

Yasmim Garcia da Silveira

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE FÍSICA À  
EROSÃO E INUNDAÇÃO DE SETORES COSTEIROS  
ABRIGADOS. ESTUDO DE CASO: BAÍA DE  
FLORIANÓPOLIS - SC**

Dissertação Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Oceanografia.

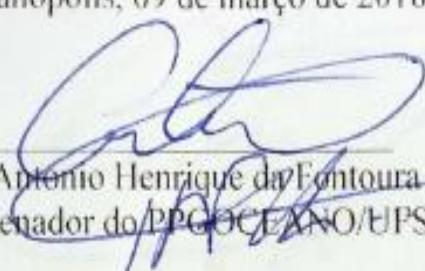
Orientador: Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho.

Florianópolis, SC  
2018

**Avaliação da Vulnerabilidade Física à Erosão e  
Inundação de Setores Costeiros Abrigados. Estudo de  
Caso: Baía de Florianópolis - SC**

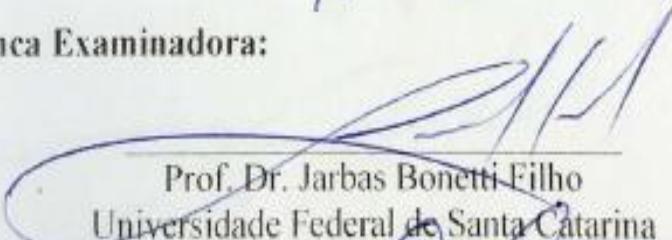
Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de "Mestre em Oceanografia", e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Oceanografia.

Florianópolis, 09 de março de 2018.

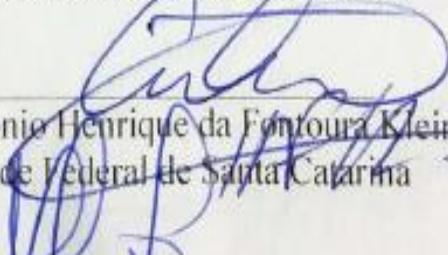


Prof. Dr. Antonio Henrique da Fontoura Klein  
Coordenador do PPG OCEANO/UFSC

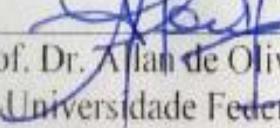
**Banca Examinadora:**



Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Antonio Henrique da Fontoura Klein  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Allan de Oliveira de Oliveira  
Universidade Federal de Pelotas

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
UFSC.

Silveira, Yasmim Garcia da

Avaliação da vulnerabilidade física à erosão e  
inundação de setores costeiros abrigados. Estudo de  
caso: Baía de Florianópolis - SC / Yasmim Garcia da  
Silveira ; orientador, Jarbas Bonetti Filho, 2018.  
113 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em  
Oceanografia, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Vulnerabilidade costeira .  
3. Sistemas costeiros abrigados . 4. Oceanografia  
costeira . 5. Oceanografia geológica . I. Bonetti  
Filho, Jarbas. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.  
III. Título.

## RESUMO

Este estudo visa analisar a vulnerabilidade física da linha de costa oeste da Ilha de Santa Catarina por meio da aplicação da metodologia *Smartline*. A metodologia aplicada nesta pesquisa utiliza uma abordagem multiescalar e considera, de forma segmentada, as especificidades dos setores costeiros analisados. Cada segmento identificado recebe uma classificação quanto à vulnerabilidade, resultante da integração de vários atributos físicos, os quais devem ser selecionados de acordo com o perigo costeiro que se deseja representar. Na análise são considerados três níveis distintos de suporte físico e de atuação dos processos costeiros. Os atributos de primeira ordem são estruturais e suas características são abrangentes; os de segunda ordem são transicionais entre estrutural e dinâmico e os de terceira ordem são dinâmicos e suas características são específicas. A metodologia foi aplicada na costa oeste da Ilha de Santa Catarina por ser um setor abrigado da incidência de ondas oceânicas e, portanto, submetido à uma condição de baixa-energia. Selecionou-se 8 condicionantes à erosão e inundação costeira, sendo estes: “Geologia” possuindo 2 classes, distribuídas por 11 segmentos e “geomorfologia” 3 classes em 8 segmentos, sendo que ambas foram consideradas variáveis de primeira ordem. “Velocidade de correntes de maré astronômica” (5 classes em 15 segmentos), “altura média do pós-praia” (4 classes em 20 segmentos) e “grau de exposição às ondas de vento” (5 classes em 28 segmentos) compõem as de segunda ordem e “feição do pós-praia e retaguarda” (7 classes em 28 segmentos), “granulometria” (5 classes em 26 segmentos) e “declividade da face da praia” (3 classes em 30 segmentos) as de terceira ordem. Com a integração dos atributos de primeira ordem foi gerado um Mapa Indicativo de Vulnerabilidade à Erosão e Inundação, o qual dividiu a costa nas classes “Muito baixa”, “Baixa”, “Moderada” e “Alta” vulnerabilidade. Como resultado final do processo analítico a linha de costa foi representada como uma linha segmentada de acordo com as diferentes classes de vulnerabilidade física atribuídas, refletindo os setores mais propensos a sofrerem processo de erosão e inundação. O Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação indicou que a costa oeste da Ilha de Santa Catarina divide-se principalmente

entre setores de baixa e moderada vulnerabilidade, com ocorrências pontuais de alta e muito alta vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Erosão e inundação costeira. Exposição da linha de costa. Análise Espacial.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the physical vulnerability of the western coast of Santa Catarina Island through the application of the Smartline methodology. The methodology applied in this research adopts a multiscale approach and considers, using coastline segmentation, the specificities of the analyzed coastal sectors. Each identified segment receives a classification regarding its vulnerability, resulting from the integration of several physical attributes, which must be selected according to the coastal hazard that one wishes to represent. In the analysis are considered three distinct levels of physical support and performance of the coastal processes. The first order attributes are structural, and their characteristics are broad; the second order ones are transitional between structural and dynamic and the third order ones are dynamic, being their characteristics specific. The methodology was applied on the west coast of Santa Catarina Island because it is sheltered from oceanic waves incidence, configuring a low energy sector. Eight descriptors were selected for erosion and coastal flooding, these being: "Geology" having 2 classes, distributed along 11 segments and "geomorphology" 3 classes in 8 segments, both of which were considered first order variables. "Astronomical tidal currents" (5 classes in 15 segments), "source of sedimentary supply" (4 classes in 20 segments) and "degree of exposure to wind waves" (5 classes in 28 segments) make up the second order and "backshore features" (7 classes in 28 segments), "grain size" (5 classes in 26 segments) and "slope" (3 classes in 30 segments). With the integration of first order attributes, an Indicative Map of Vulnerability to Erosion and Flooding was generated, which divided the coast into "Very Low", "Low", "Moderate" and "High" vulnerability classes. As a final result of the analytical process the coastline was represented as a segmented line according to the different classes of attributed physical vulnerability, reflecting the sectors with most propensity to erosion and flooding. The Map of Physical Vulnerability to Erosion and Flood indicated that the west coast of Santa Catarina Island is divided mainly between sectors of low and moderate vulnerability, with occasional occurrences of high and very high vulnerability.

**Key words:** Erosion and coastal flood. Coastline exposure. Spatial Analysis.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da baía de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina. Em destaque, linha de costa estudada. ....	21
Figura 2: Perfil de quatro morfotipos de praias de ambientes abrigados. Fonte: Hegge et al. (1996). ....	27
Figura 3: Procedimento metodológico de atribuição de características de diferentes elementos formando classes de geodiversidade. Adaptado de Sharples (2006). ....	32
Figura 4: Fluxograma da metodologia aplicada. ....	34
Figura 5: Localização dos pontos selecionados para análise dos valores de velocidade de corrente de maré astronômica. ....	38
Figura 6: Resultados de exposição obtidos pelo <i>Wind Fetch Model</i> para incidência de ondas Sul (180°), Norte (0°) e Oeste (270°), da esquerda à direita, respectivamente. ....	39
Figura 7: à esquerda, resultado da integração das ondas de vento Norte (0°), Sul (180°) e Oeste (270°); à direita, resultado da reorganização dos valores pelo Método dos Quantis. ....	40
Figura 8: Modelo Digital de Elevação. Fonte: SDS, 2014. ....	41
Figura 9: Localização dos pontos visitados em campo. ....	43
Figura 10: Mapa Geoevolutivo de Horn Filho & Livi (2013) e a interpretação linearizada da costa de estudo. ....	47
Figura 11: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Geologia. ....	48
Figura 12: Porcentagem por classe geológica das praias analisadas em campo. ....	48
Figura 13: Granito Ilha, limite sul da Praia do Forte. Observa-se coloração rosada e textura equigranular. ....	49
Figura 14: Depósito Paludial, Manguezal do Ratores. ....	49
Figura 15: Depósito Paludial, APP: Manguezal do Tapera. ....	50
Figura 16: Mapeamento temático – Geomorfologia de IPUF (1992) e a interpretação linearizada da costa em estudo. ....	50
Figura 17: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Geomorfologia. ....	51
Figura 18: Porcentagem por classe geomorfológica das praias analisadas em campo. ....	51
Figura 19: Serras do Leste Catarinense, vista da Praia do Forte. ....	52
Figura 20: Planície de Maré, Saco Grande. ....	52
Figura 21: Planície Arenosa, Centro. ....	53

Figura 22: Interpretação linearizada da máxima velocidade média diária de corrente de maré astronômica da costa de estudo, com base nos dados de Czizeweski (2016).....	54
Figura 23: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo máxima velocidade média diária de corrente de maré astronômica.....	54
Figura 24: Interpretação linearizada do grau de exposição às ondas de vento da costa de estudo, com base nos resultados da aplicação do <i>Wind Fetch Model</i> .....	55
Figura 25: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Grau de Exposição às Ondas de Vento.....	56
Figura 26: Interpretação linearizada da altura média do pós-praia da costa de estudo, com base nos dados de SDS (2014).....	57
Figura 27: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Altura média do pós-praia.....	57
Figura 28: Interpretação linearizada das feições do pós-praia da costa de estudo, com base nos dados de Mussi (2011).....	58
Figura 29: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Feição do Pós – Praia e Retaguarda.....	59
Figura 30: Porcentagem por classe de feição do pós-praia e retaguarda das praias analisadas em campo.....	59
Figura 31: à esquerda, Morro à Retaguarda, Praia do Forte; à direita, Dunas e Cordões Litorâneos, Praia de Daniela.....	60
Figura 32: à esquerda, Manguezal e Marismas, Saco Grande; à direita, Urbano sob Planície Costeira, Centro.....	60
Figura 33: à esquerda, Urbano com Morro à Retaguarda, Caieiras do Sul; à direita, Urbano sob Manguezal, APP: Manguezal da Tapera.....	60
Figura 34: Planície Costeira, Caieiras do Sul.....	61
Figura 35: Interpretação linearizada da granulometria da costa de estudo, com base nos dados de Horn Filho (2006).....	61
Figura 36: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Granulometria.....	62
Figura 37: Porcentagem das classes granulométricas das praias visitadas em campo.....	62
Figura 38: à esquerda, areia fina bem selecionada, praia do Forte; à direita, areia média a grossa, com elevada presença de conchas e fragmentos de conchas milimétricos a poucos centímetros, Praia de Sambaqui.....	63
Figura 39: à esquerda, areia muito grossa bem selecionada, Tapera; à direita, areia grossa mal selecionada, com presença de minerais pesados implicando coloração preta, Caieiras da Barra do Sul.....	63

Figura 40: à esquerda, areia média bem selecionada, com presença de conchas e fragmentos de conchas de até 10 cm de eixo de maior alongamento, Praia de Sambaqui; à direita, Aterro, Aterro da Baía Sul. ....	64
Figura 41: Interpretação linearizada da declividade da face da praia da costa de estudo, com base nos dados de Mussi (2011).....	64
Figura 42: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Declividade da face da praia. ....	65
Figura 43: Porcentagem das classes de declividade da face das praias visitadas em campo. ....	65
Figura 44: à esquerda, praia com declividade nula, Sambaqui; à direita, praia com declividade 0 – 3°, Tapera. ....	66
Figura 45: à esquerda, praia com inclinação 3 – 8°, Centro; à direita, limite rochoso, classificado como Costão. ....	66
Figura 46: à esquerda, bar localizado sobre a faixa de praia, Praia do Forte; à direita, construções residenciais sobre a faixa de praia, Caieiras do Sul. ....	67
Figura 47: à esquerda, rancho de pesca, Centro; à direita, vila de pescadores, Aterro da Baía Sul.....	67
Figura 48: à esquerda, muro de arrimo, Praia da Barra do Sambaqui; à direita, muro de arrimo, Ribeirão da Ilha. ....	68
Figura 49: à esquerda, estrutura de enrocamento, Centro; à direita, estruturas de espigões, Aterro da Baía Sul. ....	68
Figura 50: Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação. ....	70
Figura 51: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade física indicativa. ....	71
Figura 52: Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação. ....	72
Figura 53: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade à erosão e inundação. ....	72
Figura 54: Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação baseado no Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC).....	74
Figura 55: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade à erosão e inundação, baseado no Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC). ....	75



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição dos morfotipos de praia de baixa energia. Fonte: Hegge <i>et al.</i> (1996).....	27
Quadro 2: Combinações resultantes da integração entre feições geológicas e geomorfológicas. ....	69
Quadro 3: Combinações avaliadas quanto à vulnerabilidade.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Passos metodológicos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa.....	32
Tabela 2: Critérios disponíveis na revisão bibliográfica, os produzidos e suas fontes.....	36
Tabela 3: Listagem das praias caracterizadas, de acordo com seu setor. ....	42
Tabela 4: Atributos utilizados no mapa indicativo de vulnerabilidade física e seus respectivos pesos. ....	45
Tabela 5: Intervalos de classes adotados pelo IVCP.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>21</b>
3.1	BAÍA SUL .....	22
3.2	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA .....	22
3.3	HIDRODINÂMICA LOCAL .....	22
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>24</b>
4.1	RISCO, PERIGO, SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE.....	24
4.2	SISTEMAS ABRIGADOS .....	25
4.3	EROSÃO.....	28
<b>4.3.1</b>	<b>Erosão costeira</b> .....	<b>28</b>
4.3.1.1	Causas da erosão costeira.....	29
4.4	INUNDAÇÃO COSTEIRA .....	29
4.5	GEOPROCESSAMENTO .....	30
4.6	<i>GEOMORPHIC STABILITY MAPPING</i> ou <i>SMARTLINE</i> ....	31
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
5.1	MATERIAIS.....	36
5.2	SUB-ETAPAS DE GERAÇÃO DE RESULTADOS ORIGINAIS .....	37
<b>5.2.1</b>	<b>Velocidade de corrente de maré astronômica</b> .....	<b>37</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Grau de exposição às ondas de vento</b> .....	<b>39</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Altura média do pós-praia:</b> .....	<b>41</b>
5.3	VERIFICAÇÃO DE CAMPO .....	42
5.4	INTEGRAÇÃO DE DADOS.....	43
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>47</b>
6.1	CASOS OBSERVADOS DE EROÇÃO COSTEIRA.....	67

6.2	MAPA INDICATIVO DE VULNERABILIDADE FÍSICA À EROÇÃO E INUNDAÇÃO .....	69
6.3	MAPA DE VULNERABILIDADE À EROÇÃO E INUNDAÇÃO .....	71
6.4	COMPARAÇÃO ENTRE MAPAS DE VULNERABILIDADE À EROÇÃO E INUNDAÇÃO IVCP E IVC..	74
6.5	COMPARAÇÃO ENTRE MAPA INDICATIVO E MAPA DE VULNERABILIDADE FÍSICA À EROÇÃO E INUNDAÇÃO.....	76
6.6	COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE VULNERABILIDADE PARA ÁREAS ABRIGADAS E ÁREAS EXPOSTAS .....	77
6.7	COMPARAÇÃO ENTRE APLICAÇÕES DO MESMO MODELO .....	78
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>

## **APÊNDICES**

APÊNDICE I – FICHAS DE CAMPO.....	92
-----------------------------------	----

APÊNDICE II – QUADROS DE ATRIBUIÇÃO DE CÓDIGOS.....	109
---	-----

## 1 INTRODUÇÃO

A linha de costa pode ser definida como a faixa de contato entre terra e mar, na qual a ação dos processos costeiros é perceptível de forma acentuada e potencialmente mais crítica à medida que os efeitos erosivos alteram sensivelmente sua configuração (MUEHE, 2001).

A erosão costeira e o conseqüente recuo da linha de costa dependem de fatores naturais e antrópicos e suas relações de dependência. Muehe (2006) cita como principais responsáveis pela erosão a diminuição do fornecimento sedimentar, elevação do nível do mar, destruição dos ecossistemas costeiros e a construção de obras pesadas de engenharia costeira.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, no seu cenário mais otimista, estima que a elevação do nível do mar chegará a taxas de 0,26 a 0,55 mm/ano até 2100 (IPCC, 2014). No litoral de Santa Catarina se observa uma tendência histórica linear do nível do mar, estimando-se uma variação positiva de 2,11 mm/ano, resultando em um incremento de 4,6 cm nos últimos 22 anos (CEPAL, 2015).

