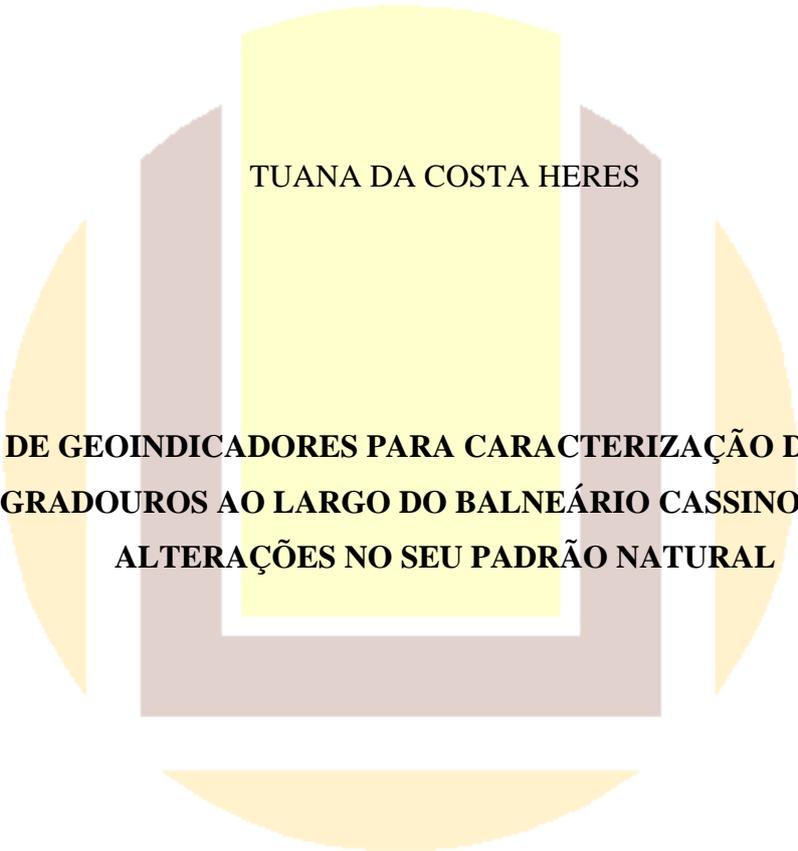


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



TUANA DA COSTA HERES

**USO DE GEOINDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO DE CANAIS
SANGRADOUROS AO LARGO DO BALNEÁRIO CASSINO (RS) E DE
ALTERAÇÕES NO SEU PADRÃO NATURAL**

ORIENTADOR:
PROF. DR. ULISSES ROCHA DE OLIVEIRA

RIO GRANDE
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TUANA DA COSTA HERES

**USO DE GEOINDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO DE CANAIS
SANGRADOUROS AO LARGO DO BALNEÁRIO CASSINO (RS) E DE
ALTERAÇÕES NO SEU PADRÃO NATURAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira (Orientador ICHI-FURG)

Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon (Membro ICH-UFPel)

Prof. Dr. Christian Garcia Serpa (Membro EE-FURG)

Prof. Dr. Éder Leandro Bayer Maier (Suplente ICHI-FURG)

RIO GRANDE
2017

AGRADECIMENTOS

Nesse espaço gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho. Um agradecimento em especial para minha mãe Marilei, uma mulher forte, de muita garra e determinação que sempre me deu apoio e incentivo para estudar mais e mais e que compreendeu a ausência nos finais de semana e algumas datas importantes. Aos meus irmãos Mariana e Jardel pela alegria e carinho nos momentos que passamos juntos, os quais renovavam minhas energias e me motivaram para seguir em frente. Ao meu amor Gian que esteve presente em todos os momentos, que foi meu motorista, fotógrafo, ajudante e tudo que fosse preciso durante as atividades de campo, mas também foi meu companheiro e amigo que soube me ouvir e me dar incentivo para continuar em frente, e também perdeu muitas horas de sono durante os últimos dois anos e meio. Ao meu sogro Luis Olmiro e sogra Carmen por me acolher como filha e me dar uma segunda família. Ao meu orientador, o Professor Ulisses, pela compreensão, paciência, dedicação que sempre demonstrou durante as nossas reuniões, também pela disponibilidade e amizade durante o desenvolvimento da dissertação. Aos professores Christian Serpa e Sallate Figueiredo pelas contribuições na banca de qualificação, as quais foram de grande ajuda para dar continuidade ao trabalho. Aos colegas do Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos Fabrício, Guilherme e Karine pelas conversas, amizade e troca de experiências e em especial ao Rodrigo que não mediu esforços para ajudar sempre que preciso, principalmente nos campos realizados para adquirir imagens com o drone. Aos colegas e amigos Juliana, Luciana, Tatiane e William da turma de 2015 do Programa de Pós-Graduação em Geografia por dividir os momentos bons e também os ruins de um mestrado, pelas confidências e por toda diversão que vocês me proporcionaram. Aos alunos da Graduação em Geografia, da disciplina de Hidrografia do 1º semestre de 2016, pela receptividade e paciência durante meu estágio docência. Ao professor Deivid Leal Alves por disponibilizar textos e artigos que contribuíram muito para concluir o referencial teórico. A Secretaria Especial do Cassino que disponibilizou a consulta de documentos. Ao Laboratório de Topografia da FURG e ao amigo Paulo Ricardo Salati pelas dicas e empréstimo de material. Ao professor Solismar Martins por sua generosidade, por ser sempre atencioso e compreensivo. A FURG pela oportunidade de um ensino gratuito e de qualidade. A CAPES pelo auxílio financeiro concedido.

Muito Obrigada!!

RESUMO

Sangradouros são pequenos cursos d'água que contribuem na drenagem da zona costeira do Rio Grande do Sul. Em regiões litorâneas urbanizadas, os sangradouros estão suscetíveis a alterações antrópicas na sua morfologia, as quais podem trazer prejuízos ambientais ao sistema costeiro. Esta dissertação de mestrado em Geografia visa analisar alterações morfológicas naturais e/ou antrópicas a partir da utilização de geoindicadores para caracterização de canais sangradouros ao largo do Balneário Cassino – RS. A área de estudo localiza-se na porção centro sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, ao largo do Balneário Cassino, no município do Rio Grande, num trecho de cerca de 17 km, onde foram selecionados quatro sangradouros. Para efetivar a análise foram utilizados como referencial teórico os conceitos de risco e vulnerabilidade, e também aspectos relacionados às diferentes formas de utilização dos ambientes costeiros. Foram selecionados seis indicadores de avaliação do estado do ambiente: áreas úmidas, morfologia do leito do canal, fluxo da corrente, urbanização, dunas frontais e pós-praia. A metodologia empregada consistiu na coleta de dados a partir de imagens de satélite dos anos de 2006 e 2014, disponibilizadas pelo programa *Google Earth™ Pro*, acompanhados de dados bibliográficos e caracterização de sete parâmetros (características gerais das nascentes, comprimento, índice de sinuosidade, porcentagem de retificação, porcentagem de urbanização, largura de seções transversais e vazão), os quais tiveram o objetivo de fornecer pistas de processos ativos e de possíveis alterações ambientais. Como resultado, constatou-se que os quatro sangradouros analisados apresentaram alguma forma de intervenção antrópica, sendo que os mais impactados são os sangradouros do Gelo e da Querência, devido estarem localizados na área urbana do balneário. Todos os canais exibiram alterações nas nascentes, sendo o do Gelo o mais impactado pela ação antrópica, e no restante foram identificadas apenas atividades de pastoreio. Em relação à morfologia dos canais, apenas o chamado sangradouro Eólico Sul não apresentou alterações. A urbanização ao largo dos canais do Gelo e da Querência foi crescendo ao longo do período analisado, e inexistente nos sangradouros Eólico Sul e do Navio Altayr. As discontinuidades nas dunas frontais geradas pelos sangradouros atribuem ao ambiente urbano maior potencial de risco. A vazão dos canais está condicionada a aspectos naturais e antrópicos. A utilização dos sangradouros como parte da drenagem do balneário gera, ao mesmo tempo, impactos negativos e positivos. Os impactos negativos desta utilização são principalmente de cunho ambiental, já que as intervenções antrópicas alteram a dinâmica natural dos canais, forçando-os cada vez mais na sua função. Já os impactos positivos de sua utilização estão relacionados justamente a sua função, de drenagem de áreas de baixa altimetria e úmidas localizadas na retaguarda das dunas, contribuindo de forma bastante significativa para a implantação dos equipamentos urbanos.

Palavras-chave: Sangradouros; intervenção antrópica; indicadores ambientais.

ABSTRACT

Washouts are small watercourses that contribute to the drainage in the coastal area in Rio Grande do Sul, in the extreme south of Brazil. In urbanized coastal regions, the morphology of washouts is susceptible to anthropic alterations, which may result in environmental harm to the coastal system. This Master's thesis in Geography aims at analyzing morphological alterations natural and/or anthropic with the use of geoindicators to characterize of washouts on Cassino Beach, RS, Brazil. The study area is located in the south-central part of the coastal plains in Rio Grande do Sul, on Cassino Beach, in Rio Grande, along 17 km, where 4 washouts were selected. In order to carry out the analysis, the theoretical references were the concepts of risk and vulnerability, as well as issues related to the different forms coastal environments have been used. Six indicators were selected to evaluate the environment: humid areas, morphology of the bed of the channel, water flux, urbanization, frontal dunes and backshore. The methodology comprised data collection by satellite images captured by *Google Earth™ Pro* from 2006 to 2014, bibliographic data and characterization of seven parameters (general characteristics of the water sources, length, sinuosity index, rectification percentage, urbanization percentage, width of transversal sections and outflow), which aimed at providing insights of processes active and may undergo environmental alterations. Results showed that all four washouts under analysis had undergone some form of anthropic intervention. The ones that were submitted to more impact were the Gelo and the Querencia washouts, due to the fact that they are located in the urban area. Even though all channels had alterations in their sources, the Gelo washout underwent more anthropic activity. The others showed only grazing activity. Regarding the morphology of the channels, only the Eolico Sul washout did not have any alterations. Urbanization along the Gelo and Querencia channels grew throughout the time period under analysis whereas it did not happen in the Eolico Sul and the Navio Altayr washouts. Discontinuities on the frontal dunes generated by the washouts have attributed more risk potential to the urban environmental. Outflow of channels has been conditioned to natural and anthropic aspects. The use of the washouts as part of the drainage of the beach city generates both negative and positive impacts. The former is mainly related to the environment, since anthropic interventions change the natural dynamics of the channels and increasingly force them to play their roles. The latter ones are related to their roles themselves, drainage of humid areas of low altimetry located behind the dunes, thus, significantly contributing to the implementation of urban equipment.

Key words: Washouts; anthropic intervention; environmental indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: A autora	29
Figura 2: Localização dos sangradouros ao largo do Balneário Cassino. 1: Sangradouro do Gelo; 2: Sangradouro da Querência; 3: Sangradouro Eólico Sul; e 4: Sangradouro do Navio Altayr. Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i> , 2017	30
Figura 3: Mapa geológico simplificado da planície costeira do Rio Grande do Sul, mostrando a distribuição dos principais sistemas deposicionais. Fonte: TOMAZELLI e VILLWOCK, 2005	31
Figura 4: Local da medição das seções transversais. a) Sangradouro do Gelo. b) Sangradouro da Querência. c) Sangradouro Eólico Sul. d) Sangradouro do Navio Altayr. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG)	46
Figura 5: Medição de largura e profundidade no sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: Gianfranco Oliveira	46
Figura 6: Medição da velocidade da corrente do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Gianfranco Oliveira	48
Figura 7: a) Vista da nascente do Sangradouro do Gelo em direção à planície a oeste em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Vista da nascente do Sangradouro do Gelo em direção ao balneário a leste em 16/12/2016. Foto: A autora.....	49
Figura 8: a) Posição anterior da nascente em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Posição atual da nascente em 22/03/2017. Foto: A autora. c) Início da ampliação do Sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora	50
Figura 9: a) Nascente do sangradouro Eólico Sul em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Marcas deixadas pelo pisoteio do gado em 16/12/2016. Foto: A autora.	51
Figura 10: a) Banhado onde está localizada a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora. b) Tubulações próximas a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora. c) Pastoreio próximo a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora	52
Figura 11: Sangradouro do Gelo em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i> , 2014.....	53
Figura 12: a) Meandros no trecho inferior do sangradouro do Gelo em 22/03/2017. Foto: A autora. b) Canal retilíneo no trecho inferior do sangradouro do Gelo derivado do desassoreamento em 17/01/2017. Foto: A autora. c) Trecho inferior do sangradouro do Gelo logo após desassoreamento do canal em 16/12/2017. Foto: A autora.....	54
Figura 13: Sangradouro da Querência em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i> , 2014.....	58
Figura 14: a) Canal principal do sangradouro da Querência fechado em 17/01/2017. Foto: A autora. b) Canal secundário do Sangradouro da Querência em 17/01/2017. Foto: A autora. c) Intervenção antrópica realizada no sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: A autora	62

Figura 15: Sangradouro Eólico Sul em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i> , 2014.....	63
Figura 16: Meandros no trecho inferior do sangradouro Eólico Sul em 22/03/2017. Foto: A autora.....	64
Figura 17: a) Largura do canal do início do trecho inferior na primeira coleta em 21/09/2016. Foto: A autora, e b) na terceira coleta de dados em 22/03/2017. Foto: A autora.....	67
Figura 18: Sangradouro do Navio Altayr em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i> , 2014.....	68
Figura 19: Morfologia do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG)	72
Figura 20: Intensificação da urbanização no sangradouro do Gelo entre 2006 (a) e 2014 (b). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i>	73
Figura 21: Intensificação na urbanização do sangradouro da Querência entre 2006 (a) e 2014 (b). Fonte: <i>Google Earth™ Pro</i>	74
Figura 22: a) Presença de lixo e eutrofização nas margens do sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Presença de entulho e canalização nas margens do sangradouro do Gelo em 16/10/2015. Foto: A autora.....	75
Figura 23: Matéria orgânica presente no leito do sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: Gianfranco Oliveira	76
Figura 24: Dunas frontais nas adjacências do sangradouro do Gelo em 22/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).....	77
Figura 25: Caminho de pedestres próximo da margem do sangradouro da Querência em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).....	78
Figura 26: Dunas frontais ao largo do sangradouro Eólico sul em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).....	79
Figura 27: Campo de dunas ao norte (a) e ao sul (b) do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).....	80
Figura 28: Erosão no pós-praia formada pelo canal do Sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: A autora	81
Figura 29: a) Água represada no pós-praia, no sangradouro do Gelo em 16/10/2015. Foto: A autora. b) Água represada no pós-praia, no sangradouro da Querência em 16/10/2015. Foto: A autora.....	82
Figura 30: Trânsito de veículos sobre o trecho inferior do Sangradouro do Gelo em 17/01/2017. Foto: A autora	84
Figura 31: Marcas do trânsito de veículos sobre o trecho inferior do sangradouro da Querência em 03/08/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).....	84

- Figura 32: Derivador utilizado para medição da velocidade da corrente e posterior estimativa da vazão dos sangradouros. Foto: A autora 85
- Figura 33: Surgimento de deslizamentos na margem do sangradouro do Gelo após precipitação em 16/10/2015. Foto: A autora 88
- Figura 34: Edificação próxima a margem do sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora..... 89

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 21/09/2016.	56
Gráfico 2: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 17/01/2017	56
Gráfico 3: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 22/03/2017.	57
Gráfico 4: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 21/09/2016.....	60
Gráfico 5: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 17/01/2017.....	60
Gráfico 6: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 22/03/2017.....	61
Gráfico 7: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 21/09/2016	65
Gráfico 8: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 17/01/2017	65
Gráfico 9: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 22/03/2017	66
Gráfico 10: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 21/09/2016.....	70
Gráfico 11: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 17/01/2017.....	70
Gráfico 12: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 22/03/2017.....	71
Tabela 1: Imagens disponíveis no <i>Google Earth™ Pro</i> para análise dos parâmetros	42
Tabela 2: Índice de sinuosidade dividido por classes e limites	45
Tabela 3: Ações humanas utilizando os geoindicadores analisados	87
Tabela 4: Potencial de risco em relação aos geoindicadores analisados	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
AUs	Áreas Úmidas
COGEOENVIRONMENT	Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
HD	<i>High Definition</i> (alta definição)
INAU	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IUGS	<i>International Union of Geological Sciences (União Internacional de Ciência Geológica)</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PMRG	Prefeitura Municipal de Rio Grande
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SCMA	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SEC	Secretaria Especial do Cassino
SI	Sistema Internacional
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SOE	<i>Reporting state-of-environment (Relatório estado-do-ambiente)</i>
VCANs	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
SUMÁRIO	xi
1 – INTRODUÇÃO	13
2 – OBJETIVOS	15
2.1 – Objetivo geral	15
2.2 – Objetivos específicos	15
3 – REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
3.1 – Utilização, urbanização e impactos na zona costeira	16
3.2 – Potencial de risco e vulnerabilidade na zona costeira	18
3.3 – O uso de geoindicadores para avaliação do estado do ambiente	22
3.3.1 – Indicador para análise da nascente	24
3.3.2 – Indicador para análise da morfologia do canal	25
3.3.3 – Indicador para análise do fluxo da corrente	25
3.3.4 – Indicador para análise da urbanização do canal	26
3.3.5 – Indicador para análise do sistema praia duna.....	27
4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.1 – Localização da área de estudo	29
4.2 – Geologia e Geomorfologia regional	30
4.3 – Meteorologia e Oceanografia	33
4.3.1 – Precipitação	33
4.3.2 – Ventos	34
4.3.3 – Ondas	35

4.3.4 – Marés	35
4.3.5 – Deriva litorânea	36
4.4 – Sistemas fluviais	36
4.4.1 – Canais sangradouros	37
5 – MATERIAIS E MÉTODOS	41
5.1 – Revisão bibliográfica	41
5.2 – Análise das imagens aéreas	41
5.3 – Atividades de campo	42
5.4 – Aquisição de dados de precipitação	43
5.5 – Geoindicadores	43
5.5.1 – Características gerais das nascentes dos canais.....	43
5.5.2 – Comprimento dos canais	44
5.5.3 – Porcentagem de retificação dos canais	44
5.5.4 – Índice de sinuosidade dos canais	44
5.5.5 – Porcentagem urbanizada dos canais	45
5.5.6 – Largura e profundidade da lâmina d'água dos canais	45
5.5.7 – Vazão dos canais	47
5.5.8 – Sistema praia duna	48
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6.1 – Áreas úmidas.....	49
6.2 – Morfologia do leito do canal	52
6.3 – Urbanização dos canais	72
6.4 – Características das dunas frontais	76
6.5 – Características da faixa de praia.....	80
6.6 – Vazão dos canais	85
6.7 – Utilização, potencial de risco e vulnerabilidade dos canais sangradouros.....	87
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 - INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ambientes que adquiriram importância em estudos técnicos e científicos na atualidade devido sua importância ambiental, econômica e social, muito em função do desenvolvimento de grandes cidades, portos, áreas de lazer, diversidade de recursos naturais, entre outros. Segundo Rodríguez e Windevoxhel (1998, p. 3, tradução livre) zona costeira é "o espaço geográfico que compreende a fase interativa entre o oceano e a terra, assim como as interconexões dos ecossistemas que se encontram nesse espaço", sendo assim um ambiente de interação entre processos físicos, biológicos e antrópicos.

A diversidade do ambiente costeiro vem atraindo o interesse de pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento. Diferente das outras formas de utilização do litoral, voltadas para a exploração paisagística e de recursos naturais, a atividade científica é voltada para a gestão costeira, para o desenvolvimento de alternativas de conservação e mitigação. As áreas costeiras representam grande desafio para a gestão ambiental do país, não apenas pela grande extensão do litoral brasileiro e das formações físico-bióticas extremamente diversificadas, mas porque "convergem também para esse espaço os principais vetores de pressão e fluxos de toda ordem, compondo um amplo e complexo mosaico de tipologias e padrões de ocupação humana, de uso do solo e dos recursos naturais e de exploração econômica" (NICOLODI e ZAMBONI, 2008, p. 213).

O desenvolvimento econômico a partir da Revolução Industrial proporcionou mais qualidade de vida e bem-estar social, e também revelou preocupações com as alterações ambientais. Atualmente o aumento do bem-estar, proporcionado pela melhoria nos transportes, na saúde, no saneamento básico, no desenvolvimento de novas tecnologias, etc., é ameaçado por alterações ambientais ocorridas, em grande parte, pelas próprias ações humanas (IPEA, 2010).

A comunidade científica juntamente com organismos governamentais e não governamentais tem atentado para o esgotamento dos recursos da zona costeira e vêm estimulando uma mudança cultural na forma de utilização desses espaços, exigindo ações preventivas dentro das estratégias da dinâmica emergente e do reflexo desse processo na forma de utilização do espaço e aproveitamento dos recursos (GRUBER, *et al.*, 2003). Essa mudança constitui-se como uma forma de viabilizar a utilização dos recursos costeiros a longo prazo, visando a sustentabilidade ambiental e social.

A zona costeira está entre as áreas que vêm recebendo atenção especial, em nível mundial, devido apresentar uma diversidade fisiográfica e socioeconômica significativa, e

também por constituir um campo privilegiado de pesquisa e ação política devido a suas riquezas naturais (STROHAECKER, 2007). Por esse motivo, no Brasil, a Lei Federal 7.661/88 instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) que faz parte da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e visa "orientar a utilização nacional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural" (BRASIL, 1988) na busca pelo desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, e por ser um ambiente que concentra diversas atividades e em constante transformação, a zona costeira demanda diferentes pesquisas sobre uso e preservação dos diferentes elementos que a compõem. Desta forma, o presente estudo trata de um desses elementos: a drenagem costeira. Estas drenagens apresentam distintas dimensões espaciais, desde aquelas associadas a rios muito grandes, como o Rio Amazonas, até pequenas redes de drenagem de primeira ordem.

A zona costeira do Rio Grande do Sul é marcada, dentre outros elementos, pela presença de pequenas drenagens que cortam a faixa de praia, chamadas canais sangradouros. De acordo com Pereira da Silva (1998, p. 1) "os sangradouros são canais que auxiliam na drenagem da planície costeira, dando escoamento às águas de origem pluvial coletadas nas depressões e banhados localizados atrás do cordão de dunas frontais".

Todos os elementos da zona costeira são diariamente retrabalhados pelo vento, pelas ondas e variações de maré, os quais influenciam na desembocadura destes canais, e condições meteorológicas, que além de influenciarem na ação marinha, agem sobre a vazão dos canais sangradouros. Estes são basicamente os principais modeladores naturais da paisagem. Mas ainda cabe considerar outro agente modelador, capaz de fazer grandes alterações em curtos espaços de tempo: o homem. A interferência antrópica é tão eficaz como modeladora da paisagem que alguns autores utilizam a expressão "morfologia antropogênica" para classificar alterações antrópicas e consideram a interferência humana como ação geomorfológica (RODRIGUES, 2005).

O presente trabalho procura, a partir do uso de geoindicadores, caracterizar canais sangradouros ao largo do Balneário Cassino, município de Rio Grande, bem como alterações no seu padrão natural. Para tal adotou-se uma metodologia baseada em parâmetros ambientais que, associados, pretendem contribuir para essa caracterização.

2 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo geral

Esse estudo tem como objetivo caracterizar, a partir de geoindicadores, canais sangradouros ao largo do Balneário Cassino, município de Rio Grande, bem como alterações no seu padrão natural.

2.2 - Objetivos específicos

- ✓ Utilizar os geoindicadores para demonstrar características naturais e antrópicas dos canais sangradouros;
- ✓ Identificar as principais ações antrópicas em cada um dos sangradouros, as alterações morfológicas decorrentes e suas consequências socioambientais;
- ✓ Discutir a utilização dos canais com sua susceptibilidade, potencial de risco e vulnerabilidade.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - Utilização, urbanização e impactos na zona costeira

Nos últimos anos as zonas costeiras vêm sofrendo um considerável processo de degradação ambiental, gerado pela crescente pressão sobre os recursos e pela capacidade limitada desses ecossistemas absorverem os impactos resultantes (MMA, 2002). Os principais impactos gerados pela utilização de forma inadequada dos espaços costeiros estão relacionados com a introdução de nutrientes, alteração ou destruição de ambientes, alterações na sedimentação, exploração de recursos, poluição industrial e a introdução de espécies exóticas (MMA, 2002).

A crescente ocupação do espaço costeiro e sua utilização econômica - para os mais variados fins - tem causado impactos, os quais tendem a provocar alterações que podem levar à degradação da paisagem e dos ecossistemas, podendo inviabilizar as próprias atividades (MUEHE, 2012). Essa questão levanta a necessidade de monitoramento e gestão ambiental por parte da pesquisa científica e órgãos públicos, visando uma situação de equilíbrio entre o homem e a natureza.

O crescimento e desenvolvimento populacional são a principal causa das mudanças ambientais na zona costeira (MMA, 2002). Segundo Schmidt (2009), o intenso processo de urbanização, com a consequente impermeabilização do solo, verticalização das construções, canalização dos rios, diminuição da cobertura vegetal e aumento da poluição tornou-se o responsável pela diminuição na qualidade ambiental das áreas urbanizadas.

Nas zonas costeiras são bastante comuns os imóveis de segunda residência e de veraneio, os quais modificam a paisagem de forma significativa. Tais residências são planejadas para atender uma demanda específica de pessoas que procuram comodidade e uma fuga do ambiente urbano saturado. Esse processo ocorre devido à valorização cultural dos espaços litorâneos como área de lazer, recreação e turismo, o que acabou por impulsionar a implantação de loteamentos e empreendimentos imobiliários para fins de segunda residência (STROHAECKER, 2008). A modificação da paisagem ocorre em função dos lotes serem dispostos sem o devido cuidado ou consciência de adequação e aproveitamento, total ou parcial, dos valores paisagísticos e ambientais existentes (MACEDO, 2004). Segundo Macedo (2004), quanto mais populares os loteamentos, menores serão as chances de conservação de tais valores, pois os lotes pequenos exigem arruamentos densos para sua implementação, e maiores serão as áreas de cada lote ocupadas com edificações. O autor salienta que:

"Toda e qualquer urbanização traz mudanças ao ambiente original, mas pode-se afirmar que esses padrões convencionais de tecido urbano são altamente incompatíveis com o meio ao que vão ser inseridos. Provocam a destruição quase total desses ambientes e exigem a completa reconstrução do local, até mesmo da vegetação." (MACEDO, 2004, p.46)

Outra característica da urbanização da zona costeira é a organização de ocupações irregulares. Ao redor de áreas de grande interesse econômico (residencial, turístico, industrial) é comum encontrar ocupações irregulares com precários - ou inexistentes - equipamentos urbanos (distribuição de água, rede de coleta de esgoto e lixo doméstico), causando prejuízos ambientais que muitas vezes podem ser irreversíveis. A construção de casas em áreas de alta sensibilidade ambiental (dunas, mangues e estuários, por exemplo), a falta de saneamento básico e atividades urbanas e de agricultura degradam os ambientes costeiros através da poluição orgânica, deposição de sedimentos e deteriorização de áreas naturais (MMA, 2002).

