada a ocupação ou desapossadas as áreas inviáveis à regularização.

O MPF ainda recomendou que fossem verificadas se as antigas autorizações tiveram estudos de impacto ambiental, pois em perícia da Polícia Federal foi constatado que alvarás ilegais foram cedidos para construções em APP e terrenos de Marinha. Além disso, diversas ações de demolição foram solicitadas em Ações Cíveis Públicas que questionam loteamentos construídos na região (CRISTIANO, 2014).

Bens Imóveis Da União

O Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946, dispõe sobre os Bens imóveis da União. Define e delimitam os terrenos de marinha e os terrenos acrescidos de marinha como, respectivamente:

“São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar-média de 1831:

a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;

b) os que contornam as ilhas situadas em zona onde se faça sentir a influência das marés” (Artigo 2º do Decreto-Lei nº 9.760/1946).

“São terrenos acrescidos de marinha, os que se tiverem formado, natural ou artificialmente, para o lado do mar ou dos rios e lagoas, em seguimento aos terrenos de marinha” (Artigo 3º do Decreto-Lei nº 9.760/1946).

Os terrenos de marinha e seus acrescidos abrangem uma faixa que, originariamente, foi reservada à União com o intuito de aproveitamento econômico e defesa da Nação. Entretanto, com base na Constituição Federal de 1988, trata-se de um espaço estratégico para políticas públicas (SAULE JUNIOR, 2006). Sua destinação de uso acontece sob diferentes regimes, como permissão de uso e concessão de direito real de uso resolúvel, locação, arrendamento, alienação, ocupação, cessão e aforamento (que pode ser gratuito ou oneroso). A cessão pode ocorrer de forma onerosa, gratuita (para finalidades de cunho social) e especial, para atividades diversas, tais como reservas extrativistas, aquicultura, portos, marinas, trapiches e embarcadouros, entre outros. Sempre observando o interesse social, os encargos, normas e restrições da cessão originária (FREIRE, 2004).

Vale salientar que as áreas e bens de uso comum com exploração econômica, passarão à responsabilidade de cada município litorâneo, saindo do âmbito da Secretaria do Patrimônio da União (SPU).

Essas áreas têm destaque no município de Jaguaruna devido a delimitação da posição da linha do preamar-média de 1831, a qual se encontra a aproximadamente 300m continente adentro, influenciando em toda delimitação que leva sua posição como base. Esta questão será melhor abordada nos resultados e discussões do capítulo 3.

1.5 Materiais e Métodos

Para a caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva da barreira costeira holocênica foi realizado levantamento de informações em superfície e subsuperfície. Dados de superfície foram obtidos a partir de análises de fotografias

aéreas históricas e imagens de satélite. Para caracterização em subsuperfície foram realizados perfis geofísicos com o uso de GPR ao longo da área de estudo.

1.5.1 Levantamento Geológico e Geomorfológico de Superfície

O levantamento geológico e geomorfológico de superfície foi realizado utilizando procedimentos clássicos e consolidados sobre a temática. Basicamente foi elaborado em quatro etapas, que compreenderam: revisão bibliográfica, fotointerpretação, vistorias *in loco* e confecção do mapa temático final.

Na revisão bibliográfica documentos cartográficos foram obtidos em meios analógico e digital de acordo com a disponibilidade. Esta etapa consistiu em obter o maior número de fontes e materiais em diferentes escalas espaciais e temporais da área de estudo. Dentro os materiais obtidos ressaltam-se as aerofotos de 1938, 1957 e 1978, e as ortofotos de 2010, todas cedidas pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) de Santa Catarina.

O trabalho de fotointerpretação consistiu na identificação das unidades geológicas e geomorfológicas mapeáveis através da interpretação das fotografias aéreas, considerando os seguintes fatores: textura, tonalidade, estruturas, formas topográficas características e posição geográfica em relação à linha de costa atual. Além das aerofotos e ortofotos, imagens de satélites obtidas no software *Google Earth Pro* serviram de apoio à interpretação.

Para conferir as informações obtidas na fotointerpretação realizou-se os trabalhos de campo. O objetivo principal foi descrever as unidades mapeadas ao longo da área de estudo e também registrá-las fotograficamente para corroborar com as análises feitas em ambiente computacional.

As atividades relacionadas à interpretação das aerofotos, ortofotos e imagens de satélite, além dos mapas apresentados como resultado, foram realizadas através de técnicas de geoprocessamento com auxílio do *software ArcGIS®*.

1.5.2 Radar de Penetração de Solo (GPR)

O Radar de Penetração de Solo é um método geofísico não evasivo, que consiste na detecção de descontinuidades elétricas presentes em uma subsuperfície rasa (<50 m). Esse método fundamenta-se na geração, transmissão, propagação, reflexão e recepção de pulsos discretos de radiação eletromagnética de alta frequência (10 - 1.000 Mhz) (NEAL, 2004). Em estudos geológicos costeiros é

comum utilizar frequências entre 80 e 400 MHz, e tem como objetivo localizar estruturas e feições geológicas rasas em subsuperfície.

O princípio de formação da imagem de GPR é semelhante ao da Sísmica de reflexão, e dentre algumas diferenças, a principal é o GPR é baseado na reflexão de ondas eletromagnéticas, enquanto que a Sísmica de Reflexão, como o próprio nome diz, são ondas sísmicas. No entanto, os conceitos da teoria da onda plana podem ser confortavelmente utilizados em grande parte das aplicações práticas e convencionais, tanto do GPR quanto da Sísmica (NETO, 2006)

A transmissão é realizada através de uma antena, geralmente posicionada na superfície do terreno. A onda emitida se propaga até atingir um horizonte com contraste nas propriedades elétricas, o que ocasiona a sua reflexão (DAVIS e ANNAN, 1989). Esses contrastes devem-se geralmente à variação no conteúdo de água, associada às diferentes tipologias de sedimento, granulometria, porosidade e compactação dos mesmos (JOL e BRISTOW, 2003). A onda refletida retorna à superfície e é detectada pela antena receptora, que pode estar integrada ou separada da transmissora. A radiação eletromagnética recebida é convertida em um sinal, que é digitalizado e armazenado na memória de um coletor. A energia recebida é proporcional aos contrastes de permissividade relativos, sendo os melhores resultados geralmente obtidos em materiais mais resistivos, como areias, conglomerados, calcários e turfas (JOL e BRISTOW, 2003)

Uma série de medidas é realizada ao longo de uma linha e, quando mostradas lado a lado em um gráfico “tempo versus distância”, fornecem uma imagem de alta resolução das estruturas em subsuperfície. A imagem que é formada no radargrama representa os tempos de percurso da onda, desde sua emissão no transmissor até sua chegada ao receptor (tempo duplo de trânsito) (NETO, 2006)

A utilização do GPR em estudos geológicos tem permitido a interpretação estratigráfica de uma série de sistemas deposicionais costeiros ao redor do mundo (BRIDGE *et al.*, 1995; BRISTOW e JOL, 2003; BRISTOW *et al.*, 2007; FITZGERALD *et al.*, 2007; BUYNEVICH *et al.*, 2011) e tem sido constantemente aplicada nos estudos de evolução costeira e análise estratigráfica de barreiras holocênicas do litoral sul do Brasil (BARBOZA *et al.*, 2009, 2011ab, 2013, 2014a; BIANCINI DA SILVA *et al.*, 2014; DILLENBURG *et al.*, 2014). Este método geofísico possibilita a visualização da arquitetura deposicional e estratigráfica dos depósitos em subsuperfície, viabilizando a interpretação evolutiva de processos ocorridos, além de mostrar o comportamento evolutivo das barreiras costeiras.

No presente trabalho o GPR foi dividido em três etapas: aquisição, processamento e interpretação. Na aquisição estão envolvidas questões relacionadas com o método de levantamento e com a seleção dos equipamentos (Barboza *et al.*, 2014c). O equipamento utilizado na aquisição dos dados foi o GPR da empresa GSSI™ (*Geophysical Survey Systems, Inc.*) modelo SIR-3000, uma antena de contato com frequência central de 200 MHz. O arranjo utilizado foi *Common Offset* monoestático que consiste no deslocamento simultâneo da antena receptora e transmissora, mantendo uma distância fixa entre elas, de 0,5 m. A antena foi acoplada a um veículo que a transportou orientadas perpendicularmente ao sentido de deslocamento, com velocidade média de 20 km/h.

Desta forma obtiveram-se seções contínuas de imageamento sob a linha de deslocamento da antena. A profundidade das janelas atingiu de 200 a 400 nanosegundos (ns), as quais correspondem a profundidades aproximadas entre 10 e 20 m. Cada traço de seção representa o empilhamento de 32 leituras (*stacking*), tendo sido aplicado um ganho do tipo AGC (*Automatic Gain Control*), com a finalidade de equalizar a amplitude dos traços.

A constante dielétrica utilizada durante a aquisição foi a de valor 10, que representa uma velocidade de 0,09 m/ns, geralmente relacionada a depósitos arenosos (DAVIS e ANNAN, 1989). As correções dos dados altimétricos foram feitas através do acoplamento do sistema de GPR a um sistema GNSS no modo cinemático, gerando um arquivo de posicionamento espacial e altimétrico para as devidas correções das seções.

A segunda etapa do trabalho consistiu no processamento das seções. De acordo com Rosa (2012), o que define os métodos de processamento a serem utilizados são os objetivos e os tipos de feições que se deseja identificar. Sendo assim, é importante atentar para o fato que o objetivo do processamento é eliminar ou minimizar os dados considerados com ruídos, ressaltando o dado que pode ser informação.

Os processamentos foram realizados em dois *softwares* distintos, o Radan™ e o Prism®. Primeiramente, as seções foram abertas no Radan™, onde se aplicou um filtro espacial para remoção de ruído sistemático (*background removal*). Esses ruídos se manifestam na forma de refletores plano-paralelos contínuos que se repetem ao longo de toda janela da seção, impossibilitando observar as reflexões oriundas dos depósitos sedimentares durante a aquisição. O valor utilizado neste filtro foi 200.

Em seguida, ainda no Radan™, foi aplicado um filtro de frequência (passa banda), para redução de ruídos aleatórios, cortando frequências mais altas e mais baixas que a frequência central da antena. Para as baixas frequências (*low pass*) foi utilizado o valor 300, e para as altas frequências (*high pass*) o valor 40. Estes valores foram visualizados no programa Prism®, através de um histograma de frequências, na opção *Average Spectrum*.

Após os primeiros processamentos no Radan™, os dados foram importados para o programa Prism®, onde se aplicou um segundo filtro de frequência (*Ormb's Band Pass*). Esse procedimento foi realizado devido à remoção muito mais eficiente dos ruídos presentes na seção. No Prism® foi possível determinar o limite inferior e superior de corte, e os limites de um platô, definindo um filtro com forma trapezoidal.

A identificação de picos presentes no espectro de frequências possibilitou a determinação dos parâmetros aplicados. Ainda no Prism®, foram aplicados os primeiros ganhos (*gain*) nas seções, para melhor visualização dos refletores.

Por último, as seções foram exportadas e novamente abertas no Radan™, onde foi realizada a correção do tempo zero, a conversão da profundidade de nanosegundos para metros, e inserido a escala horizontal, além da aplicação de mais ganho na seção.

O dado resultante dos levantamentos com GPR no arranjo *Common Offset* é muito similar aos de seções sísmicas. Logo, a interpretação dos métodos é análoga, e tem como base os princípios da sismoestratigrafia (JOL e SMITH, 1991; GAWTHORPE *et al.*, 1993; NEAL *et al.*, 2002; NEAL, 2004). Segundo Nealet *al.* (2002), mesmo com o grande contraste de escalas, os contrastes físicos que definem as unidades sedimentares são essencialmente os mesmos, gerando padrões e estruturas internas similares. Sendo assim, a estratigrafia de radar compreende terminologias análogas às da sismoestratigrafia, com a definição de superfícies de radar, pacotes de radar e radarfácies (NEAL *et al.*, 2002; NEAL, 2004).

A interpretação dos dados seguiu o método da sismoestratigrafia (PAYTON, 1977) adaptado para o GPR por Neal (2004), a qual consistiu na interpretação das terminações (*onlap*, *toplap*, *downlap* e truncamentos) e no padrão da geometria dos refletores (MITCHUM Jr. *et al.*, 1977), conforme as figuras 12 e 13.

1.6 Referências

ANDRADE, J. ; SCHERER, MARINEZ E. G. Decálogo da gestão costeira para Santa Catarina: avaliando a estrutura estadual para o desenvolvimento do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** (UFPR), v. 29, p. 139-154, 2014.

ARAÚJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO, E. e PIMENTA, F. 2003. Wave regime characteristics of the southern Brazilian coast. International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka. **Proceedings...** Paper 97. CD-ROM.

BRASIL. Bens e imóveis da União (1946). 2012. **Decreto Lei n. 9.760 de 5 de setembro de 1946**. Rio de Janeiro, RJ: Senado, 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del9760.htm> Acesso em: 20 nov.

_____. 2004. Decreto Federal que Regulamenta o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (2004). **Decreto n. 5.300 de 07 de dezembro de 2004**. Brasília, DF: Senado. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_

_____. Altera o Decreto n. 3.077, de 20 de abril de 2005 (2006A).2006. **Decreto n. 4.015, de 16 de fevereiro de 2006**. Florianópolis: Palácio Barriga-verde. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/Desenvolvimento%20de%20Cidades/Gerco/DECRETO_N_3077_DECRETO_4015_porjeto_orla.doc. > Acesso em: 20 nov. 2015.

_____. Institui o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (2005B). **Lei n. 13.553, de 16 de novembro de 2005**. Florianópolis: Palácio Barriga-verde, 2005. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/doc/19_01_2011_13.27.16.73cf665a35248239cd4526933f0b9240.doc> Acesso em : 20 nov. 2015.

_____. Regulamenta o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (2006B). **Decreto n. 5.010, de 22 de dezembro de 2006**. Florianópolis: Palácio Barriga-verde, 2006. Disponível em: <www.spg.sc.gov.br/.../Gerco/Decreto_Estadual_5010.doc > Acesso em: 20 nov. 2015.

BARBOZA, E.G. & ROSA, M.L.C.C. 2014. Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosão na costa do Rio Grande do Sul. In: César Goso. (Org.).

- Nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros.** Ed. Montevideo: DIRAC - Facultad de Ciencias, 2014, v.1, p.83-98.
- BARBOZA, E.G., DILLENBURG, S.R., ROSA, M.L.C.C., TOMAZELLI, L.J. e HESP, P.A. 2009. Ground-penetrating radar profiles of two holocene regressive barriers in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 56: 579-583.
- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., DILLENBURG, S.R. e TOMAZELLI, L.J., 2010. The Holocene Coastal Barrier of Rio Grande do Sul (Southern Brazil): an Evaluation Based on GPR Data. *In*: 2010 Meeting of the Americas. Eos Trans. AGU, **Meet. Am. Suppl.**, 91, NS11A-03.
- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., DILLENBURG, S.R., TOMAZELLI, L.J. e AYUP-ZOUAIN, R.N. 2011a. Comportamento regressivo/transgressivo da linha de costa na bacia de Pelotas durante o Holoceno médio e tardio. *In*: López, R.A e Marcomini, S.C. (Ed.). *Problemática de Los Ambientes Costeros*. Buenos Aires, **Croquis**, p. 15-30.
- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., HESP, P.A., DILLENBURG, S.R., TOMAZELLI, L.J. e AYUP-ZOUAIN, R.N. 2011b. Evolution of the Holocene Coastal Barrier of Pelotas Basin (Southern Brazil) - a new approach with GPR data. **Journal of Coastal Research**, SI 64, 646-650.
- BARBOZA, E.G. ROSA, M.L.C.C. DILLENBURG, S.R. e TOMAZELLI, L.J. 2013. Preservation Potential of Foredunes in the Stratigraphic Record. **Journal of Coastal Research**, SI 65:1265-1270.
- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., DILLENBURG, S.R., BIANCINI DA SILVA, A. e TOMAZELLI, L.J. 2014a. Stratigraphic analysis applied on the recognition of the interface between marine and fluvial depositional systems. **Journal of Coastal Research**, SI 70, 205-210.
- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., AYUP-ZOUAIN, R.N., GRUBER, N.L.S., MARTINS, E.M., ROCKETT, G.C. e CRISTIANO, S.C. 2014b. Comportamento da Barreira Costeira Holocênica ao Sul do Cabo de Santa Marta (Bacia de Pelotas). *In*: 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014, Salvador - BA. **Anais...**, p. 1818-1818.

- BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C. e CARON, F. 2014c. Metodologia de Aquisição e Processamento em Dados de Georradar (GPR) nos Depósitos Quaternários da Porção Emersa da Bacia de Pelotas. In: VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, 2014, Porto Alegre-RS. **Resumos Expandidos**, v. 1. p. 1-6.
- BEAUMONT, L.E. 1845. Lecons de Geologie Practique. Septieme lecon. Bertrand, Paris, pp 221–252
- BIANCINI DA SILVA, A. 2011. *Análise estratigráfica da barreira transgressiva holocênica na região da Lagoa do Sombrio, SC*. Porto Alegre, 68p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.<< <http://hdl.handle.net/10183/30372>>>
- BIANCINI DA SILVA, A., BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C. e DILLENBURG, S.R. 2014. Meandering Fluvial System Influencing the Evolution of a Holocene Regressive Barrier in Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 70, 687-692.
- BOYD, R., DALRYMPLE, R.W. e ZAITLIN, B.A. 1992. Classification of clastic coastal depositional environments. **Sedim Geol** 80:139–150
- BRISTOW, C.S. e JOL, H.M. 2003, Ground penetrating radar in sediments: **Geological Society of London**, Special Publication 211, 366 p.
- BRISTOW, C.S. e PUCILLO, K. 2006. Quantifying rates of coastal progradation from sediment volume using GPR and OSL: the Holocene fill of Guichen Bay, south-east South Australia. **Sedimentology** 53, 769–788.
- BUYNEVICH, I.V. e FITZGERALD, D.M. 2005. **Ground-penetrating radar**. In: Schwarz, M.L. (Ed.), *Encyclopedia of Coastal Science*. Springer, Dordrecht, pp. 503–507.
- BUYNEVICH, I.V., JOL, H.M. e FITZGERALD, D.M. 2009. Coastal environments. In: Jol, H.M. (Ed.), **Ground Penetrating Radar: Theory and Applications**. Elsevier, Amsterdam, pp. 299–322.
- BUYNEVICH, I.V., KLEIN, A.H.F., FITZGERALD, D.M., CLEARY, W.J., HEIN, C.J., VEIGA, F., ANGULO, R.J., ASP, N.E. e PETERMANN, R.M. 2011. Geological legacy

- of storm erosion along a high-energy indented coastline: northern Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 64, 1840-1844.
- CALLIARI, L.J; PEREIRA, P.S; DE OLIVEIRA, A.O. e FIGUEREIDO, S.A., 2005. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gravel**, 2005 (3), 15-30.
- CARON, F., LIMA, L.G., DILLENBURG, S.R., TOMAZELLI, L.J., BARBOZA, E.G., ANTIQUEIRA, J.A.F., ROSA, M.L.C.C., MANZOLLI, R.P. e SILVA, A.B. 2010. Morphology, stratigraphy and factors controlling evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. *In*: 2010 Meeting of the Americas. Eos Trans. AGU, **Meet. Am. Suppl.**, 91, OS21A-01.
- CARUSO Jr., F. 1995. **Mapa geológico de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina**. *In*: Programa Cartas de Síntese e Estudos de Integração Geológica. DNPM/MME, v.1.
- CLEROT, L.C.P. 2004. **Estudo da Barreira IV na Região do Cassino, Rio Grande – RS: Evolução e Caracterização como Reservatório**. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 75p.
- COWELL, P.J., ROY, P.S., CLEVERINGA, J. e DEBOER, P.L. 1999. Simulating coastal systems tracts using Shoreface-Translation Model. International Association of Sedimentologists **Special Publication**, Oxford, Blackwell Scientific Pub 62, 165-175.
- CRISTIANO, S.C., MARTINS, E.M., GRUBER, N.L.S e BARBOZA, E.G. 2015. Avaliação do Processo de Ocupação Irregular na Zona Costeira: O Caso do “Loteamento Maria Terezinha”, Município de Jaguaruna/SC-Brasil. **Gravel**, 13(1), 1-14.
- CURRAY, J.R. **Transgressions and regressions**. 1964. *In*: Miller, R.L. (Ed), *Papers in Marine Geology*. Macmillan, New York, p. 175-203.
- DAVIS Jr., R.A e HAYES, M.O. 1984. What is a wave dominated coast? **Marine Geology**, 60, 313-329.

- DAVIS, J.L. e ANNAN, A.P.1989. **Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy**. *Geophysical Prospecting*. 37(5): p.531-551,
- DAVIS, R.A., Jr. 1994. Barrier island system – a geology overview. In: DAVIS, R. A., Jr. (ed),**Geology of Holocene barrier island systems**. Springer-Verlag, New York, 1-46.
- DILLENBURG, S.R. 1994. **A Laguna de Tramandaí: evolução geológica e aplicação do método geocronológico da Termoluminescência na datação de depósitos**. Tese de doutorado (PPGGEO/IG/UFRGS), 194 p.
- DILLENBURG, S.R. e HESP, P.A. 2009. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. 1. ed. Heidelberg: Springer, v. 107. p. 380.
- DILLENBURG, S.R. e BARBOZA, E.G. 2014.The Dip and Strike-Fed Sandy Coast of Southern Brazil.*In*: Martini, I.P. e Wanless H.R. (eds.). *Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences*, **Geological Society, London**, Special Publications 388, 333-352.
- DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; COWELL, P.J. e TOMAZELLI, L.J.2000. Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as Tested by the Shoreface Translation-Barrier Model. **Journal of Coastal Research**, 16, n.1, p. 71-81.
- DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J.; HESP, P.A.; BARBOZA, E.G.; CLEROT, L.C.P. e SILVA, D.B. 2006. Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39, p. 132-135.
- DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., TOMAZELLI, L.J., HESP, P.A., CLEROT, L.C.P. e AYUP-ZOUAIN, R.N. 2009. The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. In: Dillenburg, S.R. e Hesp, P.A.(eds.) *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. **Lecture Notes in Earth Sciences**, 107, 53-91.
- DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., HESP, P.A. e ROSA, M.L.C.C. 2011. Ground Penetrating Radar (GPR) and Standard Penetration Test (SPT) records of a regressive barrier in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 64, p. 651-655.

- DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., TOMAZELLI, L.J. e ROSA, M.L.C.C. 2013. Aeolian deposition and barrier stratigraphy of the transition region between a regressive and a transgressive barrier: an example from Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI65, 464-469.
- DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; HESP, P.A.; ROSA, M.L.C.C.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; GIANNINI, P.C.F. e SAWAKUCHI, A.O. 2014. Discussion: "Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change" by Hein, et al. (2013), *Sedimentology* 60, 469–502A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka? **Sedimentology**, 61, 2205-2212.
- FIELD, M.E. e DUANE, D.B. 1974. Geomorphology and sediments of the inner Continental Shelf, Cape Canaveral, Florida: U.S. Army, Corps of Engineers, **Coastal Engineering Research Center Technical Memorandum** 42, 87 p.
- FISHER, J.J. 1968. Barrier island formation: discussion. **Geol Soc Am Bull** 79:1421-1426.
- FITZGERALD, D.M., CLEARY, W.J., BUYNEVICH, I.V., HEIN, C.J., KLEIN, A.H.F., ASP, N.E. e ANGULO, R.J. 2007. Strandplain Evolution along the Southern Coast of Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 50, 152-156.
- FORNARI, M. 2010. **Evolução sedimentar holocênica da retrobarreira na região de Jaguaruna-Laguna**, Santa Catarina. São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 290 pp.
- GERCO/SC. 2010. **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – Diagnóstico Sócio Ambiental dos Setores do Litoral de Santa Catarina**. Secretaria do Planejamento do Estado de Santa Catarina. p. 416.
- GERCOS/SC. 2004. **Entendendo o processo de gerenciamento costeiro para o litoral de Santa Catarina**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis
- GIANNINI, P.C.F. e SUGUIO, K. 1994. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários na costa centro-sul de Santa Catarina. *In*: CONGRESSO

BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário Camboriú, SC. **Resumos Expandidos...** Balneário Camboriú, SBG.p.402-403.

GIANNINI, P.C.F. 1993. **Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, Santa Catarina.** 475f. São Paulo. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GILBERT, G.K. 1885. The topographic features of lake shores. **US Geological Survey**, 5th Annual Report, pp 69-123

GUERRA, A.T. e GUERRA, A.J.T. 2009. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 7. ed. Riode Janeiro: Bertrand Brasil.

HEIN, C.J., FITZGERALD, D.M., CLEARY, W.J., ALBERNAZ, M.B., DE MENEZES, J.T. e KLEIN, A.H.F. 2013. Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: Implications for complex coastal response to environmental change. **Sedimentology**, v. 60, p. 469-502.

HESP, P.A. e SHORT, A.D. 1999. Barrier morphodynamics. In: Short AD (ed) **Handbook of beach and shoreface morphodynamics.** John Wiley & Sons, Chichester, pp 307-333.

HESP, P.A.; DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; AYUP-ZOUAIN, R.N. ;ESTEVES, L.S.; GRUBER, N.L.S. ;TOLDO-JR., E.E.; TABAJARA, L.L.C. e CLEROT, L.C.P.2005.Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n.3, p. 495-508.

HORN FILHO, N.O. 2003. Setorização da província costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, Florianópolis, v.18 (35), p. 284-288.

HORN FILHO, N.O., MACHADO, V.C., LEAL, R.A. e MALANDRIN, D.A. 2012. Coastal environments of the Santa Catarina coastal plain, southern Brazil. In: IAS MEETING OF SEDIMENTOLOGY, 29th, **Programme...** Schladming Dachstein, p. 245.

- HORN FILHO, N.O.; FELIX, A.; VIEIRA, C.V. e BAPTISTA, E.M. de C. 2010. Geologia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa de Garopaba do Sul, SC, Brasil. **Revista Discente Expressões Geográficas**, 6: p. 90 – 110.
- HORN FILHO, N.O.; SCHMIDT, A.D.; BENEDET, C.; NEVES, J.; PIMENTA, L.H.F.; PAQUETTE, M.; ALENCAR, R.; SILVA, W.B.; VILLELA, E.; GENOVEZ, R. & SANTOS, C.G. 2014. Estudo Geológico dos Depósitos Clásticos Quaternários Superficiais da Planície Costeira de Santa Catarina, Brasil. **Gravel**, 12 (1), 41-107.
- HOYT, J.H. 1967. Barrier island formation. *Geol Soc Am Bull* 78:1125–1136 *In*: ManDL, Ewing GC, Corliss JB (1966) Coastal sand dunes of Guerrero Negro, Baja California, Mexico. **Geol Soc Am Bull** 77(8):787–802
- JOHNSON, D.W. 1919. **Shore processes and shoreline development**: John Wiley & Sons, New York, p 584
- JOL, H.M. e SMITH D.G. 1991. Ground penetrating radar of northern lacustrine deltas. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 28: p. 1939-1947.
- JOL, H.M. e BRISTOW, C.S., 2003, GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide, in Bristow, C.S. and Jol, H.M., eds., GPR in Sediments: **Geological Society of London**, Special Publication 211, p. 9-27.
- JOL, H.M., SMITH, D.G. e MEYERS, R.A. 1996. Digital ground penetrating radar (GPR): a new geophysical tool for coastal barrier research (examples from the Atlantic, Gulf and Pacific Coasts, U.S.A.). **Journal of Coastal Research** 12, 960-968.
- KRAFT, J.C. e JOHN, C.J. 1979. Lateral and vertical facies relations of transgressive barrier. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, n.63, p.2145-2163.
- LEATHERMAN, J.C. 1976. Barrier island dynamics: overwash processes and eolian transport. **Proceedings** of the 15th Coastal Engineering Conference. Honolulu, HI. P. 1958-1974.

- LEATHERMAN, S.P. 1977. Overwash hydraulics and sediment transport. **Proceedings** of Coastal Sediments 77 Symposium. America Soc. Civil Engineers. Charleston, S.C. p. 135-148.
- LESSA G., ANGULO R.J., GIANNINI P.C.F. e ARAÚJO A.D. 2000. Stratigraphy and Holocene Evolution of a Regressive Barrier. In: South Brazil. **Marine Geology**, 165(1-4):87-108.
- LIMA, L.G., DILLENBURG, S.R., MEDEANIC, S., BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., TOMAZELLI, L.J., DEHNHARDT, B.A. e CARON, F. 2013. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 42, 27-38.
- MARTINHO, C.T.; GIANNINI, P.C.F. e SAWAKUCHI, A.O. 2006. Morphological and depositional facies of transgressive dunefields in the Imbituba-Jaguaruna region, Santa Catarina State, Southern Brazil. *In*: **Journal of Coastal Research**, SI 39, 673-677.
- MARTINHO, C.T.; DILLENBURG, S.R. e HESP, P.A. 2008. Mid to Late Holocene evolution of transgressive dunefields from Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. **Marine Geology**, 256, 49-64.
- MARTINS, E.M.; OLIVEIRA, J.F.; BITENCOURT, V.J.B.; SCARELLI, F.M.; ESTEVES, T.; MARTINHO C.T.; ROSA, M.L.C.C. e BARBOZA, E.G. 2014. Comportamento Evolutivo da Barreira Costeira junto ao Balneário do Camacho, Jaguaruna/SC. **Gravel**, 12 (1), 109-120.
- MEYERS, R., SMITH, D.G.; JOL, H.M. e PETERSON, C.D. 1996. Evidence for eight great earthquake-subsidence events detected with ground-penetrating radar, Willapa barrier, Washington. **Geology** 24, 99-102.
- MITCHUM Jr., R.M.; VAIL, P.R. e SANGREE, J.B. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphy interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. *In*: Payton, C.E (ed.), **Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration**. Tulsa, AAPG, 26, p. 117-133.

- MMA – Ministério do Meio Ambiente & MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006. Projeto Orla. Fundamentos para gestão integrada. 74 pp.
- MONTEIRO, C.A. de F. (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Departamento Estadual de Geografia e Cartografia. Conselho Nacional de Geografia. 1958.
- MORTON, R.A. 1994. Texas Barriers. *In*: Davis Jr. R.A (Ed.), **Geology of Holocene Barrier Island Systems**, Germany: Springer-Verlag, p. 75-114.
- NEAL, A. 2004. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. **Earth Science Reviews**, 66, p. 261-330
- NEAL, A.; PONTEE, N.I.; PYE, K.; RICHARDS, J. 2002. Internal structure of mixed-sand-and-gravel beach deposits revealed using ground-penetrating radar. **Sedimentology**, 49, p. 789-804.
- NETO, P.X. **Processamento e interpretação da dados 2D e 3D de GPR: Aplicações no imageamento de feições kársticas e estruturas de dissolução no campo de petróleo de Fazenda Belém-CE**. 2006. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 171p.
- ORSELLI, L. 1986. Climatologia. *In*: GAPLAN - SC. **Atlas de Santa Catarina**. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro, 38-39p.
- OTVOS, E.G. 2012. Coastal barriers – Nomenclature, processes, and classification issues. **Geomorphology**, 139 (140), 39-52.
- PAYTON, C.E. 1977. Seismic Stratigraphy — **Applications to Hydrocarbon Exploration**. Tulsa, AAPG, (Memoir # 26), 516 p.
- PRICE, W.A. 1951. Barrier island, not 'offshore bar'. **Science** 113:487–488
- REINSON, G.E. 1992. Transgressive Barrier Island and Estuarine Systems. *In*: WALKER RG, JAMES NP (ed.), **Facies Models- Response to Sea Level Change**. Geological Association of Canada, Stittsville, pp 179-194.

RODRIGUEZ, J. J. e WINDEVOXHEL, N. J. 1998. Análisis Regional de La situación de La zona marina costera Centroamericana. **BID**, Washington D. C. No – ENV 121.

ROSA, M.L.C.C., 2012. **Geomorfologia, padrões de empilhamento e potencial de preservação do registro estratigráfico dos sistemas deposicionais costeiros no Quaternário do Rio Grande do Sul**. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 246p.<<<http://hdl.handle.net/10183/66367>>>

ROSA, M.L.C.C., BARBOZA, E.G., DILLENBURG, S.R., TOMAZELLI, L.J. e AYUP-ZOUAIN, R.N., 2011. The Rio Grande do Sul (southern Brazil) shoreline behavior during the Quaternary: a cyclostratigraphic analysis. **Journal of Coastal Research**, SI 64, 686-690.

ROY, P.S.; COWELL, P.J.; FERLAND, M.A., e THOM, B.G. Wave Dominated Coasts.1994.*In*: Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D. (eds.), **Coastal evolution, Late Quaternary shoreline morphodynamics**. Cambridge. Cambridge University Press, pp. 121-186.

ROY, P.S.; ZHUANG, W-Y.; BIRCH, G.F., e COWELL, P.J. 1992.Quaternary geology and placer mineral potential of theForster-Tuncurry shelf, southeastern Australia. **Geological Report**: GS 1992/201, Department of Mineral Resources,NSW, 164pp.