A intensa ocupação urbana das zonas costeiras tem gerado uma série de impactos ambientais nas últimas décadas, alterando as propriedades físicas e naturais do meio ambiente. Segundo Snoussi *et al.* (2008), cerca de 60% da população e 90% da atividade industrial mundial estão localizadas a menos de 100 km do mar.

Dessa forma, à medida que a ocupação da zona costeira aumentou, os efeitos erosivos antes considerados insignificantes passaram a ser vistos como fatores de risco, resultando em questões socioeconômicas relevantes e dando importância à investigação da sensibilidade ambiental dessas zonas (MUEHE, 2006).

Devido a essa elevada importância socioeconômica, há uma preocupação crescente quanto à vulnerabilidade das zonas costeiras à perigos do meio físico. A avaliação da vulnerabilidade costeira está focada atualmente em prever efeitos de uma possível subida do nível do mar em termos de perigo de erosão costeira, inundações por transposição causadas por ondas, obstrução das desembocaduras de canais, redução do gradiente de escoamento e intrusão salina em corpos hídricos interiores (LINS DE BARROS, 2010).

O mapeamento dos processos do meio físico natural é uma forma de prever riscos ao bioma por meio da determinação da vulnerabilidade de distintas áreas à erosão e inundação costeira, por exemplo. A aplicação de técnicas de análise espacial é uma alternativa oportuna para diagnóstico das conseqüências deixadas por fenômenos naturais, pois

possibilitam analisar grandes extensões de área em um curto espaço de tempo. Permite ainda o monitoramento da evolução de processos dinâmicos, quando a análise é refeita em períodos regulares de tempo.

A determinação da vulnerabilidade de uma área exige estudos multidisciplinares, como sobre geologia, geomorfologia, hidrodinâmica e ocupação do solo. A análise integrada desses aspectos é capaz de indicar a propensão do meio à repercussão da ação de perigos, como subida do nível do mar, tempestade costeira, deslizamentos, etc., resultando em processos de erosão e inundação.

Várias propostas metodológicas para a determinação da vulnerabilidade costeira foram desenvolvidas nos últimos anos, como as discutidas por Rangel-Buitrago & Anfuso (2015), Nguyen *et al.* (2016) e Bonetti & Woodroffe (2017). Entretanto, ainda são poucas as pesquisas que consideram as características particulares dos setores costeiros abrigados da ação direta das ondas oceânicas. Em tais setores, há uma interação com sistemas continentais não observada em praias expostas, de forma que os processos do meio físico não podem ser avaliados da mesma forma.

Em geral, os modelos analíticos já propostos priorizam escalas nacionais a globais. Dentre os principais estão: GVA: *Global Vulnerability Analysis* (HOOZEMANS *et al.*, 1993), FUND: *Climate Framework of Uncertainty, Negotiation and Distribution* (TOL, 1997), DIVA: *Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment* (HINKEL & KLEIN, 2009), DESYCO: *Decision Support System for Coastal Climate Change* (TORRESAN *et al.*, 2010) e THESEUS DSS: *Innovative Technologies for Safer European coasts in a Changing Climate* (ZANUTTIGH *et al.*, 2014). Essa tendência está relacionada à grande divulgação da “Metodologia Comum” (*Common Methodology*) desenvolvida pelo IPCC em 1991, cujo foco central é a subida do nível do mar e seu impacto sobre os recursos costeiros (MCFADDEN, 2007).

A técnica de estruturação de dados costeiros selecionada para o presente trabalho é a *Geomorphic Stability Mapping* (GSM), mais conhecida como *Smartline*. Essa metodologia, desenvolvida por Sharples (2006), utiliza uma abordagem multiescalar a fim de representar as especificidades e inter-relações dos ambientes analisados. Sua aplicação consiste na análise de linhas de costa, reproduzindo-as de forma vetorizada e segmentada. Cada segmento traz consigo uma classificação quanto à vulnerabilidade, resultante da integração de informações de vários atributos físicos correspondentes a ele.

Para a avaliação da vulnerabilidade costeira costuma-se aplicar índices multicritério pela relativa rapidez com que podem ser

desenvolvidos e por apresentarem bons resultados (ABUODHA & WOODROFFE, 2008; SERAFIM & BONETTI, 2017).

A análise multicriterial é uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes alternativas (ou condicionantes), fundamentada em vários critérios, com o objetivo de direcionar os tomadores de decisão para uma escolha ponderada (ROY, 1996).

Este trabalho visa estruturar um conjunto de descritores de vulnerabilidade costeira segundo a metodologia *Smartline* e, a partir do resultado da classificação do grau de vulnerabilidade, por variável, aplicar um Índice de Vulnerabilidade Costeira Ponderado (IVCP), o qual padroniza os atributos selecionados numa escala de maior ou menor vulnerabilidade à erosão e inundação costeira, considerando a influência destes atributos na ocorrência dos processos analisados. A área de estudo constitui um sistema abrigado, as baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina (ou Baía de Florianópolis).

A despeito da diversidade de trabalhos acadêmicos sobre avaliação da dinâmica costeira e vulnerabilidade de praias no Estado de Santa Catarina, como por exemplo Ruddorf & Bonetti (2010), Mussi (2011), Muler (2012), Klein *et al.* (2016a), Klein *et al.* (2016b) e Bonetti *et al.* (2017), são escassos os textos voltados à avaliação de setores costeiros abrigados, o que demanda o desenvolvimento de abordagens inovadoras, devido à especificidade deste ambiente.

Neste sentido, a proposta desta pesquisa consiste na análise da vulnerabilidade de um tipo de sistema costeiro pouco estudado (setores abrigados) por meio de uma metodologia ainda pouco aplicada no Brasil.

## **2OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise integrada de condicionantes físicos visando a caracterização da distribuição espacial, em escala local, da vulnerabilidade costeira à erosão e inundação em um setor costeiro semi-abrigado, por meio da aplicação da metodologia *Smartline*.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar os compartimentos geológico e geomorfológico da área de estudo, identificando litologias e feições que condicionam maior vulnerabilidade costeira;
- Avaliar a variabilidade das velocidades de correntes geradas por maré astronômica e seu potencial de erosão costeira;
- Descrever as características morfossedimentares das praias locais (granulometria, grau de exposição às ondas, etc.) e propor uma tipologia de praias com diferentes graus de vulnerabilidade à erosão e inundação.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A costa de Santa Catarina está localizada no sul do Brasil entre 26 ° e 29.3° S, apresentando orientação geral a sul e sudoeste por cerca de 430 km, e contém 922 km de costa aberta e costa de baía, com 246 praias de areia ocupando 60% da costa (KLEIN *et al.*, 2016a).

Os autores (*op.cit.*) dividiram a costa da Ilha de Santa Catarina em dois tipos, uma costa abrigada com orientação para oeste e uma costa exposta à incidência de ondas oceânicas com praias orientadas para norte e leste.

A área de estudo está localizada na porção central do Estado e compreende a linha de costa da margem leste da Baía de Florianópolis, que converge com a costa oeste da Ilha de Santa Catarina (Figura 1), perfazendo uma distância de 82,4 km.

A Baía de Florianópolis é fisiograficamente dividida em baías Norte e Sul, configurando um sistema costeiro de corpos d'água semi-confinados que estão conectados na porção central do embaixamento por uma constricção de aproximados 400 m de largura em seu trecho mais estreito (BONETTI *et al.*, 1998).

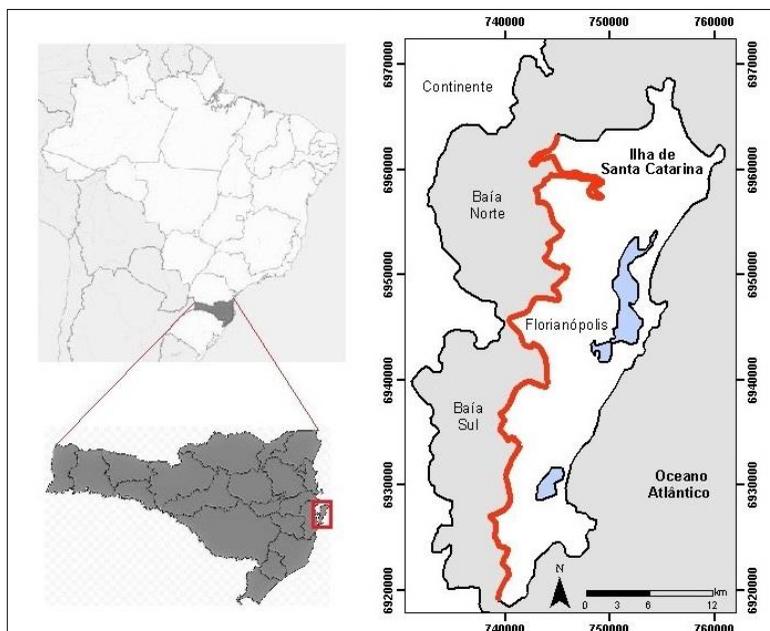


Figura 1: Localização da baía de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina. Em destaque, linha de costa estudada.

## BAÍA NORTE

Segundo Bonetti *et al.* (1998), a Baía Norte apresenta comprimento longitudinal de aproximadamente 19 km, largura máxima de 12 km, profundidade média de 3,30 m e se comunica com o oceano por uma desembocadura na extremidade norte com 4,5 km de largura e 11 m de profundidade máxima. A área total dessa baía é estimada em 146,17 km<sup>2</sup> e suas águas apresentam características predominantemente marinhas (CERUTTI, 1996).

Encontra-se limitada pelos municípios de Florianópolis, São José, Biguaçu e Governador Celso Ramos.

### 3.1 BAÍA SUL

Segundo Franklin Silva (2002), a Baía Sul apresenta comprimento longitudinal de 27 km, largura média de 6,8 km e máxima de 10,8 km, profundidade média aproximada de 3,06 m, área total de 125 km<sup>2</sup> e se comunica com o oceano por meio de um canal (Barra Sul), com cerca de 830 m de largura e 30 m de profundidade. Ainda segundo o autor, as águas dessa baía apresentam características igualmente marinhas.

Limita-se com os municípios de Florianópolis, São José e Palhoça.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

Na margem leste das baías, o embasamento é constituído principalmente por rochas graníticas, riolíticas e intrusões de diabásio que são esculpidas pela dissecação pluvial e fluvial originada da drenagem das bacias hidrográficas locais (CARUSO, 1993).

Exterckoter (2006) determinou que esse domínio compõe a unidade Geomorfológica “Serras do Leste Catarinense”, cujas altitudes variam entre 400 e 900 m nos limites ocidentais, podendo chegar a mais de 1.000 m.

As formações de rochas cristalinas, promontórios rochosos e morros se prolongam sobre o mar formando costões, praias côncavas e enseadas protegidas dos ventos fortes.

### 3.3 HIDRODINÂMICA LOCAL

A Baía de Florianópolis é um ambiente semi – aberto com características estuarinas, apresentando duas aberturas para ingresso da onda de maré, ao Sul pela Ponta dos Naufragados e ao Norte nas

proximidades da Ilha do Anhatomirim. Estas características fisiográficas determinam um regime local de maré com propriedades específicas, em face da concomitância de duas correntes de fluxo, propagando-se em sentidos opostos e convergentes para a região interior das Baías Norte e Sul (SALLES, 1991). O formato da baía se assemelha a um canal de comprimento finito, possibilitando a entrada da maré pelas suas duas extremidades com uma pequena diferença de fase (MELO *et al.*, 1997).

Segundo Melo *et al.* (1997) a Baía de Florianópolis possui um fluxo de maré assimétrico, mostrando correntes na porção sul muito diferentes da porção norte. A Baía Sul não possui influência significativa dos sistemas de onda oceânicos, exceto na extremidade sul, que sofre pequena influência da ondulação de sul/sudeste. Com isso, a baía possui um sistema próprio de ondas, com influência direta do vento (VIANNA & BONETTI, 2018).

Na região limítrofe entre as Baías Norte e Sul, onde há o estreito entre a ilha e o continente, tanto as correntes residuais meteorológicas quanto astronômicas apresentam valores altos, mas que não indicam boa renovação de água, uma vez que esta área não possui contato direto com o oceano. As águas que circulam nesta área provêm da zona de tombo de maré e da Baía Norte, o que confere uma característica de confinamento em comparação às que circulam no extremo sul da Baía Sul (PRUDÊNCIO, 2003).

Franklin Silva (2002) observou que as tendências de transporte e deposição dos sedimentos estudados parecem estar relacionadas aos aspectos hidrodinâmicos presentes no sistema. Cerca de 61% das classes texturais da Baía de Florianópolis são areias (Setor Sul) e 39% são lamas (Setor Norte).

A circulação hidrodinâmica também é influenciada pela ação dos ventos. Segundo Czizeweski (2016), as regiões de maiores magnitudes de correntes forçadas pelos ventos são as entradas das baías e Estreito, devido à diminuição da área.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos físicos costeiros atuam em diferentes escalas espaço-temporais, fator que os tornam complexos e dinâmicos. Tais processos podem ocorrer em escala de tempo instantânea (segundos, horas e dias), em escalas de eventos (dias, meses, estações e anos), em histórica (anos, décadas e séculos) ou em escala geológica (milênios) (COWELL & THOM, 1994).

Segundo Johnson (1919), a enorme dinâmica e instabilidade da linha de costa se destaca entre os processos físicos costeiros. Esta feição está submetida a processos oceanográficos, meteorológicos e continentais atuantes nas diferentes escalas espaço-temporais citadas anteriormente.

Os processos físicos costeiros e seus efeitos também são condicionados pelo ambiente no qual atuam. Em uma classificação quanto ao seu grau de exposição, as praias podem ser identificadas como muito expostas a muito abrigadas, sendo a variabilidade física resultante da combinação de parâmetros básicos como característica das ondas e granulometria do sedimento (MCLACHLAN, 1980). No presente trabalho será analisada a vulnerabilidade física em praias abrigadas.

### 4.1 RISCO, PERIGO, SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE

Os conceitos “risco”, “perigo”, “susceptibilidade” e “vulnerabilidade” são constantemente empregados com múltiplos significados e por muitas vezes tratados como sinônimos. Dessa forma, faz-se necessária a apresentação das definições adotadas para o presente trabalho.

O “risco” se refere à probabilidade condicional de ocorrência de um acontecimento específico combinado com a avaliação das suas consequências (KOLLURU *et al.*, 1996).

O termo “perigo” se refere a eventos físicos potencialmente danosos, processos ou fenômenos naturais que podem causar degradação ambiental e danos às comunidades expostas (ISDR, 2004). Os perigos relativos à zonas costeiras são reconhecidos como um tópico específico na literatura, devido a sua natureza distinta e à concentração de pessoas expostas aos perigos (SMALL & NICHOLLS, 2003).

A “susceptibilidade”, por sua vez, está relacionada à intensidade ou propensão de um determinado ambiente sofrer impacto frente a um perigo natural, considerando suas condições físicas (UNDP, 2004). Embora o termo tenha uma boa aceitação em língua portuguesa, na literatura estrangeira “*sensitivity*” (sensibilidade) é mais frequentemente utilizado

para se referir a essa predisposição natural de um setor ser impactado negativamente por perigos costeiros, podendo ser considerado sinônimo (Bonetti & Woodroffe, 2017). Visando padronizar a terminologia, Cutter (1996) propõe o uso do termo “vulnerabilidade física” (ou biofísica), que igualmente se refere aos eventuais impactos que um sistema pode sofrer devido às suas condições ambientais intrínsecas. Optou-se por adotar esta terminologia na presente pesquisa por considerá-la um eficiente contraponto à consagrada expressão “vulnerabilidade social”.

De acordo com Adger *et al.* (2004) e Cardona (2003), os estudos voltados para análise de vulnerabilidade física se referem a esta como a função do tipo de perigo ao qual se está exposto, da frequência de ocorrência deste perigo e da sensibilidade aos impactos provocados. O foco no uso deste conceito é identificar áreas vulneráveis considerando principalmente as características do meio físico.

#### 4.2 SISTEMAS ABRIGADOS

A classificação morfodinâmica das praias dá-se a partir do reconhecimento dos processos hidrodinâmicos e morfológicos que atuam nas mesmas. Autores como Wright & Short (1984), Masselink & Short (1993), Hegge *et al.* (1996) e Klein (1997) estudaram atributos como grau de exposição da praia, dinâmica costeira, declividade, tamanho de grão, variação de maré, altura e período de onda que, incorporados em equações, são capazes de descrever as características do sistema praial (SHORT, 1999). O modelo proposto por Wright & Short (1984) e os que se seguiram, apesar de serem utilizados no mundo todo, foram desenvolvidos para serem aplicados em ambientes expostos.