O turismo se configurou como um dos grandes impulsionadores da urbanização da zona costeira devido aos mais diversos atrativos naturais do litoral brasileiro e potencialidades econômicas ligadas à atividade. Para Becker (1997) o turismo no litoral brasileiro se tornou um importante captador potencial de divisas, contudo a instalação de complexos hoteleiros e a multiplicação de balneários e marinas resultaram em um crescimento urbano desordenado, pressões imobiliárias, deficiências e colapsos da infraestrutura principalmente relacionada com o saneamento básico e privatização das praias e espaços de uso comum. Além disso, Strohaecker (2008) salienta que:

"os fluxos migratórios direcionados para essas localidades constituem-se, muitas vezes, de contingentes populacionais que não são absorvidos pelo mercado de trabalho formal, intensificando os processos de favelização, periferização e de ocupação de áreas impróprias aos assentamentos urbanos." (STROHAECKER, 2008, p. 60)

À medida que o turismo é importante para a economia nas três escalas (nacional, estadual e local), a questão é como transformá-lo em um vetor de desenvolvimento capaz de realizar a passagem de um modelo de produção apenas exploratório para um modelo que utilize o potencial existente para melhorar a qualidade de vida da população sem degradar o meio ambiente (BECKER, 1997).

Várias cidades e aglomerados urbanos também se desenvolveram na zona costeira devido à implantação de estruturas industriais, terminais marítimos e complexos portuários, os quais atraíram grande número de pessoas em busca de trabalho e melhoria de vida (STROHAECKER, 2008). Com a integração das atividades industriais e portuárias áreas já urbanizadas passaram a apresentar um crescimento populacional significativo, e áreas

adjacentes próximas aos centros industriais também apresentaram crescimento em virtude da demanda por habitações para fins de segunda residência.

Portanto a localização singular dos sítios litorâneos, num ambiente de transição entre o continente e o mar, deu condições para a crescente ocupação da zona costeira. A urbanização das últimas décadas ampliou consideravelmente a utilização dos recursos naturais, o que tende a comprometer a qualidade ambiental e paisagística, levando-se em conta o caráter naturalmente frágil da zona costeira (STROHAECKER, 2008). Para Cunha e Guerra (1996) o crescimento populacional e a pressão que esse crescimento proporciona sobre o meio físico não são os únicos responsáveis pela degradação ambiental. Para os autores, a degradação ambiental também pode ocorrer por processos naturais, mas o manejo inadequado do solo tende a intensificar esses processos, e essa intensificação é que pode trazer consequências desastrosas.

Dessa forma, na conjunção entre velocidade e volume dos processos urbanizadores e a fragilidade das áreas envolvidas, define-se a necessidade da ação planejadora na zona litorânea, seja através de um planejamento preventivo para atuar nas áreas com baixa densidade de ocupação, seja com planejamento corretivo na busca para resolver os problemas já existentes (MORAES, 1995).

3.2 - Potencial de risco e vulnerabilidade na zona costeira

O desenvolvimento econômico e o crescimento desordenado das cidades contribuíram fortemente para a deteriorização ambiental e agravamento das vulnerabilidades dos ecossistemas humanos (MMA, 2002). Em regiões costeiras esse processo pode ser antecipado ou agravado devido a sensibilidade às alterações ambientais.

O conceito de vulnerabilidade é amplamente discutido em diversas esferas científicas e políticas, o que gera inúmeras definições para o termo. Birkmman (2007) conclui que a vulnerabilidade não pode ser vista simplesmente como a suscetibilidade de um ambiente (característica que descreve a fraqueza de um sistema ou elemento exposto), mas também pela sua capacidade de enfrentamento, exposição, adaptação e interação com as perturbações e tensões. Portanto vulnerabilidade pode ser entendida, segundo Turner *et al.* (2003, p. 8074, tradução livre), como "o grau em que um sistema, subsistema, ou componente do sistema é susceptível de detectar danos devido a exposição a um perigo, seja uma perturbação ou estresse".

Assim como o conceito de vulnerabilidade, o risco também pode ter várias definições. Independente das definições possíveis, risco está sempre associado à probabilidade de determinado perigo gerar danos à sociedade, sejam materiais ou de vida (LINS DE BARROS, 2005). Eventos naturais podem afetar as áreas costeiras, alterando apenas as características físicas do ambiente, mas quando a evolução humana é colocada no caminho desses processos, eventos naturais tornam-se riscos, deixando claro que a definição de risco só existe na presença humana, visto que se refere à exposição ao perigo de um aspecto valorizado pela sociedade (BUSH *et al.*, 1999; LINS DE BARROS, 2005). Cabe destacar que "o conceito de risco está associado a um acontecimento que pode ou não se realizar" (NICOLODI e PETERMANN, 2010, p. 5).

Desta forma, o potencial de risco pode ser assumido como produto de três elementos principais: a exposição a riscos, a frequência ou gravidade do perigo e a vulnerabilidade (BIRKMMAN, 2007), ou seja, a vulnerabilidade pode ser entendida como um subcomponente do risco.

De acordo com Nicolodi e Petermann (2010) a análise de risco ambiental deve ser vista como um indicador dinâmico das relações entre os sistemas naturais, a estrutura produtiva e as condições sociais de reprodução humana. Nesse sentido o conceito de risco ambiental deve ser caracterizado como resultante da combinação entre risco natural, risco social e risco tecnológico (ASTOLPHO e GUSMÃO, 2008; NICOLODI e PETERMANN, 2010).

O potencial de risco natural está relacionado a processos e eventos de origem natural ou induzida por atividades humanas. Risco natural está associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, isto é, considerando o seu grau de estabilidade/instabilidade expresso na sua vulnerabilidade a eventos críticos de curta ou longa duração (MMA, 2008).

Para Tessler (2008) a crescente apropriação de espaços costeiros por atividades humanas e as características geomorfológicas da costa, associadas a dinâmica climática e oceanográfica, conferem grande relevância as questões relacionadas a inundações (associado a processos fluviais e avanço do mar). Segundo o autor, o potencial de risco à inundação é o resultado da combinação de aspectos altimétricos e concentração populacional, somados a avaliação da vulnerabilidade às inundações por eventos extremos, chuvas intensas e estimativas de elevação do nível do mar. Na avaliação de Tessler (2008) setores costeiros sob processos erosivos apresentam maiores riscos a inundações, uma vez que esses processos tendem a destruir barreiras naturais, e setores costeiros com características deposicionais tem

o potencial de riscos diminuído. Áreas com altitudes inferiores a 10m e com presença de erosão caracterizam-se como de alta vulnerabilidade ambiental que, quando cruzada com dados populacionais, expressa o potencial de risco natural (TESSLER, 2008).

Cabe destacar ainda as inundações costeiras causadas por meio de canais fluviais como expressa Souza (1998; 2005). Segundo Souza (1998), a interação entre terra (geologia e geomorfologia das planícies costeiras e bacias fluviais), atmosfera (clima e fatores meteorológicos) e água (rios e mar) são como um "gatilho" para inundações costeiras, e o homem acaba gerando/reforçando esses eventos. Dessa forma, os fatores condicionantes de inundações e enchentes são de origem natural e/ou antrópica (SOUZA, 1998; 2005). Segundo a autora:

"os condicionantes naturais são divididos em: climático-meteorológicos, geológico-geomorfológicos, flúvio-hidrológicos e oceanográficos. Os condicionantes antrópicos resultam de intervenções humanas diretas ou indiretas nas bacias de drenagem, podendo ser genericamente agrupados em: uso e ocupação de áreas marginais aos canais de drenagem [...]; modificações na rede de drenagem e alterações nos processos sedimentares naturais e no balanço sedimentar do sistema costeiro". (SOUZA, 2005, p.45)

Boa parte da bibliografia disponível sobre potencial de risco costeiro está relacionada a processos erosivos naturais induzidos/forçados por atividades antrópicas. Lins de Barros (2005) classificou a orla de Maricá/RJ quanto ao grau de risco a erosão costeira em função da vulnerabilidade física e das características da ocupação urbana. Tabajara *et al.* (2005) concluíram que o risco de erosão das dunas frontais em Capão da Canoa/RS está ligado a pressão de uso do espaço costeiro para lazer e a construção de estruturas rígidas na área de mobilidade praial. Calliari *et al.* (2010) identificaram que processos relacionados com a hidrodinâmica, geomorfologia e movimentação de sedimentos ao longo da costa do Rio Grande do Sul representam perigos ambientais (erosão costeira, perda de habitat, alterações ambientais) e riscos à população (acidentes graves, incluindo fatalidades).

O risco social está relacionado ao dano que uma sociedade (ou parte dela) pode causar a ela e ao ambiente. O conceito de risco social é resultante de carências que contribuem para a degradação das condições de vida da sociedade, as quais podem ser expressas nas condições de habitabilidade, ou na diferença entre a condição atual e o mínimo necessário para o desenvolvimento humano (EGLER, 1996 *apud* ASTOLPHO e GUSMÃO, 2008). Astolfo e Gusmão (2008) apontam que áreas de maior potencial de risco social são aquelas onde reside a população de baixa renda, com carência de serviços básicos de saneamento e coleta de lixo, tornando os residentes mais vulneráveis a proliferação de doenças de

veiculação hídrica e de vetores de outras doenças. A consequência dessa situação é sentida em locais onde a alta densidade populacional e a ocupação desordenada do solo urbano contribuem para o desenvolvimento de favelas e assentamentos informais com infraestrutura precária, que geram e ao mesmo tempo sofrem as externalidades negativas à saúde da população e ao meio ambiente (ASTOLPHO e GUSMÃO, 2008).

Os dados analisados permitem apontar e quantificar as vulnerabilidades de modo a solucionar as questões entre desenvolvimento, saúde pública e meio ambiente. A integração dessas esferas em regiões costeiras é essencial para a qualidade de vida da população e conservação dos recursos naturais ainda disponíveis.

Já o risco tecnológico está relacionado aos processos produtivos e atividades industriais, e pode ser definido como o potencial de ocorrência de eventos prejudiciais à vida, envolvendo a avaliação da probabilidade tanto de eventos críticos de curta duração com amplas consequências (explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos) como a contaminação em longo prazo dos sistemas naturais por lançamento e deposição de resíduos do processo produtivo (EGLER, 2008).

Para avaliar o potencial de risco tecnológico, Egler (2008) salienta que são necessárias as estimativas da população adjacente, visto que essa configura a quantidade de pessoas potencialmente afetadas por um acidente que envolva risco tecnológico. O autor aponta que a exposição prolongada a essas condições aumenta muito o potencial de risco ambiental, elevando a vulnerabilidade da população a doenças. Lins de Barros e Bulhões (2006) incluem na análise de riscos os fatores socioeconômicos afetados em caso de um acidente, destacando os prejuízos financeiros para os pescadores locais e para atividades turísticas.

Portanto regiões de baixa altitude, densamente povoadas, socialmente carentes e com complexos tecnológicos são consideradas mais vulneráveis, e por isso demandam prioridade de ação integrada para solucionar e evitar maiores danos (NICOLODI E PETERMANN, 2010). Igualmente a identificação de áreas de vulnerabilidade ambiental na linha de costa se configura como fator determinante para o planejamento urbano de municípios costeiros, visto que são áreas impróprias para fins de habitação devido aos riscos de perda de bens por efeitos da erosão.

Dessa forma, áreas vulneráveis devem ser utilizadas pelas administrações locais apenas para fins recreativos e turísticos, que não demandem a construção de estruturas de alto custo, e que não representem nenhum tipo de risco ambiental e social. Um estudo detalhado

que utilize ferramentas simples para a identificação dessas áreas pode ser realizado a curto prazo, e pode contribuir na identificação das áreas passíveis de tais atividades.

3.3 - O uso de geoindicadores para avaliação do estado do ambiente

A utilização de indicadores ambientais serve para "medir a 'integridade', estabilidade e sustentabilidade do ambiente físico e biológico, e em especial os aspectos que [...] alertam para uma rápida mudança iminente" (tradução livre, BERGER, 1997, p. 37). A análise a partir de indicadores tem como objetivo avaliar o estado em que se encontra determinado ambiente através da utilização de parâmetros que expressam as condições, especificidades e necessidades de um estudo que contemple ações naturais e alterações introduzidas pelas ações humanas. Para Bush *et al.* (1999) as características ambientais fornecem pistas para os processos físicos ativos em uma linha de costa, bem como para a sua história natural e para os riscos associados, e dessa forma podem dar indicações do nível de segurança ou de risco para o desenvolvimento de determinado local. Os autores sugerem a utilização de geoindicadores, tais como a cobertura vegetal, a configuração dunar e formação e migração de *inlets* para avaliação de riscos aos eventos intensos como terremotos, furações, inundações e outros.

A aplicação do conceito de indicadores ambientais para avaliação ambiental teve início com o desenvolvimento de relatórios do estado do ambiente (*state of the environment – SOE*), os quais foram desenvolvidos para identificar e informar gestores sobre tendências ambientais, especialmente aquelas com limiares iminentes e que exigem mudanças nas políticas, instituições e comportamento humano (BERGER, 1997). Segundo Berger (1997), os relatórios SOE dão mais ênfase a pesquisas relacionadas com a biodiversidade e ecossistemas, sem dar a devida importância aos processos abióticos e parâmetros que também determinam a paisagem, como processos geológicos e geomorfológicos. O autor atribui esse fato a escala de tempo em que ocorrem esses processos e enfatiza que a preocupação dos gestores e órgão públicos da atualidade está nos acontecimentos do presente e futuro próximo. Mas é um equívoco pensar que todas as mudanças geológicas e geomorfológicas são tão lentas a ponto de serem irrelevantes para o monitoramento das alterações ambientais. Enquanto alguns processos levam milhões/bilhões de anos para se concretizarem, outros afetam o meio ambiente em escalas de tempo diárias, sazonais ou de décadas (IUGS, 1996).

Para suprir esta lacuna a União Internacional de Ciências Geológicas (*International Union of Geological Sciences - IUGS*) criou, em 1992, uma Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT), que consiste em um grupo de

trabalho para desenvolver indicadores ambientais relacionados a temas das Geociências (BERGER, 1997), com o objetivo de organizar as evidências geológicas e geomorfológicas dos processos que originam mudanças de curto prazo, e que oferecem informações importantes sobre os sistemas ambientais em diversos intervalos temporais (COLTRINARI, 2001). Esse grupo de trabalho sistematizou uma lista com 27 (vinte e sete) geoindicadores, os quais são definidos como:

"medidas de magnitudes, frequências, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos que em períodos de 100 anos ou menos, na - ou próximos à - superfície terrestre, sujeitos a variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais rápidas." (COLTRINARI E MACCALL, 1995, p.7)

A lista com os 27 geoindicadores estabelecidos pela COGEOENVIRONMENT teve como objetivo sintetizar, para os mais variados ambientes, todas as mudanças geológicas contemporâneas que pode ser significativa para avaliações ambientais, com ênfase sobre as mudanças que são naturalmente induzidas, com ou sem intervenção humana (BERGER, 1998). Geoindicadores tem diversas aplicações em gestão, como auditorias e monitoramento ambiental, mas na zona costeira sua principal função é a avaliação de riscos e mitigação de danos ambientais (BUSH *et al.*, 1999).

Para Berger (1997) indicadores ambientais devem ser úteis para projeções futuras, e também devem tornar perceptível uma tendência ou fenômeno que não é imediatamente detectável como forma de prevenção/antecipação de risco/perigo, já que a sua utilização permite a avaliação de eventos graduais e eventos extremos, os quais geram grande impacto para o meio ambiente e para a população atingida.

A abordagem utilizada no desenvolvimento de geoindicadores permite identificar um conjunto de parâmetros que juntos descrevem a dinâmica mais importante, a curto prazo, das paisagens e configurações geológicas. Por esse motivo, os geoindicadores são considerados como representantes de alguns parâmetros dos quais ele depende (BERGER, 1997). Como resultado, geoindicadores podem fornecer aos gestores ferramentas simples e qualitativas para a rápida identificação de potencial de risco, especialmente em países com fundos limitados e/ou com poucos dados históricos sobre determinado ambiente (BUSH *et al.*, 1999).

Geoindicadores são uma excelente abordagem para avaliação de zonas costeiras (BUSH *et al.*, 1999) por serem áreas extremamente dinâmicas e sensíveis a mudanças naturais e atividades antrópicas (MARTINS *et al.*, 2004). Algumas características ambientais podem fornecer pistas para processos físicos ativos em uma região costeira, sua evolução e riscos

associados. Segundo Bush *et al.* (1999) a observação dessas características contribui para avaliar a intensidade dos processos atuantes e proporcionar uma indicação dos níveis de segurança ou riscos associados com o desenvolvimento de um determinado local. Como exemplos de indicadores do estado do ambiente que podem ser aplicados para a área de estudo destaca-se os para análise das áreas de nascente, da morfologia do canal e do fluxo das correntes, da urbanização e aspectos relacionados e do sistema praia duna.

3.3.1 - Indicador para análise da nascente

As áreas úmidas são ambientes de extrema importância para a formação e manutenção dos cursos d'água, atuando também para minimizar eventuais enchentes ou secas. Segundo o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), as áreas úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica. Segundo Burger (2000) no Brasil as áreas úmidas são mais conhecidas como brejos, pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados, entre outros.

No Rio Grande do Sul as áreas úmidas são comumente conhecidas como banhados e, segundo Burger (2000), este termo é apenas um dos tipos de ambientes incluídos na categoria de áreas úmidas ou zonas úmidas. De acordo com Carvalho e Ozorio (2007) os banhados da zona costeira do Rio Grande do Sul formam-se em regiões planas resultantes de sedimentação ou de cordões dispostos paralelamente à linha de costa, onde a água doce é represada. A origem dessa água é proveniente de corpos hídricos próximos, de afloramentos do lençol freático e das precipitações pluviométricas. Os índices pluviométricos da região sul do Brasil em geral são bem distribuídos ao longo do ano, não possuindo uma estação chuvosa ou seca bem definida, então essa regularidade favorece o desenvolvimento de banhados e o acúmulo de água no reverso das dunas frontais, caracterizando essas áreas como nascentes dos pequenos canais de drenagem costeira.

Questões ambientais relacionadas à degradação dos banhados estão associadas ao homem e sua relação histórica com estes ambientes. Por muito tempo os banhados foram considerados insalubres e improdutivos, e que deveriam ser drenados ou aterrados, modificando parcial ou totalmente sua estrutura e função (CARVALHO E OZORIO, 2007). Atualmente os problemas estão mais relacionados ao tipo de uso destas áreas. Entre eles é

possível destacar a crescente urbanização sem o devido planejamento em virtude de atividades turísticas, o plantio de arroz e espécies exóticas, os quais necessitam de grande disponibilidade de água, áreas de pastagem que acabam compactando o solo pelo pisoteio dos animais, entre outros.

3.3.2 - Indicador para análise da morfologia do canal

Para Souza Filho (1993), um canal é caracterizado por aspectos morfológicos como padrão, gradiente, largura, profundidade e sinuosidade, e também pela descarga, picos de descarga, carga sedimentar, tipo de carga sedimentar e tipo de fluxo. Esses parâmetros concedem ao canal certa estabilidade, modificando-o gradualmente. Ocorrendo modificações em um ou mais destes parâmetros, o canal pode entrar em desequilíbrio, alterando sua morfologia de forma acelerada.

Souza Filho (1993) salienta que existem diferentes classificações para os canais fluviais, mas a comumente utilizada é a que classifica os padrões de drenagem em retilíneos, meandantes, entrelaçados e anastomosados. Pereira da Silva (1998) adaptou a referida classificação para os canais sangradouros do Rio Grande do Sul.

A morfologia do leito de um canal bem como suas alterações podem ser atribuídas a agentes naturais e/ou antrópicos. Porém alterações mais significativas no ambiente, e em curto espaço de tempo, são atribuídas a agentes antrópicos. Pinton e Cunha (2014) afirmam que a urbanização, a agricultura e a pecuária afetam a dinâmica fluvial, especialmente em sistemas menores, modificando a carga sedimentar, promovendo erosão e sedimentação ao longo de um canal fluvial.

3.3.3 - Indicador para análise do fluxo da corrente

O fluxo da corrente está relacionado à competência na esculturação das formas e transporte de sedimentos ao longo de um canal fluvial. Canais em áreas de maior declividade apresentam um fluxo da corrente mais rápido e são mais competentes na esculturação das formas e transporte de sedimentos, já canais em áreas planas apresentam fluxo da corrente mais lento e diminuem a competência no transporte de sedimentos, remobilizando apenas areia e argila (BUZATO, 2012).

Para Christofolletti (1981), o fluxo de um canal está condicionado à força gravitacional, fazendo com que a água das áreas mais altas seja conduzida para áreas mais baixas, e a força de fricção exercida pelo leito e margens do canal, que atua no sentido contrário à da gravidade, retardando o fluxo da corrente.

O fluxo da corrente de um canal fluvial vai estar relacionado com as variáveis climáticas e com o uso do solo. Por conta disso geoindicador fluxo da corrente reflete diretamente as variações climáticas e alterações na dinâmica da bacia de drenagem e uso da terra (IUGS, 1996). Variações na vazão, sedimentos em suspensão e na velocidade da água em um canal são indicativos dessas alterações.

3.3.4 - Indicador para análise da urbanização do canal

Os diferentes processos de urbanização por qual passaram as cidades brasileiras ao longo das últimas décadas promoveram alterações no meio físico, principalmente naqueles sistemas mais sensíveis, como é o caso das zonas costeiras e dos canais fluviais. O desenvolvimento desse processo torna-se cada vez mais precário devido à ocupação desordenada de áreas impróprias para tal, e conseqüente degradação de áreas naturais.

O aumento das áreas urbanas, e conseqüentemente da população e dos equipamentos urbanos, exige cada vez mais do meio físico, e o manejo inadequado traz riscos à conservação e preservação dos recursos naturais. Ross (1994) alerta que num primeiro momento os impactos das alterações afetam o ambiente natural, mas em longo prazo, a sociedade também sentirá os efeitos, por isso o autor acredita que "é cada vez mais urgente que se faça inserções antrópicas absolutamente compatíveis com a potencialidade dos recursos de um lado e com a fragilidade dos ecossistemas ou ambientes naturais de outro" (ROSS, 1994, p. 65).

No que se refere ao Balneário do Cassino, outro agravante dos problemas ambientais é o aumento significativo da população no período do veraneio. Segundo a Prefeitura Municipal do Rio Grande (PMRG), a população do balneário, que gira em torno de 20.000 residentes, ultrapassa 150.000 pessoas (entre turistas, moradores de segunda residência e residentes) nos meses do verão. Nesse período os maiores problemas identificados são o aumento do lixo jogado em lugares impróprios e aumento da deposição de efluentes domésticos (esgoto) nos canais sangradouros.

Com a população vivendo próximo aos canais fluviais, além da ocupação das margens e da poluição, outro problema ambiental pode ser verificado. Os canais migram lateralmente ao longo do perfil longitudinal, e para o estabelecimento de ruas e edificações é comum que os rios sejam retificados e/ou canalizados, o que pode afetar tanto a dinâmica natural dos cursos d'água como a própria população. A canalização dos rios juntamente com a impermeabilização do solo nas adjacências (resultado de atividades antrópicas) diminui a capacidade de infiltração da água no solo. A conseqüência disso é um aumento no escoamento

superficial e a amplificação dos efeitos das chuvas, gerando enchentes e inundações, e trazendo prejuízos para a própria população.

Segundo Botelho e Silva (2004), o objetivo das obras de engenharia (retificação e canalização) em cursos d'água é aumentar a velocidade e a vazão dos rios a fim de acelerar o escoamento da água em períodos de maior precipitação pluviométrica e possibilitar a ocupação de suas margens. Para os autores, a primeira meta muitas vezes fica comprometida pela retirada da vegetação, pelo assoreamento do leito do canal e pela ocupação das áreas de retenção natural das águas, amplificando os danos ao meio ambiente e a sociedade.

Este geoindicador engloba pressões antrópicas impostas aos sangradouros, que podem variar desde modificações no leito do canal e descarte de lixo e esgoto doméstico até a construção de edificações muito próximas às margens e planejamento inadequado de estradas e loteamentos e que, de qualquer forma, trazem prejuízos ambientais que podem ser irreversíveis. A função dos sangradouros do Balneário do Cassino é drenar o excedente hídrico da região pós-dunas frontais para evitar riscos à população em períodos de maior regime de chuvas, mas com suas margens pressionadas pela urbanização, essa função, por vezes, acaba sendo comprometida.

3.3.5 - Indicador para análise do sistema praia duna

As dunas frontais são definidas como cordões paralelos à linha de costa e formadas logo após o pós-praia quando sedimentos, preferencialmente de granulometria fina, são transportados pelo vento e depositados quando encontram algum tipo de barreira, geralmente representada pela vegetação (CALLIARI *et al.*, 2005). São feições que ocorrem principalmente em praias dissipativas, onde as taxas de transporte de areia são potencialmente mais altas (SHORT e HESP, 1982). Segundo Cordazzo e Seelinger (1995) o principal papel desempenhado pelas dunas costeiras é o de manutenção e preservação da integridade morfológica da costa, pois atuam como barreiras dinâmicas contra a ação de ondas e tempestades.

Para Calliari *et al.* (2005), o fator mais relevante para a diferenciação na altura das dunas frontais ao longo do litoral do Rio Grande do Sul é a orientação da linha de costa em relação ao vento predominante de NE (nordeste). Segundo os autores o vento NE incidindo obliquamente na linha de costa e soprando em direção ao continente, favorece o transporte de areia para as dunas; já quando o vento incide paralelo ou oblíquo à costa, soprando em direção ao oceano, as dunas frontais são reduzidas ou inexistentes.

Alterações na dinâmica de formação e morfologia das dunas frontais podem estar relacionadas a processos naturais e antrópicos. Como os canais sangradouros são responsáveis pelas principais descontinuidades do cordão de dunas frontais ao longo da costa do Rio Grande do Sul (CALLIARI *et al.*, 2005; SERPA, 2008), também se tornam agentes erosivos. Dessa forma, alterações mais bruscas, como a intensificação na remobilização de sedimentos e consequente aumento dessa descontinuidade podem ser um geoindicador de desequilíbrio na função dos sangradouros.

Na região compreendida entre o cordão de dunas frontais e a face de praia, denominada como pós-praia, os sangradouros apresentam mais variações na sua morfologia. Nessa porção do perfil longitudinal a dinâmica oceanográfica é mais marcante; a abertura e o fechamento do canal estão relacionados aos processos que ocorrem na zona de surfe (SERPA, 2008); a migração da desembocadura dos sangradouros está relacionada com a deriva litorânea local causada pela incidência oblíqua de ondas (SERPA, 2013).

Foram consideradas alterações na morfologia da drenagem e a presença de marcas de indivíduos próximos às dunas (ruas e trilhas), já que estes podem impactar na vegetação, a qual contribui significativamente na estabilização das dunas costeiras. Rosa e Cordazzo (2007) expressam que atividades recreativas como acampamentos, travessia de carros, motos e cavalos afetam significativamente a vegetação das dunas do Balneário do Cassino. A principal consequência da diminuição ou remoção da vegetação das dunas é a sua desestabilização, facilitando a atuação de processos erosivos e transporte sedimentar.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 - Localização da área de estudo

A área de estudo compreende uma faixa de cerca de 17 km da planície costeira do Rio Grande do Sul, localizada ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, ao largo do Balneário Cassino, município do Rio Grande (figura 1).