SANTA CATARINA. Institui a Comissão Estadual para o Desenvolvimento do Projeto Orla (2005A). **Decreto n. 3.077, de 20 de abril de 2005**. Florianópolis: PalácioBarriga-verde, 2006. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/Desenvolvimento%20de%20Cidades/Gerco/DECRETO_N_3077_DECRETO_4015_porjeto_orla.doc. > Acesso em: 20 nov. 2015.

SAULE Jr., N. (coord.) (2006) - **Manual de regularização fundiária em terras da União**. 120p. Ministério doPlanejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Polis,São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8589199037, Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_Manual_regularizacao.pdf.> Acesso em: 20 de Nov. 2015.

SCHEIBE, L.F. 1986. Geologia de Santa Catarina - Sinopse Provisória.**Geosul**, 1: p.7-38.

- SCHERER, M; EMERIM, E., FELIX, A. & PRATA, P. 2014. **Gerenciamento costeiro municipal: uma abordagem metodológica. Município de Anchieta, ES.** Editora Nova Letra. 192 p.
- SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO – SPG, 2010. **Programação da implantação dos demais instrumentos do plano estadual de gerenciamento costeiro.** Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/gerco/documentacao-de-2009-2012-fase-1/fase-i/58-demaiss-instrumentos-estra-e-prop-gerco-sc-im/file>> Acesso em: 20 de Nov. 2015
- SHEPARD, F.P.1952. Revised nomenclature for depositional coastal features. **Am Assoc Petrol Geol Bull** 36:1902-1912.
- SHEPARD, F.P. 1960. Gulf coastal barriers. *In*: Shepard, F.P., Phleger, F.B., van Andel, T.H. (eds) **Recent sediments, Northwest Gulf of Mexico.** Am Assoc Petrol Geol, Tulsa, pp 197-220
- SIEGLE, E. e ASP, N.E. 2007. Wave refraction and longshore transport patterns along the Southern Santa Catarina coast. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.55, n. 2, p.109-120.
- SILVA, A.B.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C. e FRACALOSSO, F.G. 2012. Caracterização dos Depósitos Sedimentares em Subsuperfície no Setor Meridional da Planície Costeira de Santa Catarina. **Gravel**, 8 (1), p.1-7.
- STREIF, H.1989. Barrier islands, tidal flats, and coastal marshes resulting from a relative rise of sea level in East Frisia on the German North Sea coast. *In*: **Proceedings of KNGMG Symposium 'Coastal Lowlands, Geology and Geotechnology** (1987). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 213-223.
- SUGUIO, K. 1999. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (Passado + Presente = Futuro?).São Paulo: Paulo's Editora, p.366.
- SUGUIO, K.1992.**Dicionário de Geologia Marinha.** São Paulo: T. A. Queiroz.
- SWIFT, D.J.P. 1976. Continental shelf sedimentation. *In*: D.J. Stanley, D.J.P, Swift (eds.), **Marine sediment transport and environmental management**, pp.311-350. New York: Wiley.

- SWIFT, D.J.P. e THORNE, J.A.1991.Sedimentation on Continental Margins, I - A general model for shelf sedimentation. **Special Publication** of the International Association of Sedimentologists. vol. 14, pp.3-31.
- TAMURA, T., MURAKAMI, F., NANAYAMA, F., WATANABE, K., SAITO, Y. 2008.Ground-penetrating radar profiles of Holocene raised-beach deposits in the Kujukuri strand plain, Pacific coast of eastern Japan. **Marine Geology**, 248, 11-27.
- TANAKA, A.P.B.2010. **Sedimentologia, Cronologia e Dinâmica Progradacional das Planícies Costeiras de Campos Verdes e Ji (Laguna, SC)**. Mestrado. Universidade de São Paulo, SãoPaulo.113p.
- TOLDO, E.E., JR., DILLENBURG, S.R., ALMEIDA, L.E.S.B., TABAJARA, L.L., MARTINS, R.R., CUNHA, L.O.B.C. 1993. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas** 20, 27-32.
- TOMAZELLI, L.J e VILLWOCK, J.A. 2000.O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. *In*: HOLZ M e DE ROS LF (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul IG/UFRGS**, p.375-406.
- TOMAZELLI, L.J e VILLWOCK, J.A. 1992. ConsideraçõesSobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentosao Longo do Litoral Norte do Rio Grandedo Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências** 19: 3-12.
- TOMAZELLI, L.J. 1990. **Contribuição ao estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do Nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul, com Ênfase no Sistema Eólico**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. 270p.
- TRAVESSAS, F.A., DILLENBURG, S.R. e CLEROT, L.C.P. 2005. Estratigrafia e evolução da barreira holocênica do Rio Grande do Sul no trecho Tramandaí-Cidreira. **Boletim Paranaense de Geociências**, 961 57: p.57-73.
- VAN HETEREN S. & VAN DE PLASSCHE O. 1997. Influence of relative sea-level change and tidalinletdevelopment on barrier-spit stratigraphy, Sandy Neck, Massachusetts. **Journal of Sedimentary Research**, 67:350-363.

- VIEIRA, C.V.; FELIX, A.; BAPTISTA, E.M.C.; HORN FILHO, N.O. 2009. Paleogeografia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa de Garopaba do Sul, litoral sul do estado de Santa Catarina. **Geosul**, 24(47): 91-112.
- VILLWOCK, J.A. 1972. **Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre. 133 f. Dissertação (Mestrado de Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <<<http://hdl.handle.net/10183/1482>>>
- VILLWOCK, J.A. e 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 Fº, N.O., BACHI, F.A.; DENHARDT, B.A., 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. *In*: Rabassa, J. (ed.), **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**, 4, 79-97.
- VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; LOSS, E. L. DEHNHARDT, E.A.; HORN, N.O.; BACHI, F.A. e DEHNHARDT, B.A.1986.Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. *In*: RABASSA. J. (ed.), **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**, 4, 79-97.
- VILLWOCK, J.A.1984. Geology of the coastal province of *Rio Grande do Sul*, southern Brazil: a synthesis. **Pesquisas**, 16: p.5-49.
- ZENKOVICH, V.P. 1967. Processes of coastal development (Translated by OG Fry and JA Steers). Oliver & Boyd.

2. CORPO PRINCIPAL – ARTIGO SUBMETIDO

O artigo apresentado como corpo principal desta Dissertação foi submetido à Revista Pesquisas. A carta comprovando a submissão está no item dos Anexos (Anexo 1).

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E EVOLUTIVA DO LITORAL SUL DE JAGUARUNA, SC/BRASIL: SUBSÍDIOS À GESTÃO COSTEIRA

*Renato A. LEAL¹, Eduardo G. BARBOZA², Marinez E. SCHERER³

*Autor para correspondência

¹releals@gmail.com - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre – RS. Caixa Postal 15001, CEP 10 91509.900.

²eduardo.barboza@ufrgs.br - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre – RS. Caixa Postal 15001, CEP 18 91509.900.

³marinezscherer@gmail.com - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências, Campus Universitário - Trindade, Florianópolis/SC – Brasil CEP 88040-970

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E EVOLUTIVA DO LITORAL SUL DE JAGUARUNA, SC/BRASIL: SUBSÍDIOS À GESTÃO COSTEIRA

RESUMO

Compreender os processos evolutivos que ocorreram para a conformação atual do ambiente costeiro é de suma importância para estudos relacionados ao planejamento e a gestão do litoral. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a barreira costeira holocênica do setor sul de Jaguaruna-SC, do ponto de vista geológico, geomorfológico e evolutivo, através de dados de superfície e de subsuperfície, a fim de subsidiar a gestão costeira da região. O estudo foi realizado com base na interpretação de fotografias aéreas e na análise de dados geofísicos de GPR. Em superfície, foram identificados quatro depósitos sedimentares compondo a barreira costeira: Depósito Eólico, Depósito Marinho Praial, Depósito Lagunar Praial e Depósito Paludial. Do ponto de vista geomorfológico, esses depósitos se apresentam na forma de dunas, praia, planície de cordões litorâneos e banhados, respectivamente. Além destes, cristas de precipitação e paleocanais se destacam na morfologia da barreira. Quanto às informações de subsuperfície, a principal observação está relacionada à influência do rio Urussanga sobre o ambiente marinho e praial durante a evolução da barreira. A presença de paleocanais em subsuperfície, juntamente com outras informações identificadas em superfície, permitiram caracterizar o comportamento evolutivo da barreira como regressiva. As seções de GPR possibilitaram identificar os paleocanais devido à presença de uma superfície erosiva em forma côncava, com alta amplitude e continuidade lateral. Acima dessa superfície ocorre o preenchimento dos canais em fases distintas. Estas informações de caráter geológico e geomorfológico têm implicações importantes para o planejamento e gestão territorial. O litoral sul de Jaguaruna é uma das poucas áreas costeiras do município que se encontra em estágio inicial de ocupação. No entanto, possui muitas restrições à ocupação que devem ser consideradas nesta urbanização.

GEOLOGICAL, GEOMORPHOLOGICAL AND EVOLUTION CHARACTERISTICS OF SOUTH COASTAL OF JAGUARUNA, SC/BRAZIL: SUBSIDY TO COASTAL MANAGEMENT

ABSTRACT

Understanding the evolutionary processes that occurred for the current conformation of the coastal environment is very important for studies related to the planning and management of the coast. This study aims to characterize the Holocene coastal barrier southern sector of Jaguaruna-SC, geological, geomorphological and evolutionary point of view, through surface and subsurface data in order to support the coastal management in the region. The study was based on interpretation of aerial photographs and geophysical analysis of GPR data. In Surface, were identified four sedimentary deposits composing the coastal barrier: Eolic deposit, Beach-Marine deposit, Beach-Lagoonal deposit and Paludal deposit. The geomorphological point of view, these deposits are in the form of dunes, strandplain and wetlands, respectively. Beside these, precipitation ridges and paleochannels stands out in the morphology of the barrier. About the subsurface information, the main observation is related to the influence of the Urussanga river on the marine and beach environment during the barrier evolution. The presence of paleochannels in subsurface, along with other information identified in surface, allowed to characterize the evolutionary behavior of the barrier as regressive. The GPR sections enable to identify the paleochannels due to the presence of concave erosive surface with high amplitude and lateral continuity. Above these surface occurs channels filling in different phases. These geological and geomorphological information has important implications for the planning and territorial management. The southern coast of Jaguaruna is one of the few coastal areas of the municipality which is found in early stages of occupation. However, it has many restrictions on the occupation that must to be considered in this urbanization.

1. INTRODUÇÃO

As barreiras costeiras representam 15% do total de linha de costa do mundo (Otvos, 2012). A origem do termo barreira costeira está relacionada ao fato de representarem uma barreira física entre o oceano e o continente. Nesse sentido, tem-se a definição de barreira costeira como “*uma feição arenosa alongada, emersa, que protege um corpo aquoso, correspondente a laguna, estuário ou baía, da ação direta das ondas oceânicas*” (Fisher & McGowen, 1969; Boyd *et al.*, 1992; Morton, 1994).

Entretanto, nem sempre existe um corpo aquoso em sua retaguarda, definições mais atuais que abordam a forma, e não mais a função das barreiras, tem sido utilizada. Nessa abordagem, Dillenburg & Hesp (2009) definem barreira costeira como “*uma estrutura paralela à linha de costa formada por acumulação de areia, cascalho, conchas e quantidades pequenas de matéria orgânica, decorrente da ação de ondas, marés e ventos*”.

Segundo Dillenburg & Hesp (2009), esta feição morfológica é o elemento deposicional de maior importância de costas dominadas por ondas e de baixo gradiente, ocorrendo especialmente em costas de margens continentais passivas (*trailing edge coasts*), onde as topografias costeiras são mais suaves e os sedimentos são mais abundantes. Davis e Hayes (1984), afirmam que nestas costas o transporte sedimentar através da ação de ondas predomina sob a força de maré, sendo normalmente associada aos ambientes de micromaré.

As barreiras costeiras são parte integrante da formação e evolução das planícies costeiras do sul do Brasil. São formadas e evoluem pela ação e processos associados às variações do nível do mar, energia de ondas, declividade da plataforma, amplitude das marés, balanço de sedimentos, geometria da costa e da topografia antecedente (Curry, 1964; Davis & Hayes, 1984; Lessa *et al.*, 2000; e Dillenburg & Hesp, 2009).

No Brasil, o estudo da evolução das planícies costeiras durante o Holoceno teve seu início na década de 60. No entanto, foi com a proposta de Villwock *et al.* (1986) de aplicar o modelo de sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira que houve o crescimento de estudos nesse sentido. Na planície costeira do Rio Grande do Sul destacam-se diversos trabalhos, como Tomazelli (1990), Villwock & Tomazelli (1995), Dillenburg (1994), Dillenburg *et al.* (2000, 2004, 2006, 2009, 2013), Clerot (2004), Travessas (2005), Martinho *et al.* (2008), Tomazelli *et al.* (2008), Barboza *et al.* (2009, 2010, 2011ab, 2013), Lima *et al.* (2013), Rosa (2012) e Rosa *et al.* (2011) cada qual com enfoques e áreas distintas, contribuindo para o entendimento da evolução desta região.

Em Santa Catarina os trabalhos sobre evolução de planícies costeiras são mais atuais e ainda há poucos trabalhos. Destacam-se os trabalhos de Fornari (2010), Tanaka (2010), Hein *et al.* (2013), Barboza *et al.* (2009, 2014a), Biancini da Silva *et al.* (2011, 2014, 2016), Dillenburg & Barboza (2014) e Dillenburg *et al.* (2011, 2014).

O presente trabalho discorre sobre a evolução da barreira costeira holocênica do setor Sul do município de Jaguaruna. A barreira holocênica representa a região mais dinâmica da planície costeira em estudo. Apesar da pequena representação geográfica é um sistema que sofre pressões antrópicas por constituir-se em um ambiente de interesses múltiplos e de sobreposição de atividades. É na

barreira holocênica que importantes ecossistemas costeiros estão presentes, como dunas, restingas, banhados, manguezais e praias.

Na busca pela conservação e gestão do espaço costeiro, o Estado de Santa Catarina instituiu o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro - GERCO/SC, o qual seguiu os passos da Lei Nacional do Gerenciamento Costeiro e estabeleceu normas e instrumentos para o uso e ocupação da zona costeira catarinense. Tanto o Plano Nacional, quanto o Estadual têm como uma das finalidades principais estabelecer estratégias para ordenar as formas de uso e ocupação do litoral.

Entender os mecanismos envolvidos na formação e evolução das barreiras costeiras holocênicas é necessário para que se haja um planejamento territorial e manejo dos sistemas ambientais de maneira adequada. Neste contexto, delineou-se como objetivo principal a caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva da barreira costeira holocênica do setor sul de Jaguaruna, Santa Catarina.

2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A costa de Jaguaruna está situada ao sul do Cabo de Santa Marta e compreende aproximadamente 38 km de costa, com orientação preferencial de Nordeste – Sudoeste, exposta a todas as direções de ondas e ventos. Ao longo de sua extensão sangradouros desembocam no oceano, os quais desempenham importante papel na drenagem da zona costeira e remobilização de sedimentos das dunas e face de praia (Calliari *et al.*, 2005). Os cursos d'água de maior influência são os que limitam o município, ao norte o canal do Camacho, e ao sul a desembocadura do Rio Urussanga.

Gruber *et al.* (2014) elaboraram a setorização da orla Jaguaruna em setor Norte, Central e Sul, a partir dos estados morfodinâmicos da praia. A área de estudo abrange a barreira holocênica do Setor Sul do município de Jaguaruna, o qual envolve o balneário Torneiro, localizado no extremo sul do município (Figura 1).

Os aspectos geológicos e geomorfológicos da área de estudo e suas adjacências foram estudados e caracterizados por alguns autores, dentre eles Giannini (1993), Giannini e Suguio (1994), Martinho *et al.* (2006), Vieira *et al.*, (2009), Fornari (2010), Tanaka (2010), Horn Filho *et al.* (2010, 2014), Barboza *et al.* (2014b), Dillenburg & Barboza (2014), Martins *et al.* (2014) e Cristiano *et al.* (2015).

Vieira *et al.* (2009) propuseram um modelo paleogeográfico sintetizado em quatro estágio evolutivos com base nas variações do nível do mar, desde a regressão do Pleistoceno inferior (>120 ka AP) até o início da regressão do máximo holocênico (~5,4 ka AP). Esta proposta é similar ao modelo evolutivo Laguna-Barreira proposto por Villwock *et al.* (1986) e Tomazelli e Villwock (2000) para o Rio Grande do Sul, também utilizado em alguns trabalhos para o litoral sul catarinense. No entanto, em grande parte da planície costeira catarinense há somente o registro dos mais recentes Sistemas Laguna-Barreira: pleistocênico (Barreira III), e holocênico (Barreira IV).