Com base nos modelos anteriormente citados, Hegge *et al.* (1996) estudaram praias consideradas abrigadas. Segundo esses autores, essa classe específica de praias possui muitas semelhanças com as expostas, como processos evolutivos e elementos oceanográficos, porém diferem destas por serem protegidas do impacto direto de ondulações de grande energia.

Para a classificação de praias abrigadas, em adição aos parâmetros usuais, como declividade, granulometria e largura, também é necessário considerar a forma da praia (KLEIN & MENEZES, 2001).

Segundo o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla (2002), as praias abrigadas constituem ambientes litorâneos protegidos da incidência direta de ondas oceânicas, situadas em baías, golfos e enseadas, com taxa de circulação restrita. Raramente apresentam dunas frontais desenvolvidas, porém frequentemente exibem planícies

com presença de costões e/ou ecossistemas inundáveis do tipo marismas, manguezais, campos de gramíneas submersas, planícies lamosas, etc.

Sistemas abrigados são classificados como de baixa energia, considerando-se o grau de transferência energética das ondas que incidem localmente e o baixo ou nulo grau de exposição da costa às ondas geradas nos oceanos. As ondas atuantes em praias abrigadas são de pequena amplitude ( $H_s < 0,25m$ ) e curto período ( $T < 5s$ ) (JACKSON *et al.*, 2002).

Jackson *et al.* (2002) descreveram esse sistema a partir de quatro características: altura significativa de ondas fora dos períodos de tempestade; altura significativa de ondas durante eventos de ventos fortes soprando em direção à costa; praias com largura estreita; e feições morfológicas herdadas a partir de eventos de alta energia. Portanto, o comportamento de ventos, ondas, granulometria do sedimento e perfil praias são importantes para caracterização de um sistema abrigado.

Esses sistemas normalmente apresentam uma pista de vento limitada, com capacidade de gerar apenas ondas de pequena altura (GOODFELLOW & STEPHENSON, 2005). As ondas em ambientes de baixa energia em geral são geradas localmente. Todavia, com exceção de lagos e lagoas fechados, ambientes de baixa energia, por apresentarem pista de vento limitada e serem parcialmente protegidos ao mesmo tempo, experimentam uma mistura de ondas locais e não-locais (JACKSON *et al.*, 2002). Ainda segundo os autores (*op. cit.*), o regime de onda pode exibir uma variabilidade temporal em resposta a variações no clima de ondas no mar, mas estas tendem a ser mais constantes.

De acordo com Jackson & Nordstrom (1992), a morfodinâmica de praias abrigadas está relacionada com as características das ondas e com a variação periódica do nível d'água que retrabalha o perfil. Além disso, o arcabouço geológico é importante na configuração da praia, no fornecimento sedimentar, na existência ou não de um terraço frontal e na posição da ante-praia em relação ao terraço. Ainda segundo esses autores, o pós-praia é estreito e geralmente íngreme.

Em ambientes abrigados, as dunas são menores que as de ambiente aberto ou inexistentes. São mais propensas a ocorrer em regiões onde a pista de vento é relativamente maior, o que resulta em praias maiores e fontes abundantes de areia. Onde há reentrâncias na linha de costa também há maior propensão ao desenvolvimento de dunas, pois os sedimentos de acumulam ao longo do tempo e as dunas ficam menos sujeitas à erosão (NORDSTROM & JACKSON, 2012).

Jackson *et al.* (2002) determinaram características que comumente ocorrem em praias de ambientes abrigados: barras de espraiamento,

barras longitudinais e transversais; seixos ou conchas; e pequenas dunas eólicas.

Hegge *et al.* (1996) usaram variáveis morfológicas para classificar as praias de baixa energia: declividade do perfil ativo, da berma, da face da praia e da zona de surfe; curvatura, granulometria; e hidrodinâmica local. Consideraram a altura significativa de onda menor que 1m. Os resultados estão mostrados na Figura 2 e Quadro 1:

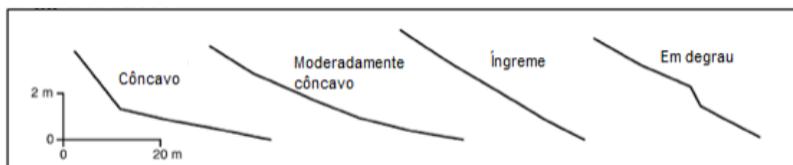


Figura 2: Perfil de quatro morfotipos de praias de ambientes abrigados. Fonte: Hegge *et al.* (1996).

Quadro 1: Descrição dos morfotipos de praia de baixa energia. Fonte: Hegge *et al.* (1996).

Morfotipos / Características	Côncavas	Íngremes	Planas	Moderadamente côncavas	Moderadamente íngremes	Em degrau
Características principais	zona entre marés e zona de surf plana	zona entre marés e zona de surf íngreme	zona entre marés e zona de surf plana	concavidade mais suave que o morfotipo côncavo	zona entre marés e zona de surf ligeiramente íngremes	Presença de um grande degrau abaixo da face da praia
Face de praia	estreita, < 10 m	estreito	-	20 m	larga, > 20 m	-
Zona de swash	< 5 m	-	largo, > 20 m	10 m	10 m	12 m
Zona de arrebenção	Estreita	largo, > 40 m	56 m	15 m	-	7 m
Granulometria	0,26 mm	0,56	0,18 mm	0,35 mm	0,35 mm	0,36 mm
Seleção dos grãos	mal selecionado	moderadamente selecionados	muito bem selecionados	bem selecionados	moderadamente selecionados	bem selecionados

Comparando-se com a classificação proposta por Wright & Short (1984), as praias côncavas, moderadamente côncavas, moderadamente íngremes e com degrau pertencem ao grupo de ambientes com baixa energia de onda; as praias íngremes e planas são tipos que correspondem à ambientes expostos de alta energia, equivalentes às reflexivas e dissipativas, respectivamente (HEGGE *et al.*, 1996).

Segundo Pierce (2004), a baixa energia de ondas limita a capacidade destas em suavizar feições no relevo da linha de costa e estabelecer longos segmentos de praia ininterruptos. Ainda segundo o autor, os sedimentos são lateralmente heterogêneos, resultado do

ambiente de onda variável, diferenças nas unidades geológicas, da variabilidade na abundância e textura de sedimentos locais.

Nordstrom & Jackson (2012) apontaram a presença de seixos e cascalhos nesses ambientes, devido à proximidade das fontes, além de sedimentos com características biogênicas.

### 4.3 EROSÃO

A erosão consiste na desagregação e remoção de partículas de solo e/ou fragmentos e partículas de rocha (IPT, 1986).

Os processos erosivos atuam na modelagem do relevo por meio da ação de agentes exógenos (água, ventos, gelo e/ou organismos) que promovem a remoção de partículas ou, até mesmo, de grandes volumes de solo por meio da energia cinética dos agentes erosivos, sendo que na medida em que a energia cinética diminui ocorre a deposição do material removido em outros locais (WEILL & PIRES NETO, 2007).

#### 4.3.1 Erosão costeira

A erosão costeira ocorre em 70% das praias arenosas do planeta, o que torna esse processo uma preocupação global (BIRD, 2008). A manutenção da linha de costa está associada à herança geológica, ao modelado quaternário e à dinâmica sedimentar atual, os quais atuam em diferentes escalas temporais e espaciais (TESSLER & GOYA, 2005).

Segundo Muehe (2006), ao longo de todo o litoral brasileiro há predomínio de processos erosivos sobre os de acreção e equilíbrio, devido principalmente a intervenção antrópica de forma desorganizada. No Estado de Santa Catarina, onde aproximadamente sessenta e oito por cento da população encontra-se na zona costeira, a erosão vem causando sérios danos materiais (RUDDORF & BONETTI, 2010). Esse processo ocorre, principalmente, em consequência da ocupação indevida da orla, sendo que a maior parte dos danos acontecem durante eventos de tempestades extratropicais, especialmente quando associadas a marés de sizígia (KOMAR, 1976; KOMAR *et al.* 1999; SIMÓ & HORN FILHO, 2004; RUDORFF *et al.*, 2005).

As principais fontes de sedimentos praias são suprimentos fluviais, materiais depositados por ondas, sedimentos transportados por dunas, falésias, pós-praia, ou ainda alimentação artificial (interferência antrópica). A taxa de erosão desses sedimentos varia de acordo com a velocidade do processo erosivo, podendo alterar a costa em poucos meses

ou ao longo de décadas, sendo neste caso pouco perceptível (BIRD, 1996).

#### 4.3.1.1 Causas da erosão costeira

A erosão costeira é observada quando há balanço sedimentar negativo, ou seja, a quantidade de sedimento que sai é maior do que a quantidade de sedimento que entra no sistema. Segundo Souza *et al.* (2005), as causas da erosão costeira podem ser naturais, antrópicas ou ainda uma interação entre os dois.

Dentre as principais causas naturais descritas pelos autores (*op. cit.*), a presente dissertação buscou identificar os efeitos causados pelas elevações do nível relativo do mar de curto período. Em relação às causas antrópicas, pode-se citar a urbanização da orla (imobilização de dunas, ocupação do pós-praia, implantação de estruturas rígidas ou flexíveis), causando alteração da drenagem e do fornecimento sedimentar.

#### 4.4 INUNDAÇÃO COSTEIRA

A inundação pode ser definida como o excesso de carga de água, comparada   capacidade de drenagem do ambiente (ISDR, 2002). Em outras palavras, são fen menos hidrológicos extremos e consistem na submersão de uma área usualmente emersa. Possuem frequência variável e podem ser naturais ou induzidas pela a o humana.

O fen meno de inunda o costeira inicia quando o nível médio do mar sofre eleva o devido   a o das marés astronômica e meteorológica, seguido das ondula es que, ao chegarem   praia, submergem parte da faixa de areia até determinada altura (SILVA, 2014).

A resposta morfodinâmica do perfil praial   inunda o causada pela eleva o do nível do mar varia de acordo com as características morfológicas da costa, mesmo em situa es de mesma amplitude de maré (PARISE *et al.*, 2009). Praias com menores declividades permitem maiores deslocamentos horizontais facilitando a inunda o. Praias com maior declividade resultam em menores deslocamentos horizontais do nível da água, mas sofrem maior retra o devido ao ajuste da linha de costa (SILVA, 2014).

O estudo de Tessler (2008) considera que as regiões mais propensas   inunda o são aquelas que se encontram sob processos erosivos, uma vez que estes tendem a destruir barreiras naturais como restingas, dunas frontais, falésias e mangues.

De acordo com o diagnóstico apresentado por aquele autor, devido à elevada topografia e ao relativo baixo grau de ocupação humana, o litoral de Santa Catarina e Paraná apresenta áreas com risco de inundação baixo a muito baixo. A exceção é a Ilha de Santa Catarina, onde a densa ocupação em determinados setores confere um grau mais elevado de risco (TESSLER, 2008).

#### 4.5 GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento constitui o conjunto de técnicas utilizadas para coletar, processar, analisar e oferecer grande quantidade informações com referência espacial (sistema de coordenadas), que seriam inviáveis de serem tratadas utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais (MARCELINO, 2008).

As grandes extensões e a diversidade de atributos físicos observados nas linhas de costa fazem com que o monitoramento da vulnerabilidade seja complexo e ineficaz quando realizado somente *in loco*. Dessa forma, o geoprocessamento engloba um conjunto de técnicas adequadas para o monitoramento da vulnerabilidade ao longo da linha de costa, pois permite a análise de grandes áreas em um curto espaço de tempo.

Bonetti e Woodroffe (2017) mostraram que ao longo dos últimos anos a utilização de técnicas de análise espacial em ambiente SIG vem passando por um processo progressivo de desenvolvimento, sendo amplamente adotadas para investigações da vulnerabilidade de zonas costeiras.

Ainda segundo estes autores, tal processo é resultante do crescimento dos recursos computacionais, acompanhado da redução dos preços de *hardwares* e da evolução dos *softwares open-source*. Aproveitando-se destas facilidades, várias metodologias que utilizam diferentes abordagens foram desenvolvidas para avaliar vulnerabilidade costeira em ambiente SIG, em particular para os potenciais impactos da elevação do nível do mar e tempestades.

Uma dessas metodologias é a *Geomorphic Stability Mapping* (GSM), adotada no presente trabalho, também conhecida como *Smartline*.

#### 4.6 GEOMORPHIC STABILITY MAPPING ou SMARTLINE

As linhas de costa apresentam essencialmente estrutura linear. Dessa forma, sua representação por meio de mapas digitais se torna mais efetiva quando feita na forma vetorial (em linha).

Aproveitando-se desse conceito, a fim de desenvolver uma metodologia rápida e eficaz para a classificação de segmentos do litoral de acordo com sua vulnerabilidade física, com uma abordagem multiescalar, Sharples (2006) propôs a metodologia *Geomorphic Stability Mapping* (GSM), ou *Smartline* e a aplicou na costa da Tasmânia e posteriormente em outros setores da Austrália.

O termo *Smartline* refere-se a um método de captura de dados espaciais, representado por um vetor segmentado, em que vários campos de atributos estão relacionados a cada segmento. Esses atributos caracterizam não só informações sobre recursos que coincidem com a linha, mas também sobre funções ou processos que se relacionam com o segmento de linha de algum modo, mas que não necessariamente coincide espacialmente com ele (SHARPLES & MOUNT, 2009).

Essa metodologia utiliza dados de mapas pré-existentes e outros conjuntos de informações, compilados em diferentes momentos e escalas, para diversos fins. Esses dados devem, então, ser reclassificados para um padrão, de forma que o mapa *Smartline* seja capaz de fornecer informações em um formato consistente. A linha pode ser dividida em segmentos curtos ou longos, permitindo que o *Smartline* contenha variações ao longo da costa com um elevado grau de detalhe (SHARPLES, 2006).

Sharples (2006) propõe a divisão da costa em segmentos segundo seu perfil transversal, atribuindo características para cada um deles (Figura 3). Os elementos observados nos segmentos devem ser registrados em uma base de dados como um campo grafado e um numérico equivalente, a fim de facilitar posteriormente a análise integrada das informações.

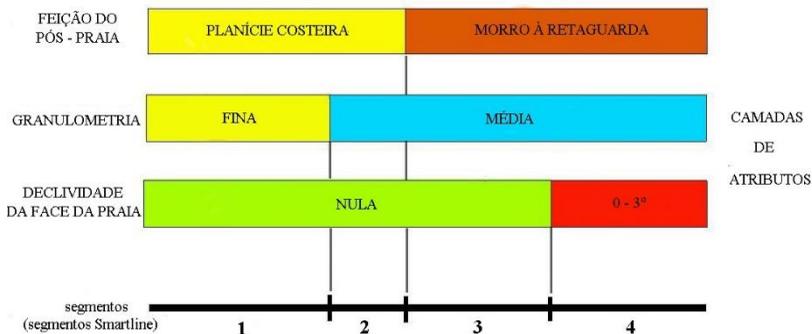


Figura 3: Procedimento metodológico de atribuição de características de diferentes elementos formando classes de geodiversidade. Adaptado de Sharples (2006).

Os passos a serem adotados para a avaliação da vulnerabilidade física costeira à erosão e inundação foram sugeridos por Sharples (2006) e estão expostos na tabela a seguir:

Tabela 1: Passos metodológicos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa.

<p><b>1º Passo:</b> <b>Mapa Indicativo de Vulnerabilidade</b></p>	<p>Consiste na avaliação em primeira instância das variáveis que influenciam a vulnerabilidade costeira, como caracterização geológica e feições de relevo. Com o cruzamento dessas duas variáveis, será obtido o mapa indicativo de vulnerabilidade à erosão e inundação.</p>
<p><b>2º Passo:</b> <b>Avaliação Regional</b></p>	<p>Considera elementos importantes para a vulnerabilidade regional da costa, possibilitando identificação mais detalhada das áreas vulneráveis, como as feições morfológicas do pós-praia e grau de exposição do litoral às ondas.</p>
<p><b>3º Passo:</b> <b>Avaliação Local</b></p>	<p>Analisa atributos que descrevem pontos locais da costa, como altura do cordão litorâneo, da escarpa de praia ou dunas frontais e a declividade e largura da costa.</p>

A etapa final da metodologia *Smartline* consiste na integração das diversas variáveis selecionadas em um ambiente de Sistema de

Informação Geográfica (SIG), tendo por base um modelo conceitual de vulnerabilidade. Cada um desses segmentos recebe um peso correspondente à sua influência no processo de erosão e inundação. Com base nas informações presentes em obras relacionadas a sistemas abrigados, as classes dos diferentes atributos são interpretadas e, se favorecerem a ocorrência de processos erosivos e inundações receberão peso alto e do contrário, peso baixo. Esses pesos são integrados e dessa forma é possível obter uma classificação final da vulnerabilidade física da linha de costa.