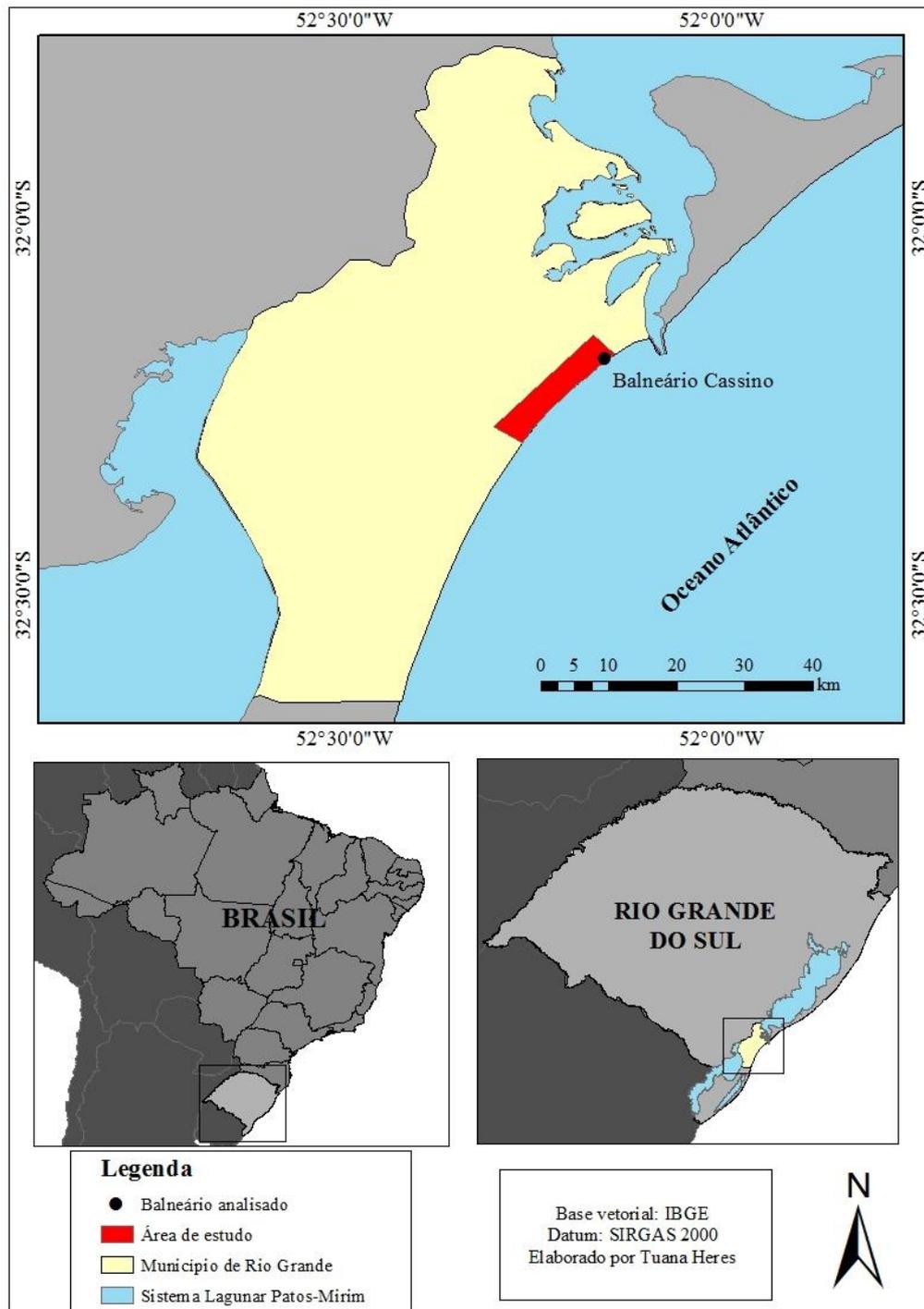


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: A autora.

Dentro desse polígono foram selecionados quatro canais sangradouros: O sangradouro “do Gelo”, assim denominado pela presença de uma antiga fábrica de gelo numa área próxima, localizado em área urbanizada do balneário, estando sua desembocadura nas coordenadas $32^{\circ}10'56''\text{S}$ e $52^{\circ}08'48''\text{W}$, distante 5,2 km ao sul do Molhe Oeste da desembocadura da Laguna dos Patos; o sangradouro da Querência, assim denominado pela sua localização, em uma área que sofre crescente urbanização nos últimos anos, estando sua desembocadura nas coordenadas $32^{\circ}12'34''\text{S}$ e $52^{\circ}10'44''\text{W}$, distante 9,5 km ao sul do Molhe Oeste; o sangradouro Eólico Sul, localizado ao sul do Parque Eólico em área de pouca ação antrópica, cuja desembocadura localiza-se nas coordenadas $32^{\circ}15'47''\text{S}$ e $52^{\circ}14'15''\text{W}$, distante 17,6 km ao sul do Molhe Oeste e; o sangradouro do Navio Altayr, assim denominado por sua desembocadura estar junto às carcaças do referido navio encalhado na praia, cuja desembocadura localiza-se nas coordenadas $32^{\circ}17'31''\text{S}$ e $52^{\circ}15'42''\text{W}$, distante 21,5 km ao sul do Molhe Oeste (figura 2).

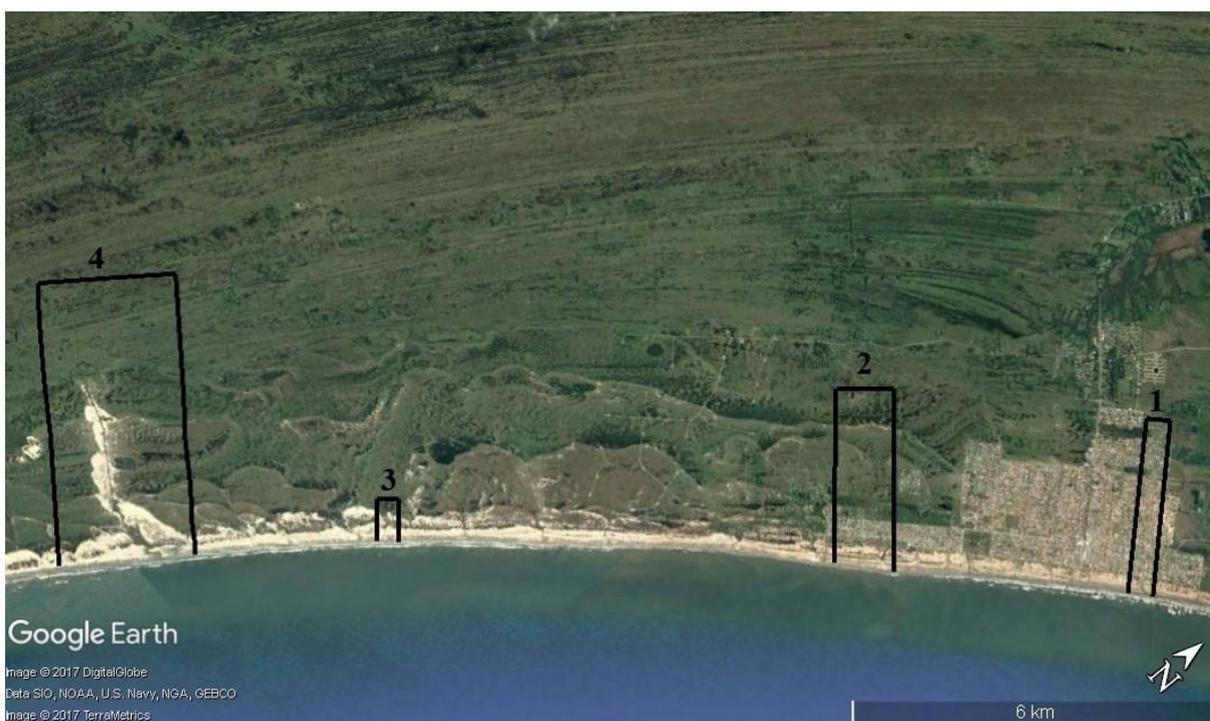


Figura 2: Localização dos sangradouros ao largo do Balneário Cassino. 1: Sangradouro do Gelo; 2: Sangradouro da Querência; 3: Sangradouro Eólico Sul; e 4: Sangradouro do Navio Altayr. Fonte: *Google Earth™ Pro*, 2017.

4.2 - Geologia e Geomorfologia regional

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é constituída por dois elementos: o Embasamento e a Bacia de Pelotas. O embasamento é constituído em sua maior parte por rochas cristalinas do Pré-Cambriano pertencentes ao Escudo Sul-Rio-Grandense e Uruguiaio e por sequências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná. A

O sistema mais recente é o Laguna-Barreira IV que se desenvolveu durante o Holoceno, no último pico transgressivo pós-glacial, a cerca de 5 - 6 ka, quando o nível do mar estava entre 2 e 4 m acima do nível atual, possibilitando a formação dessa barreira devido à grande disponibilidade de sedimentos (DILLENBURG *et al.*, 2005).

O Rio Grande do Sul é um exemplo clássico de costa dominada por ondas, portanto tem nas barreiras costeiras o seu mais importante elemento deposicional. Sua linha de costa é suavemente ondulada, composta por duas reentrâncias (embaixamentos) e duas saliências (projeções), e apresenta uma orientação geral NE-SW (DILLENBURG *et al.*, 2000). Dillenburg *et al.* (2005) concluem que apesar da aparente homogeneidade nos depósitos costeiros, a costa do Rio Grande do Sul apresenta um variado espectro de barreiras, sendo temporalmente coexistentes barreiras de natureza transgressiva e regressiva (figura 2). Para Dillenburg *et al.* (2000), os setores côncavos da costa (reentrâncias) são dominados por barreiras progradantes (regressivas) enquanto os setores com saliências normalmente apresentam barreiras retrogradacionais (transgressivas). As barreiras progradantes da planície costeira gaúcha são caracterizadas por cordões litorâneos regressivos, que são corpos arenosos alongados dispostos paralelamente a linha de costa atual (VILLWOCK *et al.*, 2005), formando uma sequência de alternada de cavas e cristas com amplitude média de 1 m e uma distância de 30 a 40 m entre os cordões sucessivos (TAGLIANI, 1997). Nessas áreas formam-se pequenas lagoas e banhados, os quais abrigam as nascentes dos pequenos arroios e os sangradouros do município do Rio Grande.

As dunas são uma das principais feições geomorfológicas observadas na costa do Rio Grande do Sul devido a sua existência na maior parte do litoral. O campo de dunas eólicas é bem desenvolvido, com largura variável entre 2 e 8 km e se estende por praticamente toda a linha de costa (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). As dunas costeiras são responsáveis pela manutenção e preservação da integridade morfológica da costa, atuando como barreiras dinâmicas contra a ação de ondas e tempestades (CORDAZZO E SEELINGER, 1995). No caso do município de Rio Grande, onde predomina a barreira progradante, as dunas são atualmente confinadas à porção junto à linha de costa.

Outra feição relevante corresponde às praias arenosas. Segundo VILLWOCK (1972), a areia das praias da Barreira IV são quartzosas, de granulação fina a muito fina. De acordo com Pereira (2005), as praias da região dos Concheiros e da desembocadura da Laguna dos Patos apresentam características sedimentológicas singulares das demais praias do estado.

Para Calliari e Klein (1993), as praias adjacentes a Laguna dos Patos são compostas pelas areias mais finas de todo o litoral gaúcho, sendo mais fina a norte da área de estudo que a sul.

4.3 - Meteorologia e Oceanografia

Os canais sangradouros são afetados por diversos fatores de origem meteorológica e oceanográfica. Dentre os quais destacam-se a precipitação, que influencia no nível dos banhados de nascente e a vazão dos canais; os ventos locais que influenciam na mobilidade dunar e as ondas, marés e correntes de deriva litorânea que atuam na faixa de praia.

4.3.1 - Precipitação

A precipitação na região sul do Brasil é em geral bem distribuída ao longo do ano, não possuindo uma estação chuvosa ou seca bem definida (VIANELLO e ALVES, 1991). Todavia, mesmo com uma pequena variabilidade mensal, ocorrem secas intensas e chuvas torrenciais. Entre os sistemas atmosféricos que influenciam as precipitações na região estão os sistemas frontais, os ciclones, os sistemas convectivos de mesoescala (SCMs), os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANs) e as circulações de brisa (REBOITA *et al.*, 2012).

Segundo Reboita *et al.* (2012), os sistemas frontais correspondem ao encontro entre duas massas de ar com propriedades térmicas opostas. Essa situação acontece na ocorrência de frentes frias, pois a massa de ar frio força a massa a subir, favorecendo a formação de nuvens e chuva. Em relação aos ciclones, os quais frequentemente causam ventos fortes, precipitação e diminuição da temperatura, os autores afirmam que a região sul do Brasil se encontra entre duas regiões favoráveis para a formação de ciclones: uma localizada na costa sul/sudeste do Brasil e outra entre o Uruguai e o extremo sul do Brasil.

Os SCMs estão associados às nuvens Cumulonimbus quando organizadas em mesoescala. É uma denominação abrangente que engloba uma variedade de configurações meteorológicas, tais como conglomerado de nuvens, linhas de instabilidade, complexos convectivos de mesoescala, tempestades tropicais e até mesmo furacões, as quais trazem chuvas bastante intensas para a região subtropical do Brasil, principalmente no verão (SAKAMOTO, 2009).

Os VCANs são sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios. Apresentam um centro relativamente frio, convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no centro e ascendente na periferia, e nebulosidade mais intensa na direção do seu deslocamento (FERREIRA *et al.*, 2009).

Segundo Reboita *et al.* (2012), as brisas são um fenômeno comum que ocorre em regiões próximas a grandes corpos d'água, e consiste na formação de um sistema de circulação fechada devido ao aquecimento diferenciado entre continente e oceano (ou outro corpo d'água). A brisa marinha é diurna e acontece quando a circulação se dá no sentido oceano-continente. À noite o sentido da circulação se inverte (continente-oceano), dando origem à brisa terrestre. O transporte de umidade pela brisa marítima para o continente pode fornecer umidade para outros sistemas, como para uma frente, e causar precipitação (REBOITA *et al.*, 2012).

Há também a influência significativa do El Niño e da La Niña na frequência de eventos extremos e precipitação. Grimm e Pscheidt (2004) indicaram que o impacto mais intenso das anomalias de precipitação causadas pelo El Niño e La Niña ocorre na primavera do ano inicial do episódio, principalmente no mês de novembro. Durante eventos El Niño há chuva acima do normal e durante eventos La Niña há seca. As autoras também concluíram que eventos severos a nível regional no sul do Brasil durante a primavera ocorrem com frequência muito maior em episódios El Niño do que durante anos normais, e com frequência muito menor durante eventos La Niña.

Outro sistema que influencia a precipitação no sul do Brasil é o bloqueio atmosférico. Krusche *et al.* (2002) indicam que os bloqueios no escoamento atmosférico caracterizam uma interrupção da regularidade da propagação dos sistemas sinóticos, provocando períodos relativamente longos de estiagem ou chuva. A frequência máxima dos bloqueios ocorre no outono e a mínima nos meses de inverno e primavera, podendo durar de 5 a 7 dias até 3 semanas. As autoras indicam ainda que os bloqueios atmosféricos, principalmente no verão, estão associados ao estacionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)¹ nas regiões sul e sudeste.

4.3.2 - Ventos

Os ventos são os grandes responsáveis pela dinâmica costeira, pois além do papel que desempenham na geração das ondas - e por consequência das correntes de deriva litorânea - eles são os responsáveis pela movimentação de grandes quantidades de areia ao longo da linha de costa. Quando os ventos sopram do mar eles acabam por levar a areia para o

¹ Segundo Krusche *et al.* (2002) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) corresponde a uma banda de nebulosidade orientada no sentido NW para SE, se estendendo desde o interior do continente (região centro sul da Amazônia) em direção ao Oceano Atlântico.

interior, construindo campos de dunas cuja orientação retrata a direção dos ventos dominantes na região costeira (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995).

A origem dos ventos da costa do Rio Grande do Sul está relacionada aos dois sistemas de alta pressão que atuam na região: o anticiclone semifixo do Atlântico Sul e o anticiclone polar. A alternância da ação desses dois sistemas durante o ano faz com que ocorram ventos do quadrante NE nos meses de verão (setembro a fevereiro), enquanto que no outono e no inverno (abril a agosto) predominam dos ventos de SW (GODOLPHIM, 1976 *apud* CALLIARI e KLEIN, 1993).

4.3.3 - Ondas

A costa do Rio Grande do Sul é classificada como uma costa dominada por ondas, e a sua configuração, praticamente retilínea, lhe confere um caráter aberto, exposta a ação das ondas de energia média a elevada (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). Grande parte da energia incidente está associada às ondas de gravidade (STRAUCH *et al.*, 2009). Segundo Fontoura (2004) as ondas do litoral sul do Brasil são classificadas como ondulações (*swell*), vagas (*sea*) e ondas de tempestade (*storm surges*). A maior frequência de incidência fica por conta das ondulações e vagas de média a elevada energia, com altura de 1,5 m e período entre 7 e 9 s (TOLDO JR. *et al.*, 2006), caracterizando um espectro direcional bimodal (STRAUCH *et al.*, 2009).

De acordo com Fontoura (2004) as ondulações têm formato regular, cristas arredondadas, longos períodos e baixa esbeltes, com centro de geração distante da costa, associado ao cinturão de tempestades subpolar do Atlântico Sul, e com propagação de ondas do quadrante S-SE (STRAUCH *et al.*, 2009). Já as vagas resultam do vento local, são ondas com características complexas e confusas, elevada esbeltes e cristas agudas e geralmente ocorrem cavalgando as ondulações. A predominância do vento local de NE na região caracteriza as vagas (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). As ondas de tempestades acompanham a passagem de frentes frias e assolam a costa com regularidade durante o ano, porém com maior frequência no outono e inverno. Associadas às ondas de tempestades estão as elevações do nível do mar, empilhamento de água na costa e processos erosivos com mobilização e transporte de grandes quantidades de sedimentos (FONTOURA, 2004).

4.3.4 - Marés

Registros efetuados pela tábua de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil demonstram que as marés astronômicas da costa do Rio Grande

do Sul são de pequena amplitude quando comparadas a variações associadas às marés meteorológicas. A amplitude da maré astronômica é em média 0,47 m, do tipo diurno, com amplitudes máximas de até 0,80 m no outono e primavera (FONTOURA, 2004) o que classifica a costa do estado como de micromaré (até 2 m de amplitude de maré).

Devido a este aspecto, as variações de nível do mar produzidas pelas marés meteorológicas assumem um papel mais determinante na esculturação das feições costeiras da costa do Rio Grande do Sul. Em certas situações, a maré meteorológica pode ultrapassar em até 1 m a maré astronômica, sendo considerada como agente modelador, responsável por bruscas alterações na morfologia das praias e no volume de sedimentos disponibilizados (CALLIARI *et al.*, 1998 *apud* SERPA, 2008). Durante períodos de maré alta as águas marinhas invadem os canais sangradouros, sendo a linha de costa mais erodida em episódios de eventos extremos junto a estes.

4.3.5 - Deriva litorânea

Quando as ondas incidem obliquamente à linha de costa, desenvolvem-se as correntes litorâneas, através das quais as massas de água se deslocam paralelamente à linha de praia. Essas correntes transportam os sedimentos que estão em movimento na linha de costa devido à ação das ondas, sendo esse movimento de areia denominado deriva litorânea, a qual constitui-se em um dos processos mais significativos de transporte de sedimentos ao longo das costas arenosas (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995).

Segundo Calliari e Klein (1993) alguns estudos realizados indicam que o transporte litorâneo é considerável em ambos os sentidos na costa (de SW-NE e de NE/SW), porém a capacidade de transporte proveniente de sudoeste para nordeste é superior. Tozzi (1995) apresentou evidências, para o litoral sul do Rio Grande do Sul, do predomínio no sentido do transporte, onde correntes se sentido NE-SW apresentam-se mais constantes e fracas, enquanto que para SW-NE ocorrem correntes mais fortes e de menor frequência. Indicadores geomorfológicos como a desembocadura (não estabilizada) dos rios, arroios e lagunas confirmam a deriva predominante para NE (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). Nos canais sangradouros da área de estudo, a deriva litorânea geralmente empurra estes para norte na porção superior (maré alta) e para sul na face da praia (maré baixa).

4.4 - Sistemas fluviais

O Rio Grande do Sul está dividido em três regiões hidrográficas: a do Uruguai, a do Guaíba e a do Litoral. A região hidrográfica do Litoral localiza-se na porção leste e sul do

estado e compreende as bacias hidrográficas do Tramandaí e Mampituba, que drenam suas águas para o Oceano Atlântico, a bacia hidrográfica do Camaquã, com drenagem direcionada para a Laguna dos Patos, e as bacias hidrográficas do Litoral Médio e Mirim-São Gonçalo, que drenam suas águas tanto para o oceano como para a laguna (FEPAM, 2016).

Em relação as drenagens costeiras, em uma faixa costeira com aproximadamente 640 km de extensão, são verificados apenas quatro canais de ligação mais expressivos na barreira arenosa (FIGUEIREDO e CALLIARI, 2006): a Foz do Rio Mampituba, a desembocadura da Lagoa de Tramandaí, a desembocadura da Laguna dos Patos e o Arroio Chuí. Há também canais de menor porte como a desembocadura da Lagoa do Peixe e o canal do Estreito. Mas outra característica marcante da região costeira gaúcha é a presença dos canais de menor porte que contribuem para a drenagem do excedente hídrico da região de pós-dunas frontais (PEREIRA DA SILVA, 1998) e também para o escoamento de áreas habitadas, os canais sangradouros.

4.4.1 – Canais sangradouros

Pereira da Silva (1998) classificou os sangradouros conforme sua distribuição espacial, abastecimento de água e comportamento sazonal em permanentes, efêmeros e intermitentes. Sangradouros permanentes são aqueles que não dependem das condições sazonais e permanecem com fluxo de água durante o ano inteiro. Sangradouros efêmeros são aqueles condicionados a ação imediata das precipitações, sendo que a sua permanência no sistema praial ocorre durante e após as chuvas, desaparecendo assim que as condições ambientais favoreçam tal processo. Sangradouros intermitentes são aqueles que contém água em certas épocas do ano, estando vinculados a um comportamento sazonal.

Analisando suas feições morfológicas, Pereira da Silva (1998) também classificou os sangradouros quanto ao tipo de canal, em canais meandantes, canais anastomosados e canais retilíneos. Os canais meandantes são encontrados em praias com declividade mais suave e são caracterizados por apresentar movimentação lateral, resultando em um lado côncavo (erosão) e um lado convexo (deposição) e um fluxo de fraco a moderado, porém contínuo associado a uma baixa descarga de sedimentos. Os canais anastomosados caracterizam-se por apresentar a formação de barras arenosas, distribuídas no leito do sangradouro, as quais obstruem parcialmente o fluxo principal, formando canais secundários. Os canais retilíneos são caracterizados por apresentar forte fluxo d'água e alta descarga de sedimentos, e aparecem no sistema praial durante e após períodos de intensa atividade pluviométrica.

Pereira da Silva (1998) também atribuiu a distribuição espacial dos sangradouros a três fatores principais: a morfologia das áreas posteriores ao cordão de dunas frontais; fisiografia dos sistemas de dunas frontais e; características morfodinâmicas da praia. A morfologia das áreas posteriores ao primeiro cordão de dunas frontais se refere a área fonte de abastecimento de água para a formação das áreas alagadas, o que influencia na formação e distribuição espacial dos sangradouros. Pereira da Silva (1998) atribui a maior concentração de sangradouros a áreas da planície costeira onde a predominância de cordões litorâneos regressivos (como nas adjacências do Cassino), banhados (como o Banhado do Taim), onde as áreas baixas e os terrenos alagadiços são mais marcantes; a ausência ou diminuição na concentração dos sangradouros relacionadas ao florestamento de *Pinus sp.* e a intensa atividade eólica, como na região dos Concheiros, que acaba por transportar os sedimentos para áreas alagadas e pequenos banhados, diminuindo a área onde se formam os sangradouros.

Figueiredo (2002) confirma que as baixas concentrações de sangradouros no litoral central gaúcho estão relacionadas ausência de feições geomorfológicas como cordões litorâneos e banhados expressivos, que favoreçam a armazenagem de águas das chuvas. Para esta autora as maiores concentrações estão associadas a presença de lagoas de bolso e antropização. Figueiredo (2002), além destes fatores, atribui a concentração de sangradouros a alterações antrópicas decorrentes do processo de urbanização ao largo da costa do Rio Grande do Sul.

Sobre a fisiografia dos sistemas de dunas frontais, Pereira da Silva (1998) destacou que a área entre a Praia do Cassino e o Farolete do Verga, mesmo apresentando as maiores alturas de dunas frontais, possuem quantidade significativa de sangradouros. Já na área entre o Banhado do Taim e o Farol do Albardão, a elevada concentração de sangradouros tem relação com o tamanho das dunas frontais, as quais são reduzidas (com 1 a 2 m de altura), facilitando o escoamento dos cursos de água em direção ao mar. Na região dos Concheiros a pequena concentração de sangradouros não está associada ao terreno de planícies arenosas, mas a outros fatores, já na área compreendida entre o Hermenegildo e Chuí, o aumento no número dos sangradouros está relacionado a baixa topografia da região. Figueiredo e Calliari (2005) concordam que o grau de desenvolvimento das dunas frontais não é fator preponderante para o desenvolvimento dos sangradouros, mas sim que a morfologia e orientação do campo de dunas mais interior exercem influência na forma e número desses canais.

Com relação às características morfodinâmicas da praia, Pereira da Silva (1998) e Figueiredo (2002) apontam que praias com características intermediárias a dissipativas são as que concentram maior quantidade de sangradouros, já praias com características intermediárias a reflectivas apresentam número reduzido de canais. O aspecto que contribui para a concentração ou diminuição de sangradouros é a constituição granulométrica das mesmas. Segundo Pereira da Silva (1998), praias com características intermediárias a reflectivas, como a região dos Concheiros, possuem sedimentos mal selecionados, aumentando a permeabilidade do solo e impedindo a permanência dos sangradouros por mais tempo. Já praias intermediárias a dissipativas, como nas adjacências da Laguna dos Patos, são constituídas de sedimentos bem selecionados e de granulometria fina a muito fina, o que contribui para compactação do solo e diminuição de sua permeabilidade, favorecendo assim, o desenvolvimento dos sangradouros.

Pereira da Silva (1998) demonstrou que os sangradouros apresentam regime de sazonalidade. Segundo ele, a menor concentração de sangradouros ocorre nos meses do verão em função das altas taxas de evaporação e baixas frequências de chuvas. Nos meses do outono, primavera e principalmente inverno, quando há maiores níveis de precipitação e diminuição da evaporação, existe um aumento na concentração dos sangradouros.

Serpa (2008) ao determinar e quantificar processos associados ao ciclo morfodinâmico evolutivo e investigar o mecanismo responsável pela abertura e fechamento de um sangradouro na localidade da Querência, distante 11 km ao sul do molhe oeste da desembocadura da Laguna dos Patos, observou que este teve períodos de maior atividade nos meses de outono e inverno, quando os índices pluviométricos são mais acentuados em relação aos meses de primavera e verão. Figueiredo (2002), Figueiredo e Calliari (2005) e Serpa (2013) apontam que, apesar de não haver uma sazonalidade bem definida no regime pluviométrico ao longo do ano, as maiores taxas de evaporação são verificadas nos meses de verão, estação na qual o número de sangradouros é reduzido, demonstrando que a distribuição espacial dos sangradouros depende principalmente das taxas de evaporação.