Figura 1: a) Localização da área de estudo com limites da barreira holocênica. b) Município de Jaguaruna (em amarelo) e setor sul de Jaguaruna (em vermelho).

O clima na região é do tipo Cfa, na classificação de Koeppen (1948 *apud* MONTEIRO, 1958), subtropical úmido mesotérmico, sem a presença de estação de seca e com verões quentes (MONTEIRO, 1958). O Anticiclone Tropical do Atlântico Sul predomina nos meses de primavera-verão, trazendo ventos de leste a nordeste e no outono-inverno, a área é atingida pelo Anticiclone Móvel Polar, com ventos de sul ao sudoeste (ORSELLI, 1986).

As características das ondas refletem o regime de vento sobre o Atlântico Sul. Portanto, durante as estações primavera e verão, a direção predominante das ondas é do quadrante leste. Já nos meses de outono e inverno a passagem dos sistemas frontais produz ventos e ondas do quadrante sul.

A altura significativa das ondas é de 1,15m (de leste), e 2 m (de sul), com períodos na faixa de 08 e 12 segundos, respectivamente (ARAÚJO *et al.*, 2003). A costa tem regime de marés semi-diurna e é microtidal com uma gama média de 0,5 m. Relacionada com as marés meteorológicas, a amplitude pode ser mais expressiva na região e alcançar um pouco mais de 1m (GIANNINI, 1993).

A deriva litorânea no sul de Santa Catarina é controlada pelas ondas do quadrante sul, que apesar de menos frequentes são mais intensas. Entretanto, é relevante salientar que Siegle & Asp (2007) concluíram que entre a desembocadura do rio Araranguá e o cabo de Santa Marta, num período anual, a deriva possui um caráter bidirecional, e apresenta uma clara diminuição no potencial de transporte. Segundo Siegle & Asp (2007), a deriva predomina para norte nos meses de outono, inverno e verão, e para sul na primavera.

Esse comportamento é decorrente da mudança na orientação da linha de costa nesse setor. As ondas de sul incidem na costa de maneira mais perpendicular ($\sim 90^\circ$), diminuindo a efetividade da deriva *longshore*, predominando o transporte *onshore*, e um equilíbrio no transporte longitudinal anual (Siegler & Asp, 2007).

3. MATERIALE MÉTODOS

Para a caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva da barreira costeira holocênica foi realizado levantamento de informações em superfície e em subsuperfície. Dados de superfície foram obtidos a partir de análises de fotografias aéreas históricas, ortofotos atuais e imagens de satélite. Para caracterização em subsuperfície foram realizados perfis geofísicos com o uso de GPR ao longo da área de estudo.

3.1 Levantamento Geológico e Geomorfológico de Superfície

O levantamento geológico e geomorfológico de superfície foi realizado utilizando procedimentos clássicos e consolidados sobre a temática. Basicamente foi elaborado em quatro etapas: revisão bibliográfica, fotointerpretação, vistorias *in loco* e confecção do mapa temático final.

Na revisão bibliográfica documentos cartográficos foram obtidos em meio analógico e digital de acordo com a disponibilidade. Esta etapa consistiu em obter o maior número de fontes e materiais em diferentes escalas espaciais e temporais da área de estudo. Dentro os materiais obtidos ressaltam-se as aerofotos de 1938, 1957 e 1978, e as ortofotos de 2010, todas cedidas pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) de Santa Catarina.

O trabalho de fotointerpretação compreendeu primeiramente o georreferenciamento das aerofotos, o qual utilizou pontos de controle das ortofotos de 2010. Após isso, foi realizada a identificação das unidades geológicas e geomorfológicas através da interpretação das fotografias aéreas, considerando os seguintes fatores: textura, tonalidade, estruturas, formas topográficas características e posição geográfica em relação à linha de costa atual. Além das aerofotos e ortofotos, imagens de satélites obtidas no software *Google™ Earth Pro* serviram de apoio à interpretação.

Para conferir as informações obtidas na fotointerpretação realizou-se os trabalhos de campo. O objetivo principal foi descrever as unidades mapeadas ao longo da área de estudo e também registrá-las fotograficamente, para corroborar com as análises feitas em ambiente computacional.

3.2 Radar de Penetração de Solo (GPR)

O GPR é um método geofísico que emprega ondas eletromagnéticas de alta frequência (de 40 a 400 MHz em estudos geológicos costeiros) para localizar estruturas e feições geológicas rasas em subsuperfície. No presente estudo o GPR foi dividido em três etapas: aquisição, processamento e interpretação. Na aquisição estão envolvidas questões relacionadas com o método de levantamento e com a seleção dos equipamentos (Barboza *et al.*, 2014c).

O equipamento utilizado na aquisição dos dados foi o GPR da empresa GSSI™ (*Geophysical Survey Systems, Inc.*) modelo SIR-3000, uma antena de contato com frequência central de 200 MHz. O arranjo utilizado foi *Common Offset* monoestático que consiste no deslocamento simultâneo da antena receptora e transmissora, mantendo uma distância fixa entre elas de 0,5 m. A antena foi acoplada a um veículo que a transportou orientadas perpendicularmente ao sentido de deslocamento, com velocidade média de 20 km/h.

Desta forma, obtiveram-se seções contínuas de imageamento sob a linha de deslocamento da antena. A profundidade das janelas atingiu de 200 a 400 ns, as quais correspondem as profundidades aproximadas entre 10 e 20 m. Cada traço de seção representa o empilhamento de 32 leituras (*stacking*), tendo sido aplicado um ganho do tipo AGC (*Automatic Gain Control*), com a finalidade de equalizar a amplitude dos traços. A constante dielétrica utilizada durante a aquisição foi a de valor 10, que representa uma velocidade de 0,09 m/ns, geralmente relacionada a depósitos arenosos (Davis & Annan, 1989).

As correções dos dados altimétricos foram feitas através do acoplamento do sistema de GPR a um sistema de posicionamento GNSS no modo cinemático, gerando um arquivo de posicionamento espacial e altimétrico para as devidas correções das seções.

A segunda etapa do trabalho consistiu no processamento das seções. De acordo com Rosa (2012), o que define os métodos de processamento a serem utilizados são os objetivos e os tipos de feições que se deseja identificar. Sendo assim, é importante atentar para o fato que o objetivo do processamento é eliminar ou minimizar os dados considerados com ruídos, ressaltando o dado que pode ser considerado informação.

Os dados foram processados nos programas RADAN™ e PRISM® para a aplicação de filtros limitantes de frequência, remoção de ruídos contínuos (*background removal*), ganho de sinal e correções de constante de aquisição (profundidade). As interpretações das radarfácies seguiram o método da sismoestratigrafia adaptado por Neal (2004), baseado nas terminações (*onlap*, *toplap*, *downlap* e truncamentos) e no padrão e geometria dos refletores (Mitchum Jr. *et al.*, 1977). Radarfácies refere-se às diferenças visíveis no padrão de reflexão de uma seção de GPR, ocasionadas por feições com características estruturais e texturais em subsuperfície (Van Overmeeren, 1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados subdivididos de acordo com os métodos aplicados. A análise geológica e geomorfológica de superfície é resultado das informações obtidas pelas técnicas de geoprocessamento (SIG e Sensoriamento Remoto); as informações referentes a arquitetura deposicional são decorrentes das interpretações realizadas sobre os dados geofísicos do GPR. As discussões foram realizadas concomitantemente aos resultados.

4.1 Análise geológica e geomorfológica de superfície

Com base na interpretação de fotografias aéreas e de imagens de satélite, e nas observações realizadas em campo, elaborou-se o mapa geológico-geomorfológico e da área de estudo na escala aproximada de 1:18.000 (Figura 2).

A caracterização e nomenclatura utilizada para os depósitos sedimentares seguiram os padrões de Horn Filho *et al.* (2012), o qual classifica os depósitos da barreira holocênica em depósitos litorâneos ou transicionais. Na área de estudo identificou-se quatro depósitos distintos: Depósito Marinho Praial, Depósito Lagunar Praial, Depósito Eólico e Depósito Paludial.

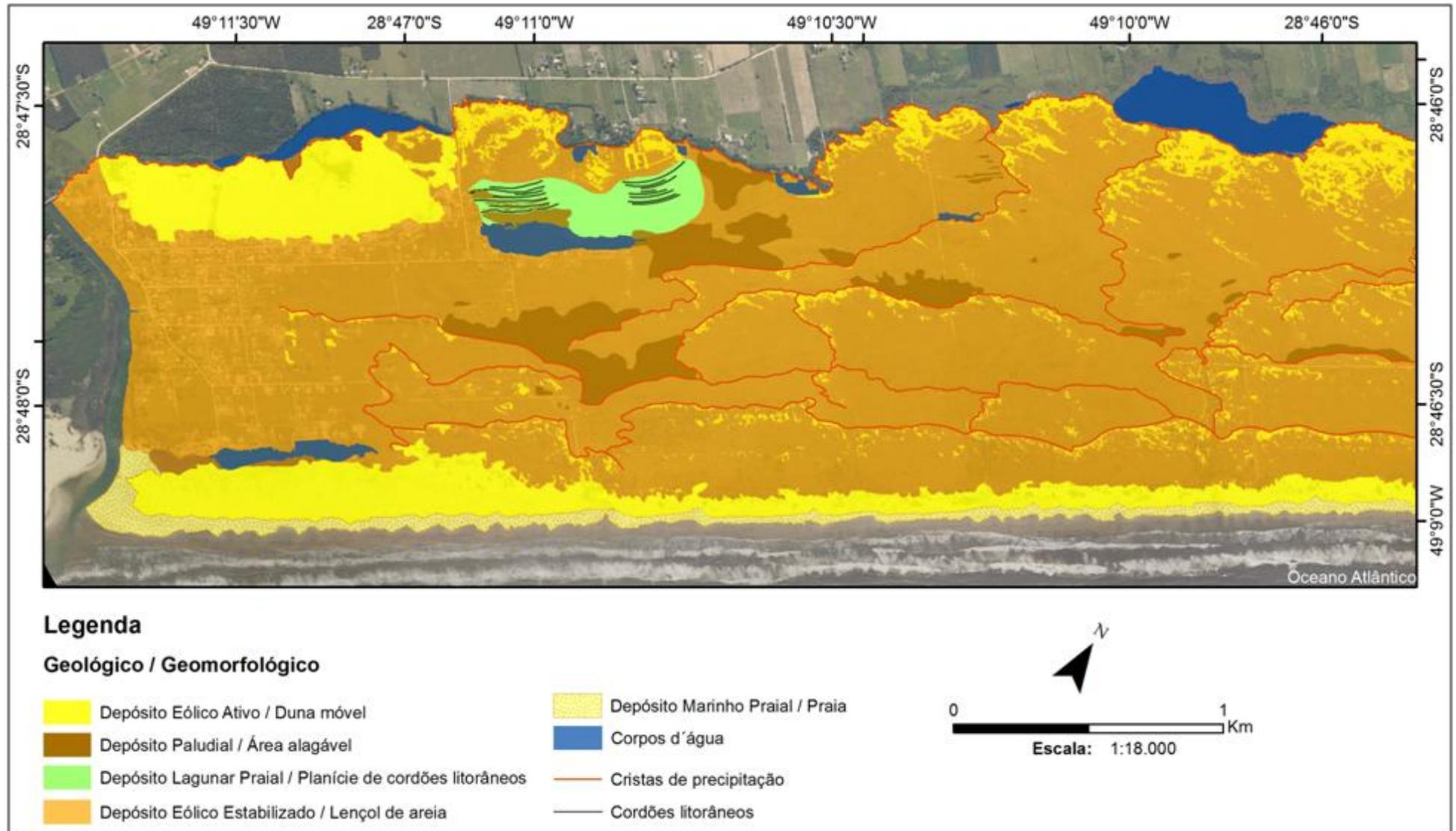


Figura 2: Mapeamento geológico-geomormofológico da barreira costeira holocênica do setor sul de Jaguaruna.

O **Depósito Marinho Praia** corresponde parte dos sedimentos da barreira arenosa do pós-praia e da antepraia, representado geomorfologicamente pelas praias atuais. É um ambiente dinâmico, modificado a todo instante pelos processos marinhos costeiros, como ondas, marés, correntes litorâneas e ventos. É delimitado ao oeste pelas dunas frontais e ao leste pelo nível de maré baixa. Na área de estudo, o pós-praia tem uma extensão que varia entre 25 e 60 m. Devido a constante ação de ventos do quadrante nordeste, grande parte desse segmento da praia encontra-se com areia úmida, pois a areia seca está constantemente sendo transportada pela ação eólica.

Devido a presença de cordões litorâneos próximo às lagoas designou-se a área como **Depósito Lagunar Praia**, pois essas feições são típicas de ambiente marinho costeiro. Esses depósitos se expressam como feição geomorfológica, denominada cordão litorâneo (*beach ridge*) ou crista litorânea, e consiste em um depósito praiado (cordão/crista de praia) de orientação paralela à linha de costa, de natureza relíquia, preservados por vegetação e separados uns dos outros por depressões (cavas). Ocorrem tanto em costas oceânicas quanto em corpos aquosos confinados ou semiconfinados (Woods & Leahy, 1983). O segundo caso ocorre na área de estudo, onde aproximadamente 15 cordões estão em evidência na morfologia atual da barreira.

Diversos estudos discorrem sobre os processos dominantes para gêneses dos cordões, mas de uma maneira geral quatro processos são dominantes: (i) ondas de tempestade, (ii) ondas de tempo bom, (iii) variação do nível de base e (iv) processos eólicos, os quais muitas vezes agem em combinação (e.g. Tanner, 1996; Otvos, 2000; Hesp, 2006; Tamura, 2012; Bitencourt, 2015).

Quanto a classificação, Tanner (1995) propôs uma síntese com quatro categorias, de acordo com os processos envolvidos na gênese dos depósitos, nos quais foram classificadas em: (i) Espreadimento, (ii) *Setting lag*, (iii) Eólicos e (iv) nível d'água elevado por tempestade.

A origem dos cordões na área de estudo está relacionada aos processos envolvidos na colmatação da lagoa. Os ventos de nordeste transportavam sedimentos dos campos de dunas, que ao mesmo tempo em que aportava sedimento para formação dos cordões, diminuía o nível de base da lagoa devido a colmatação. Esses ventos também produziam, e ainda produzem ondas no interior da lagoa, sendo assim, o processo de espreadimento também foi componente na formação dos cordões. Aliado a esses processos ainda ocorreu a diminuição do nível de base resultado da regressão marinha ocorrida no Holoceno.

Assim, definir uma classificação específica para os cordões em questão não é adequado, pois sua gênese é resultado da combinação de diversos processos. No entanto, a identificação dos cordões, tanto em lagoas como em praias, é de suma importância paleoambiental e paleogeográfica pela capacidade de ser utilizados como *proxies*, neste caso, de oscilação de nível de base e variações climáticas.

O **Depósito Eólico** tem como agente dominante o vento, principal responsável pela forma das feições geomorfológicas do tipo duna. Os sedimentos constituintes desse depósito são geralmente compostos de areias quartzosas bem selecionadas, com tamanho de grão predominantemente areia

finas. O sistema eólico está representado por duna frontal (instável e estável), campo de dunas interior e lençóis de areia transgressivos (*transgressive dune sheets*).

As dunas frontais ocorrem com duas morfologias distintas na área de estudo. Hesp (2000) discorre sobre os tipos de dunas frontais, classificando em cinco tipos. Essa classificação leva em consideração a estabilidade da duna, conforme o estágio da vegetação e o nível de erosão da duna frontal (Figura 3).