O dado em formato vetorial do tipo linha resultante da aplicação dessa metodologia não é apropriado para todas as representações relacionadas à zona costeira, havendo aplicações para as quais feições poligonais ou o formato matricial são preferíveis, como modelos digitais de elevação. Por exemplo, o *Smartline* é capaz de indicar segmentos costeiros potencialmente propensos a inundações, mas um mapa de contorno ou modelo digital de elevação é necessário para mapear quais áreas podem, de fato, ser afetadas pelas inundações (SHARPLES, 2006).

Desta forma, o resultado final gerado pela metodologia utilizada é indicativo, recomendada para situações de prevenção e para avaliação da linha de costa. Em casos onde há eventos que causem elevação do nível do mar de curto período, ela mostra quais setores podem sofrer com o avanço do mar e ser inundadas, sendo mais efetivo, portanto, em casos onde há construções na faixa de praia ou muito próximas a ela.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta de avaliação aqui apresentada considera que a vulnerabilidade costeira deve abranger as principais características, assim como as particularidades da zona costeira. Portanto, foi aplicada uma análise integrada que utilizou variáveis e geoindicadores, adotando-se a metodologia *Smartline*.

A aplicação desta metodologia foi utilizada considerando-se a disponibilidade de dados para a área de estudo e os critérios mais específicos para a avaliação de sistemas costeiros abrigados. Adicionalmente, foi aplicada em escala local.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram realizadas as seguintes etapas, representadas no fluxograma da metodologia da Figura 4:

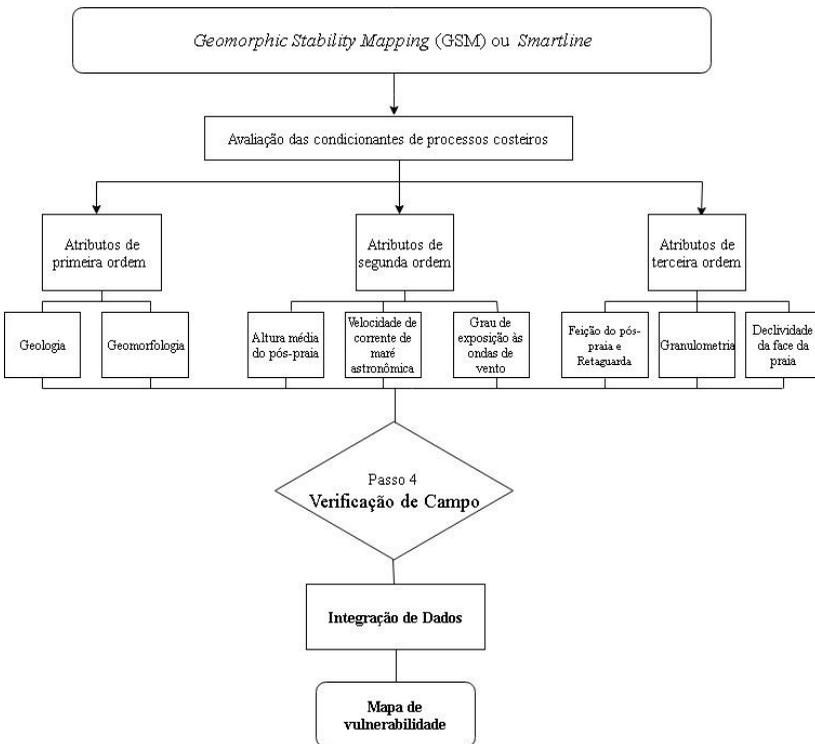


Figura 4: Fluxograma da metodologia aplicada.

A primeira fase consiste na avaliação geral dos fatores que interferem na ocorrência de processos físicos costeiros (erosão e inundação) na linha de costa, selecionando assim os atributos a serem avaliados. Na análise são considerados três níveis distintos de suporte físico e de atuação dos processos costeiros. Os atributos de primeira ordem estão relacionados ao arcabouço estrutural do ambiente, cujas características são mais abrangentes e influenciam no processo de vulnerabilidade costeira como um todo por serem as propriedades básicas e essenciais. Os atributos de segunda ordem apresentam caráter transicional entre estrutural e dinâmico, cujas características estão regionalizadas, porém mostram pontos de interesse de mudanças de condições físicas. Os atributos de terceira ordem se relacionam às propriedades dinâmicas do ambiente e suas características são mais específicas, por vezes pontuais, mostrando grande variação ao longo da costa.

Para o presente trabalho foram selecionados oito atributos. Seguindo o proposto e adotado pela aplicação original da metodologia, os estruturais de primeira ordem correspondem à geologia e geomorfologia. Os atributos transicionais de segunda ordem são grau de exposição às ondas de vento (devido ao caráter abrigado do ambiente), altura média do pós-praia e intensidade das correntes geradas por maré astronômica. Os atributos dinâmicos de terceira ordem são representados por feições do pós-praia e retaguarda, granulometria e declividade da face da praia.

O primeiro passo da aplicação da metodologia *Smartline* consiste na extração das informações referentes aos atributos selecionados. O ambiente SIG utilizado corresponde ao ArcGis 10.1, no qual a linha de costa analisada foi segmentada de acordo com a feição dos atributos que nela ocorrem. No caso da caracterização geológica, por exemplo, a linha foi seccionada em trechos de Granito Ilha e Depósitos Paludiais.

O passo seguinte consiste na atribuição de pesos. Cada uma das feições desses atributos foi classificada de acordo com sua maior ou menor influência na ocorrência dos processos de erosão e inundação, para os quais foi determinada a vulnerabilidade física costeira de sistemas abrigados. Para tal, foi realizada uma nova revisão bibliográfica de obras sobre esses ambientes, a fim de compreender como esses atributos atuam e interferem nos processos costeiros de erosão e inundação no sistema estudado. Foram principalmente utilizados os trabalhos de Hegge *et al.* (1996), Jackson & Nordstrom (1992), Jackson *et al.* (2002), Nordstrom & Jackson (2002) e Goodfellow & Stephenson (2005).

Após a extração das informações das variáveis utilizadas, elas foram integradas e padronizadas, reduzidas a uma escala numérica em

comum. Dessa forma, por meio de uma avaliação multicritério, foi possível determinar a vulnerabilidade física costeira.

O primeiro mapa gerado consiste em um Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação. Esse mapa integra apenas as informações referentes aos atributos de primeira ordem, visando um panorama geral de vulnerabilidade da área, considerando os parâmetros estruturais de base.

O segundo mapa gerado consiste no produto final do trabalho, o Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação. Para elaboração desse mapa foram integradas as informações de todos os atributos analisados. Ao final, a linha de costa foi representada como uma linha segmentada de acordo com as diferentes classes de vulnerabilidade física atribuídas, refletindo os setores mais propensos a sofrerem processo de erosão e inundação.

A rigor, erosão e inundação são processos distintos. Entretanto, ambos são desencadeados pelas mesmas condicionantes e devido à ausência de dados de ondas na escala do trabalho, não foi realizada essa distinção no âmbito da pesquisa apresentada.

## 5.1 MATERIAIS

A metodologia originalmente proposta baseia-se na análise de dados pré-existentes. Entretanto, os dados referentes à velocidade de corrente de maré astronômica, grau de exposição às ondas de vento e altura média do pós-praia foram gerados no âmbito da presente pesquisa por não estarem disponíveis em trabalhos prévios. Complementarmente, foi realizada uma checagem de campo ao longo de toda a área para validação dos dados pré-existentes.

A relação dos dados disponíveis para a área de estudo e daqueles que foram produzidos estão dispostos na Tabela 2:

Tabela 2: Critérios disponíveis na revisão bibliográfica, os produzidos e suas fontes.

<b>Critérios</b>	<b>Fonte</b>
Geologia	Horn Filho & Livi (2013); Tomazzoli & Pellerin (2015)
Geomorfologia	IPIUF (1992)
Velocidade de corrente de maré astronômica	Reprocessamento de modelagem numérica desenvolvida por Czizewski (2016)

Grau de exposição às ondas de vento	Aplicação da extensão <i>Wind Fetch Model</i> (USGS)
Altura média do pós-praia	Processamento de Modelo Digital de Elevação elaborado pela SDS (2014)
Feições do pós-praia e retaguarda	Mussi (2011)
Granulometria	Horn Filho (2006); Oliveira <i>et al.</i> (2012)
Declividade da face da praia	Mussi (2011)

No mapeamento de Horn Filho & Livi (2013) as praias não foram individualizadas geologicamente por terem dimensões incompatíveis com a escala original de mapeamento (1:125.000), estando localizadas de modo disperso ao longo das unidades geológicas utilizadas.

Para a caracterização da declividade da face da praia, Mussi (2011) realizou levantamentos apenas nas praias arenosas, representando costões rochosos como nulos. É de interesse ressaltar as características dos costões observados. Toma-se como costão ramificações da unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense que chegam até à costa, na forma de promontórios ou pontas rochosas de material granítico. Tal feição é responsável por sectionar a linha de costa, atuando como limites para sua extensão e apresenta baixa inclinação.

Portanto, para esta dissertação, as áreas correspondentes aos costões foram reclassificadas para a classe de maior declividade, pois como foi confirmado em campo, os costões possuem alta inclinação.

## 5.2 SUB-ETAPAS DE GERAÇÃO DE RESULTADOS ORIGINAIS

### 5.2.1 Velocidade de corrente de maré astronômica

O atributo velocidade de corrente de maré astronômica foi determinado a partir de dados reprocessados de uma modelagem numérica elaborada por Czizewski (2016). A autora desenvolveu um trabalho acerca da circulação nos arredores da Ilha de Santa Catarina, empregando um modelo hidrodinâmico para estudo da circulação forçada por marés e ventos.

O modelo numérico utilizado corresponde ao DELFT3D, no qual foi gerada uma grade batimétrica que apresenta 234x722 pontos em uma resolução espacial de aproximadamente 400 metros (CZIZEWESKI,

2016). A simulação ocorreu no período de um mês, de 19 de setembro de 2016 a 19 de outubro de 2016.

Para o presente trabalho, foram selecionados 29 pontos na grade gerada ao longo da Baía de Florianópolis e não muito próximos à costa analisada (Figura 5).

Para cada um desses pontos foi possível obter os valores de velocidades U (direção x) e V (direção y). Por meio de uma rotina criada no *software* MATLAB, foram obtidos 1.441 valores de magnitude da velocidade de corrente de maré astronômica por ponto, correspondente aos valores de velocidade de 30 em 30 minutos durante os 30 dias de simulação. Esses valores foram agrupados de 48 em 48, gerando médias diárias. Foram selecionadas as maiores médias diárias de cada um desses pontos, discriminando melhor as diferenças entre as áreas e sendo mais representativas para análise de erosão e inundação. O resultado final é apresentado no capítulo “6 Resultados e Discussões”.

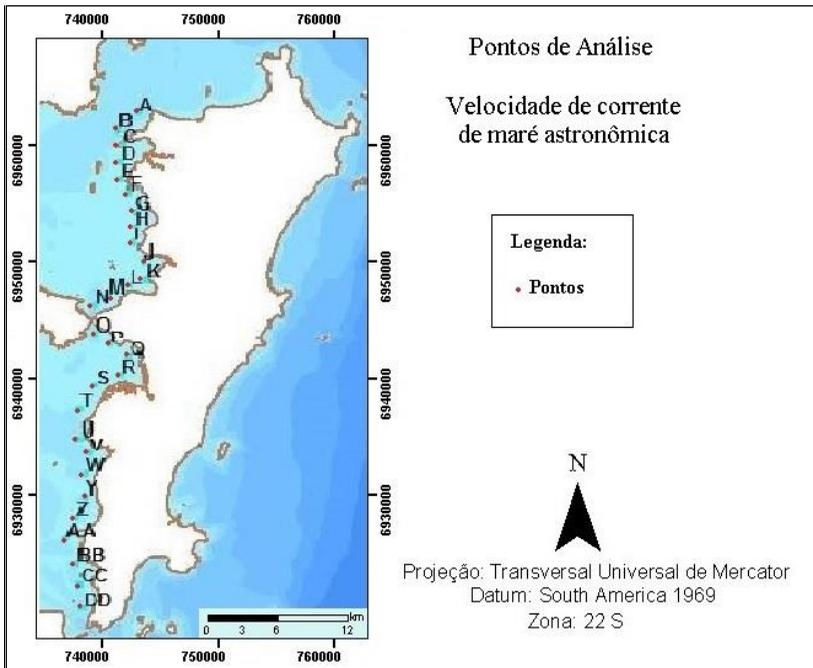


Figura 5: Localização dos pontos selecionados para análise dos valores de velocidade de corrente de maré astronômica.

## 5.2.2 Grau de exposição às ondas de vento

O atributo grau de exposição às ondas de vento foi determinado a partir da extensão *Wind Fetch Model*, utilizada no *software* ArcGIS 10.1.

Essa extensão, desenvolvida por David Finlayson, *U.S. Geological Survey*, calcula a pista de vento, que consiste na distância sem obstruções que o vento pode percorrer sobre uma superfície aquosa em uma direção constante (FINLAYSON, 2005). A partir de uma base em um arquivo de texto (.txt), listando as direções individuais de vento, simula a energia das ondas de vento por meio de técnicas numéricas. Considera a força do vento atmosférico, suas interações não-lineares com as ondas e dissipação de atrito, resultando em dados de pontos e direções de propagação. A extensão gera, como produto final, uma imagem no formato *Raster* contendo a extensão da pista de onda gerada pelo vento local.

Segundo Araújo *et al.* (2003), os ventos de Norte, Nordeste, Sul e Sudeste são os mais frequentes na Ilha de Santa Catarina, sendo os dois últimos os mais intensos. Como a área de estudo se localiza na costa oeste da Ilha, a direção Sudeste foi trocada pela Oeste para a geração dos cenários.

Dessa forma, foram geradas simulações para quatro direções de vento: Norte, Nordeste, Sul e Oeste. Com os resultados obtidos, optou-se pela exclusão dos dados referentes às ondas de vento Nordeste, por não apresentarem grande influência na área analisada (Figura 6).

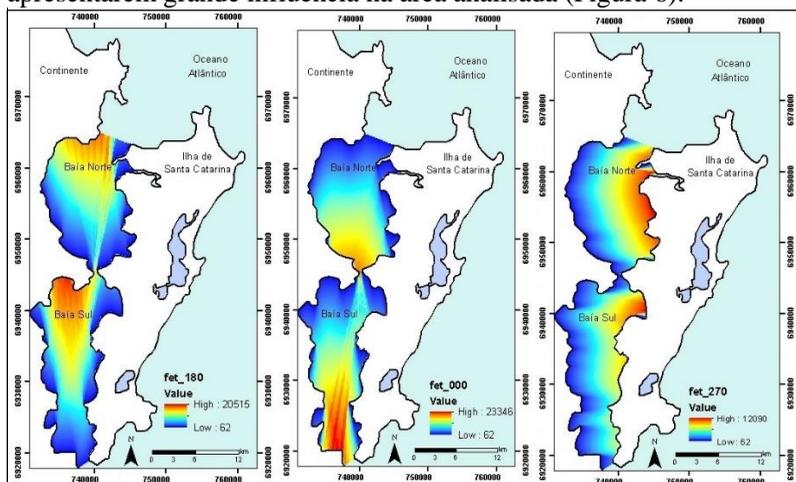


Figura 6: Resultados de exposição obtidos pelo *Wind Fetch Model* para incidência de ondas Sul (180°), Norte (0°) e Oeste (270°), da esquerda à direita, respectivamente.

Para o cálculo da vulnerabilidade costeira, apenas um valor foi associado ao atributo; logo, as três variáveis calculadas foram unificadas em um único produto. Para isso, por meio da ferramenta do ArcGis *Raster Calculator*, as três direções foram integradas e obteve-se uma média dos valores dos *pixels*. Para mensurar o grau de exposição, os dados referentes à média dos valores foram reagrupados pelo Método do Quantis, ou *Quantile Classification*, recurso disponível para classificação das propriedades do layers no ArcGis. O Método dos Quantis estabelece pontos em intervalos regulares a partir da função de distribuição acumulado (FDA) de uma variável aleatória, dividindo os dados ordenados em  $q$  subconjuntos de dados de dimensão essencialmente igual (SERFLING, 1980) (Figura 7).

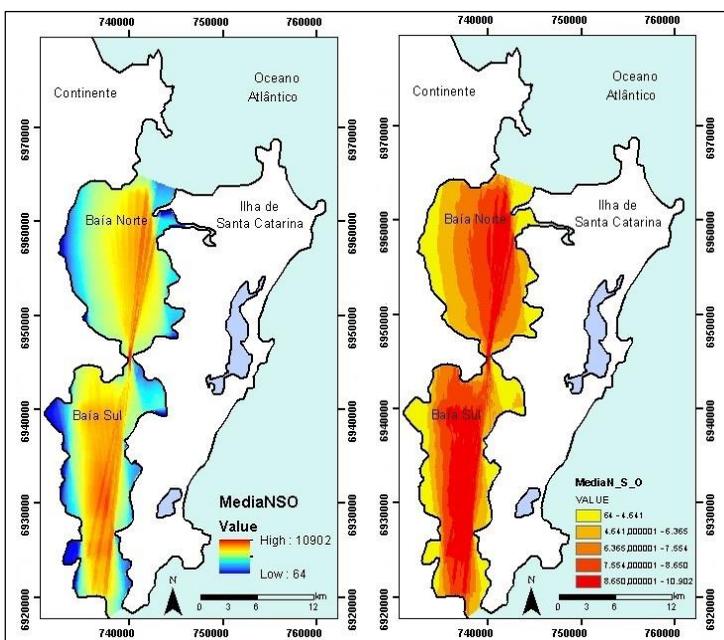


Figura 7: à esquerda, resultado da integração das ondas de vento Norte ( $0^\circ$ ), Sul ( $180^\circ$ ) e Oeste ( $270^\circ$ ); à direita, resultado da reorganização dos valores pelo Método dos Quantis.