Ao caracterizar a morfologia de um sangradouro próximo ao Parque Eólico do Cassino a partir de eventos extremos, De-Zotti (2012) concluiu que o seu formato, na face de praia, é influenciado principalmente pela intensidade e orientação do vento que atinge a região. Além disso, concluiu que eventos extremos, como a passagem de marés meteorológicas têm influência na dinâmica dos sangradouros, principalmente na porção a jusante do canal. Serpa (2013) confirma que tempestades podem estar associadas não apenas à

abertura do sangradouro, mas também ao seu fechamento, ou seja, a elevação do nível do mar durante marés meteorológicas pode ocasionar o fechamento de um canal quando este não tem competência para manter-se aberto. De-Zotti (2012) afirma ainda que o balanço hídrico positivo para região de estudo está relacionado à entrada de frentes frias, fato que contribui para acresção de água à calha do sangradouro, forçando sua abertura. Já em estações com menor entrada de frentes frias, onde o balanço hídrico é negativo, ocorre o gradual fechamento do sangradouro.

Para o sangradouro da Barcaça, localizado 30 km ao sul da praia do Cassino, Pereira da Silva (1998) identificou períodos de erosão e acresção de sedimentos relacionados à sazonalidade, os quais alteram significativamente a morfologia dos canais e do sistema praia-duna. Serpa (2008) indicou, analisando um sangradouro próximo ao Parque Eólico do Cassino, que estes apresentam períodos de erosão e acresção, mas que no prazo de estudo não foi possível observar o total reestabelecimento das áreas erodidas, mesmo nos meses de verão onde as taxas de deposição são maiores, sugerindo a existência de dois ciclos distintos no comportamento evolutivo dos sangradouros: um com prazo maior do que um ano, até o reestabelecimento das dunas frontais erodidas pela abertura do canal; e outro de prazo menor, onde há o surgimento de uma barra arenosa na região da berma, ocasionando o fechamento do canal devido a interações de processos costeiros atuantes, e posterior abertura do sangradouro após a destruição da barra arenosa.

Segundo Pereira da Silva e Calliari (1997), processos erosivos na região costeira ocorrem devido ações naturais associadas às condições hidrodinâmicas marinhas e ações antrópicas resultantes do processo de urbanização. Intervenções antrópicas sobre os sangradouros podem intensificar processos erosivos devido a alterações nos canais, desta forma, Figueiredo (2002) e Figueiredo e Calliari (2005) afirmam que interrupções na drenagem natural podem alterar o papel dos sangradouros na evolução da zona costeira, podendo acelerar taxas de recuo das dunas. Serpa (2008) indica que atividades antrópicas têm contribuído para a impermeabilização do solo, o que favorece o aumento da vazão dos sangradouros e surgimento de novos canais. Igualmente Figueiredo (2002) salienta que a presença de edificações e pavimentação reduzem as áreas de infiltração, aumentando a retenção das águas precipitadas e conseqüentemente o número de sangradouros.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 – Revisão Bibliográfica

A primeira etapa do trabalho foi a revisão bibliográfica. Esta consistiu principalmente em um levantamento teórico-conceitual dos canais sangradouros ao largo da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Foram consultados trabalhos acadêmicos e artigos relativos ao assunto, pois estudos relacionados a esses canais são recentes, datando apenas das duas últimas décadas, sendo Pereira da Silva (1995; 1998), Pereira da Silva e Calliari (1997), Figueiredo (2002), Pereira da Silva, Calliari e Tozzi (2003), Figueiredo e Calliari (2005 e 2006), Serpa (2008 e 2013) os pioneiros na realização desses estudos. Foram compilados dados referentes à área de estudo e identificação dos processos geomorfológicos atuantes na Planície Costeira do RS e no sistema praia duna na área de estudo. Também através da revisão bibliográfica foram identificadas as principais ações antrópicas em cada um dos sangradouros analisados. A caracterização destas derivou da análise dos geoindicadores, através dos trabalhos de campo e imagens aéreas disponíveis no programa *Google Earth™ Pro*.

5.2 – Análise das imagens aéreas

As imagens aéreas inicialmente serviram para a seleção dos canais sangradouros. A seleção desses quatro canais foi apoiada a partir de imagens aéreas disponíveis no programa *Google Earth™ Pro* e por vistorias de campo.

O *Google Earth™ Pro* é um programa de computador que apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre, o qual é produzido a partir de um mosaico de imagens de satélite, imagens aéreas e processamento em programas de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) (PEREIRA e PAMBOUKIAN, 2015). A partir do início de 2015 a versão Pro do programa foi disponibilizada gratuitamente para uso em computadores pessoais. Além da identificação e visualização de lugares, construções, cidades, paisagens, entre outros, e a visualização de imagens de diferentes datas de aquisição, a versão Pro possui ferramentas que possibilitam tarefas mais avançadas, como a importação de imagens em alta resolução (até 4800x3020 pixels), medição mais precisa de áreas, construção em 3D, perfil de elevação, planejamento detalhado de rotas e gravações de vídeos em resolução HD. Entre as variadas ferramentas do *Google Earth™ Pro*, destaca-se a possibilidade de aquisição de imagens de alta resolução, de forma gratuita, para posterior processamento em programas de SIG, abrindo um leque de possibilidades para trabalhos ambientais, urbanísticos, entre outros. Porém esse

programa possui problemas no que se refere ao georreferenciamento e aleatoriedade das imagens, mas para Simões (2015), apesar dessas limitações, que devem ser levadas em consideração, o *Google Earth™ Pro* mostrou-se satisfatório, gerando dados concretos. Pereira e Pamboukian (2015) também indicam limitações relacionadas ao programa, mas que este é uma boa ferramenta para estudos realizados em escalas acima de 1:30.000, e para estudos que não requerem exatidão no posicionamento. Para cada um dos quatro canais foram usadas duas cenas para caracterização, obtidas nos anos de 2006 e 2014 (tabela 1).

Tabela 1: Imagens disponíveis no *Google Earth™ Pro* para análise dos parâmetros.

Sangradouro do Gelo	Sangradouro da Querência	Sangradouro ao sul do P. Eólico	Sangradouro do Navio
27/02/2006	27/02/2006	27/02/2006	27/02/2006
01/05/2014	01/05/2014	01/05/2014	01/05/2014

Fonte: A autora.

Möller (2014) obteve dados precisos utilizando as ferramentas disponíveis no *Google Earth™ Pro* ao analisar a distância da orla urbana em relação à linha de preamar marinha em balneários do litoral médio e sul do RS. Portanto, para o presente trabalho concluiu-se que as ferramentas de medição disponíveis no programa *Google Earth™ Pro* (linha, caminho, polígonos e círculos), juntamente com a coleta de dados *in loco*, são suficientes para atingir os objetivos propostos, visto que as limitações associadas ao programa não são referentes a essas ferramentas, as quais apresentam boa precisão.

Desta forma, para a análise dos canais sangradouros foram utilizadas imagens de satélite adquiridas através do programa *Google Earth™ Pro*, a partir das quais foram feitas medições para identificar alterações ocorridas dentro de um período de aproximadamente oito anos para cada canal sangradouro. Foram utilizadas imagens dos anos de 2006 e 2014 para análise dos geoindicadores: Características gerais da nascente, Comprimento, Índice de sinuosidade, Porcentagem de retificação e Porcentagem de urbanização do canal. A escolha dessas imagens se deve pelo fato destas cobrirem toda a área de estudo.

Posteriormente, durante atividades de campo, foi utilizado um drone para aquisição de imagens aéreas com o intuito de corroborar com a análise dos dados.

5.3 - Atividades de campo

As atividades de campo foram realizadas para a coleta dos dados dos geoindicadores Características gerais da nascente, Largura, Profundidade e Vazão. A coleta de dados foi realizada em três campanhas: a primeira foi realizada no dia 21/09/2016; a segunda no dia

17/01/2017; e a terceira no dia 22/03/2017. Além da coleta de dados, as atividades de campo serviram para aquisição registros fotográficos, os quais foram utilizados como complemento desses dados. Para esse registro foi utilizado, como equipamento fotográfico, uma câmera digital amadora da marca SONY, modelo DSC-W630 para imagens do solo e um Drone DJI PHANTOM III Professional, disponibilizado pelo Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos da FURG, para imagens aéreas oblíquas.

5.4 - Aquisição de dados de precipitação

Para este trabalho julgou-se necessário a utilização de dados de precipitação para analisar o comportamento dos sangradouros frente a essa forçante meteorológica. A principal fonte de dados de precipitação dessa pesquisa foi advinda da Estação Meteorológica Automática de Rio Grande. Dados complementares foram extraídos das estações meteorológicas da Barra do Rio Grande, Domingos Petrolina, Regatas e Taim, disponíveis na página Séries Históricas - HidroWeb da Agência Nacional das Águas (ANA). Estes dados visaram corroborar com a análise a partir das imagens aéreas e atividades de campo, sobretudo para o período anterior ao das imagens analisadas e trabalhos de campo realizados.

5.5 - Geoindicadores

De acordo com Bush *et al.* (1999), a maioria dos geoindicadores são melhor avaliados em campo, mas outras fontes de informação também são necessárias, tais como mapas (mapas topográficos, mapas de solos, mapas geológicos), fotografias aéreas, vídeos e consultas a referências anteriores. Utilizando os dados obtidos por revisão, análise de imagens aéreas e trabalhos de campo e baseado nos conceitos de Berger (1997; 1998) e Bush *et al.* (1999) foram propostos parâmetros de análise dos geoindicadores para cada canal sangradouro, os quais estão listados abaixo:

5.5.1 - Características gerais da nascente dos canais

O geoindicador visa analisar as áreas úmidas das nascentes (banhados), caracterizando de forma qualitativa o estado do ambiente onde estão localizadas as nascentes dos sangradouros e identificando quais pressões antrópicas podem trazer prejuízos e alterar a estabilidade do ambiente. Para isto foi feita uma análise qualitativa dos tipos de uso e alterações por intervenções antrópicas nas nascentes e banhados adjacentes aos sangradouros a partir de imagens aéreas (tabela 1) e vistoria de campo. Cada nascente foi classificada em “natural”, “antropizada rural”, “antropizada urbana”.

5.5.2 - Comprimento dos canais

Para o presente estudo, o comprimento dos canais foi definido como a distância que se estende ao longo do curso d'água desde a nascente até a desembocadura. A medição do comprimento de cada um dos canais sangradouros foi realizada a partir de imagens aéreas (tabela 1) no próprio *Google Earth™ Pro*. Além do comprimento total foi medido o comprimento do canal sobre as áreas de banhado (aqui denominado como trecho superior), o comprimento do canal sobre as dunas costeiras (trecho médio) e o comprimento do canal sobre o pós-praia (trecho inferior).

5.5.3 - Porcentagem de retificação dos canais

Cunha (2005) utiliza a definição de canalização como uma obra de engenharia realizada no sistema fluvial que envolve a direta modificação da calha do rio e desencadeia consideráveis impactos no canal e na planície de inundação. Segundo a autora, os diferentes processos de canalização consistem no alargamento e aprofundamento da calha fluvial, na retificação do canal, na construção de canais artificiais e de diques, na proteção das margens e na remoção de obstáculos no canal. Para Cunha (2005), a retificação dos rios tem como finalidade o controle das cheias, a drenagem das terras alagadas e melhorias do canal para fins de navegação. As modificações ambientais observadas a partir da retificação de um canal são a alteração no padrão de drenagem, reduzindo o comprimento do canal com a perda de meandros, alteração na forma do canal (largura e profundidade) e diminuição da rugosidade. Utilizando as imagens aéreas (Tabela 1), do programa *Google Earth™ Pro* e a regra de 3, foi medida a porcentagem (%) do perfil longitudinal retificado nos quatro canais analisados, buscando identificar o objetivo desta em cada canal.

5.5.4 - Índice de sinuosidade dos canais

Para obter o índice de sinuosidade de cada canal sangradouro foram utilizadas imagens aéreas (tabela 1). O índice de sinuosidade de um curso d'água é a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente, medida em linha reta, e o comprimento do canal principal, que também foi obtido diretamente no *Google Earth™ Pro*, e podem ser verificados através da equação adaptada de Mansikkaniemi (1970², apud PÉRICO *et al*, 2011):

² MANSIKKANIEMI, H. 1970. **The sinuosity of rivers in northern Finland**. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, 52: 16-32p.

$$I_s = \frac{100(L-L_r)}{L}$$

Onde:

I_s = Índice de sinuosidade

L = comprimento do canal

L_r = distância, em linha reta, entre a nascente e a desembocadura

Mansikkaniemi (1970, apud PÉRICO *et al.*, 2011) estabeleceu cinco classes, (conforme a tabela 2), sendo que quanto maior for o valor obtido, maior será a sinuosidade do canal, menor será a velocidade de escoamento e menor será a influência das enchentes à jusante (SILVA *et al.*, 2014).

Tabela 2: Índice de sinuosidade dividido por classes e limites.

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	< 20
II	Reto	entre 20 e 29
III	Divagante	entre 30 e 39
IV	Sinuoso	entre 40 e 49
V	Muito sinuoso	> 50

Fonte: adaptado de Mansikkaniemi (1970, apud PÉRICO *et al.*, 2011)

5.5.5 - Porcentagem urbanizada dos canais

Para determinar a porcentagem de área urbanizada ao longo das margens de cada sangradouro (ao longo de todo seu curso d'água) foram utilizadas imagens aéreas (tabela 1). A partir do comprimento total de cada canal, a porcentagem de urbanização foi calculada utilizando a regra de 3, a partir de medições de comprimento realizadas no programa *Google Earth™ Pro*.

5.5.6 - Largura e profundidade da lâmina d'água dos canais

Para a análise da largura e profundidade, foram analisadas seções transversais, medidas a partir das atividades de campo (figura 4). As medições foram realizadas em dois segmentos do trecho médio dos canais. Foram realizados perfis transversais utilizando uma régua e fita métrica a partir de um marco (estaca) fixada na lateral de cada perfil (figura 5).

A largura foi distinguida em largura total e largura média no momento da medição. A largura total foi medida em dois pontos, gerando dois perfis transversais para cada sangradouro em cada campanha de coleta de dados (figura 4), e para a largura média de cada canal foi somado a largura dos dois perfis transversais e dividido por dois nas três campanhas de coleta de dados. Para a profundidade, foram coletadas medidas a cada metro de uma

margem a outra do canal. Para a profundidade média do canal foi somada a profundidade dos pontos amostrados e dividido pelo número de pontos amostrados. Para a representação dos perfis transversais resultantes foi definida a margem sul como ponto de partida para a coleta dos dados para os quatro sangradouros analisados.

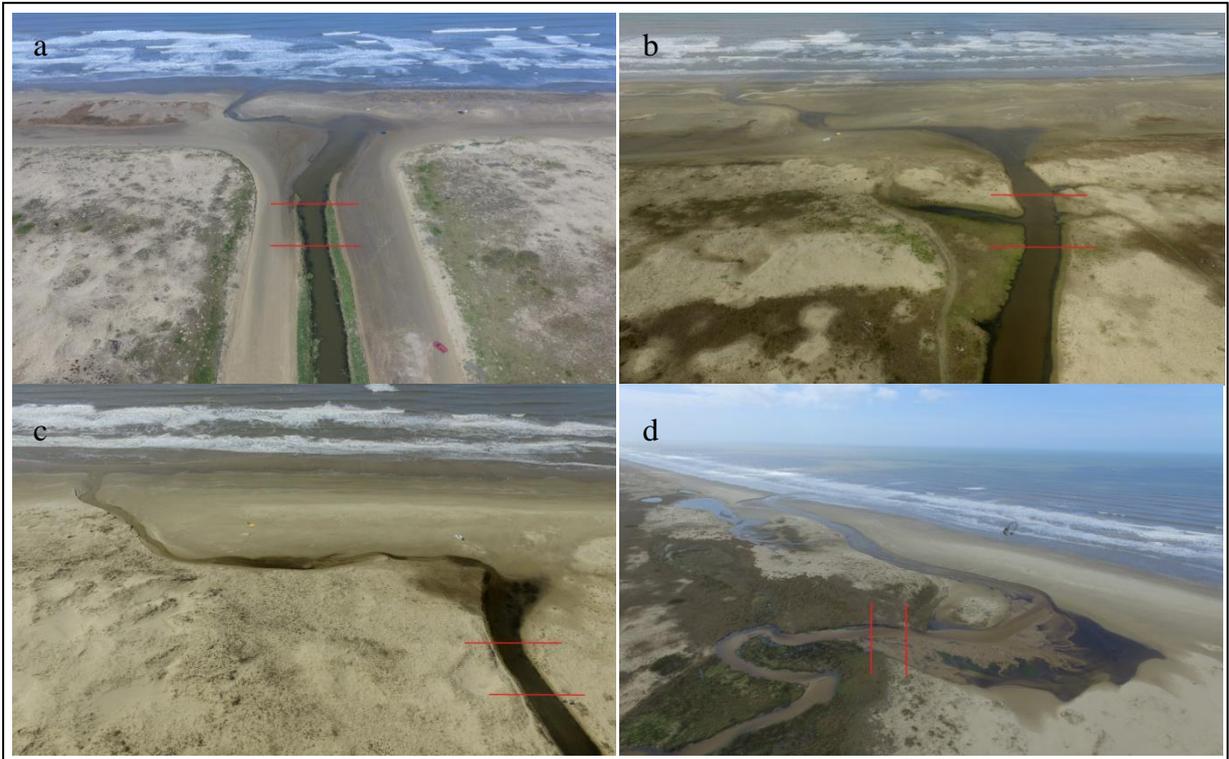


Figura 4: Local da medição das seções transversais. a) Sangradouro do Gelo. b) Sangradouro da Querência. c) Sangradouro Eólico Sul. d) Sangradouro do Navio Altayr. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).



Figura 5: Medição de largura e profundidade no sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: Gianfranco Oliveira

5.5.7 - Vazão dos canais

Segundo Carvalho (2008), vazão é o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, e é expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em m³/s. Isso significa dizer que a cada segundo passam X metros cúbicos (m³) de água em determinada seção transversal de um rio. Caso deseja-se expressar o volume de água em litros, deve-se saber que 1m³ é igual a 1.000 litros de água.

Devido a profundidade e o fluxo de água serem reduzidos nos sangradouros, o método utilizado para estimar a vazão dos canais foi a medição indireta, que consiste na medição manual da largura e da profundidade de um canal, e posterior estimativa da velocidade média do fluxo da água através do uso de um derivador (CARVALHO, 2008). Foi definido um ponto do perfil transversal para posterior estimativa da velocidade do fluxo da água através do uso do derivador, posto no eixo central do canal sangradouro. O derivador utilizado foi uma boia de isopor com peso (chumbo), com peso total de 0,116kg. Foi definida uma distância de 20 m (pista) para cronometrar o tempo que a boia leva para percorrer a pista. Este passo foi repetido três vezes para ter uma medição mais correta (ou média) da velocidade do fluxo (figura 6).

Após foi definida a velocidade média do fluxo em cada um dos trechos, para cada canal naquela hora e dia a partir da equação:

$$V = d/t$$

Onde:

V = velocidade da corrente (m/s)

t = tempo (s)

d = distância determinada (m)

Após obter as três variáveis (velocidade do fluxo de água, largura do canal e profundidade média na seção transversal), foi utilizada a fórmula para o cálculo da vazão:

$$Q = A \cdot V \text{ ou } Q = (w \cdot h) \cdot V$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

A = área da seção do rio (w . h) (m²)

V = velocidade do fluxo de água (m/s)

w = largura do canal (m)

h = profundidade média na seção transversal (m)



Figura 6: Medição da velocidade da corrente do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Gianfranco Oliveira.

5.5.8 – Sistema praia duna

A caracterização do sistema praia duna junto aos canais foi feita através da revisão bibliográfica, utilizando dados morfométricos de Porto (2016) como largura e altura das dunas e aspectos qualitativos observados em campo, os quais foram corroborados por revisão bibliográfica. Também foram utilizadas informações obtidas a partir dos demais parâmetros descritos acima.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - Áreas úmidas

As áreas úmidas, ou banhados, desempenham importante papel para o equilíbrio da zona costeira atuando como "esponjas naturais", ou seja, absorvendo as águas das chuvas e liberando-as ao ambiente em períodos de estiagem. Da mesma forma, desempenham papel importante na formação e manutenção dos sangradouros, pois são nesses banhados que estão localizadas as nascentes dos canais. Esta análise foi feita através da análise de imagens aéreas e sobretudo em vistorias de campo.

A nascente do sangradouro do Gelo, assim como o restante do canal, está localizada na área urbana do Balneário Cassino (figura 7). É possível observar que a nascente apresenta pressões antrópicas relativas à urbanização, com canalizações do solo, despejo de esgoto doméstico e resíduos sólidos e a fixação por tubulações.

Sua posição exata é de difícil identificação, podendo ser confundida como "valeta" ou continuação valas de drenagem urbana. A partir da sua localização e as condições em que se encontra a nascente, esta foi classificada como uma nascente antropizada urbana.

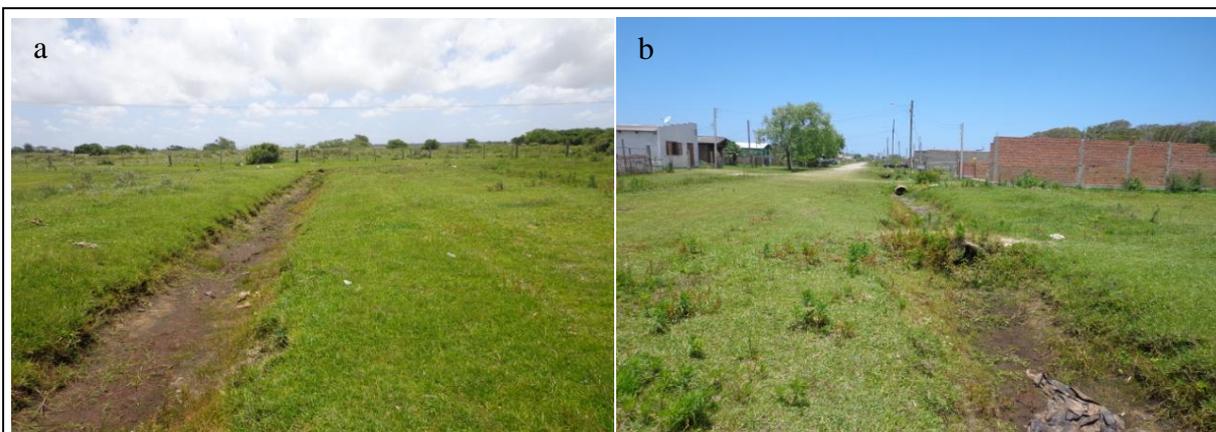


Figura 7: a) Vista da nascente do Sangradouro do Gelo em direção à planície a oeste em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Vista da nascente do Sangradouro do Gelo em direção ao balneário a leste em 16/12/2016. Foto: A autora.

Já a nascente do sangradouro da Querência está localizada em uma área não urbanizada, porém também apresenta sinais de antropização. A partir das imagens aéreas de 2006 e 2014 foi possível observar que o comprimento desse canal foi alterado, resultando em uma ampliação do seu tamanho e consequentemente na alteração da posição da sua nascente, a qual drenava uma área posterior ao cordão de dunas e atualmente drena uma região de banhados bem maior. Na figura 8 observa-se a canalização e presença de animais no segmento. A nascente do sangradouro da Querência está localizada em uma área de pastagem,

portanto o principal impacto observado é a impermeabilização do solo devido ao pisoteio dos animais (figura 8c).

A antiga nascente está em uma área muito próxima a área urbana, portanto, além do pisoteio dos animais, é uma área que apresenta lixo doméstico nas proximidades. Já a atual nascente, localizada distante da área urbana, apresenta impactos relacionados apenas a pecuária. Sendo assim, esta nascente foi classificada como antropizada rural.



Figura 8: a) Posição anterior da nascente em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Posição atual da nascente em 22/03/2017. Foto: A autora. c) Início da ampliação do Sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora.

A nascente do sangradouro denominado Eólico Sul, por estar localizado ao sul do mesmo, está localizada logo no reverso das dunas frontais (figura 9a). Nos banhados que dão origem ao sangradouro foi também verificada a presença de gado, indicando a existência de atividade antrópica no local. Este sangradouro compreende sua totalidade em área não urbana,

distante 11,5 km da área central do balneário, e sem a presença de edificações, contudo está localizado em uma área utilizada para o desenvolvimento da pecuária (figura 9b).

O formato circular de sua nascente mostra-se um local ideal para bebedouro de gado, acumulando água das chuvas e dos banhados adjacentes, sendo possível observar o impacto do pisoteio dos animais nas suas margens, e por esse motivo esta nascente foi classificada como antropizada rural.



Figura 9: a) Nascente do sangradouro Eólico Sul em 16/12/2016. Foto: A autora. b) marcas deixadas pelo pisoteio do gado em 16/12/2016. Foto: A autora.

A nascente do sangradouro no Navio Altayr, nome dado devido sua desembocadura ocorrer próxima aos destroços do referido navio, também está localizada em área não urbanizada, distante cerca de 20 kms ao sul do balneário. Sua nascente localiza-se em banhados entre os cordões litorâneos regressivos (figura 10a).

Foi possível observar a presença de interferências humanas, visando aumentar a área de drenagem. Esta é atualmente uma nascente que capta grande quantidade de água devido à presença de grandes banhados no seu entorno e, sobretudo à canalização realizada a montante do canal, alterando, assim como na querência o local da nascente.

Foram identificadas interferências humanas nessa nascente como o pastoreio e obras de canalização. A presença de tubulações muito próximas da nascente para a passagem da água sob a via (figura 10b) e de linhas de arame para contenção de animais (figura 10c) confirmam a presença das atividades humanas no local. Devido a essas questões, essa nascente foi classificada como antropizada rural.



Figura 10: a) Banhado onde está localizada a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora. b) Tubulações próximas a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora. c) Pastoreio próximo a nascente do sangradouro do Navio Altayr em 21/12/2016. Foto: A autora.

Com base nas observações e análise das imagens foi possível concluir que a nascente do sangradouro Gelo, localizado na área urbana, apresenta problemas relativos à intensificação da urbanização no seu entorno. Já as nascentes dos demais sangradouros apresentam problemas referentes a atividades pecuárias e aumento da área drenada. Os quatro canais analisados apresentam nascente com distintos processos e graus de antropização, mas todos apresentam atividades humanas.

6.2 - Morfologia do leito do canal

Os dados de morfologia do leito do canal foram obtidos a partir de atividades de campo e imagens aéreas e estão relacionados às feições encontradas nos sangradouros ao longo do desenvolvimento do trabalho. Para sua caracterização foram analisados os parâmetros:

comprimento do canal, índice de sinuosidade e largura e profundidade da lâmina d'água, descritos a seguir.