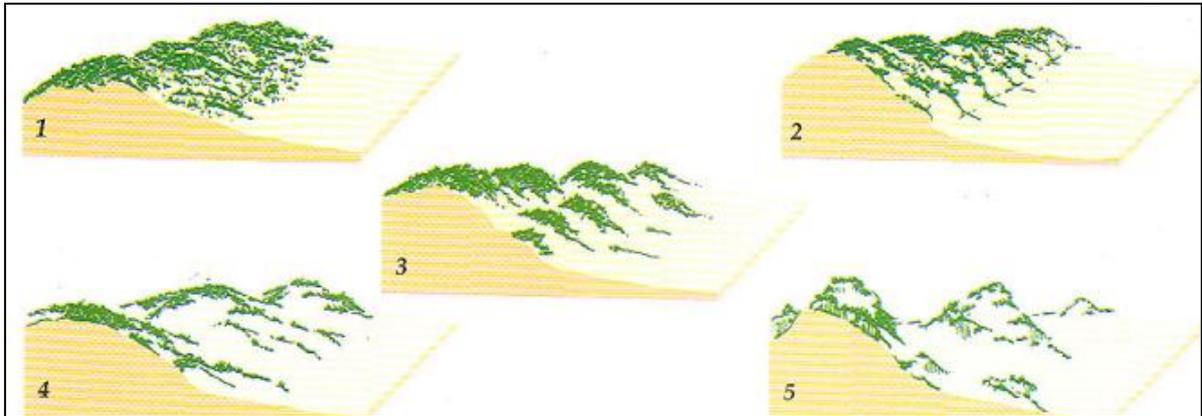


Figura 3: Tipos de dunas frontais variando de estável e vegetada (tipo 1) a altamente erosiva (tipo 5) (Hesp, 2000).

Da desembocadura do rio Urussanga até cerca de 1,4 km ao norte existe a formação de dunas frontais instáveis (Figura 5b). Estas dunas alcançam 250 m de extensão continente adentro, na forma de pequenos cômodos com vegetação incipiente, a qual, segundo a proposta de Hesp (2000), correspondem ao tipo 5.

Essas dunas vão diminuindo sua extensão em direção ao norte da desembocadura do rio Urussanga, e em torno de 1,4 km mudam sua característica, passando a apresentar uma morfologia típica de duna frontal estável, com cordão frontal bem definido com uma altura aproximada de 2,5 m. Essa morfologia de duna frontal se enquadra no tipo 2 da classificação de Hesp (2000).

A diferença morfológica que ocorre nas dunas frontais ao longo da costa está relacionada à influência do suprimento sedimentar da descarga do rio Urussanga e à dinâmica da desembocadura sobre os depósitos praias e eólicos adjacentes.

A deriva litorânea na região é bidirecional (Siegle & Asp, 2007). Essa variação influencia no transporte e deposição dos sedimentos no sistema praias ao longo da costa. Quando a deriva predomina para nordeste, a desembocadura do rio acompanha, e os sedimentos trazidos pelo rio são transportados e depositados ao norte do estuário, ocasionando um acúmulo de sedimento no sistema praias; no momento que a deriva predomina para sul, a desembocadura também migra, transportando e depositando os sedimentos ao sul do estuário.

Quando essa inversão ocorre provoca um déficit sedimentar nas adjacências ao norte, originando um período de erosão nesse setor. Através da análise da linha de costa entre os anos de 1978 e 2010 é possível observar que ocorre uma diminuição na taxa de erosão conforme se distancia da desembocadura (Figura 5). Além disso, a dinâmica da desembocadura retrabalha os depósitos

praias e eólicos adjacentes ao rio, tanto ao norte quanto ao sul do estuário, tornando-os mais instáveis e dificultando a estabilização das dunas frontais (Figura 4d). Esse processo fica evidente ao observar que as dunas frontais se apresentam mais estabilizadas quanto mais distantes da desembocadura (Figura 5).

No limite noroeste da área de estudo há um extenso campo de dunas móvel. Apesar de não apresentar indícios de estabilização, não existe mais aporte de sedimento para mantê-lo, logo, a tendência é sofrer o mesmo processo do restante da barreira, e tornar-se um lençol de areia estabilizado.

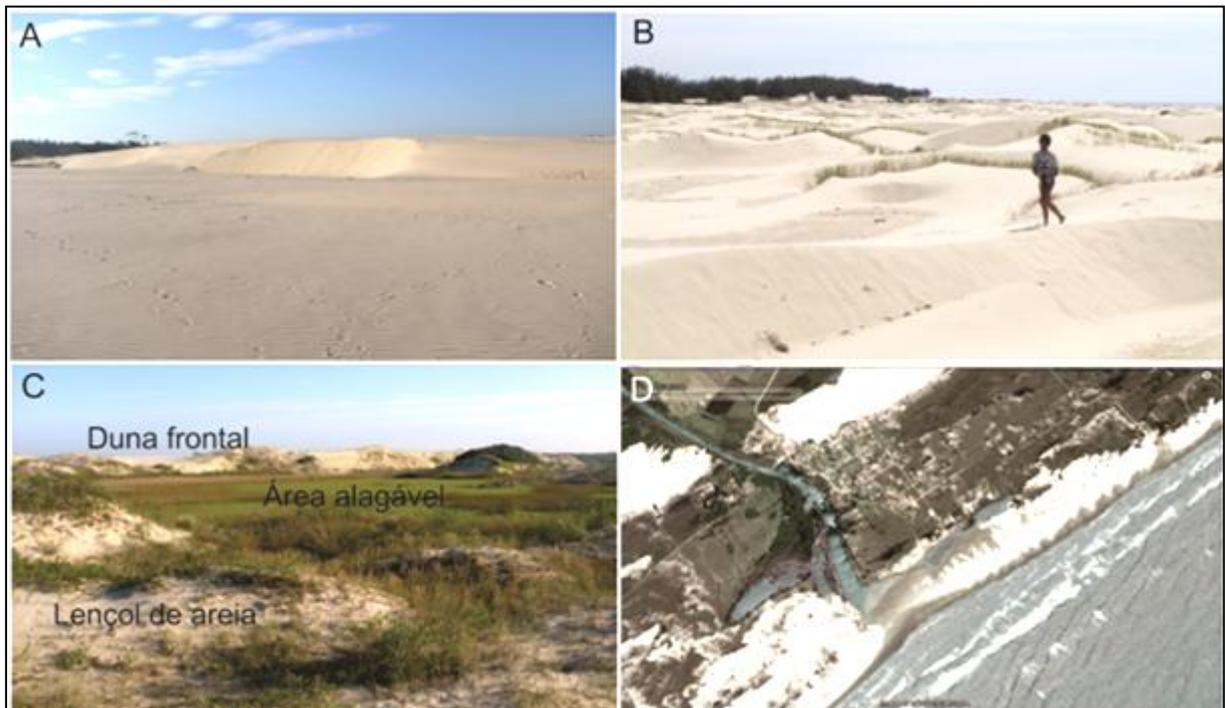


Figura 4: a) Campo de dunas ativo localizado no extremo noroeste da área de estudo. b) Campo de dunas transgressivo na forma de pequenos cômoros e vegetação incipiente. c) Em primeiro plano o lençóis de areia em processo de estabilização. Ao fundo da imagem a presença da duna frontal; entre eles a presença do Depósito Paludial, representado por uma planície alagável. d) Imagem do *Google™ Earth* do ano de 2007 mostrando a dinâmica do rio Urussanga retrabalhando os depósitos praias e eólicos adjacentes.

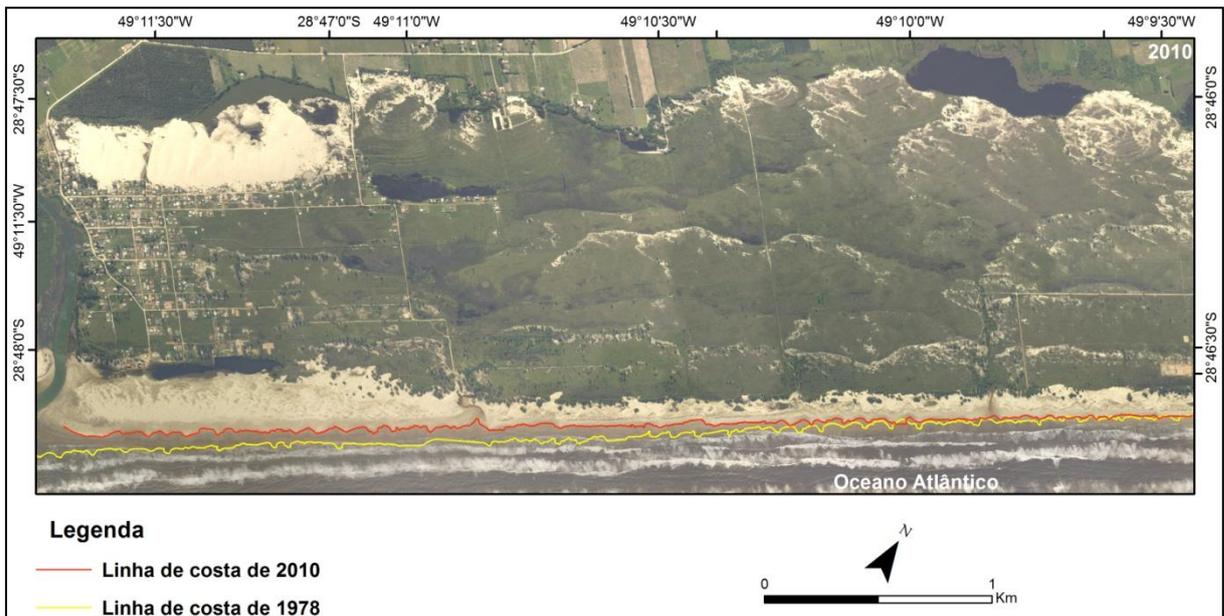


Figura 5: Análise multitemporal do comportamento da linha de costa do litoral sul de Jaguaruna, indicando erosão nos últimos 30 anos, nas adjacências da desembocadura, com tendência a estabilidade em direção ao norte.

Os **lençóis de areia** recobrem grande parte da barreira na forma de lençóis de areia vegetados, com pequenas áreas esparsas ainda sem vegetação. Caracterizados por Tomazelli (1994), os lençóis correspondem a acumulações arenosas promovidas pelo vento sem que ocorra o desenvolvimento de morfologia de duna.

Uma feição bastante marcante são as cristas de precipitação (*precipitation ridges*) destes lençóis de areia. São cristas de areia longas e estreitas, formadas pela saltação dos sedimentos caindo sobre a vegetação nas margens externas do campo de dunas (Hesp & Tom, 1990; Hesp, 2004). Observam-se aproximadamente quatro fases/pulsos limitados por essas cristas (Figura 6). Segundo Hesp (2000), o entendimento dos mecanismos ou fatores responsáveis pela inicialização dessas fases/pulsos de desenvolvimento de dunas ainda são extremamente limitados. Entretanto, Hesp *et al.* (2007) discorrem teorias sobre a formação dessas feições, a qual associa essas fases a três hipóteses: mudanças do nível de base, mudanças climatológicas e alterações no aporte de sedimento.

Com base na análise de fotografias pretéritas foi possível identificar a migração das dunas sentido continente mesmo após a estabilização dessa cobertura eólica da barreira (Figura 7). Isto ocorre, pois mesmo que não haja mais aporte de sedimento para o campo de dunas devido a estabilização, ainda ocorre a disponibilidade de sedimentos no próprio campo, o qual continua migrando pela ação dos ventos de nordeste.

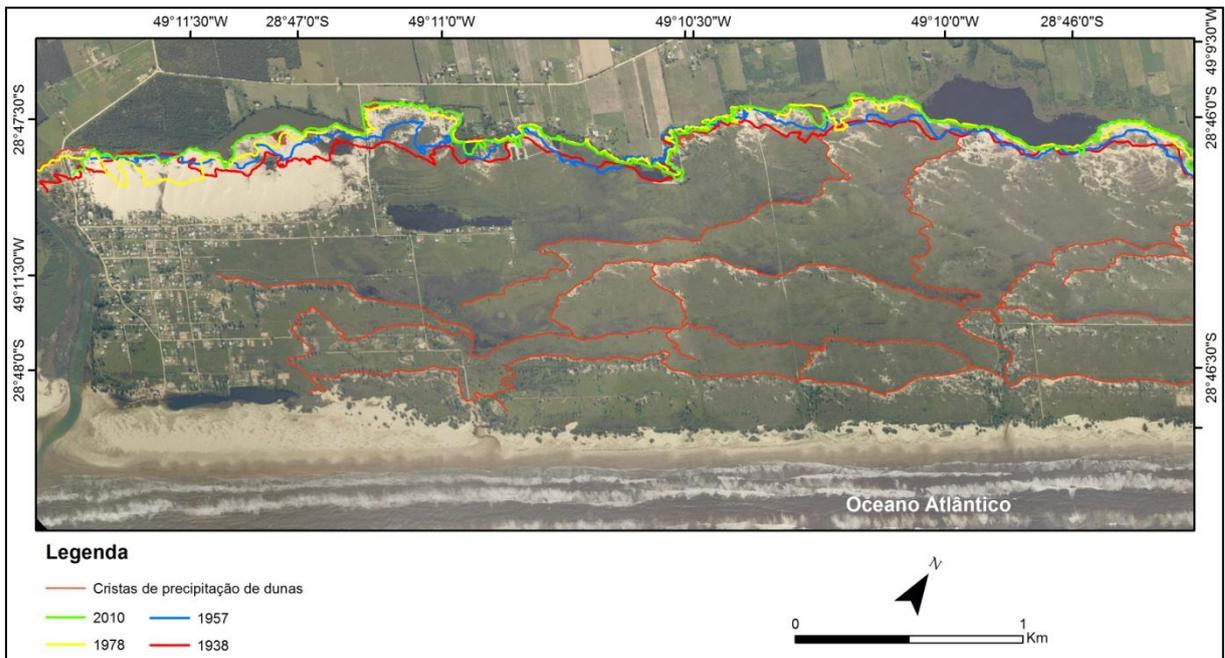


Figura 6: Análise multitemporal da migração das dunas e identificação das cristas de precipitação presentes na barreira.

A análise também permitiu visualizar que em 1938 a barreira em questão apresentava um extenso e ativo campo de dunas transgressivo. Nas imagens de 1976 é evidente o aumento da cobertura vegetal e consequente estabilização desse campo, resultando na diminuição das dunas móveis. Atualmente, a cobertura vegetal tomou quase que por completo a barreira (Figura 7).

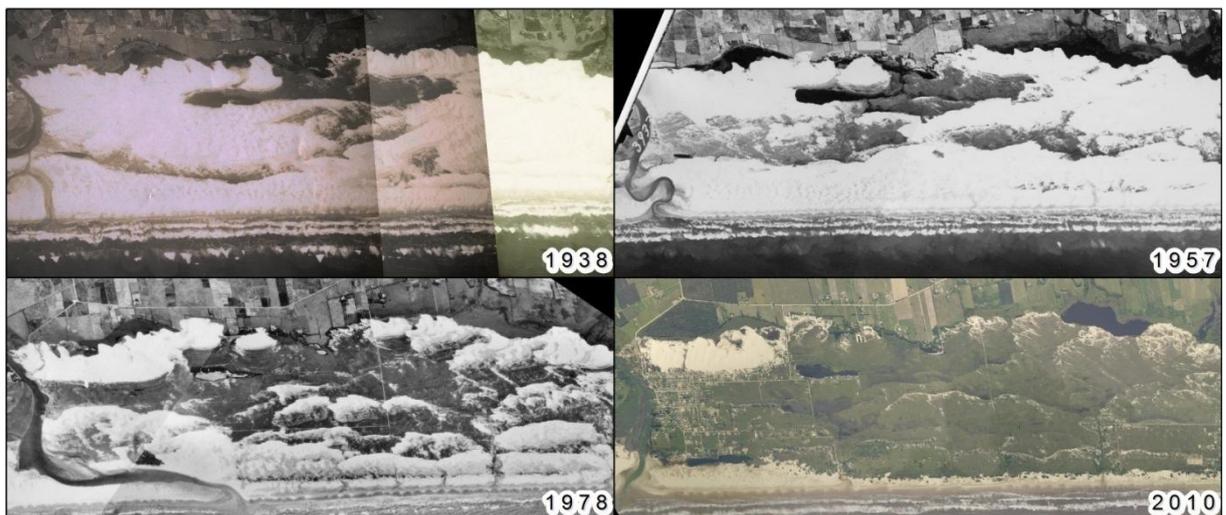


Figura 7: Conjunto de fotografia aérea evidenciando a estabilização e consequente diminuição do campo de dunas ativo, entre 1938 e 2010.

Miot da Silva *et al.* (2013) discorrem sobre essas mudanças geomorfológicas ocorridas nos campos de dunas no sul do Brasil, e atribuem como principal fator as variações climáticas regionais decorrentes da Oscilação Decadal do Pacífico e dos eventos de El Niño. De acordo com os autores, após a segunda metade do século XX houve um aumento da temperatura e das chuvas, e também uma diminuição na velocidade dos ventos, contribuindo para o estabelecimento da vegetação e estabilização dos campos de dunas. Com maior disponibilidade de água, lençol freático mais alto, e

menor deriva dos sedimentos eólicos, plantas colonizaram mais facilmente os campos de dunas ao longo da costa, estabilizando-os total ou parcialmente no final dos anos 70.