Os valores obtidos para extensão da pista de vento foram agrupados em 5 classes. Quanto menor o comprimento da pista de vento, menor o grau de exposição às ondas e quanto maior comprimento, maior o grau de exposição. O resultado final pode ser observado no capítulo “6 Resultados e Discussões”.

### 5.2.3 Altura média do pós-praia:

As variações morfológicas de um ambiente praiado são resultantes de variações no regime energético, no nível d'água e de desequilíbrios no suprimento sedimentar local (SHORT, 1999). Este atributo buscou discriminar os setores por disponibilidade de material na área fonte, caracterizando, assim, a linha de costa de acordo com o potencial suprimento sedimentar que chega até esta.

A determinação foi realizada por meio do ArcGis 10.1, utilizando como base o Modelo Digital de Elevação, elaborado pela SDS (2014) (Figura 8). Calculou-se a média da variação altimétrica entre a linha de costa e uma distância de 100 m em direção à Ilha de Santa Catarina em vários pontos da costa analisada. As classes de menor variação correspondem à planícies e as de maior variação mostram a presença de colinas. A partir dos resultados obtidos, foram geradas quatro classes de suprimento sedimentar, também pelo Método dos Quantis.

O resultado final pode ser observado no capítulo “6 Resultados e Discussões”.

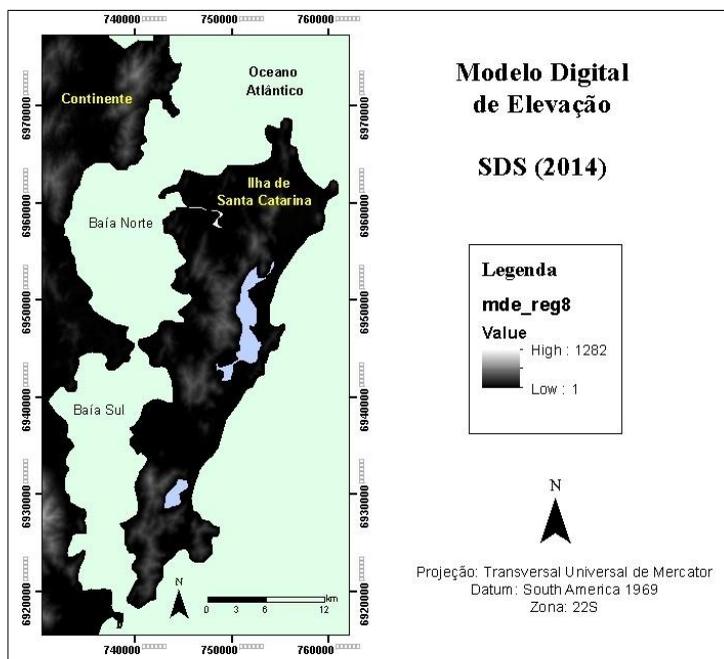


Figura 8: Modelo Digital de Elevação. Fonte: SDS, 2014.

### 5.3 VERIFICAÇÃO DE CAMPO

A etapa de campo foi realizada ao longo de três dias, nos quais foram visitadas as praias da baía, subdivididas em três setores: Norte, Central (incluindo aterro da Baía Sul) e Sul. Foram caracterizadas 23 praias, considerando sua geologia, geomorfologia, feição do pós-praia e retaguarda, granulometria e declividade (Apêndice 1). As informações obtidas foram comparadas com as extraídas em mapas prévios, visando tanto a ilustração quanto a checagem dos dados.

Foi realizada a caracterização, majoritariamente, das praias arenosas, em descrições pontuais. Dessa forma, o resultado obtido não pode ser estendido a todo o comprimento praial, possuindo caráter qualitativo.

A listagem das praias caracterizadas consta na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Listagem das praias caracterizadas, de acordo com seu setor.

<b>Norte</b>	<b>Centro</b>	<b>Sul</b>
1 - Forte	11 - Centro	15 - Tapera
2 - Daniela	12 - Centro	16 - Tapera
3 - Sambaqui	13 - Centro	17 - Tapera
4 - Sambaqui	14 - Aterro	18 - Ribeirão da Ilha
5 - Barra do Sambaqui		19 - Ribeirão da Ilha
6 - Sambaqui		20 - Sinhá
7 - Sto. Antônio de Lisboa		21 - Grande / "Pedrinho"
8 - Cacupé		22 - Caieiras do Sul
9 - Cacupé		23 - Caieiras do Sul
10 - Saco Grande		

Foram caracterizados 25 pontos ao longo das 23 praias visitadas. A checagem dos dados ocorreu de forma visual. Para caracterização da granulometria, foi utilizada uma escala granulométrica impressa. A Figura 9 mostra a localização de cada um deles.

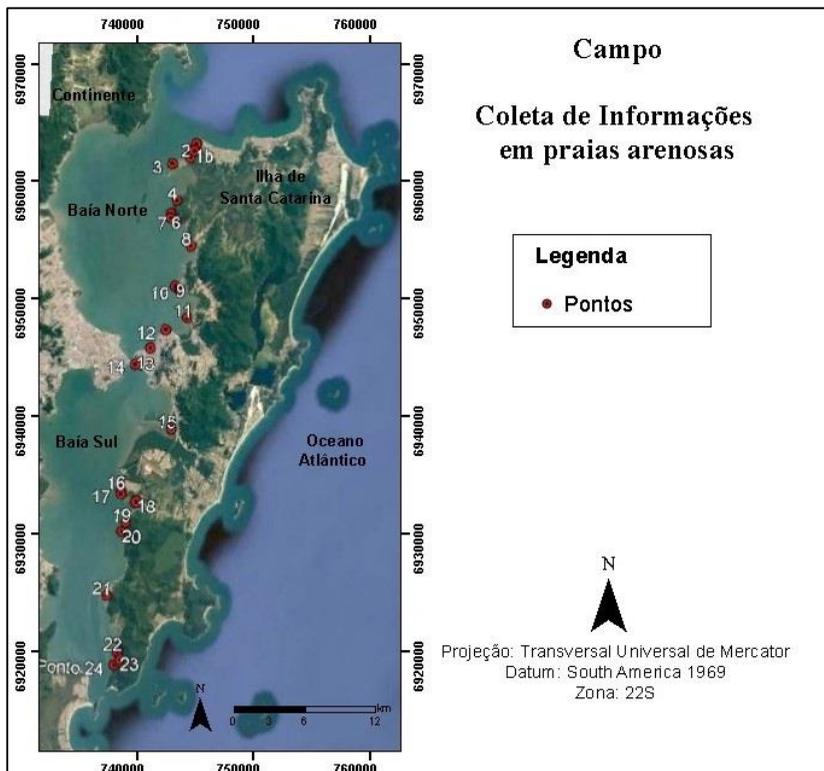


Figura 9: Localização dos pontos visitados em campo.

A correlação da checagem de campo com os dados extraídos por meio de revisão bibliográfica será apresentada no capítulo 6 “Resultados e Discussões”.

#### 5.4 INTEGRAÇÃO DE DADOS

A análise da vulnerabilidade física à erosão consiste em uma avaliação da resposta morfológica da praia à ação de processos erosivos físicos. Portanto, a erosão costeira é classificada em uma curta escala de tempo, fornecendo sua vulnerabilidade atual.

A análise da vulnerabilidade física à inundação compreende uma avaliação das áreas mais sujeitas à inundação por maré astronômica, também em uma curta escala de tempo.

O método de integração de dados utilizado se baseou na elaboração de um índice de vulnerabilidade física, conforme proposto originalmente

nos Estados Unidos por Gornitz *et al.* (1992), o CVI – *Coastal Vulnerability Index* (ou IVC – Índice de Vulnerabilidade Costeira). Para a presente dissertação, este índice foi adaptado visando a avaliação da vulnerabilidade costeira à erosão e inundação de sistemas abrigados.

O índice adaptado foi denominado Índice de Vulnerabilidade Costeira Ponderado (IVCP), calculado a partir da média ponderada dos critérios analisados, em que foram utilizados valores quantitativos de grandeza associados aos critérios.

O cálculo da média ponderada pelo IVCP disposto é apresentado a seguir:

IVCP=

$$\frac{\{(G*0.1)+(GM*0.1)+(PP*0.3)+(V*0.2)+(E*0.2)+(FP*0.3)+(GN*0.1)+(D*0.3)\}}{1.6}$$

onde:

G = geologia;

GM = geomorfologia;

PP = altura média do pós-praia

V = velocidade de corrente de maré astronômica;

E = exposição às ondas de vento;

FP = feições do pós-praia e retaguarda;

GN = granulometria;

D = declividade da face da praia.

Para a produção do Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação, a equação IVCP foi adaptada a fim de considerar apenas os atributos estruturais, dando origem à equação IVCP', representada a seguir:

$$IVCP': \frac{\{(G*0.1)+(GM*0.1)\}}{0.2}$$

Os atributos foram ponderados de 0,1 a 0,3 de acordo com as seguintes justificativas:

- Geologia (G) e Geomorfologia (GM): receberam peso mínimo por serem as características básicas/estruturais de qualquer ambiente.

Dessa forma, seu peso mínimo permite valorização dos pesos dos demais atributos. Além disso, essas duas condicionantes geram um mapa preliminar de vulnerabilidade, a ser comparado com o mapa final;

- Altura média do pós-praia (PP): recebeu peso máximo pois é um atributo que condiciona diretamente o balanço sedimentar do ambiente, dessa forma influenciando ativamente nos processos erosivos;

- Velocidade de corrente de maré astronômica (V): recebeu peso intermediário pois, no ambiente analisado, não há grandes mudanças no regime das correntes, sendo que todos os intervalos de velocidade apresentados são baixos. Porém, em casos de potenciais eventos de erosão, é um fator de influência direta;

- Exposição às ondas de vento (E): recebeu peso intermediário pois, apesar de se tratar do regime de vento dominante, no ambiente analisado apresenta influência moderada, uma vez que a pista de vento disponível é pequena e apenas uma direção de vento (oeste) afeta a costa diretamente em toda sua extensão;

- Feição do pós-praia (FP): recebeu peso máximo devido à sua influência direta no controle de sedimentos e água pluvial que chega à linha de costa. Além disso, está diretamente ligada ao aspecto social, já que nessa categoria entram as classes que contabilizam urbanização costeira;

- Granulometria (GN): recebeu peso mínimo pois, no ambiente analisado, o material é caracteristicamente homogêneo (arenoso). As variações de granulação serão priorizadas na ponderação das classes.

- Declividade (D): recebeu peso máximo pois está diretamente ligada a processos de inundação.

Os pesos das feições de cada atributo foram distribuídos dentro do intervalo de 0 a 3, em que valores que tendem a 0 representam baixa vulnerabilidade física e valores que tendem a 3 representam alta vulnerabilidade física (Tabela 4).

Tabela 4: Atributos utilizados no mapa indicativo de vulnerabilidade física e seus respectivos pesos.

Atributos	Feições	Peso	Referências para ponderação das variáveis
Geologia	Granito Ilha	1,0	Nordstrom, 1992
	Depósitos Paludiais	2,0	
Geomorfologia	Serras do Leste Catarinense	1,0	Nordstrom, 1992
	Planície de Maré	3,0	
	Planície Arenosa	3,0	

Altura média do pós-praia	Classe 1 (0,0 m)	3,0	Jackson & Nordstrom, 1992
	Classe 2 (0,0 – 2,5 m)	2,5	
	Classe 3 (2,5 – 4,5 m)	2,0	
	Classe 4 (4,5 – 24 m)	1,5	
Velocidade de corrente de maré astronômica	0,0 – 0,126 ms <sup>-1</sup>	1,0	Pierce, 2004; Czizewski, 2016;
	0,127 – 0,252 ms <sup>-1</sup>	1,5	
	0,253 – 0,378 ms <sup>-1</sup>	2,0	
	0,379 – 0,504 ms <sup>-1</sup>	2,5	
Grau de exposição às ondas de vento	0,505 – 0,63 ms <sup>-1</sup>	3,0	Goodfellow & Stephenson, 2005; Jackson <i>et al.</i> , 2002
	Baixa exposição	1,0	
	Média baixa exposição	1,5	
	Média exposição	2,0	
Feição do pós-praia e Retaguarda	Média alta exposição	2,5	Sharples <i>et al.</i> , 2009; Abuodha & Woodroffe, 2010; Mussi, 2011 (adaptações)
	Alta exposição	3,0	
	Morro à Retaguarda	1,0	
	Dunas e Cordões Litorâneos	3,0	
	Manguezal e Marismas	2,5	
	Urbano Sob Planície Costeira	3,0	
Granulometria	Urbano com Morro à Retaguarda	2,5	Hegge <i>et al.</i> , 1996
	Urbano Sob Manguezal	3,0	
	Planície Costeira	2,0	
	Areia fina	3,0	
	Areia média	2,0	
Declividade da face da praia	Areia grossa	1,0	Sharples <i>et al.</i> , 2009; Mussi, 2011
	Aterro	1,0	
	Costões	2,0	
	Nula	1,0	
	0 – 3°	3,0	
	3 – 8°	2,0	

Os valores resultantes desta média ponderada foram distribuídos em cinco intervalos de classe, com as respectivas vulnerabilidades associadas (Tabela 5).

Tabela 5: Intervalos de classes adotados pelo IVCP.

Classes	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
IVCP	1,0 – 1,2	1,3 – 1,7	1,8 – 2,2	2,3 – 2,7	2,8 – 3,0

Um subproduto gerado pela aplicação da metodologia consiste em uma base de dados apresentando as feições observadas e seus pesos referentes em um sistema de códigos, facilitando o cálculo da vulnerabilidade decorrente de diferentes combinações para trabalhos futuros (Apêndice 2).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as informações referentes aos oito atributos selecionados para aplicação da metodologia *Smartline*, assim como o resultado da primeira etapa da mesma, que consiste na geração de um Mapa Indicativo de Vulnerabilidade, além do mapa final de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação.

### Atributos de primeira ordem

• **Geologia:** foram identificadas duas formações geológicas de relevância para este estudo: Granito Ilha e Depósitos Paludiais (Figura 10).

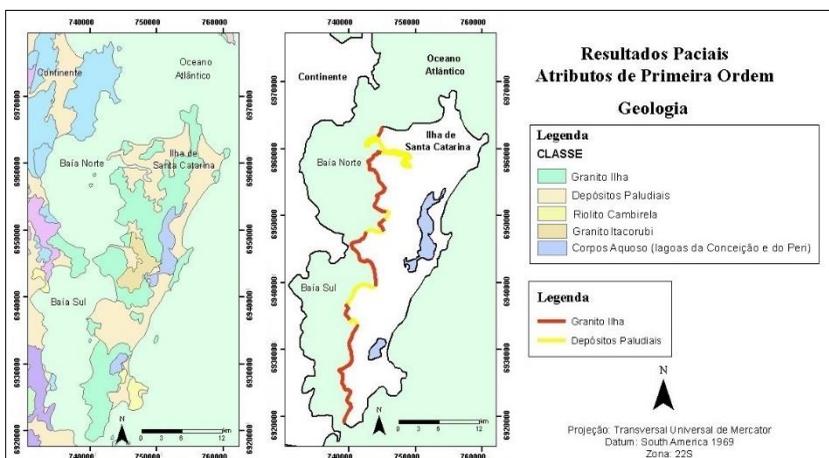


Figura 10: Mapa Geoevolutivo de Horn Filho & Livi (2013) e a interpretação linearizada da costa de estudo.

As feições geológicas compõem um total de 11 segmentos ao longo da linha de costa. O Granito Ilha está distribuído ao longo de 6 segmentos e os Depósitos Paludiais ao longo de 5 segmentos. A distribuição desses segmentos por extensão encontra-se na Figura 11. Nota-se que na costa avaliada há predomínio de rochas consolidadas (61%) sobre os depósitos quaternários (39%).