O sangradouro do Gelo apresentou um padrão retilíneo (figura 11). Esta classificação é atribuída ao sangradouro do Gelo devido a atividades antrópicas. As margens desse canal estão fixadas pela via de acesso e obras de drenagem urbana. Segundo Pereira da Silva (1998), canais retilíneos naturalmente ocorrem associados a períodos de intensa atividade pluviométrica. Neste caso, onde sua morfologia decorre das ações humanas, independente da vazão sua morfologia e sinuosidade não variam.



Figura 11: Sangradouro do Gelo em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: *Google Earth™ Pro*, 2014.

Por ser um canal localizado na área urbana, o sangradouro do Gelo não apresentou variações significativas no seu comprimento no período analisado. Na imagem utilizada do ano de 2006 o canal possuía 2,70 km de comprimento, e em 2014 o canal media 2,76 km (figura 10). O comprimento dos trechos do sangradouro não sofreu grandes alterações entre 2006 e 2014. O trecho superior foi de 2.470 m nos dois anos. O segmento junto às dunas passou de 147 m para 167 m, e o trecho inferior passou de 83 m para 123 m (respectivamente). Tais aspectos estão condicionados ao desenvolvimento dunar e praiar no período além do curso do canal junto à praia. Variações no período relacionado a esta variável somente ocorreram no trecho inferior, onde o canal apresentou alguns meandros (figura 12a), o que nem sempre pode ser encontrado devido este canal passar por abertura artificial mecanizada (figura 12b), principalmente nos meses de verão.



Figura 12: a) Meandros no trecho inferior do sangradouro do Gelo em 22/03/2017. Foto: A autora. b) Canal retilíneo no trecho inferior do sangradouro do Gelo derivado do desassoreamento em 17/01/2017. Foto: A autora. c) Trecho inferior do sangradouro do Gelo logo após desassoreamento do canal em 16/12/2017. Foto: A autora.

A partir da imagem de 2006 foi possível estabelecer um comprimento de 2.700 m para o canal e com a imagem de 2014, um comprimento de 2.760 m. Observando esta última imagem é possível observar certa sinuosidade no trecho inferior do canal, visto que nesse trecho o canal não está fixado e por se tratar de uma imagem de um período do ano onde a precipitação foi maior quando comparada com as taxas de precipitação do período da imagem de 2006³. Desta forma é possível concluir que o comprimento do sangradouro do Gelo está relacionado a uma conjunção de fatores, ou seja, devido a uma condição natural (menor precipitação X maior evaporação) são observadas interferências humanas na tentativa de contribuir para melhoria da drenagem urbana.

³ Os índices de precipitação para o período das imagens analisadas estão disponíveis em HidroWeb: Séries Históricas (ANA).

A pequena variação no comprimento no caso está relacionada a intervenções antrópicas, como o desassoreamento realizado pela Secretaria Especial do Cassino (SEC), que acaba por retirar sedimentos do leito do canal e uma das consequências dessa intervenção é a retificação do canal e por consequência, uma diminuição no seu comprimento. As intervenções antrópicas realizadas no sangradouro dificultam sua classificação quanto à morfologia, sendo possível encontrar um canal retilíneo e apenas na desembocadura na praia é um canal meandrante. Sua classificação ocorreu devido à morfologia do canal como um todo, ou seja, como o canal apresenta-se retilíneo nos trechos superior e médio devido à canalização enquanto o trecho inferior altera períodos entre retilíneo e meandrante.

As duas medições de comprimento apresentaram um índice de sinuosidade menor < 20 (2006 = 0 e 2014 = 0,36). Devido este canal estar completamente retificado, este foi então classificado como um canal muito reto, segundo a classificação de Mansikkaniemi (1970, apud PÉRICO *et al*, 2011), e segundo a classificação de Pereira da Silva (1998), quanto ao tipo de canal, o sangradouro do Gelo foi classificado como um canal retilíneo.

Intervenções nos canais, realizadas pela SEC, são comuns principalmente nos meses de verão, onde as taxas de precipitação são menores e as taxas de evaporação maiores (PEREIRA DA SILVA, 1998), o que pode acabar por fechar o canal, visando contribuir com a drenagem urbana. Devido a estas intervenções o sangradouro do Gelo, utilizando a classificação de Pereira da Silva (1998), este foi classificado como com fluxo permanente, por apresentar um fluxo de água durante o ano inteiro, mesmo que esse fluxo permanente seja condicionado a fatores antrópicos.

Outra questão referente a morfologia do sangradouro do Gelo são largura e profundidade da lâmina d'água. As três medições realizadas logo após períodos chuvosos (gráficos 1 e 3) apontam valores aproximados na largura, e maior variação na profundidade. A medição realizada no período menos chuvoso apresentou as menores medidas tanto de largura como de profundidade (gráfico 2).

No gráfico 1 é possível observar o perfil do sangradouro do Gelo no trecho médio, estabelecido inicialmente para coleta dos dados. Nesta medição a maior profundidade encontrada foi de 0,60 m, a uma distância de 6 m a partir da margem do sangradouro para o perfil A⁴ e uma profundidade de 0,70 m, a uma distância de 6 m da margem para o perfil B⁵,

⁴ O perfil A foi medido em todos os canais sangradouros e em todas as coletas de campo no ponto mais próximo da praia, no trecho médio.

⁵ O perfil B foi medido em todos os canais sangradouros e em todas as coletas de campo no ponto mais interno em relação à praia, no trecho médio.

obtendo uma profundidade média de 0,49 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 12,80 m e a largura entre as margens no perfil B foi de 12,60 m e uma largura média de 12,70 m.

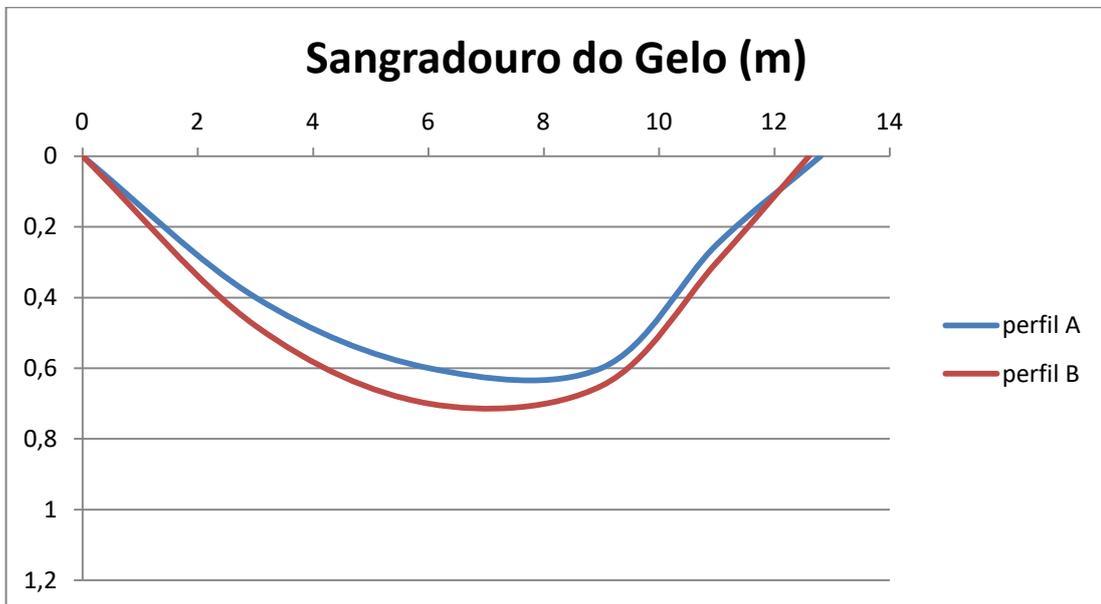


Gráfico 1: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 21/09/2016.

O gráfico 2 mostra dados coletados no verão, depois de um longo período de estiagem, nos mesmos pontos em que foram coletados os dados do gráfico 1. Nesta medição a maior profundidade foi de 0,53 m a uma distância de 5 m a partir da margem para o perfil A, e uma profundidade de 0,65 m, a uma distância de 6 m da margem para o perfil B, apresentando uma média de 0,41 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 8,80 m e a largura entre as margens no perfil B foi de 8,70 m e a média foi de 8,75 m de largura.

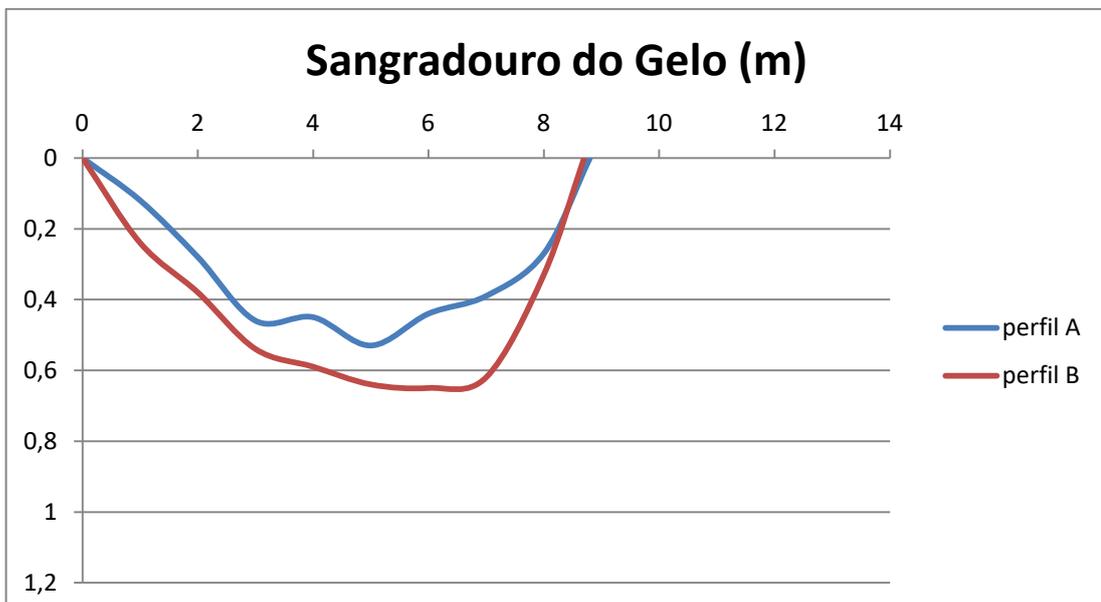


Gráfico 2: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 17/01/2017.

O gráfico 3 mostra dados coletados logo após uma chuva intensa, nos mesmos pontos em que foram coletados os dados do gráfico 1 e 2. Nesta medição a maior profundidade foi de 0,88 m a uma distância de 7 m a partir da margem para o perfil A, e uma profundidade de 1,05 m, a uma distância de 6 m da margem para o perfil B, apresentando média de 0,69 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 11,70 m e a largura entre as margens no perfil B foi de 10 m, com média de 10,85 m de largura.

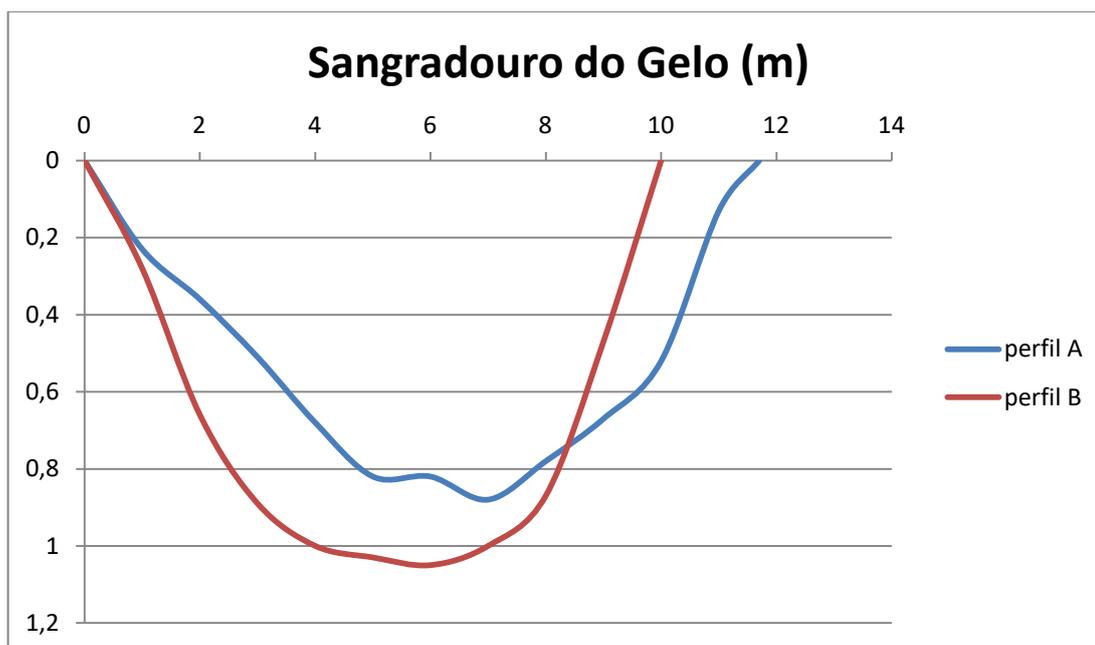


Gráfico 3: Largura e profundidade do Sangradouro do Gelo obtidas em campo dia 22/03/2017.

A partir dos dados coletados na última campanha é possível observar um aprofundamento significativo na calha do sangradouro quando comparados aos valores obtidos na primeira e segunda medição. Com base nos dados coletados e informações obtidas por nos trabalhos de campo é possível concluir que houve intervenções antrópicas nesse sangradouro com a finalidade de desassoreamento do canal (figura 12c). A intervenção antrópica realizada no sangradouro foi observada na segunda coleta de dados, em um período de baixas taxas de precipitação. Com a intensificação das chuvas esse desassoreamento realizado pela SEC acabou por aprofundar a calha do sangradouro. Desta forma é possível concluir que a morfologia do sangradouro do Gelo está relacionada a uma conjunção de fatores, sobretudo antrópicos, na qual foram observadas interferências humanas na tentativa de contribuir para melhoria da drenagem urbana numa área em expansão urbana.

O sangradouro da Querência também apresenta alterações antrópicas na sua morfologia. Devido a essas alterações ele apresenta uma porção retilínea e outra meandrante. A porção retilínea é resultado de um prolongamento no canal e está inteiramente localizada

em área não urbanizada e a porção meandrante é o antigo leito do sangradouro e está localizada na área urbanizada do balneário (figura 13). Esse prolongamento aumentou de forma significativa o comprimento do sangradouro quando comparado entre os anos de 2006 e 2014.



Figura 13: Sangradouro da Querência em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: *Google Earth™ Pro*, 2014.

A partir da coleta de dados foi possível identificar que o aumento no comprimento do canal ocorreu principalmente em função da drenagem dos banhados para fins de pastoreio e/ou expansão urbana ou mesmo devido a construção do parque Eólico situado em área próxima. Entre os anos de 2006 e 2014 o sangradouro da Querência aumentou de 1.180 m para 3.620 m de comprimento. O trecho superior passou de 805 m em 2006 para 3.083 m em 2014. O segmento junto as dunas também aumentou, passando de 289 m para 400 m, demonstrando um desenvolvimento significativo no campo de dunas costeiras no período e trecho inferior que foi de 86 m em 2006 passou a ter 137 m na cena seguinte.

As alterações no comprimento do trecho inferior podem estar relacionadas aos processos costeiros e meteorológicos atuantes na região, mas, a partir das imagens e trabalhos de campo realizados ao longo do desenvolvimento do trabalho, é possível dizer que este trecho do sangradouro sofre também constantes ações antrópicas. No caso das ações que alteram a morfologia, elas são resultantes de intervenções realizadas com a devida autorização, como as realizadas pela SEC para desassoreamento do canal. Já as alterações provenientes da urbanização, como a deposição de lixo e esgoto doméstico, as quais resultam

na deposição de muita matéria orgânica no leito do sangradouro, podem contribuir para o fechamento do canal.

Apesar de apresentar um trecho meandrante, o sangradouro da Querência pode ser classificado quanto à sua morfologia como um canal retilíneo. Com base na equação de Mansikkaniemi (1970, apud PÉRICO *et al.*, 2011), que classifica os canais quanto ao índice de sinuosidade, o sangradouro da Querência apresentou um valor de 30,50 em 2006 e o valor de 18,78 em 2014. A partir desses dados é possível dizer que o sangradouro da Querência deixou de ser um canal divagante (resultante entre 30 e 39) e passou a ser um canal muito reto (resultante < 20).

O canal é meandrante com retificações. Essa classificação pode ser justificada pois o sangradouro apresenta na parte central um aspecto meandrante, respeitando seu curso inicial, e na sua maior parte a montante e próximo da desembocadura é um canal retilíneo. Portanto, mesmo este canal apresentando características naturais, com uma morfologia mais ou menos sinuosa na área urbanizada, ele foi classificado com um sangradouro muito reto devido às intervenções antrópicas realizadas no canal. Da mesma forma que o sangradouro do Gelo, essa classificação vai de encontro com a estabelecida por Pereira da Silva (1998) devido a intensas alterações morfológicas atribuídas a fatores antrópicos.

Quanto à largura e profundidade da lâmina d'água do sangradouro da Querência, foram obtidos valores que demonstram uma reação diferente desse canal quando comparada ao sangradouro do Gelo, mesmo ambos estando inseridos em um ambiente urbano. As medições realizadas logo após períodos chuvosos (gráficos 4 e 6) não apontaram valores aproximados nos parâmetros largura e profundidade. Já a medição realizada no período menos chuvoso apresentou valores aproximados de largura em relação à terceira medição e os maiores valores de profundidade (gráfico 5), demonstrando que as medidas de largura e profundidade deste canal não estão condicionadas apenas a fatores ambientais, mas também a fatores antrópicos.

O gráfico 4 representa medições realizadas logo após um período chuvoso. A maior profundidade encontrada foi de 0,76 m a uma distância de 12 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 0,69 m a uma distância de 12 m da margem para o perfil B, sendo a profundidade média de 0,50 m. A largura entre as margens do perfil A foi de 17,20 m e de 14,20 m para o perfil B, com média de 15,70 m de largura.

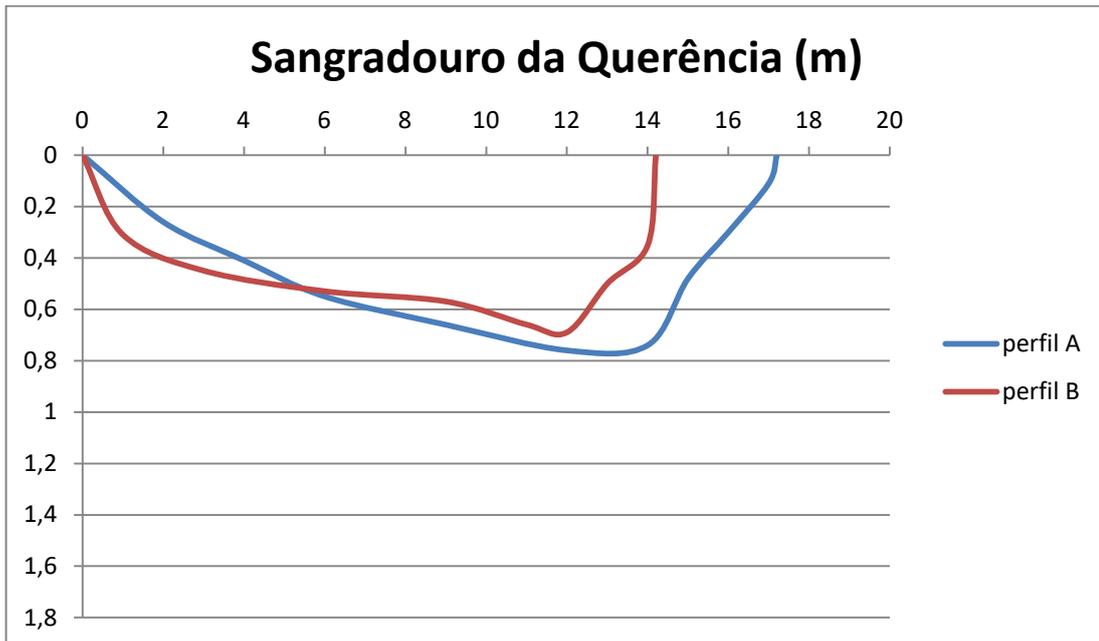


Gráfico 4: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 21/09/2016.

O gráfico 5 representa dados coletados no verão, depois de um longo período de estiagem, nos mesmos pontos em que foram coletados os dados do gráfico 4. Neste dia a maior profundidade obtida foi de 1,55 m a uma distância de 10 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 1,60 m a uma distância de 10 m da margem para o perfil B, com uma profundidade média de 1,02 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 17,90 m e de 16,70 m para o perfil B e a largura média foi de 17,30 m.

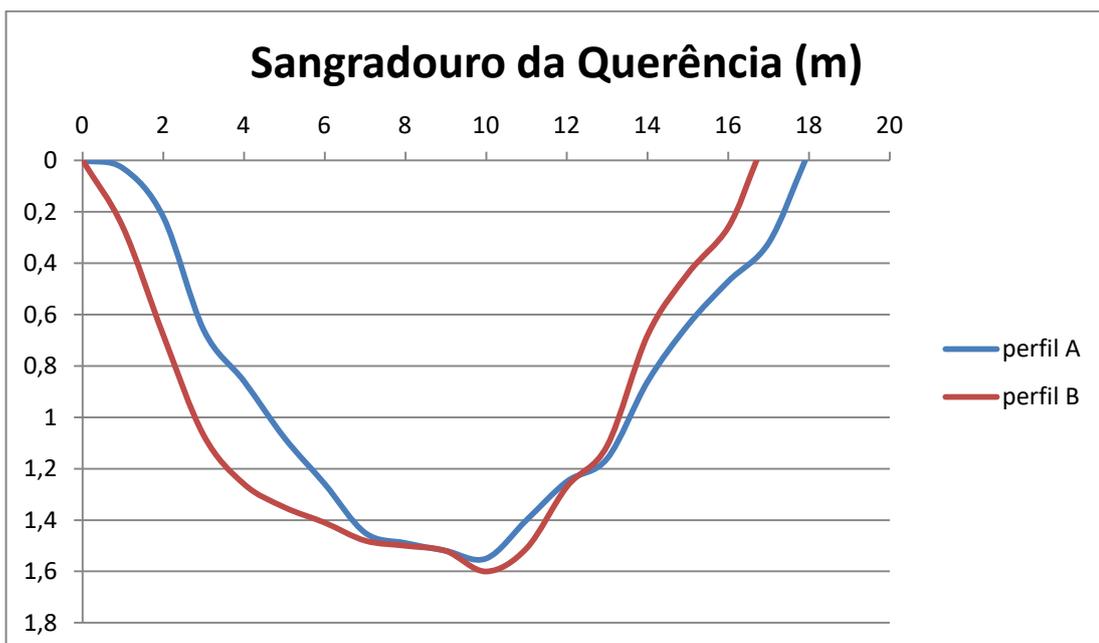


Gráfico 5: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 17/01/2017.

O gráfico 6 representa dados coletados após intensa precipitação e nos mesmos pontos de coleta das campanhas anteriores. Nesta medição a maior profundidade encontrada foi de 1,36 m a uma distância de 12 m da margem para o perfil A e 1,15 m a uma distância de 12 m da margem para o perfil B, e a profundidade média foi de 0,78 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 16,70 m para o perfil A, 18 m para o perfil B e a largura média foi de 17,35 m.

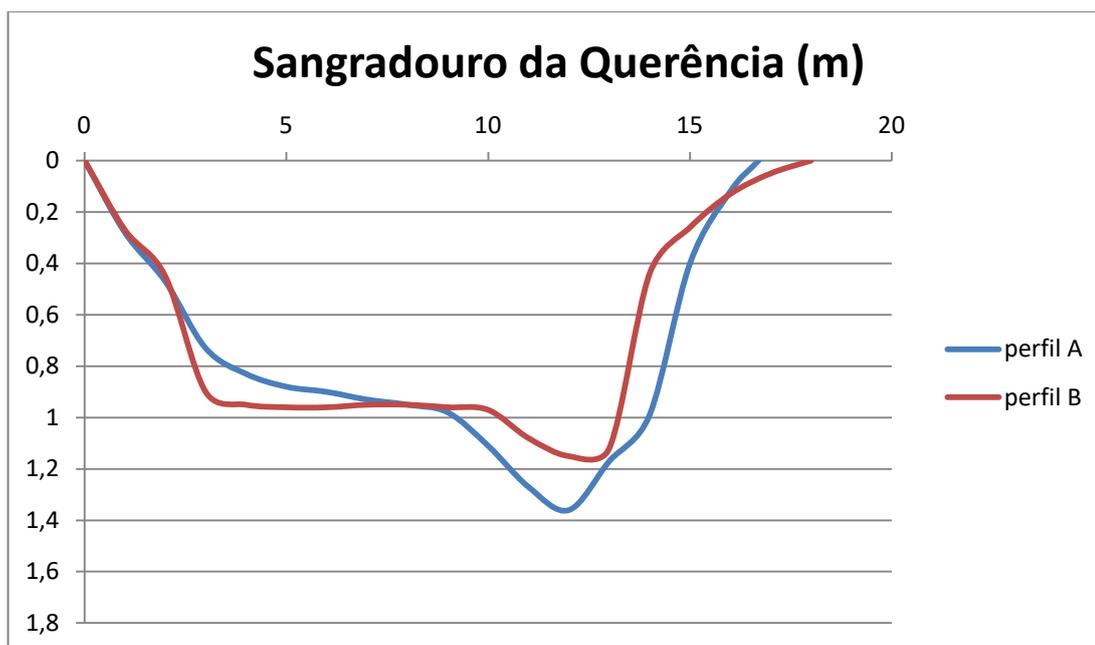


Gráfico 6: Largura e profundidade do Sangradouro da Querência obtidas em campo dia 22/03/2017.

A variação mais significativa na largura e profundidade da lâmina d'água do canal foi encontrada na primeira campanha. Nesta medição em que foi coletada a menor largura do sangradouro (gráfico 4), este se encontrava aberto e sem sinais de interferência antrópica recente, o que pode justificar os menores valores encontrados. Estes fatores demonstram que o canal apresentava um fluxo contínuo durante os meses anteriores, impedindo o represamento d'água, fator que pode contribuir para o aprofundamento da calha e aumento na largura do canal.

A maior profundidade encontrada na segunda campanha de medição pode estar relacionada ao fechamento do canal no período do verão. O parcial fechamento do sangradouro devido às condições naturais acabou por represar boa parte da água do leito, contribuindo para o seu aprofundamento.

Intervenções antrópicas realizadas pela SEC também foram encontradas nesse canal na tentativa de ajudar no escoamento e evitar problemas associados ao represamento da água.

Na segunda coleta de dados o canal principal do sangradouro estava fechado (figura 14a), porém foi possível identificar a abertura artificial de um canal lateral (secundário) para dar vazão a água represada (figura 14b). Na terceira coleta de dados, este canal lateral permanecia aberto, mas foi possível identificar que o canal principal havia passado por recente intervenção antrópica, com o intuito de que o fluxo d'água voltasse a percorrer este canal (figura 14c).



Figura 14: a) Canal principal do sangradouro da Querência fechado em 17/01/2017. Foto: A autora. b) Canal secundário do Sangradouro da Querência em 17/01/2017. Foto: A autora. c) Intervenção antrópica realizada no sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: A autora.