Os **Depósitos Paludiais** são ambientes deposicionais pantanosos, planos, periodicamente inundados por águas salobras como resultado do nível do freático alto associado à alta pluviosidade formando banhados. Esses depósitos estão bem presentes na área de estudo e provavelmente estão associados ao retrabalhamento do rio Urussanga sobre a planície ao longo da progradação da barreira. Ao analisar as aerofotos pretéritas observa-se que esses ambientes ficaram em evidências após a estabilização dos campos de dunas (Figura 7).

Os corpos d'água alongados com direção nordeste-sudoeste presentes na barreira holocênica representam paleocanais do rio Urussanga que foram abandonados, e atualmente apresentam características e processos lagunares. É importante salientar que os corpos d'água de mesmas características situados no limite entre as barreiras holocênica e a pleistocênica, mesmo fora do escopo deste trabalho, provavelmente não são paleocanais, e sim lagoas ou lagunas em processo de colmatação pelo avanço do sistema eólico sobre elas, como encontrados em outras áreas ao norte (Balneário Esplanada) e ao sul (Balneário Rincão).

4.2 Arquitetura Depositional

Após as caracterizações geomorfológica e geológica de superfície, perfis geofísicos foram realizados na área de estudo. Foram adquiridos cerca de 18 km de dados, divididos em 18 perfis. Destes, 10 foram de forma transversal (*dip*) à barreira, e 08 perfis paralelos (*strike*) à linha de costa. A penetração do sinal variou entre 7 e 12 m, na qual diferentes radarfácies foram identificadas, correspondentes a depósitos Quaternários, provavelmente de idades holocênicas. Dentre os 18 perfis, duas seções transversais NW-SE foram selecionadas para ilustrar a arquitetura deposicional da barreira.

Primeiramente, para corroborar com as interpretações de superfície na identificação do comportamento evolutivo da barreira, buscou-se analisar o padrão de empilhamento. Em barreiras regressivas o padrão de empilhamento progradação clássico esperado é representado pela sobreposição de três fácies principais: fácies marinho raso, fácies praial e fácies eólica, respectivamente.

Entretanto, na área de estudo observou-se que a dinâmica do rio Urussanga retrabalhou a barreira durante a sua progradação, e impossibilitou a preservação deste tipo de padrão. Desta forma, a arquitetura deposicional predominante na conformação interna da barreira segue o padrão da seção 1 (Figura 8a), o qual se interpretou: superfícies erosivas, feições de subsuperfície (paleocanais) e três radarfácies (RF-1, RF-2, RF-3).

Superfície erosiva: As superfícies erosivas foram reconhecidas e caracterizadas por refletores de alto contraste e lateralmente contínuos, com presença de truncamentos no contato com a radarfácies de plano inferior. Elas estão presentes regularmente em duas profundidades diferentes: 2,5 e 5 m.

Feição de Subsuperfície (Paleocanal): Os paleocanais são representados por superfícies erosivas de forma levemente côncava que truncam diferentes radarfácies e são compostos por radarfácies de preenchimento (Figura 8b). As superfícies erosivas representam a base dos paleocanais e estão relacionadas com a máxima incisão alcançada pela dinâmica do rio. A caracterização destes paleocanais também ocorre pela identificação da incidência determinações *onlap* e *toplap* na face côncava, e truncamentos na face convexa (Figura 8a e 8b).

Difícilmente a morfologia do paleocanal em subsuperfície é representada por uma superfície erosiva de forma côncava bem definida. Geralmente são superfícies interrompidas e em alguns casos apresentaram apenas uma margem (Figura 8a).

Este comportamento indica que os paleocanais migraram por movimentos laterais e/ou abandonaram um antigo curso para iniciar um novo percurso sobre a barreira. Estes processos podem ser resultado de diversos fatores, como uma avulsão do canal devido a uma cheia do rio, bloqueio do canal devido à progradação da barreira e até mesmo como consequência variações no NRM (Biancini da Silva, 2016).

(RF-1) Marinho Raso (*upper Shoreface*) (RF-1): A RF-1 está em uma profundidade entre 4,5 e 10 m, seus refletores são descontínuos, subparalelos e com alta amplitude, correspondente a um ambiente marinho raso (*upper shoreface*), formados e preservados devido ao caráter progradacional da barreira. Padrões similares a este foram observados em perfis de GPR por Dillenburg *et al.* (2011) e Barboza *et al.* (2009, 2010, 2011b, 2013). Biancini da Silva (2016) em uma região mais ao sul da área de estudo, também identificou essa radarfácies em profundidade semelhante.

Preenchimento de Canal (RF-2): Esta radarfácies representa o retrabalhamento do rio sobre o depósito praial e por vezes sobre marinho raso. A RF-2 alterna fases de preenchimento de canal com fases de reativação. Esse processo fica claro na figura 8a, onde em aproximadamente 6 m de profundidade se observa uma superfície erosiva, a qual representa o limite de uma incisão fluvial, ou seja, a base de um paleocanal. Acima dessa superfície ocorre um preenchimento com aproximadamente 3 m de espessura, e logo acima ocorre uma nova superfície erosiva, a qual representa uma nova incisão fluvial, a qual representa um momento de reativação do canal.

Desta maneira, observam-se dois padrões de canais distintos. O primeiro, em uma profundidade aproximada de 2,5 m, representa canais mais rasos que provavelmente evidenciam reativações efêmeras do canal com menor poder de incisão, devido ao curto tempo de atuação do mesmo (Figura 8a).

O segundo padrão se estabelece em uma profundidade maior, em torno de 5 m, e representa canais mais antigos e/ou momentos de mais energia e maior poder de incisão. Esse segundo padrão também é observado na seção 2, ilustrado na figura 9a.

O preenchimento dos canais foi subdividido em duas radarfácies: RF-2a e RF-2b, baseado nos padrões de refletores (Figuras 9b e 10a).

A RF-2a corresponde a um preenchimento por sedimento oriundo da influência eólica como resultado dos ventos nordeste (*cross-onshore*), que possui ação majoritária na área de estudo. Os

refletores são paralelos e subparalelos, alternando alto e médio contraste, com terminações *downlap* na superfície erosiva no sentido do depocentro do canal. A RF-2b apresenta refletores paralelos, contínuos e de baixo contraste. Esta radarfácies representa o preenchimento do canal por sedimentos finos relacionados a período de baixa energia que ocorrem após o abandono e/ou migração lateral do canal.

Eólico (RF-3): No topo dos perfis com aproximadamente 1 m de espessura, refletores ondulados, contínuos, com alto contraste apresentando baixas inclinações em ambos os sentidos, representam o capeamento eólico dos lençóis de areias transgressivos.

Para interpretações evolutivas, a observação do atual sistema e seus processos deve ser considerada para que se faça uma interpretação análoga. Lyell (1830) formulou que “o presente é a chave para entender o passado”. Visto que atualmente o rio Urussanga apresenta conexão com o oceano, presumiu-se que durante sua evolução ocorreu o mesmo comportamento. De acordo com Biancini da Silva (2016) e Barboza *et al.* (2014a), a interdigitação de depósitos fluviais com praias/marinhos sugere que, uma vez no passado, e análogo ao presente, os paleocanais se conectavam com o oceano e conforme a sua desembocadura migrava lateralmente, erodia os depósitos adjacentes.

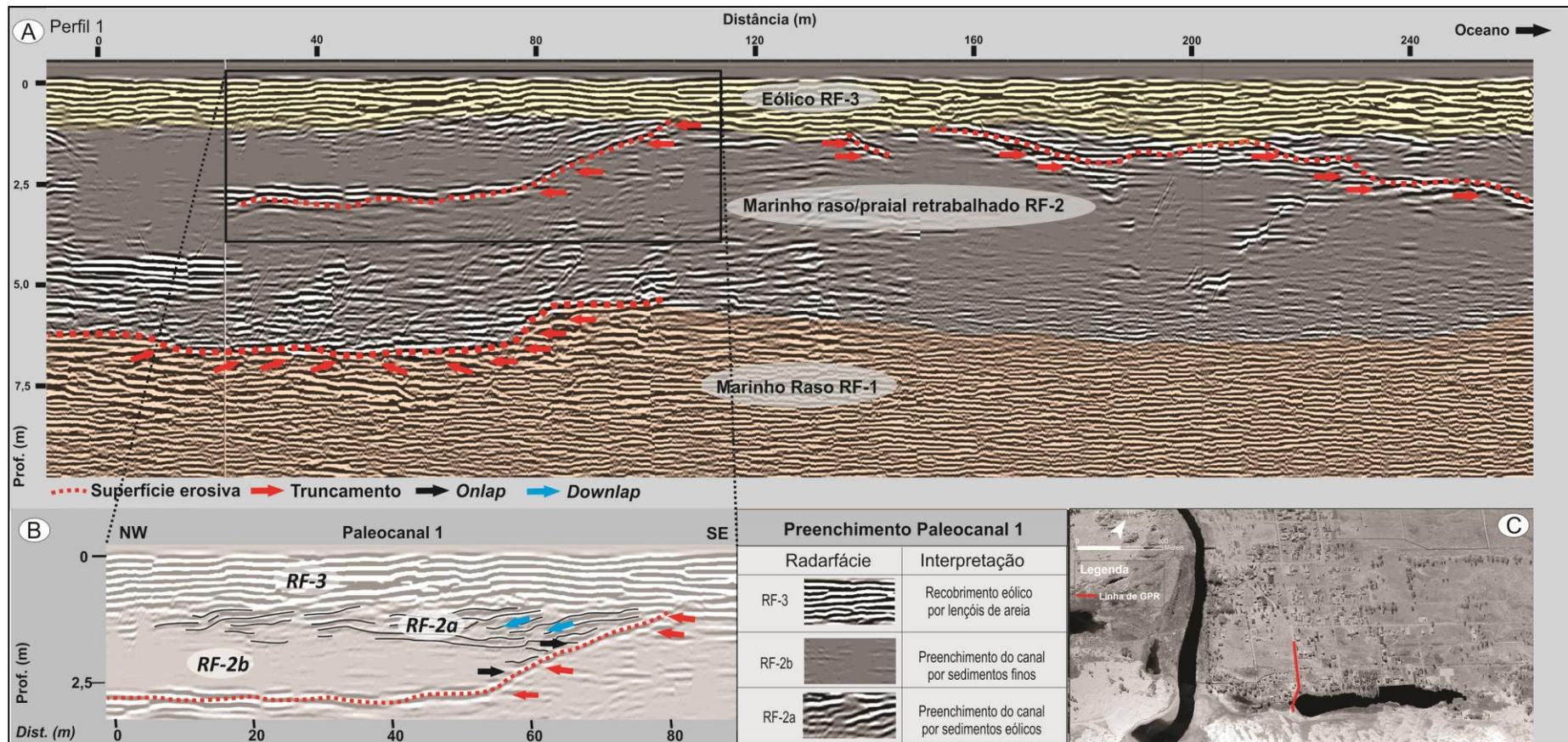


Figura8: a) Seção de GPR (antena de 200 MHz) evidenciando as três radarfácies identificadas: marinho raso (RF-1), marinho raso/praias retrabalhado pelo sistema fluvial do rio Urussanga (RF-2), seguido pelo o capeamento eólico representado por lençóis de areia (RF-3). B) Detalhe do canal e interpretação de seu preenchimento. C) Localização da seção realizada perpendicular à linha de costa, sentido NW-SE.

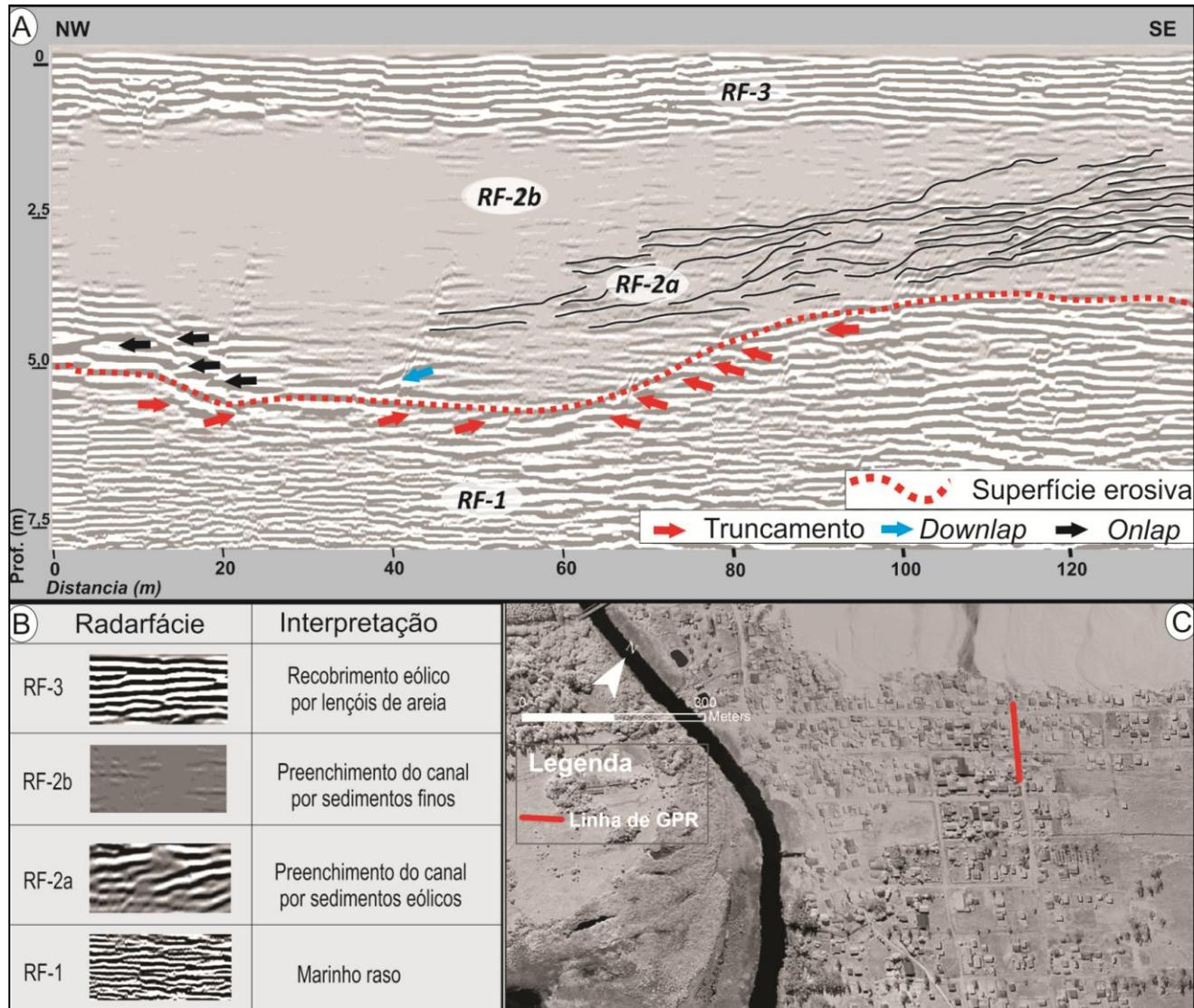


Figura 9: a) Seção de GPR com antena de 200 MHz onde se observa as radarfácies e uma superfície erosiva configurando um paleocanal; b) Quadro de interpretação das radarfácies; c) Localização da seção realizada perpendicular à linha de costa, sentido NW-SE.

4.3 Gestão Costeira - Ordenamento Territorial

É importante analisar e entender o comportamento natural do ambiente que está se estudando e as legislações pertinentes a ele. Após a caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva discutida anteriormente, se discorrerá sobre os instrumentos de gestão já propostos e as normativas legais pertinente ao ordenamento territorial.

Existem três instrumentos de gestão propostos para subsidiar o planejamento e ordenamento territorial de Jaguaruna, além do Plano Diretor. Esses instrumentos são: Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC), Plano de Gestão e Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla).

O ZEEC do litoral de Jaguaruna delimita grande parte da barreira holocênica como Zona de Preservação Predominante (ZPP). Este zoneamento é de suma importância, pois está relacionada às zonas “*que não apresentam alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, estando capacitada ou com potencial para manter em equilíbrio uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade*” (SPG, 2010).

Como visto na caracterização geológica e geomorfológica, a barreira era recoberta por um extenso campo de dunas ativo, que atualmente está estabilizado, recoberto por vegetação de restinga e vegetação exótica (ex. *Pinus sp*). Algumas discussões acerca dessa nova disposição morfológica são discutidas por técnicos, pesquisadores e gestores ambientais.