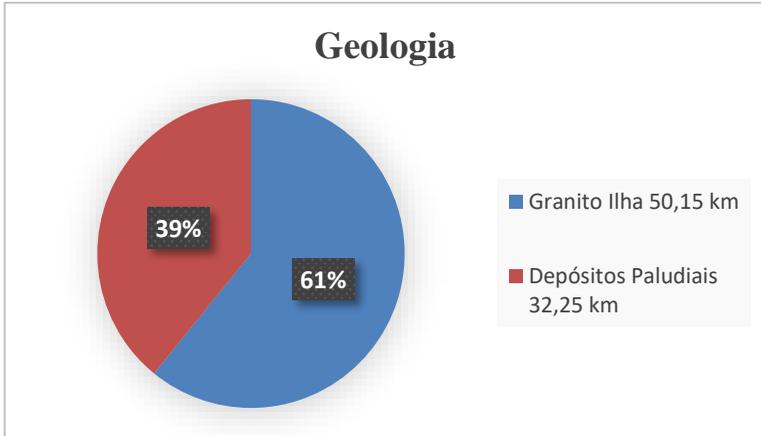


Figura 11: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Geologia.

Em relação às formações geológicas nas quais se encontram instaladas, as praias caracterizadas em campo apresentaram o seguinte padrão (Figura 12):

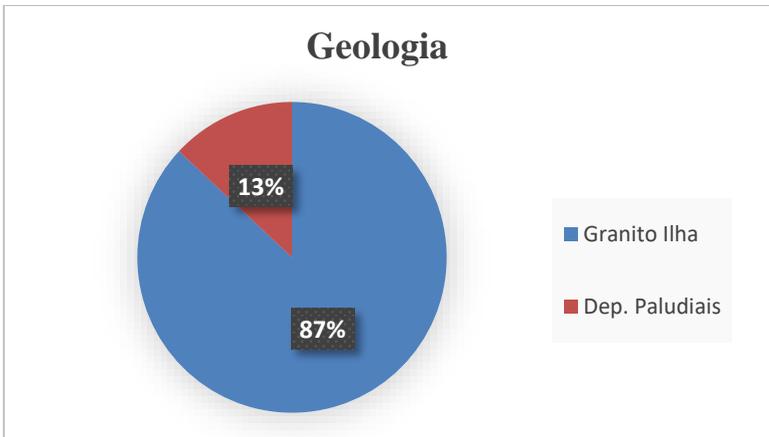


Figura 12: Porcentagem por classe geológica das praias analisadas em campo.

Comparando-se com os dados para toda a extensão da costa analisada, a predominância de material granítico consolidado se manteve. Os Depósitos Paludiais não se mostraram tão influentes, uma vez que correspondem, principalmente, à área do Manguezal do Ratones.

O Granito Ilha (Figura 13) corresponde à rocha predominante na Ilha de Santa Catarina. Apresentam-se como sieno ou monzogranitos de coloração rosada ou cinza claro, textura equigranular (eventualmente pórfiro, grosso ou médio) e mostram pouca ou nenhuma deformação dúctil (TOMAZZOLI & PELLERIN, 2015). De acordo com Basei (1985), datações de Rb-Sr determinaram idades de 524 +/- 68 Ma.



Figura 13: Granito Ilha, limite sul da Praia do Forte. Observa-se coloração rosada e textura equigranular.

Os Depósitos Paludiais (Figuras 14 e 15) compreendem sistemas costeiros de idade holocênica. São caracterizados por apresentarem turfas ou sedimentos finos ricos em matéria orgânica e estão localizados em baixa altitude, constituindo áreas semi-alagadas (HORN FILHO, 2003). Na área estudada, correspondem a manguezais e marismas.



Figura 14: Depósito Paludial, Manguezal do Ratonés.



Figura 15: Depósito Paludial, APP: Manguezal do Tapera.

• **Geomorfologia:** foram identificadas três feições geomorfológicas: Serras do Leste Catarinense, Planície de Maré e Planície Arenosa (Figura 16).

As feições geomorfológicas totalizam 8 segmentos ao longo da costa. As Serras do Leste Catarinense se distribuem em 4 segmentos, a Planície de Maré em 2 segmentos e os Planície Arenosa em outros 2 segmentos. A distribuição desses segmentos por extensão encontra-se na Figura 17, onde é possível observar a predominância dos terrenos elevados e de alto declive representados pelas Serras do Leste Catarinense.

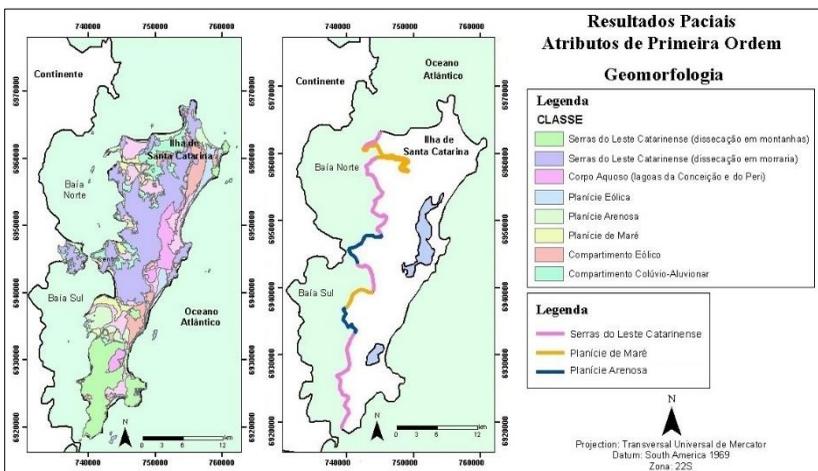


Figura 16: Mapeamento temático – Geomorfologia de IPUF (1992) e a interpretação linearizada da costa em estudo.

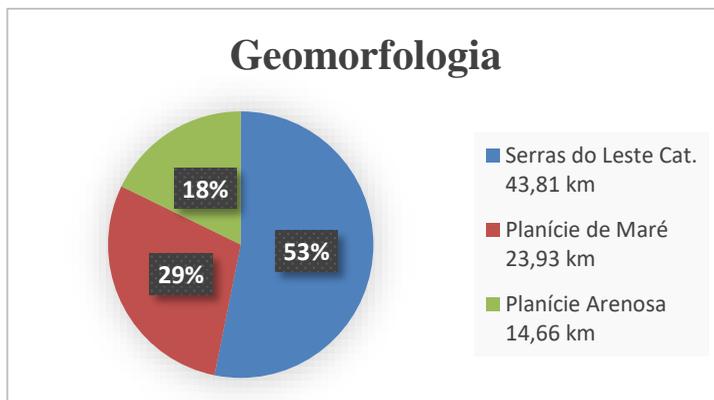


Figura 17: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Geomorfologia.

Quanto à sua geomorfologia, as praias observadas em campo apresentaram o seguinte comportamento (Figura 18):

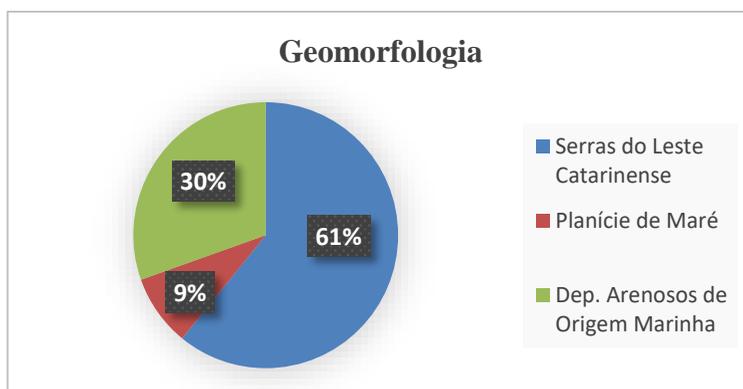


Figura 18: Porcentagem por classe geomorfológica das praias analisadas em campo.

O padrão geomorfológico circundante às praias é semelhante ao padrão geral, com predomínio da classe Serras do Leste Catarinense. A frequência da classe Planície de Maré é baixa pois corresponde, em sua maioria, às áreas de mangue, seguindo o observado anteriormente para a classe Depósitos Paludiais.

As Serras do Leste Catarinense (Figura 19) são compostas por uma sequência de elevações dispostas não-paralelamente, gradativamente mais baixas em direção ao mar, cuja orientação observa-se

preferencialmente no sentido NE-SW. O relevo encontra-se intensamente dissecado, com interflúvios convexos e estreitos e vales profundos (IPUF, 1992).



Figura 19: Serras do Leste Catarinense, vista da Praia do Forte.

A Planície de Maré e a Planície Arenosa fazem parte da Unidade de Compartimento Praial, que compreende as formas de relevo associadas aos sedimentos transportados e depositados sob regime praiial pela ação das ondas e correntes (IPUF, 1992).

A Planície de Maré (Figura 20) é encontrada junto à foz dos rios e sua principal característica é apresentar solo vasoso rico em matéria orgânica. A pouca declividade do fundo das baías adjacente facilita o ingresso de água salgada associada a baixos níveis de energia cinética (IPUF, 1992).

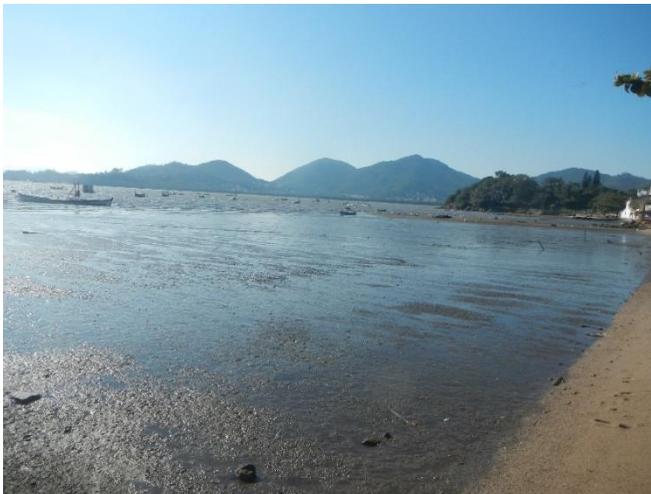


Figura 20: Planície de Maré, Saco Grande.

A Planície Arenosa (Figura 21) é constituída por cordões arenosos de areias bem selecionadas, creme a amarelo claro, podendo eventualmente apresentar coloração mais escuro devido à presença de material ilmenítico ou magnético (IPUF, 1992).



Figura 21: Planície Arenosa, Centro.

#### Atributos de segunda ordem

##### • **Máxima Velocidade Média Diária de Corrente de Maré**

**Astronômica:** o intervalo total de velocidade foi dividido em cinco classes, a fim de caracterizar a capacidade de deslocamento de sedimentos, sendo distinguidos os intervalos de velocidade:  $0 - 0,126 \text{ ms}^{-1}$ ;  $0,127 - 0,252 \text{ ms}^{-1}$ ;  $0,253 - 0,378 \text{ ms}^{-1}$ ;  $0,379 - 0,504 \text{ ms}^{-1}$  e  $0,505 - 0,63 \text{ ms}^{-1}$  (Figura 22).

Os intervalos de velocidade das correntes de maré astronômica compõem 15 segmentos ao longo da costa. O intervalo mínimo de  $0 - 0,126 \text{ ms}^{-1}$  predomina com 5 longos segmentos, que totalizam 52% da extensão da costa. O segundo intervalo,  $0,127 - 0,252 \text{ ms}^{-1}$ , distribui-se em 6 segmentos, compondo 32% da costa. Os demais intervalos apresentam-se em menor quantidade de segmentos e extensão:  $0,253 - 0,378 \text{ ms}^{-1}$  em 2 segmentos,  $0,379 - 0,504 \text{ ms}^{-1}$  e  $0,505 - 0,63 \text{ ms}^{-1}$  em 1 segmento cada. A distribuição dos segmentos por extensão é observada na Figura 23.

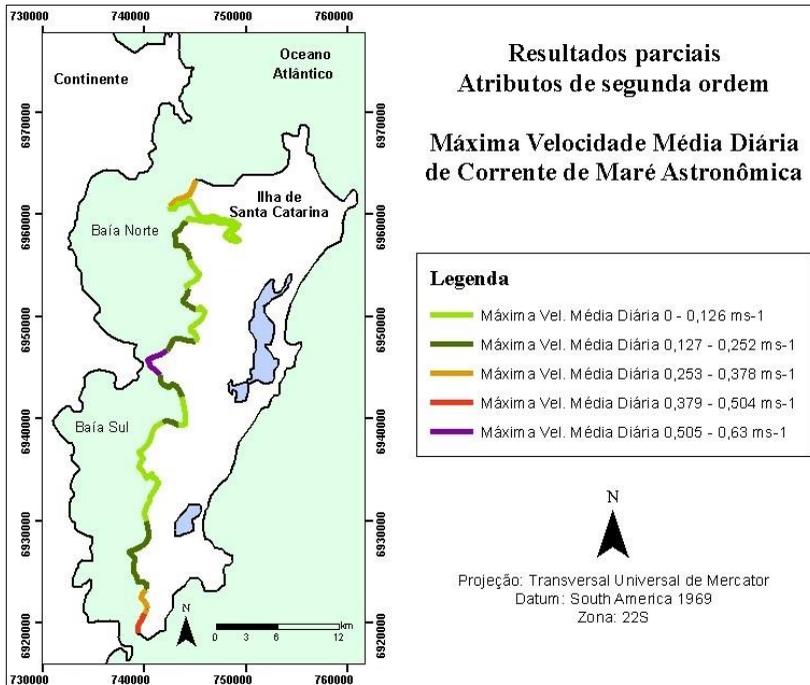


Figura 22: Interpretação linearizada da máxima velocidade média diária de corrente de maré astronômica da costa de estudo, com base nos dados de Cizeweski (2016).

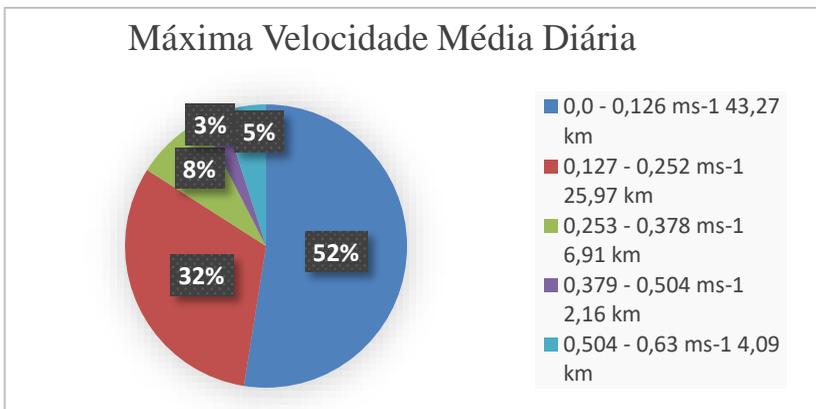


Figura 23: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo máxima velocidade média diária de corrente de maré astronômica.

• **Grau de exposição às ondas de vento:** foi possível observar cinco classes de distribuição de comprimento de pista de vento. Classe 1 (baixa exposição): 64 – 4.641 m; Classe 2 (média baixa exposição): 4.641– 6.365 m; Classe 3 (média exposição): 6.365– 7.554 m; Classe 4 (média alta exposição): 7.554– 8.650 m e Classe 5 (alta exposição): 8.650 – 10.902 m (Figura 24).

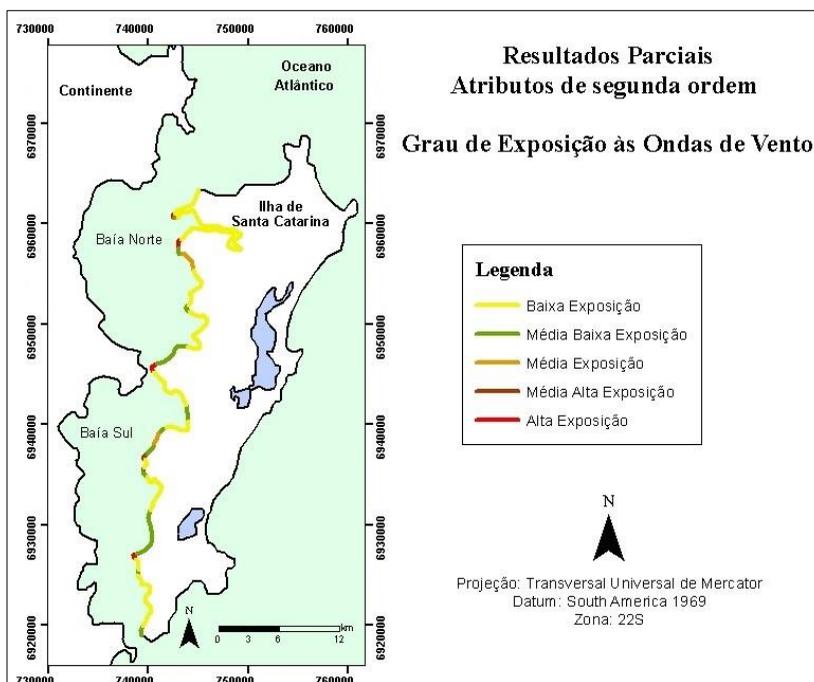


Figura 24: Interpretação linearizada do grau de exposição às ondas de vento da costa de estudo, com base nos resultados da aplicação do *Wind Fetch Model*.