Devido a essas intervenções, o sangradouro da Querência foi classificado, conforme Pereira da Silva (1998), como permanente por apresentar fluxo d'água contínuo durante o período analisado, porém ele recebe essa classificação porque a sua desembocadura, assim

como a do sangradouro do Gelo, é constantemente canalizada e desassoreada, fatores responsáveis pela maior permanência do canal na paisagem.

O sangradouro Eólico Sul, distante 11,5 km da área central do balneário e a 1 km ao sul do Parque Eólico, por isto denominado Eólico Sul, é o que se encontra mais próximo de um sangradouro natural e também é o menor canal analisado entre os quatro (figura 15): seu comprimento em 2006 era de apenas 446 m e em 2014 foi de 706 m. A variação no comprimento entre as imagens analisadas é normal e esperada para canais sangradouros, visto que estes estão inseridos em um ambiente dinâmico e em constante transformação.



Figura 15: Sangradouro Eólico Sul em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: *Google Earth™ Pro*, 2014.

Em 2014 o trecho superior do sangradouro foi de 76 m, o trecho junto as dunas foi de 480 m e o trecho inferior, junto a faixa de praia, foi de 150 m e em 2006 os respectivos trechos foram de 116 m, 330 m e 0 demonstrando a variação morfológica ao longo dos anos neste sangradouro. O valor 0, obtido no trecho inferior, ocorreu em virtude de o canal estar fechado na segunda cena analisada. Seu fechamento possivelmente estava relacionado a baixos índices de precipitação e altos níveis de evaporação registrados no período da imagem associados à dinâmica praial (berma).

Em um ambiente natural os sangradouros apresentam alterações no seu canal ao longo do tempo, visto que estão sujeitos a rápidas transformações devido estarem inseridos em ambiente costeiro, onde uma tempestade ou ressaca pode mudar completamente a sua morfologia, principalmente na porção inferior do canal.

O sangradouro Eólico Sul foi classificado como meandrante quanto a sua morfologia (PEREIRA DA SILVA, 1998) devido apresentar movimentação lateral (quando aberto) resultando em um lado côncavo e um lado convexo e apresenta um fluxo fraco (figura 16). Segundo o índice de sinuosidade (MANSIKKANIEMI, 1970, apud PÉRICO *et al*, 2011) ele foi classificado como reto tanto em 2006 como em 2014 por apresentar uma resultante > 20 (23,76 e 28,45 respectivamente).



Figura 16: Meandros no trecho inferior do sangradouro Eólico Sul em 22/03/2017. Foto: A autora.

Para análise dos parâmetros largura e profundidade da lamina d'água do sangradouro foram realizadas três coletas de dados, sendo duas realizadas logo após períodos de chuvas (gráficos 7 e 9) e uma depois de um longo período sem chuvas (gráfico 8) em que o sangradouro estava fechado. Os valores encontrados para o parâmetro largura do canal mantiveram-se mais ou menos estáveis nas três campanhas de coleta e os valores encontrados para a profundidade da lâmina d'água apresentaram certa variação nas três campanhas.

O gráfico 7 representa medições realizadas logo após um período chuvoso. A maior profundidade encontrada foi de 0,31 m a uma distância de 3 m e novamente a uma distância de 7 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 0,37 m a uma distância de 3 m da margem para o perfil B, a média das profundidades foi de 0,29 m. A largura entre as margens do perfil A foi de 8,60 m e de 8,50 m para o perfil B, e a largura média foi de 8,55 m.

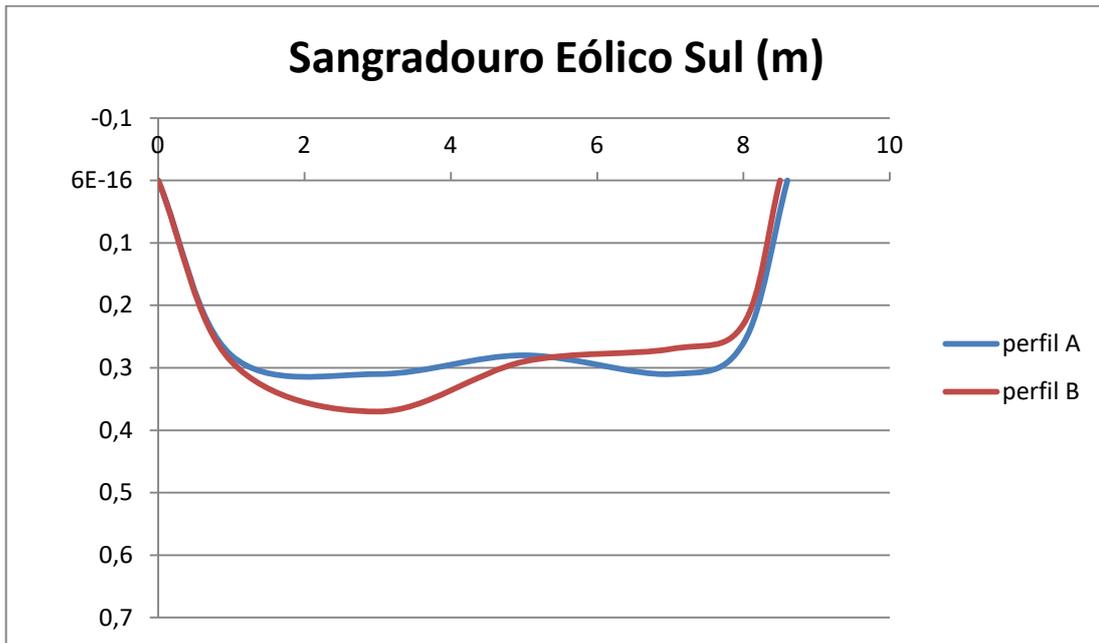


Gráfico 7: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 21/09/2016.

O gráfico 8 representa dados coletados no verão, depois de um longo período de estiagem. Neste dia a maior profundidade da lâmina d'água obtida foi de 0,60 m a uma distância de 4 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 0,65 m nas distâncias 4 e 5 m da margem para o perfil B, e a profundidade média obtida foi de 0,44 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 7,40 m e de 8,50 m para o perfil B, e a largura média foi de 7,90 m.

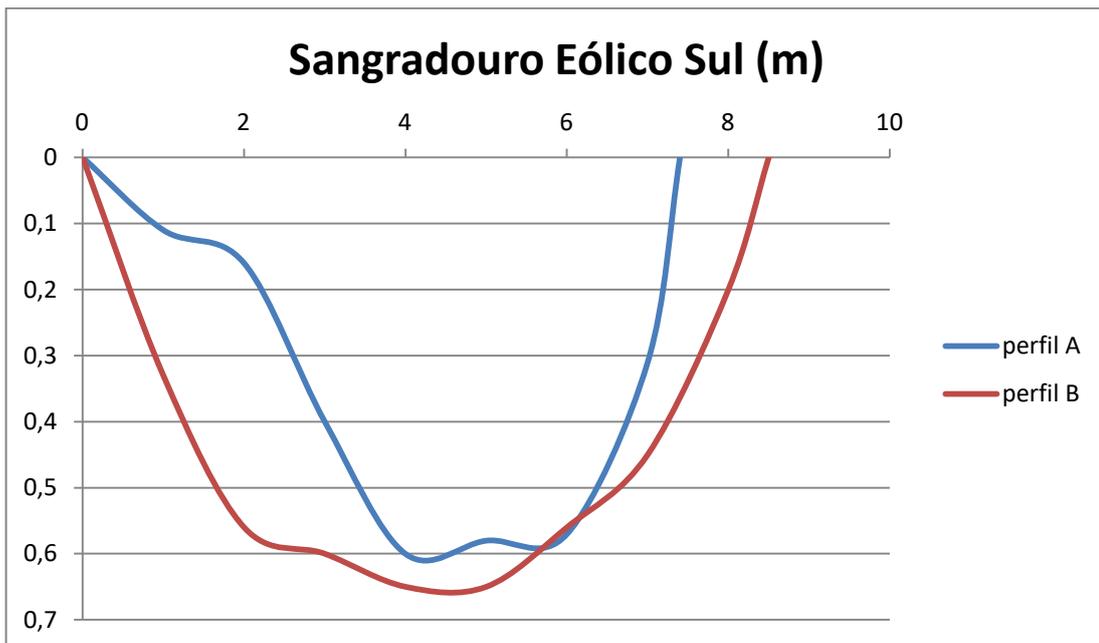


Gráfico 8: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 17/01/2017.

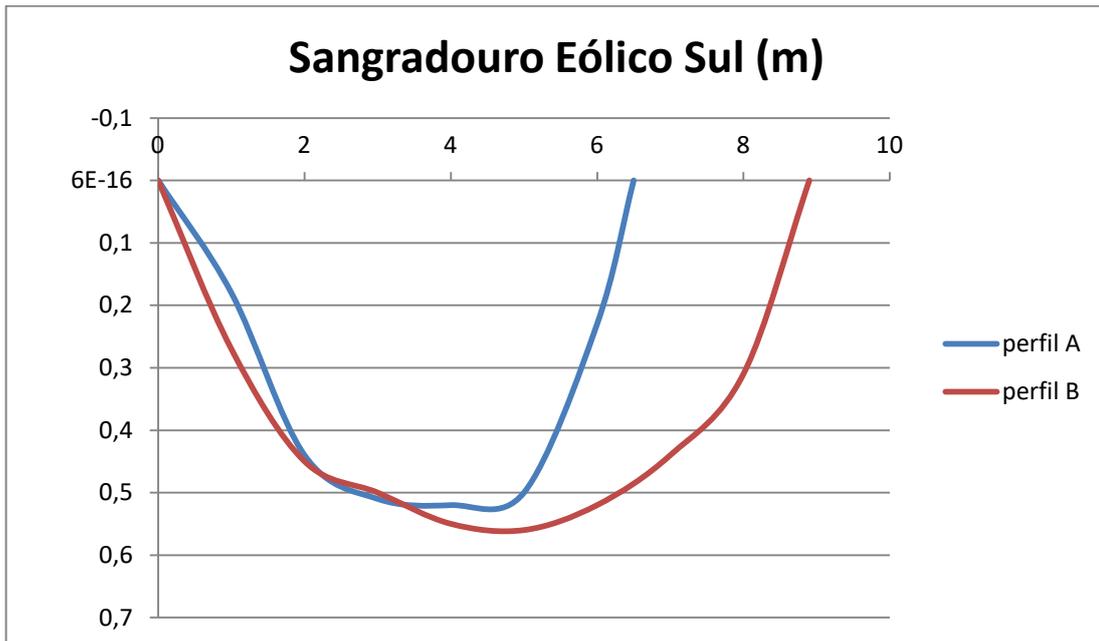


Gráfico 9: Largura e profundidade do Sangradouro Eólico Sul obtidas em campo dia 22/03/2017.

O gráfico 9 representa dados coletados após intensa precipitação e nos mesmos pontos de coleta das campanhas anteriores. Nesta medição a maior profundidade encontrada foi de 0,52 m a uma distância de 4 m da margem para o perfil A e 0,56 m a uma distância de 5 m da margem para o perfil B, e a profundidade média foi de 0,43 m. A largura entre as margens no perfil A foi de 6,50 m para o perfil A e 8,90 m para o perfil B, com uma média de 7,70 m de largura.

A maior profundidade encontrada para este sangradouro durante a segunda campanha de coleta também pode estar relacionada ao fechamento do canal, assim como na segunda coleta do sangradouro da Querência. Já as profundidades da lâmina d'água encontradas nas outras duas campanhas, mesmo estas sendo feitas logo após precipitações mais intensas, foram menores devido ao sangradouro estar com o canal aberto.

A variação na profundidade da lâmina d'água entre a primeira e a terceira campanha pode ter acontecido devido a largura do canal no início do trecho inferior (figura 17). Na primeira coleta o sangradouro apresentava uma largura constante (gráfico 7) entre os perfis transversais, facilitando o escoamento da água em direção ao mar. Já na terceira coleta a largura do trecho médio foi diminuindo conforme o canal se aproximava do trecho inferior (gráfico 9) dificultando o escoamento da água, o que pode ter contribuído para a maior profundidade encontrada nessa medição.

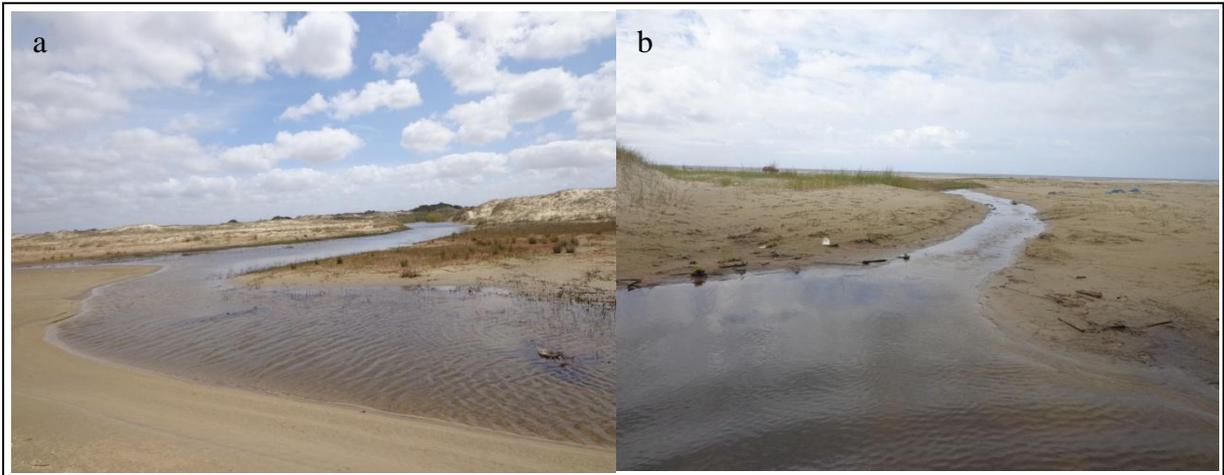


Figura 17: a) Largura do canal do início do trecho inferior na primeira coleta em 21/09/2016. Foto: A autora, e b) na terceira coleta de dados em 22/03/2017. Foto: A autora.

A largura do canal permaneceu estável nas três campanhas possivelmente porque a morfologia deste sangradouro está mais condicionada a fatores naturais. No período mais chuvoso o sangradouro permanece aberto e com fluxo d'água constante em direção ao oceano. Já no período de menos chuvas este fluxo diminui naturalmente e não existindo o acréscimo de água no canal por outros meios, este acabou permanecendo com uma largura mais ou menos estável.

De acordo com os dados encontrados nas coletas de campo, o sangradouro Eólico Sul foi classificado conforme o abastecimento d'água (PEREIRA DA SILVA, 1998) como intermitente, pois este contém água em certas épocas do ano, estando vinculados a um comportamento sazonal. Por este canal estar inserido em um ambiente com baixa interferência antrópica, e sua morfologia estar condicionada a fatores sazonais, pode-se dizer que a sinuosidade, o comprimento, a largura e profundidade deste sangradouro estão vinculadas apenas a fatores ambientais.

O sangradouro que desemboca junto ao Navio Altayr é o maior canal analisado nesta pesquisa (figura 18). Em 2006 o seu comprimento era de 5.740 m, sendo que o comprimento do trecho superior foi de 4.580 m, o trecho junto as dunas foi de 780 m e o comprimento junto a praia foi de 380 m. Já em 2014 o comprimento deste sangradouro foi de 5.930 m, sendo que o trecho superior mediu 4.280 m, o trecho médio foi de 910 m e o trecho inferior foi de 740 m.

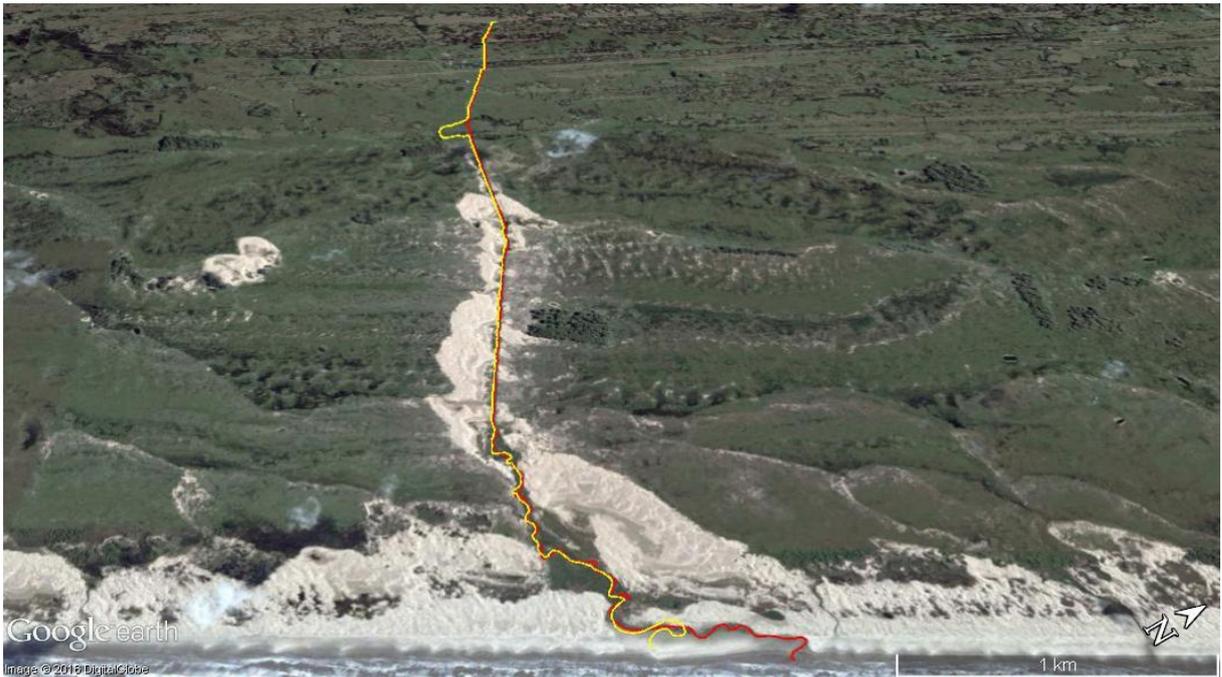


Figura 18: Sangradouro do Navio Altayr em 2006 (amarelo) e 2014 (vermelho). Fonte: *Google Earth™ Pro*, 2014.

A maior variação entre 2006 e 2014 no comprimento do sangradouro do Navio Altayr ocorreu no trecho inferior do canal, porção que naturalmente apresenta as maiores alterações ao longo do tempo. A variação no comprimento do sangradouro no período está relacionada principalmente a fatores naturais, visto que a imagem de 2006 representa um período de baixa intensidade de chuvas e maiores índices de evaporação, o que possivelmente contribuiu para formar uma pequena lagoa no trecho inferior do canal, diminuindo o seu comprimento em relação ao valor encontrado na imagem de 2014.

Quanto ao índice de sinuosidade (MANSIKKANIEMI, 1970, apud PÉRICO *et al*, 2011), o sangradouro do Navio Altayr apresentou em 2006 um resultante 19,68 sendo então classificado como muito reto. Já em 2014 o resultante foi de 20,40, passando a ser classificado como reto. Esta classificação remete a uma ação antrópica no trecho superior. Neste segmento houve canalização para aumentar a área de drenagem, o que aumentou o comprimento do canal no período anterior ao analisado neste trabalho.

No que se refere a retificação do canal, foi possível identificar, para a cena de 2006, que aproximadamente 60% do canal do sangradouro do Navio Altayr passou por alguma intervenção, a qual foi realizada apenas no trecho superior do canal. Como está inserido em uma área rural e com a presença de algumas fazendas de criação de gado, uma justificativa para esta retificação pode ter sido a intensificação na drenagem dos banhados adjacentes para fins de pastoreio. Já em 2014 foi encontrada uma retificação de aproximadamente 36% do

canal, também no seu trecho superior. Essa diferença encontrada entre as duas imagens analisadas pode ser relativa ao período em que ocorreu a retificação. Com base nas imagens é possível dizer que esta intervenção foi anterior a 2006 e possivelmente não após a data. Com o passar dos anos o sangradouro foi recuperando parte do seu traçado ou tomando a forma de um canal natural, apresentado certa movimentação lateral, visto que não ocorreram novas alterações. Não foram observadas edificações próximas às margens do sangradouro, mas a retificação é uma consequência direta da presença do homem naquele meio.

Por drenar uma área grande, este sangradouro permaneceu aberto durante todas as coletas de dados e imagens aéreas utilizadas no estudo. Por esse motivo o sangradouro do Navio Altayr foi classificado, segundo a disponibilidade de água (PEREIRA DA SILVA, 1998), como permanente.

Os gráficos a seguir representam os valores de largura e profundidade da lâmina d'água do sangradouro do Navio Altayr, sendo as coletas de dados realizadas no mesmo dia das coletas dos sangradouros anteriores. Os valores apurados na primeira campanha (gráfico 10) representam os maiores valores encontrados para estes parâmetros. Já os valores apurados na segunda (gráfico 11) e terceira (gráfico 12) campanha foram mais ou menos estáveis, sendo que os menores valores encontrados foram durante a segunda coleta.

O gráfico 10 representa valores obtidos logo após um período de concentração de chuvas, onde a maior profundidade encontrada foi de 0,44 m a uma distância de 10 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 0,54 m a uma distância de 1 m da margem para o perfil B, e uma média de 0,17 m de profundidade da lâmina d'água. A largura entre as margens dos perfis A e B foi de 25,30 m e 27,80 m, respectivamente e a largura média foi de 26,50 m.

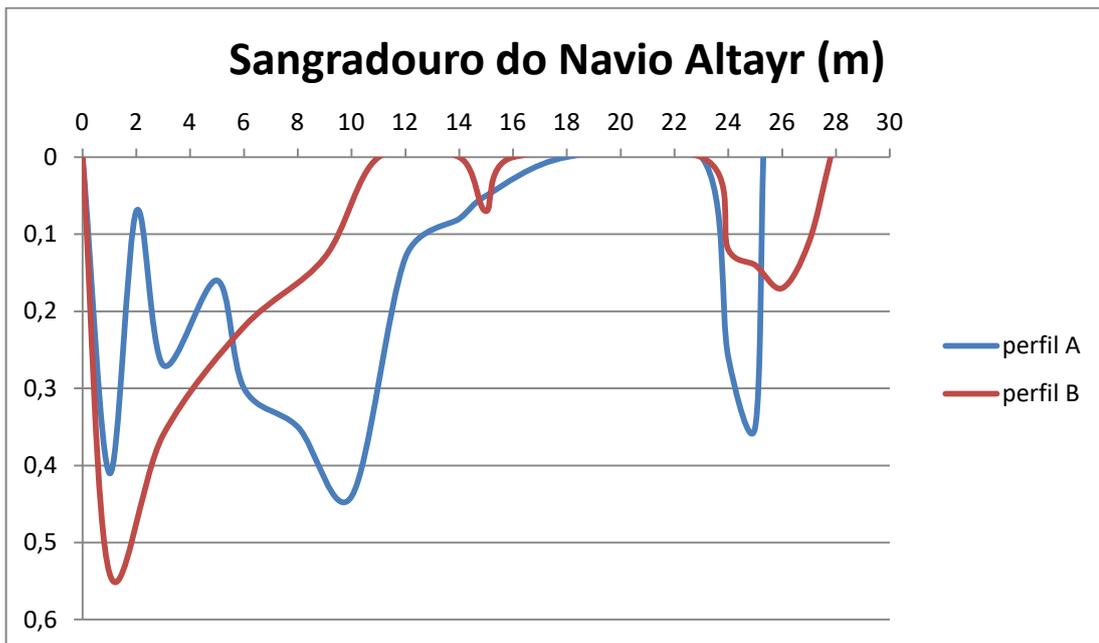


Gráfico 10: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 21/09/2016.

O gráfico 11 representa um período de baixa intensidade de precipitação, onde foram verificados que a maior profundidade encontrada foi de 0,12 m a uma distância de 4 m da margem para o perfil A e uma profundidade de 0,17 m a uma distância de 6 m da margem para o perfil B, e uma profundidade média de 0,10 m. A largura encontrada entre as margens no perfil A foi de 7 m e a 7,30 m no perfil B, com uma média de 7,15 m.

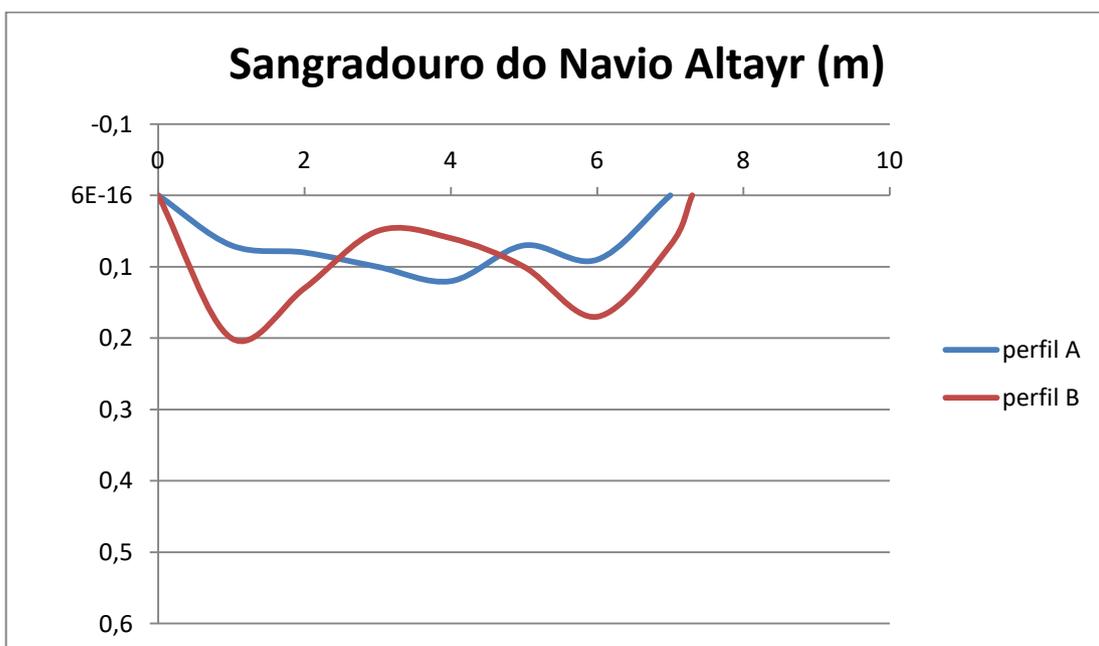


Gráfico 11: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 17/01/2017.

O gráfico 12 representa valores obtidos após intensa precipitação, onde a maior profundidade encontrada foi de 0,18 m nos perfis A e B, sendo que no perfil A foi a uma

distância de 3 m da margem e no perfil B foi a uma distância de 1 m e a média foi de 0,10 m de profundidade. A largura entre as margens foi de 9,60 m no perfil A e 8,60 m no perfil B, obtendo uma média de 9,10 m de largura.