Desde o início dos anos 70, os campos de dunas do sul do Brasil estão sofrendo um processo de estabilização e mudança na disposição morfológica ao longo das barreiras holocênicas. Antes caracterizado por um extenso campo de dunas ativos, atualmente o sistema eólico predominante sobre a barreira costeira na região sul de Jaguaruna ocorre na forma de lençóis de areia. Caracterizados por Tomazelli (1994), os lençóis de areia correspondem “*a acumulações arenosas promovidas pelo vento sem que ocorra o desenvolvimento de morfologia de duna*”, ou seja, de acordo com a definição do CONAMA 303, o qual diz que duna é uma “*unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômodo ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação*”, os lençóis de areia não se caracterizariam como duna, pois não apresentam “*aparência de cômodo ou colina*”, logo, não são considerados como Áreas de Preservação Permanente (APP).

Entretanto, se faz mais plausível considerar na área de estudo os lençóis de areia como APP, pois essas feições são importantes geologicamente e ambientalmente tão quanto às dunas definidas no CONAMA Nº 303 com aparência de cômodo ou colina.

O agente formador e a constituição geológica são os mesmos, logo, a importância ambiental se faz de igual maneira. Os sedimentos eólicos quando originam depósitos geológicos, apresentam características de elevada porosidade e permeabilidade, possibilitando a infiltração e o fluxo subterrâneo das águas. Os depósitos eólicos costeiros, independente da disposição morfológica, resguardam um dos mais importantes potenciais reservatórios de água doce da zona costeira.

Fundamentado na importância que os lençóis de areia representam para o sistema costeiro da área de estudo, é indispensável constar no planejamento de uso e ocupação como APP do tipo duna. No ZEEC proposto para a área de estudo, este ambiente está zoneado como ZPP. No entanto, ao analisarmos o Plano Diretor do município é possível visualizar áreas definidas como “Macrozonas do Ambiente Construído - MAC” projetadas sobre ele. De acordo com o Plano Diretor, MAC são zonas destinadas prioritariamente aos diversos usos urbanos, o que vai de encontro ao proposto pelo ZEEC.

O **Plano de Gestão** é outro instrumento proposto pelo GERCO/SC para subsidiar o ordenamento territorial dos espaços costeiros. O plano de gestão para o Setor 4, o qual se insere o município de Jaguaruna, apontou três temáticas principais: Conservação dos recursos naturais, demanda por legislação, planos e/ou programas e desenvolvimento urbano e saneamento.

Das ações elencadas para o município de Jaguaruna destacam-se aquelas contidas no Programa de Desenvolvimento Urbano e Saneamento, em especial as ações de contidas no “Ordenamento da ocupação urbana”, que são:

“i. Controlar ocupação nas áreas litorânea com instabilidade hidrogeológicas em áreas urbanas;

ii. Controlar a ocupação urbana sobre Área de Preservação Permanente” (SPG, 2010).

Além desses, todos os planos e ações propostos devem ser levados em consideração para área de estudo, visto que o Balneário Torneiro é uma das poucas áreas que ainda se encontra em um estágio inicial de ocupação humana. As poucas ocupações existentes já estão ocorrendo em lugares inadequados, logo, esses planos e ações são de grande importância para controlar irregularidades e desenvolver um ordenamento territorial adequado ao ambiente natural e as normativas pertinentes a ele.

O **Projeto Orla**, outro instrumento de gestão, estabelece em sua metodologia duas tipologias para caracterização da orla: uma que observa as características fisiográficas, que distingue as orlas em orla abrigada, orla exposta ou semi-exposta; e outra analisa os níveis de ocupação e adensamento populacional, classificadas como orla não urbanizada, orla em processo de urbanização e orla com urbanização consolidada.

Quanto às características fisiográficas a orla do Balneário Torneiro se trata de uma orla exposta, onde a energia da dinâmica marinha encontra-se atuante de forma intensa. Com relação aos níveis de ocupação e adensamento populacional, ao longo da orla do balneário foram classificadas dois trechos com diferentes tipologias de orla: não urbanizada e em processo de urbanização, conforme pode ser observado na figura 10.

Realizou-se uma delimitação de acordo com o Decreto nº 5300/2004, Art. 23, o qual baliza os limites da orla terrestre em 50 m para áreas urbanas ou duzentos metros para áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas. Considerou para esta delimitação as dunas frontais e a lagoa costeira próxima às dunas

como limite para demarcação (Figura 10). Entretanto, o que se observa é que essa delimitação com base no Projeto Orla é limitada para área de estudo, pois ambientes impróprios para ocupação se encontram além desses limites.

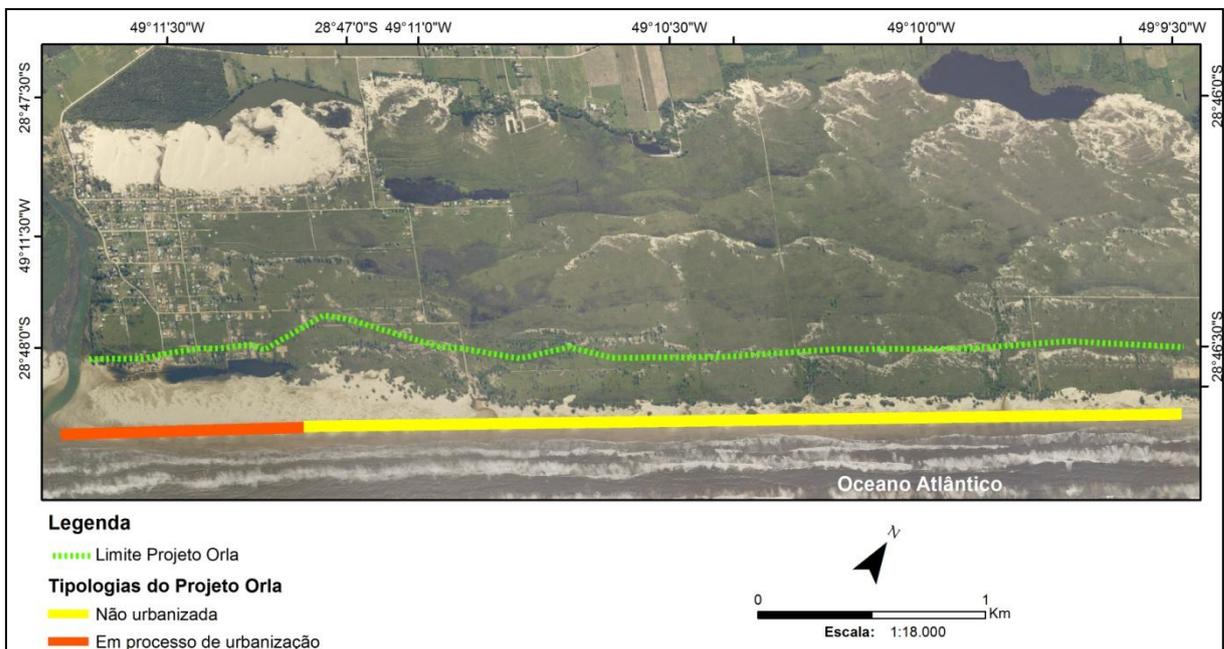


Figura 10: Mapeamento com a indicação das tipologias da orla quanto à urbanização e a delimitação da orla terrestre no litoral sul de Jaguaruna, com base na metodologia do Projeto Orla.

Com base nas normativas pertinentes às restrições de uso e ocupação territorial, elaborou-se um mapa para identificar as áreas passíveis ou não a urbanização, de acordo com essas normativas (Figura 11). As normativas que serviram como base foram o CONAMA Nº 303 e o Decreto de Bens e Uso da União. Vale salientar que os lençóis de areia foram tratados como dunas, conforme discutido anteriormente. A linha de preamar, que embasa a delimitação dos terrenos de marinha e seus acrescidos e da APP de restinga (300 m) é de 1831. Apesar da conformidade legal, observa-se que esta linha de preamar já não se encontra de acordo com a realidade, e acaba influenciando diretamente nas análises. Além das normas citadas, cabe lembrar a inserção da área de estudo em uma unidade de conservação de uso sustentável (APABF).

Em 2011 o Ministério Público Federal (MPF) expediu uma Recomendação para que os municípios pertencentes APA da Baleia Franca não autorizassem mais intervenções no interior da APA. Além disso, impediu a concessão de alvarás e autorizações para o parcelamento do solo e implantação de loteamentos em zona costeira sem aprovação por parte do órgão ambiental competente (Cristiano, 2014).

O MPF recomendou também que fossem verificadas se as autorizações pretéritas tiveram estudos de impacto ambiental, pois em perícia da Polícia Federal foi constatado que alvarás foram cedidos ilegalmente para construções em APP e terrenos de Marinha. Além disso, diversas ações demolitórias foram requeridas em Ações Cíveis Públicas que questionam loteamentos construídos na região (Cristiano, 2014). Apesar dessa intervenção do MPF o panorama não mudou e devido à falta de fiscalização, as ocupações irregulares continuam a acontecer.

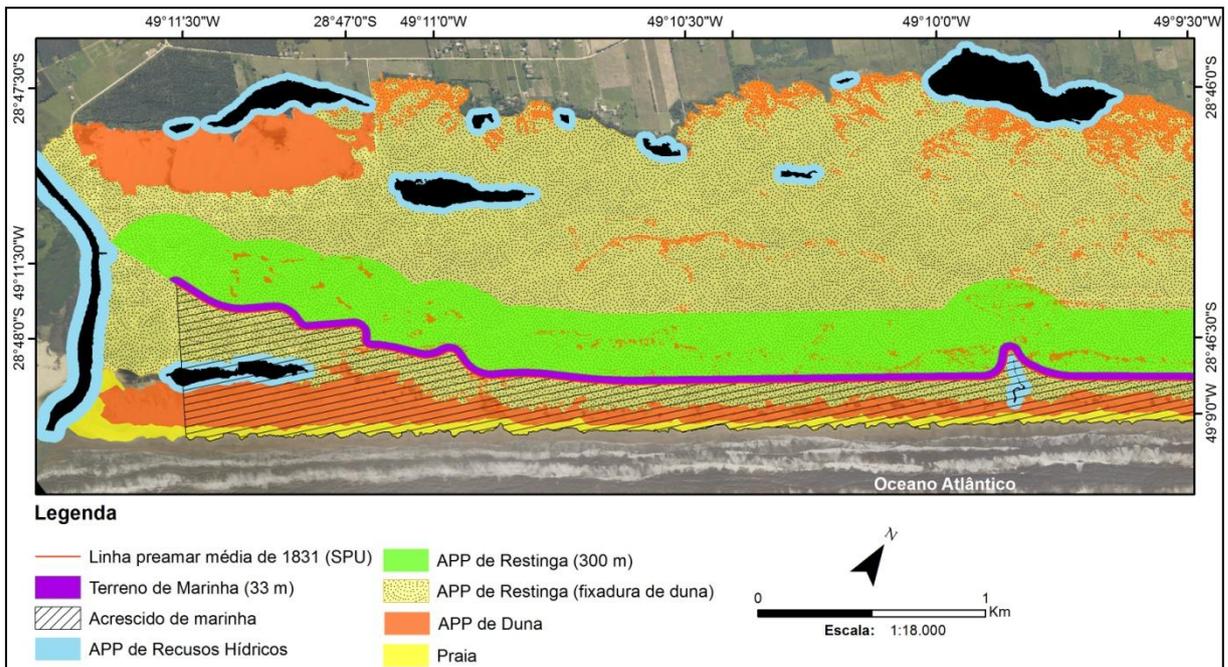


Figura 11: Mapeamento representativo das normativas pertinentes ao uso e ocupação da área de estudo

5. CONCLUSÃO

A utilização das duas técnicas de investigação, de superfície e de subsuperfície, permitiram interpretar as características evolutivas em escalas multitemporais da barreira holocênica do litoral sul de Jaguaruna.

Para a escala mais recente, o uso de técnicas de geoprocessamento permitiu identificar importantes feições morfológicas de superfície para caracterização evolutiva da barreira costeira, além de monitorar o comportamento dessas feições em escala decadal (72 anos).

Os mapeamentos geológicos e geomorfológicos permitiram definir as principais unidades deposicionais e feições morfológicas da barreira holocênica. A interpretação dessas características constitui uma importante ferramenta na interpretação paleogeográfica da região.

O sistema eólico deste setor está em processo de estabilização. Esse processo fica evidente ao analisar as fotografias aéreas pretéritas, as quais expõem o aumento da vegetação sobre a barreira, e consequente diminuição das dunas móveis.

Os perfis geofísicos permitiram visualizar a arquitetura deposicional e a estratigrafia dos depósitos em subsuperfície, o qual revelou um comportamento regressivo da barreira nesse setor. A influência do rio Urussanga ao longo da progradação retrabalhou os depósitos marinho raso e praiado, e não permitiu conservar os registros clássicos de barreiras regressivas. Entretanto, outras características, tanto em superfície como em subsuperfície, possibilitaram concluir o comportamento da barreira.

O GPR também expôs a presença de paleocanais em subsuperfície e a interdigitação entre depósitos aluviais e marinhos. Esta interdigitação evidencia a influência do rio Urussanga na evolução da barreira.

Estas informações de caráter geológico e geomorfológico têm implicações importantes para o planejamento e gestão desse setor do litoral. Como visto, o litoral sul de Jaguaruna é uma das poucas áreas costeiras do município que se encontra em estágio inicial de ocupação. No entanto, tem muitas limitações a serem consideradas para andamento desse processo de urbanização.

O mapeamento que inclui as normativas pertinentes ao uso e ocupação da área de estudo, apontou que a barreira holocênica é inteiramente restrita a ocupação. Quanto aos instrumentos de gestão, o ZEEC, mesmo em escala regional, atende às características fisiográficas da barreira holocênica ao delimitá-la como ZPP. O Plano de gestão vai ao encontro das necessidades do litoral quanto ao ordenamento territorial. O Projeto Orla tem uma abrangência que não seria suficiente para subsidiar o ordenamento na barreira costeira.

REFERÊNCIAS

- Araújo, C.E.S., Franco, D., Melo, E. & Pimenta, F. 2003. Wave regime characteristics of the southern Brazilian coast. International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka. Proceedings... Paper 97. CD-ROM.
- Barboza, E.G. & Rosa, M.L.C.C. 2014. Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosão na costa do Rio Grande do Sul. In: César Goso. (Org.). *Nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros*. Ed. Montevideo: DIRAC - Facultad de Ciencias, 2014, v.1, p.83-98.
- Barboza, E.G., Dillenburg, S.R., Rosa, M.L.C.C., Tomazelli, L.J. & Hesp, P.A. 2009. Ground-penetrating radar profiles of two holocene regressive barriers in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 56: 579-583.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Dillenburg, S.R. & Tomazelli, L.J. 2010. The Holocene Coastal Barrier of Rio Grande do Sul (Southern Brazil): an Evaluation Based on GPR Data. In: 2010 Meeting of the Americas. Eos Trans. AGU, *Meet. Am. Suppl.*, 91, NS11A-03.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J. & Ayup-Zouain, R.N. 2011a. Comportamento regressivo/transgressivo da linha de costa na bacia de Pelotas durante o Holoceno médio e tardio. In: López, R.A & Marcomini, S.C. (Ed.). *Problemática de Los Ambientes Costeros*. Buenos Aires, Croquis, p. 15-30.
- Barboza, E.G. Rosa, M.L.C.C. Dillenburg, S.R. & Tomazelli, L.J. 2013. Preservation Potential of Foredunes in the Stratigraphic Record. *Journal of Coastal Research*, SI 65:1265-1270.

- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Dillenburg, S.R., Biancini Da Silva, A. & Tomazelli, L.J. 2014a. Stratigraphic analysis applied on the recognition of the interface between marine and fluvial depositional systems. *Journal of Coastal Research*, SI 70, 205-210.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Hesp, P.A., Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J. & Ayup-Zouain, R.N. 2011b. Evolution of the Holocene Coastal Barrier of Pelotas Basin (Southern Brazil) - a new approach with GPR data. *Journal of Coastal Research*, SI 64, 646-650.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Ayup-Zouain, R.N., Gruber, N.L.S., Martins, E.M., Rockett, G.C. & Cristiano, S.C. 2014b. Comportamento da Barreira Costeira Holocênica ao Sul do Cabo de Santa Marta (Bacia de Pelotas). In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014, Salvador - BA. *Anais...*, p. 1818-1818.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C. & Caron, F. 2014c. Metodologia de Aquisição e Processamento em Dados de Georradar (GPR) nos Depósitos Quaternários da Porção Emersa da Bacia de Pelotas. In: VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, 2014, Porto Alegre. *Resumos Expandidos*, v. 1. p. 1-6.
- Biancini da Silva, A. 2011. *Análise estratigráfica da barreira transgressiva holocênica na região da Lagoa do Sombrio, SC*. Porto Alegre, 68p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <<<http://hdl.handle.net/10183/30372>>>
- Biancini da Silva, A., Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C. & Dillenburg, S.R. 2014. Meandering Fluvial System Influencing the Evolution of a Holocene Regressive Barrier in Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 70, 687-692.
- Biancini da Silva, A. 2016. A herança geológica, a geomorfologia e a estratigrafia da barreira complexa do Passo de Torres – Planície costeira sul catarinense. Porto Alegre. 192p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bitencourt, V.B. 2015. *Geomorfologia e Arquitetura Depositional de Uma Planície de Cordões Litorâneos Lacustre, Litoral Norte do RS – Brasil*. Porto Alegre. 76p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Boyd, R., Dalrymple, R.W. & Zaitlin, B.A. 1992. Classification of clastic coastal depositional environments. *Sedim Geol* 80:139–150

- BRASIL. Bens e imóveis da União (1946). 2012. *Decreto Lei n. 9.760 de 5 de setembro de 1946*. Rio de Janeiro, RJ: Senado, 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del9760.htm> Acesso em: 20 nov. 2015.
- _____. 2004. Decreto Federal que Regulamenta o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (2004). *Decreto n. 5.300 de 07 de dezembro de 2004*. Brasília, DF: Senado. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_> Acesso em: 20 nov. 2015
- Calliari, L.J., Pereira, P.S., De Oliveira, A.O., & Figueiredo, S.A. 2005. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. *Gravel*, 3, 15-30.
- Clerot, L.C.P. 2004. *Estudo da Barreira IV na Região do Cassino, Rio Grande – RS: Evolução e Caracterização como Reservatório*. Porto Alegre. 75p. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Cristiano, S.C. 2014. *Diagnóstico Ambiental Como Subsídio para o Planejamento Costeiro: Abordagem sobre os Conflitos de Uso na Orla do Balneário Camacho, Jaguaruna/SC*. Porto Alegre, 86p. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.<<<http://hdl.handle.net/10183/94685>>>
- Cristiano, S.C., Martins, E.M., Gruber, N.L.S & Barboza, E.G. 2015. Avaliação do Processo de Ocupação Irregular na Zona Costeira: O Caso do “Loteamento Maria Terezinha”, Município de Jaguaruna/SC-Brasil. *Gravel*, 13(1), 1-14.
- Curray, J.R. Transgressions and regressions. 1964.*In*: Miller, R.L. (Ed), *Papers in Marine Geology*. Macmillan, New York, p. 175-203.
- Davies, J.L. & Annan, A.P. 1989. Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37(5): p.531-551.
- Davis, R.A. Jr., & Hayes, M.O. 1984. What is a wave dominated coast? *Marine Geology*, 60, 313-329.
- Dillenburg, S.R. 1994. *A Laguna de Tramandaí: evolução geológica e aplicação do método geocronológico da Termoluminescência na datação de depósitos*. Porto Alegre. 194p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Dillenburg, S.R. & Hesp, P.A. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. 2009. 1. ed. Heidelberg: Springer, v. 107. p. 380.

- Dillenburg, S.R. & Barboza, E.G. 2014. The Dip and Strike-Fed Sandy Coast of Southern Brazil. In: Martini, I.P. & Wanless H.R. (eds.). *Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences*, **Geological Society, London**, Special Publications 388, 333-352.
- Dillenburg, S.R., Roy, P.S., Cowell, P.J. & Tomazelli, L.J. 2000. Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as Tested by the Shoreface Translation-Barrier Model. *Journal of Coastal Research*, 16 (1), p. 71-81.
- Dillenburg, S.R., Esteves, L.S. & Tomazelli, L.J. 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*. 76 (3):611-623.
- Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J., Hesp, P.A., Barboza, E.G., Clerot, L.C.P. & Silva, D.B. 2006. Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39, p. 132-135.
- Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Hesp, P.A., Clerot, L.C.P. & Ayup-Zouain, R.N. 2009. The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. In: Dillenburg, S.R. & Hesp, P.A. (eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Lecture Notes in Earth Sciences*, 107, 53-91.
- Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Hesp, P.A. & Rosa, M.L.C.C. 2011. Ground Penetrating Radar (GPR) and Standard Penetration Test (SPT) records of a regressive barrier in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 64, p. 651-655.
- Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Rosa, M.L.C.C. & Maciel, G.S. 2013. Aeolian Deposition and Barrier Stratigraphy of the Transition Region between a Regressive and a Transgressive Barrier: an example from Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 65: p.464-469.
- Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Hesp, P.A., Rosa, M.L.C.C., Angulo, R.J., Souza, M.C., Giannini, P.C.F. & Sawakuchi, A.O. 2014. Discussion: "Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change" by Hein, et al. (2013), *Sedimentology* 60, 469-502. A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka? *Sedimentology*, 61, 2205-2212.
- Fisher, W.L. & McGowen, J.H. 1967. Depositional systems in the Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relation to the occurrence of oil and gas. *Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull* 53(1):30-54.
- Fornari, M., 2010. *Evolução sedimentar holocênica da retrobarreira na região de Jaguaruna-Laguna, Santa Catarina*. São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 290 pp.

- GERCO/SC. 2010. Programa Estadual De Gerenciamento Costeiro De Santa Catarina. 2010. *Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – Diagnóstico Sócio Ambiental dos Setores do Litoral de Santa Catarina*. Secretaria do Planejamento do Estado de Santa Catarina. p. 416,
- Giannini, P.C.F. 1993. *Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, Santa Catarina*. 475f. São Paulo. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo.
- Giannini, P.C.F. & Suguio, K. 1994. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários na costa centro-sul de Santa Catarina. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário Camboriú, SC. Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG. p.402-403.
- Hein, C.J., Fitzgerald, D.M., Cleary, W.J., Albernaz, M.B., De Menezes, J.T. & Klein, A.H.F. 2013. Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: Implications for complex coastal response to environmental change. *Sedimentology*, 60, p. 469-502.
- Hesp, P.A. & Thom, B.G. 1990. Geomorphology and evolution of transgressive dunefields. *In: Nordstrom KF, Psuty NP, Carter RWG (eds) Coastal dunes: processes and morphology*. John Wiley & Sons, Chichester, pp 253-288.
- Hesp, P.A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. *CDVN Technical Bulletin* 4: 1-28
- Hesp, P.A. 2004. Coastal dunes in the tropics and temperate regions: location, formation, morphology and vegetation processes. *In: Martinez ML, Psuty NP (eds) Coastal dunes, ecology and conservation*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp 29-49.
- Hesp, P.A. 2006. Sand beach ridges: Definition and re-definition. *Journal Coastal Research*, SI 39: 786-72-75.
- Hesp, P.A., Castilhos, J.A., Silva, G.M., Dillenburg, S., Martinho, T.C., Aguiar, D., Fornari, M., Fornari, M. & Antunes, G. 2007. Regional wind fields and dunefield migration, southern Brazil. *Wiley Inter Science*, v. 32, p. 561-573.
- Horn Filho, N.O., Felix, A., Vieira, C.V. & Baptista, E.M. de C. 2010. Geologia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa de Garopaba do Sul, SC, Brasil. *Revista Discente Expressões Geográficas*, nº 06, ano VI, p. 90-110.
- Horn Filho, N.O., Schmidt, A.D., Benedet, C., Neves, J., Pimenta, L.H.F., Paquette, M., Alencar, R., Silva, W.B., Villela, E., Genovez, R. & Santos, C.G. 2014. Estudo Geológico dos Depósitos Clásticos Quaternários Superficiais da Planície Costeira de Santa Catarina, Brasil. *Gravel*, 12 (1), 41-107.

- Lessa, G., Angulo R.J., Giannini P.C. F. & Araújo A.D. 2000. Stratigraphy and Holocene Evolution of a Regressive Barrier. In: South Brazil. *Marine Geology*, 165(1-4):87-108.
- Lima, L.G., Dillenburg, S.R., Medeanic, S., Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Tomazelli, L.J., Dehnhardt, B.A. & Caron, F. 2013. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 42, 27-38.
- Lyell, C. 1830. Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation. London: John Murray, v.1.
- Martinho, C. T., Giannini, P.C.F. & Sawakuchi, A.O. 2006 Morphological and depositional facies of transgressive dunefields in the Imbituba-Jaguaruna region, Santa Catarina State, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39: 673-677.
- Martinho, C.T.; Dillenburg, S.R. & Hesp, P.A. 2008. Mid to late Holocene evolution of transgressive dunefields from Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. *Marine Geology*, v. 256, p. 49-64.
- Martins, E.M.; Oliveira, J.F.; Bitencourt, V.J.B.; Scarelli, F.M.; Esteves, T.; Martinho C.T.; Rosa, M.L.C.C. e Barboza, E.G. 2014. Comportamento Evolutivo da Barreira Costeira junto ao Balneário do Camacho, Jaguaruna/SC. *Gravel*, 12(1), 109-120.
- Miot Da Silva, G., Martinho, C.T., Hesp, P.A., Keim, B.D. & Ferligoj, Y. 2013. Changes in dunefield geomorphology and vegetation cover as a response to local and regional climate variations. *Journal of Coastal Research*, SI 65, 1307-1312.
- Mitchum Jr., R.M., Vail, P.R., & Sangree, J.B. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphy interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. In: Payton, C. E (ed.), *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration*. Tulsa, AAPG, 26, p. 117-133.
- Monteiro, C.A. de F. (Org.). 1958. *Atlas Geográfico de Santa Catarina*. Florianópolis, SC: Departamento Estadual de Geografia e Cartografia. Conselho Nacional de Geografia.
- Morton, R.A. 1994. Texas Barriers. In: Davis Jr. R.A (Ed.), *Geology of Holocene Barrier Island Systems*, Germany: Springer-Verlag, p. 75-114.
- Neal, A. 2004. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth Science Reviews*, 66, p. 261-330.
- Orselli, L. 1986. Climatologia. In: GAPLAN - SC. *Atlas de Santa Catarina*. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro, 38- 39p.

- Otvos, E.G. 2012. Coastal barriers – Nomenclature, processes, and classification issues. *Geomorphology*, 139 (140), 39-52.
- Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J. & Ayup-Zouain, R.N. 2011. The Rio Grande do Sul (southern Brazil) shoreline behavior during the Quaternary: a cyclostratigraphic analysis. *Journal of Coastal Research*, SI 64, 686-690.
- Rosa, M.L.C.C. 2012. *Geomorfologia, padrões de empilhamento e potencial de preservação do registro estratigráfico dos sistemas deposicionais costeiros no Quaternário do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. 246p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <<<http://hdl.handle.net/10183/66367>>>
- Secretaria De Estado do Planejamento – SPG, 2010. **Programação da implantação dos demais instrumentos do plano estadual de gerenciamento costeiro**. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/gerco/documentacao-de-2009-2012-fase-1/fase-i/58-demais-instrumentos-estra-e-prop-gerco-sc-im/file>> Acesso em: 20 de Nov. 2015
- Siegle, E. & Asp, N.E. 2007. Wave refraction and longshore transport patterns along the Southern Santa Catarina coast. *Brazilian Journal of Oceanography*, v.55, n. 2, p. 109-120.
- Tamura, T. 2012. Beach ridges and prograded beach deposits as paleoenvironment records. *Earth-942 Science Reviews*, 114: 279 – 297.
- Tanaka, A.P.B. 2010. *Sedimentologia, Cronologia e Dinâmica Progradacional das Planícies Costeiras de Campos Verdes e Ji (Laguna, SC)*. São Paulo. 113p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- Tanner, W.F. 1996. Origin of beach ridges and swales. *Marine Geology*, 129: 149-161.
- Tomazelli, L.J. 1990. *Contribuição ao estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do Nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul, com Ênfase no Sistema Eólico*. Porto Alegre. 270p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tomazelli, L.J. 1994. Morfologia, Organização e Evolução do Campo Eólico Costeiro do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*. Porto Alegre, RS. v. 21 (1). p. 64-71.
- Tomazelli, L.J. & Villwock, J.A. 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ M e DE ROS LF (Ed.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. IG/UFRGS, p. 375-406.

- Travessas, F.A., Dillenburg, S.R. & Clerot, L.C.P. 2005. Estratigrafia e evolução da barreira holocênica do Rio Grande do Sul no trecho Tramandaí-Cidreira. *Boletim Paranaense de Geociências*, 961 57: p. 57-73.
- Van Overmeeren, R.A. 1998. Radar facies of unconsolidated sediments in The Netherlands: A radar stratigraphy interpretation method for hydrogeology. *Journal of Applied Geophysics*, 40: 1-18.
- Vieira, C.V., Felix, A., Baptista, E.M.C. & Horn Filho, N.O. 2009. Paleogeografia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa de Garopaba do Sul, litoral sul do estado de Santa Catarina. **Geosul**, 24(47): 91-112.
- 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*, 4, 79-97.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas* 8: 1-45.
- Woods, A.J.C. & Leahy, L.P. 1983. Beach ridges and paleogeography, Central Baja California, Mexico. *Physical Geography*, 4(3): 167-181.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribui para o conhecimento acerca do comportamento evolutivo de parte da barreira costeira holocênica no sul de Santa Catarina. Nesta região os estudos são recentes, principalmente no que tange ao uso de GPR. A utilização desta ferramenta elevou os estudos evolutivos das barreiras costeiras a um nível mais detalhado e consistente.

A integração de técnicas que abordam as características em superfície e em subsuperfície permitiu interpretar as características evolutivas em diferentes escalas temporais deste setor da barreira costeira.

Para a escala mais recente, o uso de técnicas de geoprocessamento permitiu identificar importantes feições morfológicas de superfície, além de monitorar o comportamento dessas feições em escala decadal (72 anos).

Os perfis geofísicos foram fundamentais para revelar o comportamento regressivo da barreira nesse setor. O GPR também expôs a presença de paleocanais e a interdigitação entre depósitos fluviais, marinhos e eólicos. Esta interdigitação evidencia a influência do rio Urussanga durante a progradação da barreira.

A influência do rio Urussanga na evolução da barreira não possibilitou preservar a arquitetura deposicional completa de uma barreira regressiva. No entanto, os paleocanais, desde próximos ao limite entre as barreiras pleistocênica e holocênica até próximo a linha de costa, permitiram interpretar o comportamento da barreira.

Vale ressaltar, que estudos acerca da geocronologia evolutiva com a realização de testemunhos de sondagem e datação por Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) devem ser realizadas para uma melhor compreensão da evolução paleogeográfica da barreira.

As informações de caráter geológico e geomorfológico têm implicações importantes futuras para o planejamento e ordenamento territorial desse setor do litoral. Importantes ecossistemas costeiros estão presentes na barreira costeira holocênica, como dunas, restingas, banhados e praias. Apesar da pequena representação geográfica, a barreira holocênica é um ambiente que sofre pressões antrópicas por constituir-se em um espaço de interesses múltiplos e de sobreposição de atividades.

Nota-se, através do mapeamento das normativas ambientais, que a área de estudo é completamente inserida sobre ambientes com restrições legais para ocupação. Entretanto, manter essa área e seus ecossistemas dessa maneira é utópico tendo em vista o modelo de ocupação que acontece nos balneários adjacentes, e as pressões políticas, sociais e econômicas que ocorrem. Logo, a opção mais plausível é que se proponha um zoneamento com usos alternativos e sustentáveis menos impactantes aos ecossistemas da região.

Importantes instrumentos de planejamento e ordenamento territorial são propostos para região. O Balneário Torneiro é um dos poucos no município de Jaguaruna em que a ocupação humana se encontra em estágio inicial. Logo, se houver seriedade e fiscalização quanto aos instrumentos propostos e às normativas pertinentes aos ecossistemas e suas limitações, há grandes chances de realizar um ordenamento territorial de maneira sustentável.

Porto Alegre, 19 de janeiro de 2016.

Ao Renato A. Leal

Venho comunicar o **recebimento** do manuscrito abaixo listado, submetido para publicação em *Pesquisas em Geociências*, órgão de divulgação científica editado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

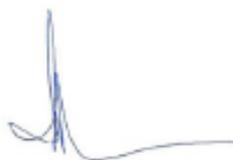
Agradeço a seleção de *Pesquisas em Geociências* para a publicação de sua contribuição.

O manuscrito será analisado quanto ao escopo, conteúdo e enquadramento nas normas de preparação da revista, para posterior início do processo de análise por pares.

Título: *Caracterização geológica, geomorfológica e evolutiva do litoral sul de Jaguaruna, SC/Brasil: subsídios à gestão costeira.*

Autores: Renato A. Leal, Eduardo G. Barboza & Marinez E. Scherer.

Atenciosamente,



Prof. Dr. Paulo Alves de Souza
Editor Chefe