As classes de exposição às ondas geradas pelo vento totalizam 28 segmentos ao longo da costa. A Classe 1: baixa exposição se distribui em 10 segmentos, a Classe 2: média baixa exposição em 10 segmentos, a Classe 3: média exposição em 2 segmentos, a Classe 4: média alta exposição em 2 segmentos e a Classe 5: alta exposição em 4 segmentos. A distribuição desses segmentos por extensão encontra-se na Figura 25.

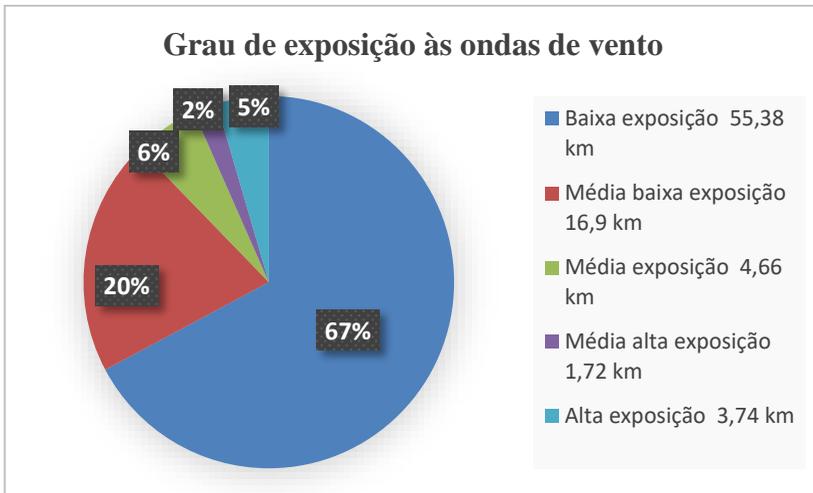


Figura 25: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Grau de Exposição às Ondas de Vento.

• **Altura média do pós-praia:** foi classificada em quatro intervalos que correspondem a: Classe 1: 0,0 m; Classe 2: 0,0 – 2,5 m; Classe 3: 2,5 – 4,5 m; Classe 4: 4,5 – 24 m (Figura 26). Há predomínio da variação de 0 m, tendo-se alocado uma classe para essa variação. A classe 4, apesar de apresentar um intervalo amplo, possui poucas ocorrências associadas a ela, justificando sua abrangência.

As classes de altura média do pós-praia compõem 20 segmentos ao longo da costa. A Classe 1 está distribuída em 8 segmentos, a Classe 2 em 3 segmentos, a Classe 3 em 3 segmentos e a Classe 4 em 6 segmentos. A distribuição por extensão desses segmentos encontra-se na Figura 27.

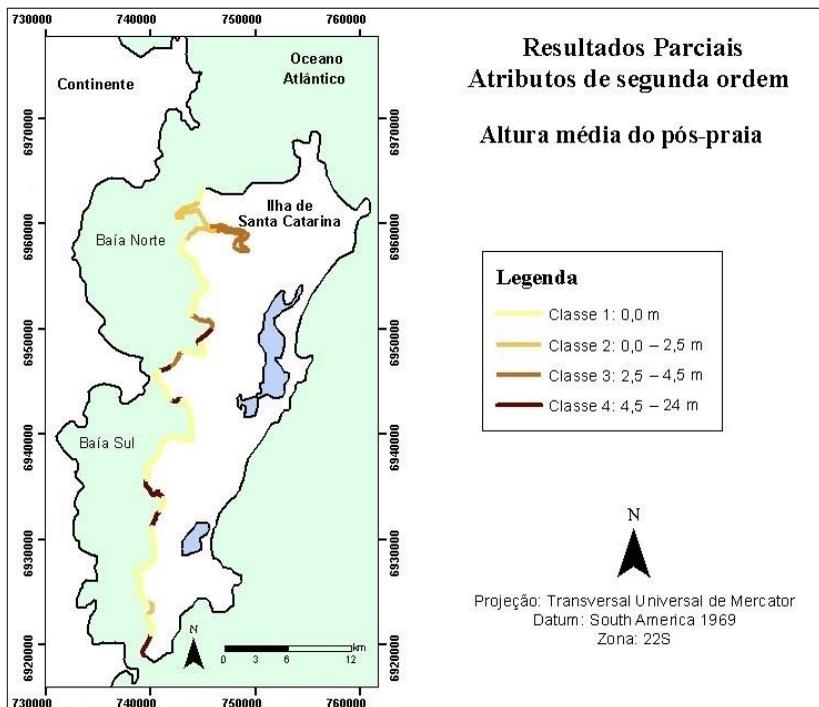


Figura 26: Interpretação linearizada da altura média do pós-praia da costa de estudo, com base nos dados de SDS (2014).

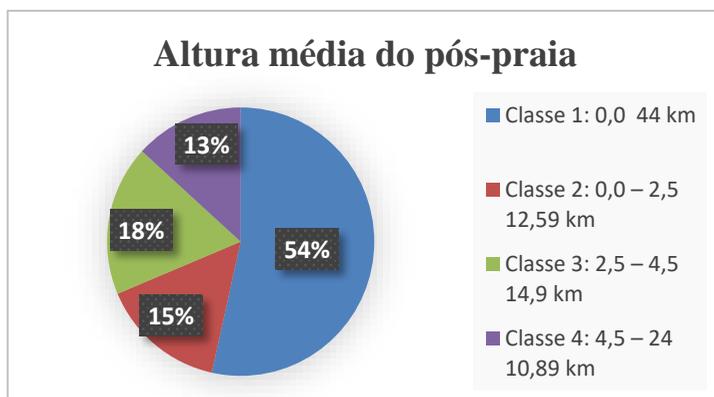


Figura 27: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Altura média do pós-praia.

### Atributos de terceira ordem

• **Feição do Pós-Praia e Retaguarda:** foram identificadas sete classes: Urbano sob Planície Costeira, Manguezal e Marismas, Dunas e Cordões Litorâneos, Morro à Retaguarda, Urbano sob Manguezais, Urbano com Morro à Retaguarda e Planície Costeira (Figura 28).

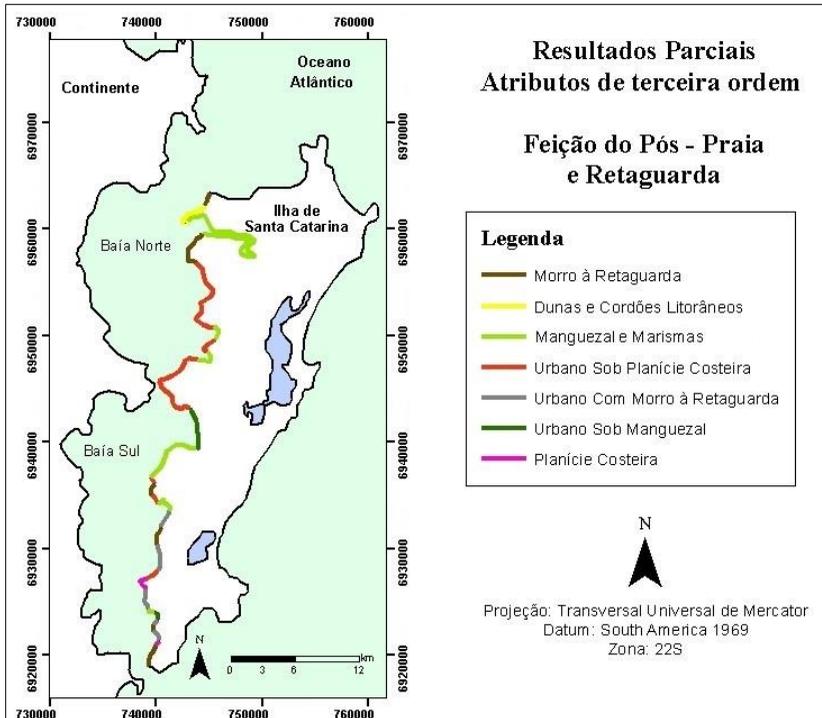


Figura 28: Interpretação linearizada das feições do pós-praia da costa de estudo, com base nos dados de Mussi (2011).

As feições do pós-praia totalizam 27 segmentos ao longo da costa. Morro à Retaguarda se distribui ao longo de 6 segmentos, Manguezal e Marismas em 6 segmentos, Urbano sob Planície Costeira em outros 6 segmentos. Urbano com Morro à Retaguarda ao longo de 5 segmentos, Urbano sob Manguezais em 2 segmentos, Planície Costeira e Dunas e Cordões Litorâneos em 1 segmento cada. A distribuição dos segmentos por extensão encontra-se na Figura 29.

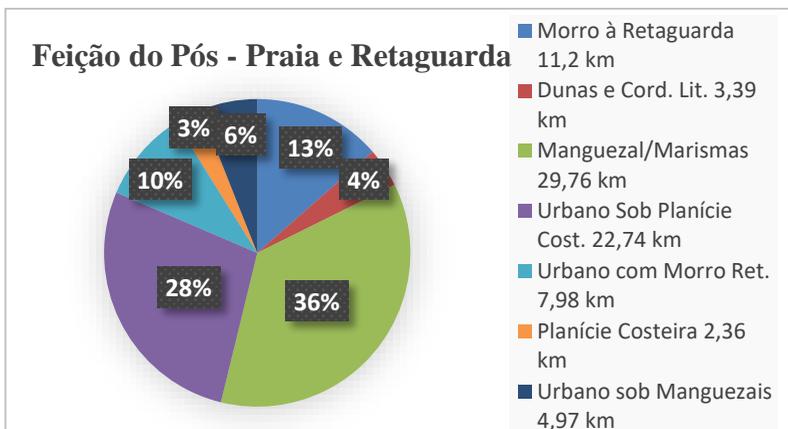


Figura 29: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Feição do Pós – Praia e Retaguarda.

As praias observadas em campo foram classificadas quanto à feição do pós-praia e retaguarda conforme mostra a Figura 30:

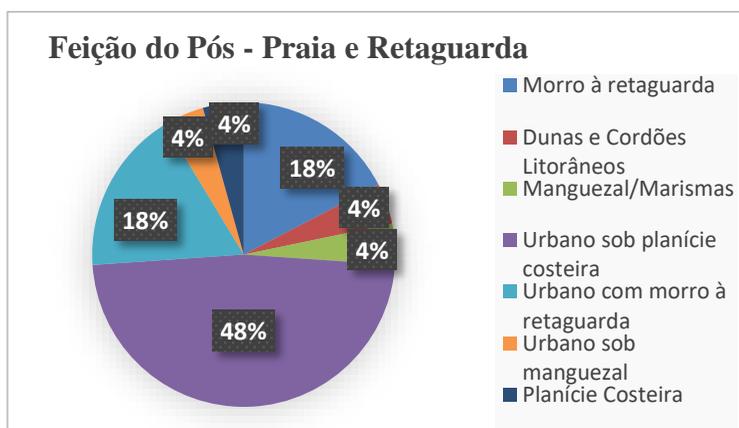


Figura 30: Porcentagem por classe de feição do pós-praia e retaguarda das praias analisadas em campo.

Das sete classes observadas, cinco mantiveram, aproximadamente, seu padrão de ocorrência. A classe “Manguezal e Marismas” teve porcentagem reduzida, já que se refere predominantemente ao Manguezal do Ratores. Já a classe “Urbano sob Planície Costeira” aumentou sua porcentagem devido à facilidade de acesso a praias urbanizadas.

As feições dos pós-praia estão ilustradas a seguir, nas figuras 31 a 34.



Figura 31: à esquerda, Morro à Retaguarda, Praia do Forte; à direita, Dunas e Cordões Litorâneos, Praia de Daniela.



Figura 32: à esquerda, Manguezal e Marismas, Saco Grande; à direita, Urbano sob Planície Costeira, Centro.



Figura 33: à esquerda, Urbano com Morro à Retaguarda, Caieiras do Sul; à direita, Urbano sob Manguezal, APP: Manguezal da Tapera.



Figura 34: Planície Costeira, Caieiras do Sul

• **Granulometria:** foram distinguidas cinco feições: areia fina, areia média, areia grossa, aterro e costões (Figura 35).

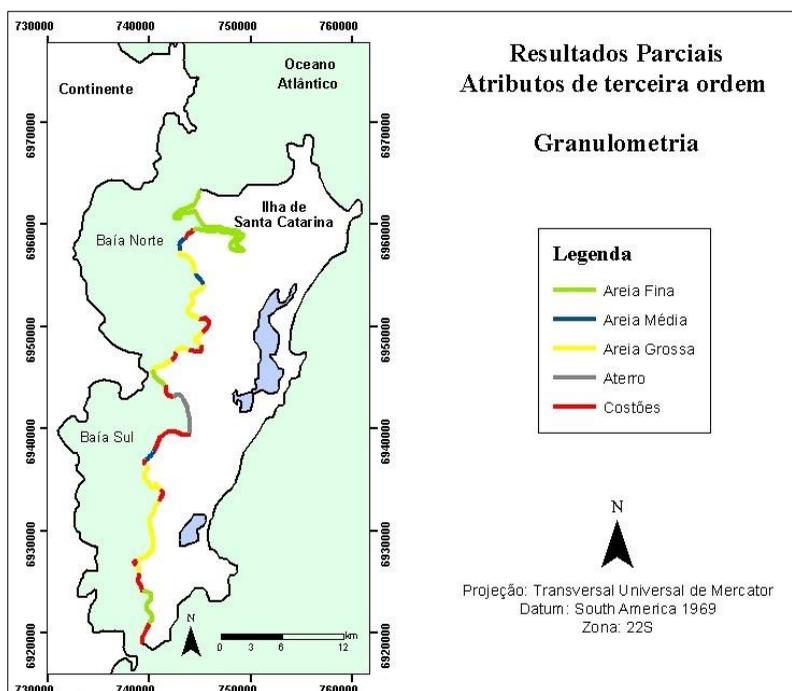


Figura 35: Interpretação linearizada da granulometria da costa de estudo, com base nos dados de Horn Filho (2006).

Os atributos granulométricos compõem um total de 26 segmentos ao longo da costa. Areia fina está distribuída ao longo de 3 segmentos, areia média em 3 segmentos, areia grossa em 8 segmentos, costões em 11 segmentos e aterro em apenas 1 segmento. Na Figura 36 é possível observar a distribuição dos segmentos por extensão.

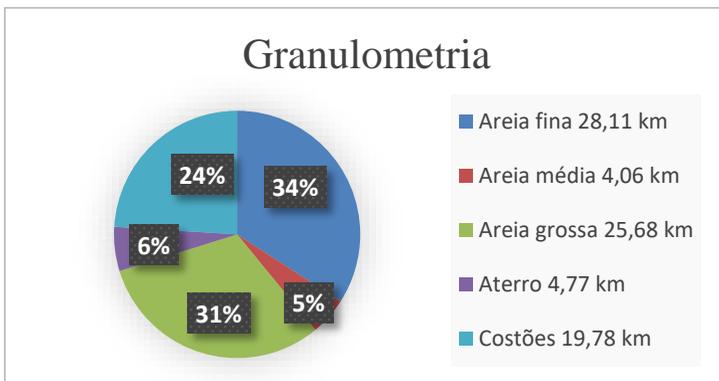


Figura 36: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Granulometria.

Considerando-se os aspectos granulométricos, as praias visitadas em campo apresentam-se da seguinte forma (Figura 37):

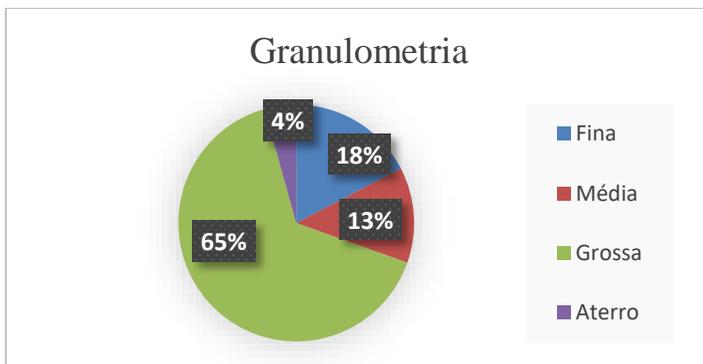


Figura 37: Porcentagem das classes granulométricas das praias visitadas em campo.

A classe Costões não consta no gráfico acima pois foram visitadas apenas praias arenosas. A diferença observada na porcentagem relacionada à classe Areia Fina ocorre porque a mesma refere-se, majoritariamente, ao Manguezal do Ratonés (HORN FILHO, 2006). As demais classes mantiveram o padrão observado previamente.

Nos pontos visitados, observou-se principalmente má seleção dos grãos. A presença de fragmentos de conchas era frequente, podendo estes variar de poucos milímetros até poucos centímetros, dependendo do local.

Observou-se, ainda, conchas bem preservadas, de poucos centímetros até cerca de 10 cm de eixo de maior alongamento.