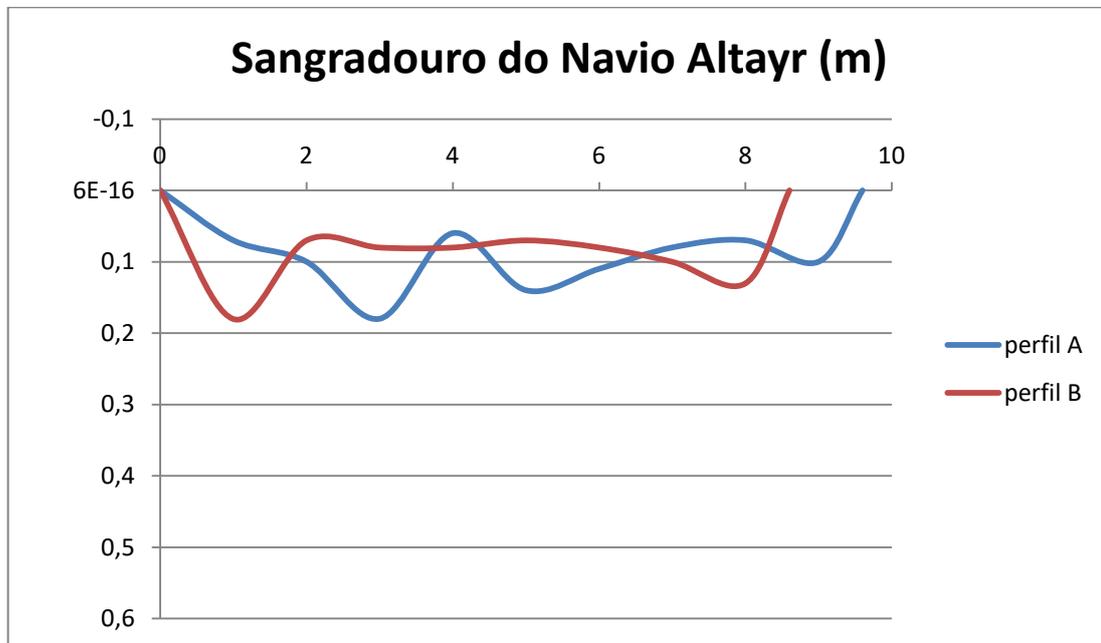


Gráfico 12: Largura e profundidade do Sangradouro do Navio Altayr obtidas em campo dia 22/03/2017.

A partir dos gráficos do sangradouro do Navio Altayr é possível notar uma diferença entre este e os demais sangradouros analisados. Os três canais anteriores apresentaram uma calha no formato de "U" ou "V", já este não apresenta o mesmo formato de calha. Os gráficos acima demonstram a presença de barras arenosas no leito deste canal, e sendo assim foi possível classificá-lo, segundo Pereira da Silva (1998), como um canal anastomosado, mesmo esse apresentando feições mais retilíneas no trecho superior e certa sinuosidade do trecho médio (figura 19). Isto demonstra maior transporte de sedimentos que os demais.



Figura 19: Morfologia do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

A localização desse sangradouro em um ambiente rural não o deixa isento de alterações antrópicas. O trecho superior do sangradouro apresenta-se canalizado (figura 19), visto que o seu canal possui um formato mais retificado em quase todo o trecho. Como está inserido em área de pastagens, essa alteração pode ter ocorrido em função de atividades de pastoreio. Esta canalização gerou depósitos arenosos nas margens e provavelmente aumentou sua vazão.

6.3 - Urbanização dos canais

O indicador urbanização dos canais faz referência à influência gerada pela urbanização próxima às margens dos sangadouros e às consequências disso para o meio físico e para a população que vive nestes locais. Para a análise deste indicador foram analisados os parâmetros retificação dos canais e porcentagem urbanizada dos canais.

A urbanização próxima às margens do sangradouro do Gelo foi de 91,5% em 2006 e de 89,5% em 2014, sendo que o comprimento urbanizado ao longo das margens do sangradouro foi o mesmo (de 2.470 m), e a pequena variação na porcentagem foi em função

da diferença no comprimento do canal entre as duas datas, fato que ocorreu na desembocadura. É importante destacar que o comprimento urbanizado do canal corresponde ao comprimento do trecho superior, sendo assim é possível dizer que 100% do trecho superior do canal encontra-se urbanizado.

Este valor coincide com a retificação. Já em 2006 apresentou quase 100% do seu canal retificado (ver figura 11). A partir da imagem foi possível verificar que além dos trechos superior e médio do canal, que já se encontram fixados pela via, o trecho inferior também se apresentava retificado. Em 2014 o cenário foi semelhante, sendo que apenas o trecho inferior apresentou alguma sinuosidade, e apenas por este motivo o sangradouro apresentou 96,66% do canal retificado.

A alteração mais marcante entre estas duas cenas foi a intensificação da urbanização em uma das margens. Em 2006 as edificações ao largo do canal apresentavam-se apenas na margem direita e de forma um pouco incipiente ou em crescimento (figura 20a) enquanto na margem esquerda iniciava-se abertura de arruamentos, dando início a um loteamento gerenciado por Marcos Otero. Já em 2014 foi observado um aumento significativo na quantidade dessas edificações e o crescimento da urbanização na margem esquerda, o que se expandiu posteriormente (figura 20b).



Figura 20: Intensificação da urbanização no sangradouro do Gelo entre 2006 (a) e 2014 (b). Fonte: *Google Earth™ Pro*.

O Sangradouro da Querência apresenta características semelhantes e também distintas ao do Gelo quanto aos problemas relacionados à urbanização. No que se refere porcentagem de retificação e urbanização do canal, é possível observar diferenças.

O sangradouro da Querência apresentou 7,3% de retificação em 2006, quando apresentava 52,5% do canal urbanizado. Já em 2014, devido à ampliação do canal para 3.620 m, este apresentou 65,8% de retificação do canal, sendo que 64,2% foram referentes a

ampliação e 1,6% a abertura artificial do canal no trecho médio. Neste ano a porcentagem de área urbanizada ao largo das margens do sangradouro foi de 17,1%, visto que o canal aumentou e a área urbanizada permaneceu igual, embora tenha se intensificado no segmento em 2014.

Segundo Leal Alves (2013), o crescimento da urbanização do Balneário Cassino próximo ao mar vem ocorrendo nos últimos anos principalmente nas suas extremidades, área que ao sul do setor central corresponde aos loteamentos Querência e Atlântico Sul, divididos por este sangradouro, já que a porção central já se encontra consolidada. De acordo com o autor, a porção do balneário conhecida como Querência (figura 21) apresentou um crescimento na ocupação da área de 80% de 2002 até 2012.



Figura 21: Intensificação na urbanização do sangradouro da Querência entre 2006 (a) e 2014 (b). Fonte: *Google Earth™ Pro*.

Em 2006, antes da ampliação do sangradouro, este já apresentava um canal fixado nos trechos superior e médio, também era cortado por poucas vias de acesso e pequenas "pontes" possivelmente instaladas pela própria população, ou seja, o sangradouro já apresentava alguns sinais de retificação. Apesar disto, estes trechos não foram considerados retificados, visto que o canal preservava algumas características morfológicas naturais (sinuosidade e margens) e não foi identificada nenhuma obra significativa que pudesse ser considerada como uma retificação na área urbanizada. Foi possível identificar e considerar alguma retificação apenas no trecho das dunas e da praia, visto que o canal estava aberto em função de alguma intervenção antrópica realizada.

Vale destacar também que os parâmetros analisados não são estáticos. A porcentagem urbanizada das margens dos canais tanto do Gelo como o da Querência pode aumentar em função do crescimento da urbanização do Balneário e a porcentagem de

retificação destes pode variar, visto que intervenções para o desassoreamento dos canais localizados em toda a área urbana são frequentes.

Outra questão relativa à urbanização das margens dos sangradouros Gelo e da Querência é o lixo e o esgoto doméstico. Durante as atividades de campo foi possível notar grande quantidade de lixo, principalmente no sangradouro da Querência (figura 22a), demonstrando um problema social e cultural. Já no sangradouro do Gelo não foi verificado lixo doméstico como sacolas e móveis, mas foi possível notar a presença de grande quantidade de entulho, derivados de obras realizadas próximas (figura 22b).



Figura 22: a) Presença de lixo e eutrofização nas margens do sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora. b) Presença de entulho e canalização nas margens do sangradouro do Gelo em 16/10/2015. Foto: A autora.

Foi também observado em campo o despejamento de esgoto doméstico de forma bastante intensa em ambos os sangradouros urbanos analisados. O impacto disso é uma possível eutrofização dos canais, o que pode prejudicar o ecossistema local e também a própria população, com odor e transmissão de doenças típicas de rios urbanos. Algum nível de eutrofização já pode ser verificado, principalmente no sangradouro da Querência. Durante as atividades de campo foi possível sentir o mau cheiro causado pela decomposição de matéria orgânica, presente em grande quantidade neste canal (figura 23).



Figura 23: Matéria orgânica presente no leito do sangradouro da Querência em 22/03/2017. Foto: Gianfranco Oliveira.

Os sangradouros localizados na área rural não apresentam urbanização. O sangradouro do Navio Altayr apresentou apenas questões referentes à retificação do canal, não relacionada à urbanização.

6.4 - Características das dunas frontais

O principal papel desempenhado pelas dunas é o de proteção dos demais ambientes localizados na sua retaguarda, sejam estes naturais ou construídos pela ação humana, dos processos dinâmicos que ocorrem na costa. Portanto a manutenção e preservação das dunas é fundamental para a integridade destes ambientes. Como a costa do Rio Grande do Sul é marcada pela presença dos sangradouros, os quais constituem as principais discontinuidades nas dunas. É preciso compreender a dinâmica desses canais a fim de que alterações não sejam responsáveis pela desestabilização das dunas frontais e não causem problemas aos ambientes protegidos por elas. Para caracterização das dunas frontais junto aos canais sangradouros analisados foram considerados os indicadores obtidos por este trabalho e dados morfométricos como largura e altura e das dunas obtidos por Porto (2016), complementados por imagens de drone obtidas in loco.

No sangradouro do Gelo, as dunas encontram-se bem desenvolvidas entre a praia e a urbanização (figura 24), sendo fixadas pela vegetação. No trecho não é frequente a passagem de indivíduos sobre as dunas, devido à presença de vias nas laterais do canal, visto que este segmento canalizado está entre duas vias de acesso à praia.



Figura 24: Dunas frontais nas adjacências do sangradouro do Gelo em 22/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

Segundo Porto (2016), no trecho em que se encontra o sangradouro do Gelo, a urbanização não permite a migração das dunas para o interior da planície. Este segmento dunar vem apresentando aumento entre os anos de 2006 e 2014, passando de 147 m para 167 m, corroborando com Porto (2016). De acordo com este autor, a altura máxima das dunas nesta porção chegou a 5,5 m e as dunas frontais apresentam-se bem definidas. Em relação ao impacto do canal nas dunas, neste local tem que se considerar além da largura do canal a presença das duas vias de acesso à praia, paralelas ao canal. Sendo assim este segmento é o que gera a maior fragmentação na continuidade do cordão de dunas frontais dentre os analisados, podendo chegar a quase 50 metros, conforme se observa na figura 24.

No sangradouro da Querência, as dunas também são bem desenvolvidas entre a praia e a área urbana (figura 25). No entanto, não há vias nas suas laterais como no Gelo. Como está inserido em ambiente urbano, é comum encontrar o trânsito de pessoas próximas às suas margens, principalmente nos meses de verão, formando caminhos que podem causar a compactação das dunas e deficiências no desenvolvimento da vegetação (figura 25). A figura 25 também evidencia a presença de vegetação sobre dunas ao largo do trecho médio do sangradouro, confirmando a relativa estabilidade das dunas no local.



Figura 25: Caminho de pedestres próximo da margem do sangradouro da Querência em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

Da mesma forma que o sangradouro do Gelo, o campo de dunas costeiras próximas ao sangradouro da Querência está limitado pela urbanização. Entre 2006 e 2014 o campo de dunas aumentou de 289 m para 400 m. Segundo Porto (2016), a altura máxima encontrada nesta porção foi de 3,7 m, sendo consideradas as dunas mais baixas para a porção estudada. Em relação ao impacto do canal nas dunas, as maiores larguras encontradas para este canal foram de 17,20 m, 17,90 m e 18 m durante as campanhas de coleta de dados (respectivamente), demonstrando que não houve alterações significativas na largura durante o período de coleta. Estes valores também demonstram que não há alteração significativa na descontinuidade das dunas frontais relacionada a este sangradouro. Provavelmente as maiores interferências antrópicas sejam relacionadas ao aumento da vazão e alguma canalização na porção final junto a praia para desobstrução do fluxo (aumento da vazão).

As dunas frontais ao largo do sangradouro Eólico Sul não estão confinadas pela urbanização (figura 26). Pode-se observar que as dunas apresentaram menos vegetação, podendo ter maior mobilidade quando comparadas às dunas localizadas na área urbana do Balneário Cassino. Também não foi verificada a presença de caminho ou passagem bem definida sobre as dunas, indicando um ambiente mais natural e sem a presença constante de atividades humanas.



Figura 26: Dunas frontais ao largo do sangradouro Eólico sul em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

As dunas no entorno deste sangradouro estão se desenvolvendo, passando de 330 m em 2006 para 480 m em 2014, corroborando com os dados obtidos por Porto (2016). De acordo este autor, a altura máxima das dunas em trecho próximo a este sangradouro foi de 6,0 m e as dunas frontais apresentam-se bem definidas. Em relação ao impacto do canal nas dunas, foram encontrados os valores 8,60 m, 8,35 m e 8,90 m para as maiores larguras do sangradouro durante as coletas de campo. Esses valores demonstraram pequena variação na largura do canal e conseqüentemente, pequena variação na descontinuidade da duna frontal causada por este sangradouro, gerando uma obstrução natural do segmento, mesmo que haja atividades relacionadas as nascentes.

No sangradouro do Navio Altayr as dunas são mais bem desenvolvidas que nos demais, não apresentando confinamento e interferências antrópicas significativas (figura 27). Foi possível observar também a presença de vegetação nas áreas mais úmidas, próximas ao canal, provavelmente antigos traçados e pequenas lagoas, e em menor quantidade nas dunas frontais e campo de dunas. A pouca presença de vegetação sobre as dunas lhe atribui o caráter de dunas móveis e em virtude do canal. Por estar localizado em um ambiente rural, não foi observada a formação de trilhas ou qualquer outra forma de ação antrópica significativa sobre as dunas frontais ao largo do sangradouro do Navio Altayr.

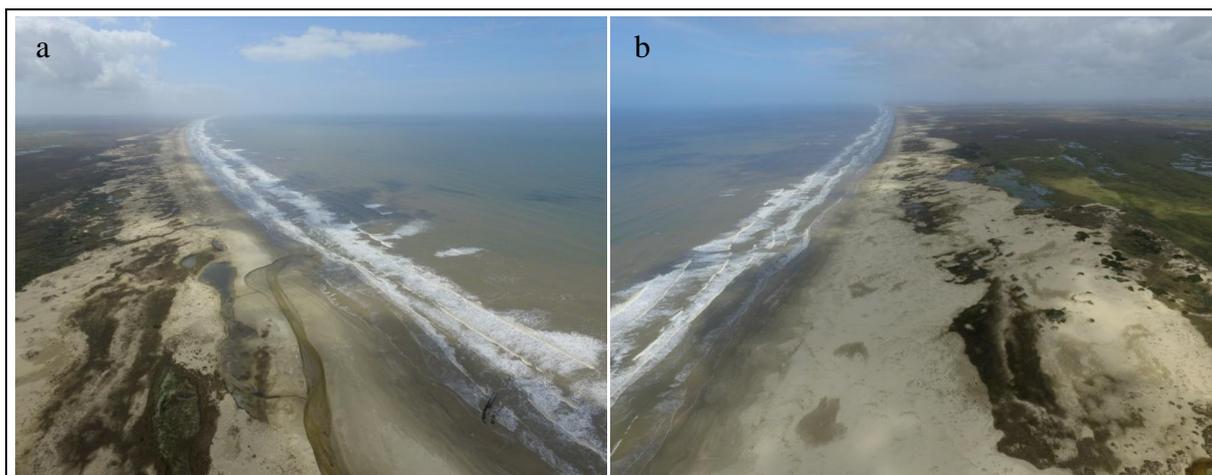


Figura 27: Campo de dunas ao norte (a) e ao sul (b) do sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

Segundo Porto (2016), as dunas mais elevadas ao largo do balneário Cassino encontram-se em um trecho próximo ao sangradouro do Navio Altayr, com altura máxima de 7,20 m. A porção dunar cortada por este canal passou de 780 m em 2006 para 910 m em 2014, concordando com os dados obtidos por Porto (2016), em que o campo de dunas também aumentou neste segmento.

Quanto à obstrução das dunas pelo canal, foram encontrados os valores 27,80 m, 7,30 m e 9,60 m (respectivamente), demonstrando maior influência na descontinuidade das dunas quando comparado aos demais sangradouros analisados, se considerado apenas a largura do canal, somente perdendo para o Gelo pois este apresenta também vias laterais ao canal. O maior valor encontrado para largura do canal aconteceu na primeira coleta de dados, quando o sangradouro apresentou a formação de uma pequena lagoa no pós-praia. A presença da lagoa influenciou significativamente no aumento da largura do canal e conseqüentemente no aumento da descontinuidade das dunas. Embora não haja influência antrópica diretamente nas dunas, ressalta-se que há influência nas áreas mais a montante, onde este sangradouro foi canalizado, aumentando a vazão e indiretamente aumentando o corte que o canal gera nas dunas e na praia.

6.5 - Características da faixa de praia

Aspectos relacionados à praia, no trecho inferior dos sangradouros, como distribuição espacial, abastecimento de água e comportamento sazonal, caracterização morfológica, mecanismo responsável pela abertura e fechamento do canal já foram discutidos anteriormente por outros autores (PEREIRA DA SILVA, 1995 e 1998; FIGUEIREDO, 2002; SERPA, 2008 e 2013 e DE-ZOTTI, 2012). A partir das análises de Serpa (2013) sobre o

sangradouro do Parque dos Cata-ventos e desembocadura da Lagoa do Estreito, pode-se dizer que a competência e a morfologia dos canais fluviais no pós-praia está relacionada às taxas de precipitação, evaporação e a processos antrópicos. Logo após sua abertura, devido ao acúmulo da água das chuvas em regiões adjacentes às dunas frontais, um padrão meandrante pode ser observado no canal, mas conforme vai perdendo sua competência (devido à evaporação) pode apresentar um padrão anastomosado (SERPA, 2013). Intervenções antrópicas podem alterar esse padrão. No presente trabalho, a análise feita na faixa de praia foi mais qualitativa, identificando de ações que ocorrem no segmento dos canais analisados.

Em condições naturais, os sangradouros "cortam" o pós-praia de formas diferentes, de acordo com a intensidade de precipitação ou área drenada. O mesmo sangradouro pode, em determinado momento drenar grandes quantidades de água, apresentando um canal largo e mais ou menos profundo, ou apresentar uma pequena lâmina d'água, ou ainda estar fechado. O sangradouro que apresentou o maior e mais profundo "corte" no pós-praia durante o período de coleta de dados foi o do Navio Altayr (figura 28), possivelmente por ser o canal com a maior área de drenagem.



Figura 28: Erosão no pós-praia formada pelo canal do Sangradouro do Navio Altayr em 21/09/2016. Foto: A autora.

Foi observado também que, durante um episódio de intensa precipitação em outubro de 2015 quando atuava o fenômeno *el niño*, a região do pós-praia no sangradouro do Gelo foi bastante afetada (figura 29a). Durante e alguns dias após a precipitação, a água drenada pelo sangradouro ficou represada na região do pós-praia devido a uma conjunção de fatores. O primeiro foi a quantidade de água drenada rapidamente pelo sangradouro retificado, e o segundo fator foi o nível do mar, que estava mais alto devido a atuação de uma ressaca, o que

acabou represando a água na região do pós-praia e elevando o nível da lâmina d'água do sangradouro na porção a montante. O mesmo aconteceu no sangradouro da Querência (figura 29b) e, devido ao nível elevado da lâmina d'água, não foi possível verificar os sangradouros rurais, localizados ao sul deste canal. Segundo dados de Porto (2016) o trecho onde localizam-se os sangradouros Gelo e Querência apresentou recentes depósitos de lama fluída. Tal aspecto gerou atenuação da energia de onda e uma grande deposição sedimentar.



Figura 29: a) Água represada no pós-praia, no sangradouro do Gelo em 16/10/2015. Foto: A autora. b) Água represada no pós-praia, no sangradouro da Querência em 16/10/2015. Foto: A autora.

Com base na observação destes dois sangradouros, os quais apresentam retificação em porções a jusante, é possível dizer tais obras podem afetar o comportamento dos canais no

trecho inferior. A própria impermeabilização do solo devido à urbanização pode ter contribuído para um aumento da água neste trecho. As principais intervenções antrópicas na região do pós-praia junto aos canais analisados estão associadas a abertura artificial dos mesmos, já que em alguns períodos do ano, obedecendo ao regime de sazonalidade, eles são naturalmente fechados. A abertura artificial do canal acontece porque a drenagem das áreas urbanas próximas acaba ficando comprometida com o seu fechamento podendo trazer prejuízos à população.

A abertura artificial geralmente ocorre em sangradouros localizados na área urbana do Cassino (Gelo e Querência). Estes canais passaram por periódicos desassoreamentos, alterando a morfologia do canal, principalmente na porção do pós-praia, seja com a retificação do canal (sangradouro do Gelo) ou com a abertura de um canal secundário (sangradouro da Querência). Estas intervenções ocorreram devido a uma questão social, ou seja, abrir um canal que havia fechado naturalmente, com a finalidade de contribuir na drenagem urbana. Situação semelhante não ocorreu nos outros dois, em área rural, visto que o fechamento destes canais não implica em possíveis problemas urbanos. O próprio documento que autoriza o desassoreamento dos canais urbanos tem vigência apenas para este trecho do balneário⁶.

Outra intervenção antrópica observada no pós-praia é o trânsito de veículos (figura 30). Para Vieira *et al.* (2004), o Cassino tem uma das faixas de praia mais impactadas pelo trânsito de veículos no mundo. Nos meses de verão esse trânsito é intensificado devido atividades turísticas e de veraneio, podendo atingir o fluxo de 12 mil veículos por dia entre a sede do balneário (prolongamento da Avenida Rio Grande) e o molhe oeste da Laguna dos Patos (VIEIRA *et al.*, 2004). Os principais canais afetados pelos veículos são os sangradouros do Gelo e da Querência, e de forma menos intensa os sangradouros Eólico Sul e do Navio Altayr, devido estes últimos estarem mais distantes da área urbana.

⁶ Autorização Geral N° 573/2014-DL expedida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Disponível na página da Fundação.



Figura 30: Trânsito de veículos sobre o trecho inferior do Sangradouro do Gelo em 17/01/2017. Foto: A autora.

De acordo com Vieira *et al.* (2004), o trânsito de veículos aumenta a compactação das camadas de areia de areia, reduzindo os vazios entre os grãos e aumentando a resistência para o deslocamento de líquidos e gases, o que interfere no processo natural do meio. Durante o período analisado foi possível observar na prática o conceito descrito pelo autor no sangradouro da Querência (figura 31).



Figura 31: Marcas do trânsito de veículos sobre o trecho inferior do sangradouro da Querência em 03/08/2016. Foto: Rodrigo Simões (Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos – FURG).

Na figura acima é possível observar a obstrução parcial do canal. Visto que a permanência do canal nesta região é fundamental para contribuir com a drenagem urbana, facilitar seu fechamento pode implicar na posterior abertura por ação antrópica, causando um aprofundamento na calha do sangradouro e grandes alterações no canal na região do pós-praia. Os sangradouros urbanos são mais impactados no pós-praia quando comparados aos rurais, seja por intervenções realizadas no canal ou pelo maior trânsito de veículos.

6.6 – Vazão dos canais

Este indicador está relacionado com a capacidade da água na esculturação das formas dos sangradouros e disponibilidade de água no sistema para executar tal função. A análise desse indicador foi feita com base nos dados coletados em campo e a partir do parâmetro vazão dos canais. Ressalta-se que baseado na análise de poucas amostras, o resultado é mais válido para comparação do que em mediar a vazão média ou representativa de cada canal analisado.

Devido à baixa profundidade da lâmina d'água em alguns trechos e/ou sangradouros, o derivador utilizado para a estimativa da vazão dos canais foi uma boia com chumbo (figura 32), porém este método não obteve muita precisão, visto que a direção e intensidade dos ventos na praia dificultou uma medição exata da velocidade da corrente dos sangradouros.



Figura 32: Derivador utilizado para medição da velocidade da corrente e posterior estimativa da vazão dos sangradouros. Foto: A autora.

O sangradouro do Gelo apresentou vazão de 0, 0,36 m³/s e 0,82 m³/s nas três campanhas de coletas de dados, respectivamente. Nas três coletas de dados este sangradouro estava com o canal aberto. Na primeira campanha de coleta de dados o sangradouro do Gelo apresentou vazão nula. Esse fato demonstrou um represamento da água no trecho inferior do sangradouro pela ação das marés. No período havia presença de lama na praia, responsável pela formação de uma grande berma, fato que pode represar o canal. Durante a segunda coleta observou-se que o canal estava com o trecho inferior retificado, podendo ser um indicativo de que o canal não estava tendo vazão suficiente para manter-se aberto, e que obras precisaram ser realizadas a fim de evitar possíveis alagamentos nas áreas urbanas no curso superior, a montante das dunas. Já na última campanha o fluxo foi maior para o mar.

O sangradouro da Querência apresentou vazão nula nas três campanhas de coleta. A obtenção de uma vazão nula pode estar relacionada ao represamento da água pela ação das marés e morfologia da praia. Na primeira campanha o represamento da água ocorreu pela ação das marés e dinâmica praial. No período também havia presença de lama na praia no segmento. Já nas campanhas seguintes o motivo para o represamento da água pode ter sido também a baixa profundidade do canal aberto artificialmente para dar vazão ao escoamento do sangradouro. O canal artificial apresentou uma média de 0,60 m de profundidade (a qual foi diminuindo gradativamente conforme se aproximava do mar) na junção com o canal principal, quando a média de profundidade deste último foi de 1,02 m e 0,78 m na segunda e terceira coleta, respectivamente.

O sangradouro Eólico Sul apresentou os valores de vazão de 0,29 m³/s, 0,13 m³/s e 0,40 m³/s nas três campanhas de coletas de dados, respectivamente. Como visto anteriormente, este sangradouro estava com o canal fechado na segunda campanha, mas foi possível verificar que ele apresentava uma pequena vazão positiva, corroborando com a afirmação de Serpa (2013), de que os sangradouros apresentam um fluxo subterrâneo de água em direção ao oceano, que é constante ao longo de todo ano, mesmo quando estes estão fechados. Neste canal já não há presença de depósitos de lama na praia como nos dois primeiros, estando, conforme Porto (2016) ao sul deste.

O sangradouro do Navio Altayr apresentou os valores de vazão de 2,5 m³/s, 0,16 m³/s e 0,32 m³/s nas três campanhas de coleta de dados, respectivamente. Por ser o maior canal e presença de canalização, era esperado maior vazão. Muitas vezes este canal apresenta-se bastante largo na desembocadura se comparado aos demais analisados.

6.7 - Utilização, potencial de risco e vulnerabilidade dos canais sangradouros

Utilizando os geoindicadores foi possível ter um panorama geral dos quatro canais analisados, verificando semelhanças e diferenças. Estes canais estão sujeitos a diferentes formas de utilização pelo ser humano, sendo susceptíveis a processos naturais e antrópicos. Isto gera potencial de risco e vulnerabilidade associada. A tabela 3 traz uma síntese dos resultados.

Tabela 3: Ações humanas utilizando os geoindicadores analisados.

	Áreas úmidas	Morfologia	Urbanização	Dunas frontais	Faixa de praia	Vazão
Sangradouro do Gelo	Urbanizada	Canalizado e dragado	Total	Antropizadas	Canalização periódica e carros	Acentuada
Sangradouro da Querência	Com pecuária	Parcialmente canalizado e dragado	Parcial	Parcialmente antropizadas	Canalização periódica e carros	Acentuada
Sangradouro Eólico Sul	Com pecuária	Natural	Ausente	Naturais	Carros	Natural
Sangradouro do Navio Altayr	Com pecuária	Parcialmente canalizado e dragado	Ausente	Naturais	Carros	Acentuada

Fonte: Tuana Heres e Ulisses Rocha de Oliveira.

As nascentes dos sangradouros urbanos estão marcadas pela ação antrópica, e as áreas de banhados adjacentes muitas vezes são suprimidas pela crescente urbanização. Outros problemas encontrados nesse ambiente estão relacionados à retirada de água para a irrigação de lavouras e intensificação da drenagem para plantio e pecuária, e mais recentemente para a implantação de parques eólicos.

O comprimento dos sangradouros pode variar ao longo dos anos devido a fatores naturais e antrópicos. O índice de sinuosidade também não é um parâmetro permanente, sendo mais um indicador de que os sangradouros estão em constante transformação. E a partir dos dados apresentados foi possível notar o quanto os sangradouros são dinâmicos e podem sofrer alterações significativas na largura e profundidade.

Os dados obtidos para os sangradouros localizados na área urbana demonstram que estes permanecem abertos ao longo do ano devido a fatores naturais e antrópicos. Entre o último fator, destaca-se principalmente o desassoreamento dos canais realizados pela SEC. Já os sangradouros localizados na área rural, mesmo que possuam algum nível de antropização, estão mais vinculados à sazonalidade, visto que o sangradouro do Navio Altayr, o qual drena a maior área de banhados, apresentou variações, principalmente na largura do canal.

Pode-se dizer que a urbanização nas margens do sangradouro do Gelo é responsável pela sua fixação e até pela sua retificação. Para implantação de vias de acesso não é viável

que o sangradouro preservasse as condições naturais, visto que apresentando certa movimentação lateral, inviabilizaria a urbanização. Então a sua retificação pode ter sido uma solução para a construção de vias de acesso e de edificações.

A intensificação da urbanização ao largo do sangradouro do Gelo, além da fixação do seu canal, pode gerar problemas em períodos de intensas precipitações. O desmoronamento das margens do canal pode se tornar um risco a população que circula nas vias laterais ao sangradouro, pois um buraco pode surgir a qualquer momento e dependendo da quantidade da precipitação, isso pode consumir parte da via, pondo em risco pedestres, ciclistas, automóveis e, conforme a intensidade e concentração da precipitação, até as próprias residências.

Essas intervenções antrópicas se fazem necessárias para o desenvolvimento da urbanização, mas em contrapartida podem gerar problemas ambientais e também sociais. A impermeabilização do solo devido às construções acaba por acionar ainda mais a função dos sangradouros, o que durante uma intensa precipitação pode ser prejudicial à população, visto que a água que antes se infiltrava no solo, agora edificado e impermeabilizado, vai direto para o leito do canal, causando uma elevação mais rápida na lâmina d'água e podendo causar alagamentos e deslizamentos próximo às margens. O saibro colocado nas vias de acesso pode intensificar o processo, assim como restos de construção (figura 33).



Figura 33: Surgimento de deslizamentos na margem do sangradouro do Gelo após precipitação em 16/10/2015.

Foto: A autora.

Outro problema é a proximidade das edificações com as margens dos sangradouros (figura 34). Dessa forma é possível dizer que existe um problema ambiental quando se faz referência às alterações nos sangradouros, mas também que existe um problema social, já que a ocupação próxima das margens dos canais pode ser considerada um risco à população.



Figura 34: Edificação próxima a margem do sangradouro da Querência em 16/12/2016. Foto: A autora.

Em relação à área urbanizada próxima ao sangradouro da Querência, Leal Alves (2013) salienta que a correlação entre a topografia e o crescimento da ocupação é o principal fator de vulnerabilidade para a região. Para o autor a baixa declividade da planície costeira associada às descontinuidades em trechos do cordão de dunas, sejam as vias de acesso à praia e o próprio sangradouro, fazem com que áreas fiquem mais expostas a possíveis inundações.

Esses fatores atribuem à área próxima aos sangradouros urbanos do Gelo e da Querência um potencial de risco natural (MMA, 2008), visto que são áreas suscetíveis a inundações por ressacas e eventos pluviométricos. O caráter de risco natural é atribuído a essas áreas devido ao crescimento da urbanização associada à baixa altimetria do terreno no entorno destes sangradouros.

A área no entorno dos sangradouros urbanos, principalmente o sangradouro da Querência, apresenta também um potencial de risco social (ASTOLPHO e GUSMÃO, 2008). Segundo Leal Alves (2013), problemas de infraestrutura marcam a paisagem dos Balneários Querência e Atlântico Sul, como a inexistência de vias pavimentadas e de um sistema artificial de drenagem adequado ou sistema de tratamento de esgoto. Para Astolpho e Gusmão

(2008), a carência desses serviços básicos torna a população mais vulnerável à proliferação de doenças.

Existe também outro risco associado aos sangradouros urbanos do balneário, que é o potencial de risco tecnológico, relacionado a processos produtivos e atividades industriais (EGLER, 2008). O risco tecnológico observado no balneário se refere à deposição de lama fluída na praia proveniente da dragagem do canal de acesso do Porto do Rio Grande. Porto (2016) ressalta que houve certa coincidência entre atividades de dragagem e aumento da frequência e amplitude dos processos de deposição de lama na antepraia e praia, afetando principalmente a porção defrontante à área urbana do balneário.

Devido estar em um ambiente em constante transformação, que por vezes podem ocorrer dentro de um único dia, os sangradouros acompanham as variações ambientais. Rápidas mudanças na morfologia dos canais podem estar associadas a tempestades, frentes frias ou atividades humanas. Ao longo da pesquisa foi possível identificar que as maiores alterações nesses parâmetros citados acima estão relacionadas principalmente aos processos antrópicos.

Em relação às dunas costeiras, a principal diferença encontrada entre os sangradouros rurais e urbanos é a presença de vegetação. Em canais urbanos as dunas apresentam maior quantidade de vegetação e por esse motivo encontram-se fixadas. Já em canais rurais foi observada uma quantidade menos significativa de vegetação. A fixação das dunas em ambientes urbanos é necessária para que estas não invadam as vias e as casas mais próximas, o que pode causar transtornos para a população. Desta forma, o próprio canal dos sangradouros acaba sendo mais fixado à duna e não apresentando maiores variações morfológicas nesse trecho, como é o caso do sangradouro da Querência.

Inicialmente era esperado que o sangradouro do Navio Altayr apresentasse a maior vazão, visto que drena a maior área entre os quatro sangradouros analisados, mas isso foi visto apenas na primeira coleta. Nas demais coletas, os sangradouros do Gelo e da Querência apresentaram maiores valores de vazão. Esta questão possivelmente está associada à retificação dos canais urbanos, visto que esta tem como finalidade o controle das cheias e a drenagem das terras alagadas (CUNHA, 2005), e como impactos trazem alterações no padrão de drenagem, reduzindo o comprimento do canal com a perda de meandros, alteração na forma do canal (largura e profundidade) e diminuição da rugosidade.

Nos canais urbanos é imprescindível que não ocorram cheias e que o escoamento da água aconteça mais rápido a fim de evitar riscos à população, então a retificação desses canais

pode ter sido a solução encontrada, mas a consequência dessa intervenção antrópica foi um aumento significativo na vazão dos sangradouros, prejudicando a dinâmica natural dos canais.

Como os sangradouros pertencem a um ambiente costeiro, que é dinâmico e está em constante transformação, outras questões deveriam ser analisadas antes de uma retificação do canal, como a competência destes para drenar o maior volume de água que chega até o trecho inferior. Esta água é facilmente represada na região do pós-praia, fazendo com que parte dela fique retida, formando pequenas lagoas, e retorne em direção ao trecho médio do canal, resultando em uma vazão negativa.

A retificação dos canais pode ter alterado também a quantidade de água disponível na superfície das nascentes dos sangradouros urbanos. Como a vazão nesses canais é maior, existe a possibilidade de que menos água permaneça nas nascentes, possibilitando o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, como pastoreio, construção de estradas e a urbanização.

Portanto foi possível concluir que os sangradouros analisados estão vulneráveis a eventos naturais e alterações antrópicas, porém os sangradouros urbanos apresentam maior potencial de risco associado. Os sangradouros localizados na área rural do balneário estão sujeitos aos mesmos eventos naturais, mas a baixa presença antrópica nestes locais gera menor potencial de risco, visto que este está relacionado à presença do homem.

A tabela 4 sintetiza o potencial de risco relacionado aos quatro sangradouros analisados no presente trabalho. O baixo potencial de risco significa que o sangradouro apresenta vulnerabilidade, mas que esta está relacionada apenas a eventos naturais; no potencial de risco moderado, os sangradouros apresentam vulnerabilidade a eventos naturais e antrópicos, porém este último foi considerado de baixo impacto; e no potencial de risco alto, os sangradouros apresentam vulnerabilidade a eventos naturais e antrópicos, sendo que o último apresenta maior impacto ao ambiente costeiro e à sociedade.

Tabela 4: Potencial de risco em relação aos geoindicadores analisados.

	Áreas úmidas	Morfologia	Urbanização	Dunas frontais	Faixa de praia	Vazão
Sangradouro do Gelo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Sangradouro da Querência	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Sangradouro Eólico Sul	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo
Sangradouro do Navio Altayr	Moderado	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo

Fonte: A autora.

Em relação a isto, pode se dizer que os sangradouros urbanos apresentam maior potencial de risco, sobretudo o do Gelo. O sangradouro Eólico Sul por apresentar menos pressão humana teve menor potencial de risco relacionado aos parâmetros utilizados.

Como o potencial de risco está associado à presença do homem, é possível dizer que os sangradouros do Gelo e da Querência são aqueles que apresentam maior vulnerabilidade frente às pressões antrópicas. Por esse motivo, estudos mais específicos acerca dos problemas ambientais causados pela presença do homem devem ser cada vez mais frequentes em ambientes litorâneos sensíveis como as praias. A urbanização dessas áreas deve ser melhor planejada pelos gestores municipais afim de minimizar conflitos no que se refere ao meio ambiente e a ocupação de áreas para habitação.

Os sangradouros são elementos importantes da paisagem costeira do Rio Grande do Sul, e estudos acerca desses canais devem ser elaborados para uma melhor compreensão da sua dinâmica e importância para a manutenção da paisagem.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi exposto, os canais sangradouros são importantes elementos da zona costeira do Rio Grande do Sul por desempenharem a função de drenagem das águas pluviais acumuladas na retaguarda das dunas frontais, por isso contribuem de forma bastante significativa na drenagem urbana do Balneário Cassino.

Os quatro sangradouros selecionados para esta dissertação apresentaram alguma alteração antrópica, sendo os canais urbanos os mais impactados pela ação humana. Todos os canais exibiram alterações nas nascentes, sendo o do Gelo o mais impactado pela ação antrópica, e no restante foram identificadas apenas atividades de pastoreio. Em relação à morfologia, apenas o sangradouro Eólico Sul não apresentou alterações. A urbanização ao largo dos canais do Gelo e da Querência foi crescendo ao longo do período analisado, sendo inexistente nos sangradouros Eólico Sul e do Navio Altayr.

As discontinuidades no cordão de dunas frontais geradas pelos sangradouros urbanos podem causar maiores impactos, visto o papel desempenhado por essas feições. No ambiente urbano as dunas frontais são responsáveis por proteger vias, edificações e pessoas, portanto em períodos de ressacas, por exemplo, essa discontinuidade gerada pelos sangradouros torna o ambiente na retaguarda das dunas mais vulnerável, podendo trazer risco de inundações à população. No ambiente rural não existe tal risco.

Da mesma forma que as dunas frontais, a faixa de praia também é cortada pelos sangradouros, tornando a área ao largo dos canais mais vulnerável a processos erosivos. No ambiente urbano esta porção acaba sendo mais impactada pelo trânsito de veículos, que é menos intenso na área rural (progressivamente em direção ao sul). Quanto à vazão, pode-se dizer que os sangradouros rurais estão mais vinculados a aspectos climáticos, enquanto os urbanos estão vinculados também à ação antrópica, principalmente nos meses de verão (pequenas dragagens).

As principais diferenças encontradas nos sangradouros foram relativas a urbanização e canalização. O sangradouro do Gelo foi o canal que apresentou a maior área urbanizada, sendo que quase a totalidade do canal apresentou urbanização nas margens. A área urbanizada ao largo do sangradouro da Querência vem se intensificando de forma bastante significativa. Já os sangradouros rurais Eólico Sul e do Navio Altayr não apresentam urbanização nas margens.

Entre os canais selecionados, apenas o Eólico Sul não apresentou indícios de canalização. O sangradouro do Navio Altayr apresentou características de retificação na

porção superior, mas estas foram diminuindo ao longo do tempo, demonstrando uma regeneração naquele ambiente, visto que o canal foi retomando um traçado mais natural. O sangradouro do Gelo apresentou um canal totalmente retilíneo devido à retificação, possivelmente para aumentar a sua vazão a fim de evitar alagamentos e inundação na área urbana. Já o sangradouro da Querência foi o que apresentou a maior alteração quanto a canalização, sendo que o seu canal foi ampliado de 1.180 m para 3.620 m (aproximadamente), para fins de pastoreio e/ou expansão urbana ou mesmo devido a construção do parque Eólico situado em área próxima.

A utilização dos sangradouros como parte da drenagem do balneário gera, ao mesmo tempo, impactos negativos e positivos. Os impactos negativos desta utilização são principalmente de cunho ambiental, já que as intervenções antrópicas alteram a dinâmica natural dos canais, forçando-os cada vez mais na sua função. Já os impactos positivos de sua utilização estão relacionados justamente à sua função, de drenagem de áreas de baixa altimetria e úmidas localizadas na retaguarda das dunas, contribuindo de forma bastante significativa para a implantação dos equipamentos urbanos.

Em linhas gerais, a utilização e as alterações antrópicas realizadas nos sangradouros contribuem para urbanização do Balneário Cassino, porém a população deve ter o conhecimento sobre os canais a fim de evitar maiores danos ambientais e para a própria sociedade. O conhecimento e entendimento da sua função por parte da população que vive ao largo dos sangradouros poderia auxiliar na sua conservação e diminuir os impactos ambientais e riscos relacionados à presença dos canais.

A tomada de consciência da população acerca dos sangradouros deveria partir de um projeto a nível municipal e/ou estadual a fim de esclarecer dúvidas a respeito do seu funcionamento, ou estar integrado a projetos mais amplos de uso e conservação de ambientes costeiros, como o Plano de Manejo de Dunas Costeiras, por exemplo, já que os sangradouros estão presentes nesse ambiente e desempenham uma função de grande importância socioambiental.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTOLFO, S. M.; GUSMÃO, P. P. 2008. Potencial de risco social. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 121-148p.
- BECKER, B. K. 1997. **Levantamento e avaliação da política federal de turismo e seu impacto na região costeira**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília: MMA, 64p.
- BERGER, A. R. 1997. **Assessing rapid environmental change using geoindicators**. Environmental geology, v.32, n.1, 36-44p.
- BERGER, A. R. 1998. **Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature**. GSA TODAY. Canada, v. 9, 3-8p.
- BIRKMANN, J. 2007. **Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications**. Environmental Hazards, v.7, 20-31p.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. 2004. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 153-192p.
- BRASIL. 1988. **Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988**. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7661.htm. Acesso em: 25/06/2016.
- BURGER, M. I. 2000. **Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira**. Disponível em: http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round7/round7/guias_r7/sismica_r7/refere/banhados.pdf Acesso em 18/01/2016.
- BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. 1999. **Utilization of geoindicators for rapid assessment of costal-hazard risk and mitigation**. Ocean & costal management, v. 42, 647-670p.
- BUZATO, E. 2012. **Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geoindicadores**. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo. 182p.
- CALLIARI, L. J.; GUEDES, R. M. C.; PEREIRA, P. S.; LÉLIS, R. F.; ANTIQUEIRA, J. A.; FIGUEIREDO, S. A. 2010. **Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral sul do Brasil (RS): uma síntese**. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v.14, 49-61p.
- CALLIARI, L. J.; KLEIN, A. H. F. 1993. **Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS**. Pesquisas, 20(1), 48-56p.
- 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**. Porto Alegre, Gravel, n.3, 15-30p.

- CARVALHO, A. B. P.; OZORIO, C. P. 2007. **Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul**. Revista de Ciências Ambientais. Canoas, v.1, n.2, 83-95p.
- CARVALHO, T. M. 2008. **Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais**. Revista Brasileira de Geografia Física. Recife, v.1, n.1, 73-85p.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1981. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Editora Blücher, 313p.
- COLTRINARI, L.; 2001. **Mudanças ambientais globais e geoindicadores**. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v.28(2), 307-314p.
- COLTRINARI, L.; MCCALL, G. H. 1995. **Geo-indicadores: ciências da Terra e mudanças ambientais**. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia - USP, v. 9, n.9, 5-11p.
- CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. 1995. **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Editora da FURG, 275p.
- CUNHA, S. B. 2005. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª ed., 211-252p.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. 1996. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 337-379p.
- DE-ZOTTI, C. O. L. 2012. **Uso de geotecnologias para caracterização do comportamento morfológico de sangradouros após a passagem de eventos extremos**. Monografia de Conclusão de Curso Técnico em Geoprocessamento. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Rio Grande. 46p.
- DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J.; MARTINS, L. R.; BARBOZA, E. G. 2005. **Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Gravel, n.3, 9-14p.
- DILLENBURG, S. R.; ROY, P. S.; COWELL, P. J.; TOMAZELLI, L. J. 2000. **Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the Shoreface Translation-Barrier Model (STM)**. Journal of Coastal Research, 16 (1): 71-81p.
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS. Regiões hidrográficas do estado do RS. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes_hidro.asp/>. Acesso em: 25/07/2016.
- FERREIRA, N. J.; RAMÍREZ, M. V.; GAN, M. A. 2009. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI *et al.* (orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina dos textos, 43-60p.
- FONTOURA, J. A. S. 2004. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da Barra do Rio Grande, RS, Brasil**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 223p.

- EGLER, C. 2008. Potencial de risco tecnológico. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 149-172p.
- FIGUEIREDO, S. A. 2002. **Distribuição espaço-temporal dos sangradouros na costa gaúcha no trecho São José do Norte – Farol de Mostardas**. Monografia de Conclusão de Curso em Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 47p.
- FIGUEIREDO, S. A.; CALLIARI, L. J. 2005. **Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro**. Porto Alegre: Gravel, n.3, 47-57p.
- FIGUEIREDO, S. A.; CALLIARI, L. J. 2006. **Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes às desembocaduras da linha de costa do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Gravel, n.4, 73-87p.
- GRIMM, A. M.; PSCHEIDT, I. 2004. **Padrões atmosféricos associados a eventos severos de precipitação no Sul do Brasil durante El Niño, La Niña e anos neutros**. In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza.
- GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. 2003. **Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira**. Porto Alegre, Gravel, n.1, 81-89p.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES. 1996. **Ge indicador de fluxo da corrente**. Disponível em: <<http://www.lgt.lt/geoin/topic.php?tid=checklist>>. Acesso em: 19/01/2016.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES. 1996. **Ge indicators**. Disponível em: <<http://www.lgt.lt/geoin/doc.php?did=ge indicators>>. Acesso em: 18/06/2016.
- IPEA. 2010. **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Instituto de Pesquisa Aplicada. Brasília: IPEA, 647p.
- KRUSCHE, N.; SARAIVA, J. M. B.; REBOITA, M. S. 2002. **Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. Rio Grande, Brasil, 84 p.
- LEAL ALVES, D. C. 2013. **Análise da vulnerabilidade nos Balneários Querência-Atlântico Sul e Hermenegildo (RS) a partir de indicadores geomorfológicos e antrópicos**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 104p.
- LINS DE BARROS, F. M. 2005. **Risco e vulnerabilidade à erosão costeira no município de Maricá, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 162p.
- LINS DE BARROS, F. M.; BULHÕES, E. M. R. 2006. **Geomorfologia costeira e riscos: diferentes abordagens, contribuições e aplicabilidades**. In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, GO, 11p.
- MACEDO, S. S. 2004. Paisagem litoral e formas de urbanização. In: BRASIL. **Projeto Orla: subsídios para um projeto de gestão**. Brasília: MMA e MPO, 43-62p.

- MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L.; FERREIRA, E. R. 2004. **Linha de costa: problemas e estudos**. Porto Alegre: Gravel, n.2, 40-56p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2002. **Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: Edições Ibama, 447p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2008. ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 242p.
- MÖLLER, B. A. 2014. **Análise da distância da orla urbana dos balneários Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí - RS, em relação à linha de preamar marinha**. Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 57p.
- MORAES, A. C. R. 1995. **Os impactos da política urbana sobre a zona costeira**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília: MMA, 48p.
- MUEHE, D. 2012. O litoral brasileiro e a sua compartimentação. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 8ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 273-349p.
- NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. 2010. **Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos**. Revista da Gestão Costeira Integrada, 10 (2), 3-29p.
- NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A. 2008. Gestão Costeira. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 213-225p.
- PEREIRA, L. S.; PAMBOUKIAN, S. V. D. 2015. **Utilização de ferramentas e serviços Google para o desenvolvimento de projetos de engenharia, arquitetura e urbanismo**. In: XI Jornada de Iniciação Científica, São Paulo. 23p.
- PEREIRA, P. S. 2005. **Variabilidade da orla oceânica do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos**. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande. 161p.
- PEREIRA DA SILVA, R. 1998. **Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS**. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 146p.
- PEREIRA DA SILVA, R.; CALLIARI, L. J. 1997. **Erosão costeira causada por sangradouros ao longo do litoral Sul-Riograndense: Trecho Rio Grande - Chuí**. In: VI Congresso da ABEQUA e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul, Curitiba, Brasil. Resumos expandidos. 420-423p.
- PÉRICO, E.; CEMIN, G.; AREND, U.; REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R. 2011. **Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba. 1200-1207p.

- PINTON, L. G; CUNHA, C. M. L. 2014. **Avaliação das mudanças na morfologia de canais fluviais em sub-bacia do Córrego do Cavalheiro - Analândia (SP)**. Revista Geonorte, v.10, n.1, 59-63p.
- PORTO, F. S. 2016. **Variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino - RS no período de 2006 a 2016**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 86p.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. 2012. **Entendendo o tempo e o clima na América do Sul**. Terra e Didática, 8(1), 34-50p.
- RODRIGUES, C. 2005. **Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista**. Revista do Departamento de Geografia (USP), n.17, 101-111p.
- RODRÍGUEZ, J. J.; WINDEVOXHEL, N. J. 1998. **Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana**. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington D.C. No. ENV. 121p.
- ROSA, L. S.; CORDAZZO, C. V. 2007. **Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da Praia do Cassino (RS)**. Cadernos de Ecologia Aquática, v.2, n.2, 1-12p.
- ROSS, J. L. S. 1994. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, v.8, 63-74p.
- SAKAMOTO, M. S. **Sistemas convectivos de mesoescala observados na região subtropical da América do Sul durante o SALLJEX**. 2009. Tese de Doutorado em Meteorologia. Universidade de São Paulo, São Paulo. 281p.
- SCHMIDT, E. 2009. **Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana do Bairro de Santa Felicidade, Curitiba/PR**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 115p.
- SERPA, C. G. 2008. **Estudo da influência dos fatores climáticos e hidrológicos no ciclo morfodinâmico praias de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 97p.
- SERPA, C. G. 2013. **Morfodinâmica praias relacionada à presença de corpos de água intermitentes em duas praias da costa do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese de Doutorado em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 131p.
- SHORT, A. D.; HESP, P. A. 1982. **Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia**. Marine Geology, 48: 259-284p.
- SILVA, J. S. V.; NEVES, S. M. A. S.; VENDRUSCULO, L. G. 2014. **Caracterização ambiental da Unidade de Planejamento e Gerenciamento do Rio Amambaí**. Revista GeoPantanal, v.9, 21-35p.

- SIMÕES, R. S. 2015. **Análise da distância média entre as ocupações a beira-mar e o limite superior da praia nos Balneários São Simão, Mostardense, Praia do Farol E Mar Grosso, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande. 84p.
- SOUZA, C. R. de G. 1998. **Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo State, Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 70(2), 354-366p.
- SOUZA, C. R. de G. 2005. **Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras.** Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6, n.1, 45-61p.
- SOUZA FILHO, E. E. 1993. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR).** Tese de Doutorado em Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo. 235p.
- STRAUCH, J. C.; CUCHIARA, D. C.; TOLDO JR, E. E.; ALMEIDA, L. E. S. B. 2009. **O padrão das ondas de verão e outono no litoral sul e norte do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.14. n.4, 29-37p.
- STROHAECKER, T. M. 2007. **A urbanização do litoral norte do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa.** Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 398p.
- STROHAECKER, T. M. 2008. Dinâmica populacional. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.** Brasília: MMA, 59-75p.
- TABAJARA, L. L.; GRUBER, N. L. S.; DILLENBURG, S. R.; AQUINO, R. 2005. **Vulnerabilidade e classificação das dunas da Praia de Capão da Canoa, litoral norte do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Gravel, n.3, 71-84p.
- TAGLIANI, C. R. A. 1997. **Proposta para o manejo integrado da exploração de areia no município costeiro de Rio Grande - RS, dentro de um enfoque sistêmico.** Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo. 158p
- TESSLER, M. 2008. Potencial de risco natural. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (orgs.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.** Brasília: MMA, 93-120p.
- TOLDO JR, E. E.; ALMEIDA, L. E. S. B.; NICOLODI, J. L.; ABSALONSEN, L.; GRUBER, N. L. S. 2006. **O controle da deriva litorânea no desenvolvimento do campo de dunas e da antepraia no litoral médio do Rio Grande do Sul.** Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v.33(2), 35-42p.
- TOZZI, H. A. M. 1995. **Morfodinâmica da praia do Cassino, Rio Grande, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso de Oceanologia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 56p.
- TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; *et al.* 2003. **A framework for vulnerability analysis in sustainability science.** Proceedings of the National Academy of Sciences 100 (14), 8074–8079p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. 1991. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: UFG, Impr. Universitária, 1.ed., 447p.

VIEIRA, H.; CALLIARI, L. J.; OLIVEIRA, G. P. 2004. **O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso**. *Engevista*, v.6, n.3, 54-63p.

VILLWOCK, J. A. 1972. **Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 113p.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. 1995. **Geologia costeira do Rio Grande do Sul**. Notas Técnicas do CECO/IG/UFRGS. Porto Alegre, 8, 1-45p.

VILLWOCK, J. A.; LESSA, G. C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R. J; DILLENBURG, S. R. 2005. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C. R. G. *et al.* (orgs.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 94-113p.