A maior parte das praias visitadas apresentou faixa de areia de largura estreita a média, com presença de matacões arredondados de granito. A coloração variou entre amarelo claro e escuro, com algumas localidades onde se encontrava coloração escura devido à presença de minerais pesados.

As feições granulométricas observadas estão ilustradas a seguir (Figuras 38 a 40):



Figura 38: à esquerda, areia fina bem selecionada, praia do Forte; à direita, areia média a grossa, com elevada presença de conchas e fragmentos de conchas milimétricas a poucos centímetros, Praia de Sambaqui.



Figura 39: à esquerda, areia muito grossa bem selecionada, Tapera; à direita, areia grossa mal selecionada, com presença de minerais pesados implicando coloração preta, Caieiras da Barra do Sul.



Figura 40: à esquerda, areia média bem selecionada, com presença de conchas e fragmentos de conchas de até 10 cm de eixo de maior alongamento, Praia de Sambaqui; à direita, Aterro, Aterro da Baía Sul.

• **Declividade da Face da Praia:** foram identificadas três classes: declividade nula e os intervalos  $0 - 3^\circ$  e  $3 - 8^\circ$  (Figura 41).

As classes de declividade totalizam 33 segmentos ao longo de costa. A declividade nula ocorre por 14 segmentos, o intervalo  $0 - 3^\circ$  por 6 segmentos e o intervalo de  $3 - 8^\circ$  por 13 segmentos. A distribuição desses segmentos por extensão encontra-se na Figura 42.

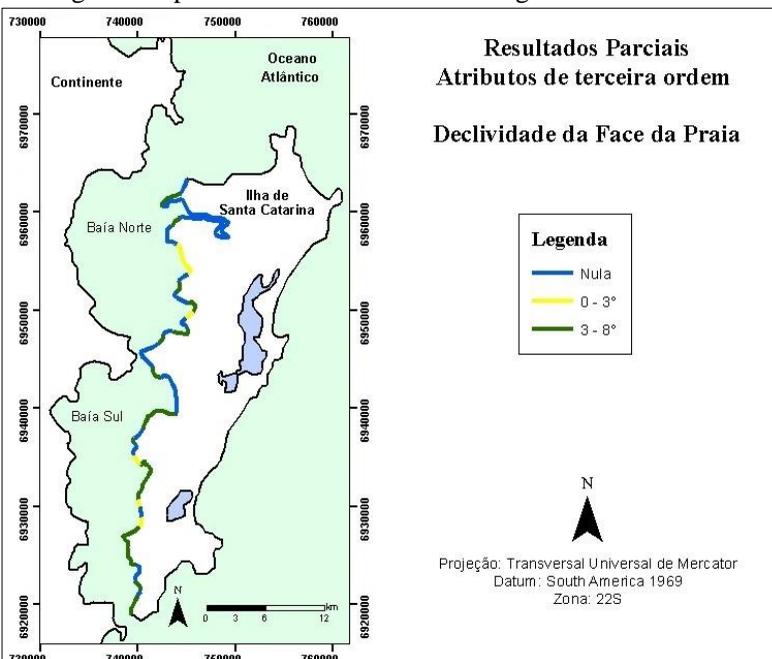


Figura 41: Interpretação linearizada da declividade da face da praia da costa de estudo, com base nos dados de Mussi (2011).

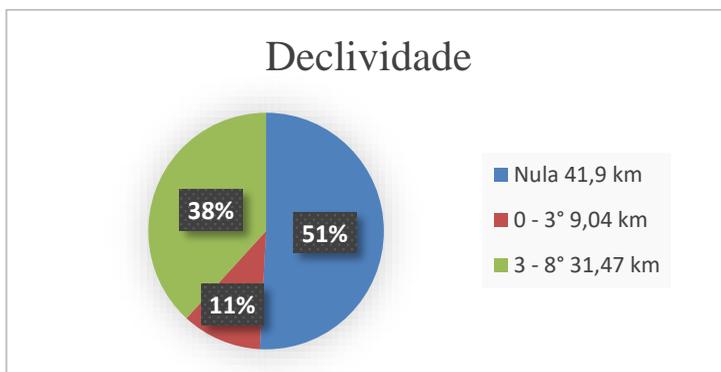


Figura 42: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa do atributo Declividade da face da praia.

Com relação aos aspectos de declividade, as praias visitadas em campo mostraram o seguinte comportamento (Figura 43):



Figura 43: Porcentagem das classes de declividade da face das praias visitadas em campo.

Comparando-se com os dados de toda a costa analisada, a ocorrência da classe Nula se sobressalta, devido à facilidade de acesso às praias dessa declividade. O intervalo de alta declividade é baixo pois corresponde, em sua maioria, aos costões e em campo foram descritas majoritariamente as praias arenosas.

As classes observadas estão ilustradas abaixo (Figuras 44 e 45):



Figura 44: à esquerda, praia com declividade nula, Sambaqui; à direita, praia com declividade  $0 - 3^\circ$ , Tapera.



Figura 45: à esquerda, praia com inclinação  $3 - 8^\circ$ , Centro; à direita, limite rochoso, classificado como Costão.

A classificação dos atributos quanto à sua ordem variou de acordo com suas características no meio. Conforme esperado, os atributos estruturais de primeira ordem são mais abrangentes e, portanto, apresentam menor quantidade de segmentos ao longo da costa. Já os atributos dinâmicos de terceira ordem são mais específicos, apresentando maior quantidade de segmentos.

Após observação e organização das informações extraídas em campo, pode-se concluir que as informações extraídas dos mapas prévios representaram coerentemente as características do ambiente, podendo ser consideradas com segurança fontes de qualidade. As informações coletadas auxiliaram uma melhor atribuição de pesos às classes dos atributos, principalmente em “Feições do Pós-praia e Retaguarda”, onde há intervenção humana, pois onde observa-se “urbano sob planície costeira” ou “urbano com morro à retaguarda” as construções encontram-se bem próximas à faixa de praia (algumas já sobre dela), estando altamente vulneráveis aos processos físicos avaliados (Figuras 46 e 47).



Figura 46: à esquerda, bar localizado sobre a faixa de praia, Praia do Forte; à direita, construções residenciais sobre a faixa de praia, Caieiras do Sul.



Figura 47: à esquerda, rancho de pesca, Centro; à direita, vila de pescadores, Aterro da Baía Sul.

## 6.1 CASOS OBSERVADOS DE EROSIÃO COSTEIRA

Durante a etapa de campo não foram observadas feições erosivas em estágio avançado. Entretanto, alguns pontos apresentaram estruturas para contenção de erosão e proteção à possíveis inundações.

A estrutura de contenção mais observada foram os muros de arrimo (Figura 48), utilizados para estabilizar barrancos muito inclinados, controlando a pressão e contendo o risco de desmoronamento da terra.



Figura 48: à esquerda, muro de arrimo, Praia da Barra do Sambaqui; à direita, muro de arrimo, Ribeirão da Ilha.

Outras intervenções observadas foram enrocamentos e espigões (Figura 49).

No setor da costa analisada adjacente ao Centro, onde a urbanização é elevada, observou-se a presença de enrocamentos. Tais obras consistem em estruturas rígidas compostas por camadas de blocos de rochas organizados junto à linha de costa, protegendo o substrato da ação das ondas.

Os espigões também são estruturas formadas por blocos de rochas organizados, porém, estes são perpendiculares à linha de costa. Agem controlando a quantidade de areia que transita na corrente de deriva litorânea, aprisionando sedimentos (OZOLÇER, *et al.*, 2006).



Figura 49: à esquerda, estrutura de enrocamento, Centro; à direita, estruturas de espigões, Aterro da Baía Sul.

As praias que apresentam tais estruturas de contenção não estão entre as prioridades nos roteiros turísticos da Ilha de Santa Catarina. Apesar de interferirem na paisagem natural da área, as obras não chegam a ser um fator que afaste os frequentadores.

## 6.2 MAPA INDICATIVO DE VULNERABILIDADE FÍSICA À EROÇÃO E INUNDAÇÃO

A integração entre os segmentos de feições geológicas e geomorfológicas resultou em 13 combinações, dispostas no Quadro 2 por sequência de ocorrência, de Norte a Sul da costa.

Devido às escalas de base dos mapeamentos geológicos e geomorfológicos utilizados para extração dos dados, os compartimentos praias não foram individualizados. Dessa forma, há a combinação da classe Granito Ilha com depósitos arenosos.

Quadro 2: Combinações resultantes da integração entre feições geológicas e geomorfológicas.

	<b>Geologia</b>	<b>Geomorfologia</b>
<b>1</b>	Granito Ilha	Serras do Leste Catarinense
<b>2</b>	Depósito Paludial	Serras do Leste Catarinense
<b>3</b>	Depósito Paludial	Planície de Maré
<b>4</b>	Granito Ilha	Serras do Leste Catarinense
<b>5</b>	Depósito Paludial	Serras do Leste Catarinense
<b>6</b>	Granito Ilha	Serras do Leste Catarinense
<b>7</b>	Depósito Paludial	Planície Arenosa
<b>8</b>	Granito Ilha	Planície Arenosa
<b>9</b>	Granito Ilha	Serras do Leste Catarinense
<b>10</b>	Depósito Paludial	Planície de Maré
<b>11</b>	Granito Ilha	Planície Arenosa
<b>12</b>	Depósito Paludial	Planície Arenosa
<b>13</b>	Granito Ilha	Serras do Leste Catarinense

Filtrando-se as repetições, essas 13 combinações foram reduzidas a 5 avaliadas quanto à sua vulnerabilidade física, onde MB = muito baixa, B = baixa, M = moderada e A = alta. Nessa etapa do trabalho, as feições receberam os códigos para formação do banco de dados final (Quadro 3).

Quadro 3: Combinações avaliadas quanto à vulnerabilidade.

<b>Geologia</b>	<b>Cód.</b>	<b>Geomorfologia</b>	<b>Cód.</b>	<b>Classe</b>	<b>Vuln.</b>	<b>Freq</b>
Granito Ilha	1gi	Serras do Leste Cat.	2slc	1gi2slc	1,0 (MB)	5
Dep. Paludiais	1dp	Serras do Leste Cat.	2slc	1dp2slc	1,5 (B)	2
Dep. Paludiais	1dp	Planície de Maré	2pm	1dp2pm	2,5 (A)	2
Granito Ilha	1gi	Planície Arenosa	2dam	1gi2dam	2,0 (M)	2

Dep. Paludiais	1dp	Planície Arenosa	2dam	1dp2dam	2,5 (A)	2
----------------	-----	------------------	------	---------	---------	---

O valor final de vulnerabilidade física obtido em cada uma dessas combinações foi classificado conforme os intervalos propostos. Dessa forma, o Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação mostra setores da costa apresentando muito baixa a alta vulnerabilidade (Figura 50).

As classes de vulnerabilidade física estão distribuídas em treze segmentos ao longo da costa. A classe Muito Baixa está representada em 5 segmentos, Baixa em 2 segmentos, Moderada em 2 segmentos e Alta em 4 segmentos. A distribuição desses segmentos por extensão encontra-se na Figura 51.

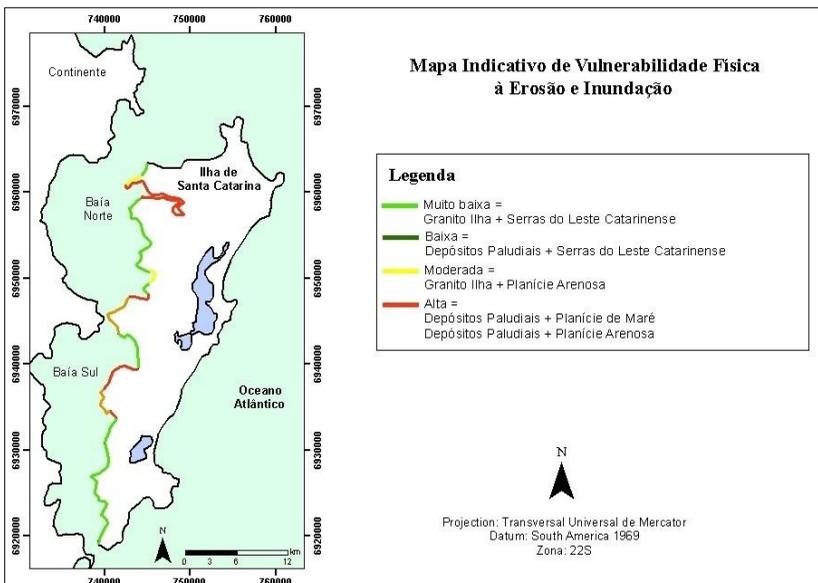


Figura 50: Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação.

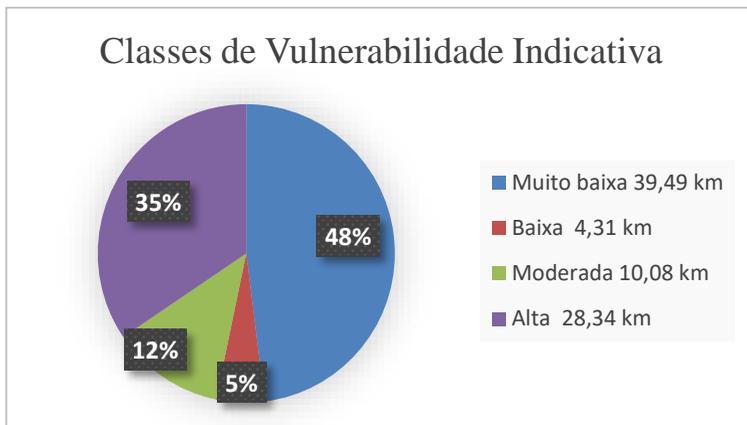


Figura 51: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade física indicativa.

Pode-se observar que, por meio da integração das feições geológicas e geomorfológicas, a costa analisada apresenta predominância de áreas com muito baixa vulnerabilidade e alta vulnerabilidade.

A elevada abrangência da classe de vulnerabilidade física “Muito baixa” é resultado da integração das feições Granito Ilha e Serras do Leste Catarinense, que receberam menor valor de peso e cobrem extensas áreas da costa. A classe de vulnerabilidade física “Alta” é proeminente devido à combinação de Depósitos Paludiais e Planície de Maré, representada principalmente pelo Manguezal do Ratonos e de Tapera.

O Mapa Indicativo de Vulnerabilidade à Erosão e Inundação foi comparado ao mapa final, a fim de determinar como os aspectos transicionais e dinâmicos do ambiente influenciam nos processos de erosão e inundação.

### 6.3 MAPA DE VULNERABILIDADE À EROSÃO E INUNDAÇÃO

A etapa final da metodologia *Smartline* consiste na elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação, que fundamenta-se na avaliação integrada de todos os atributos selecionados: estruturais, transicionais e dinâmicos (Figura 52).

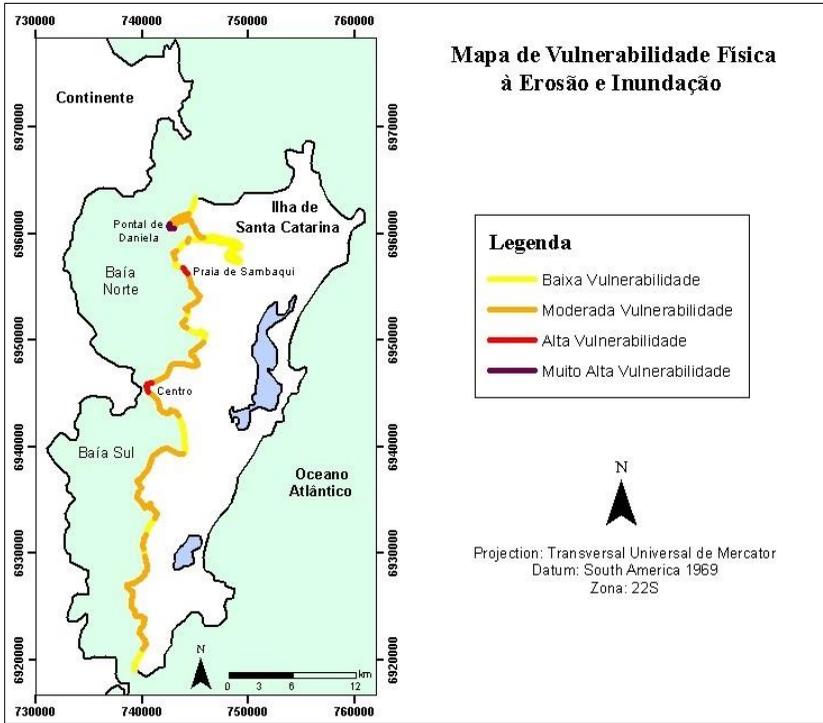


Figura 52: Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação.

Baseando-se na fórmula do IVCP proposta, a integração dos atributos resultou em classes de vulnerabilidade baixa a muito alta, mostrando predomínio das classes moderada e baixa (Figura 53).

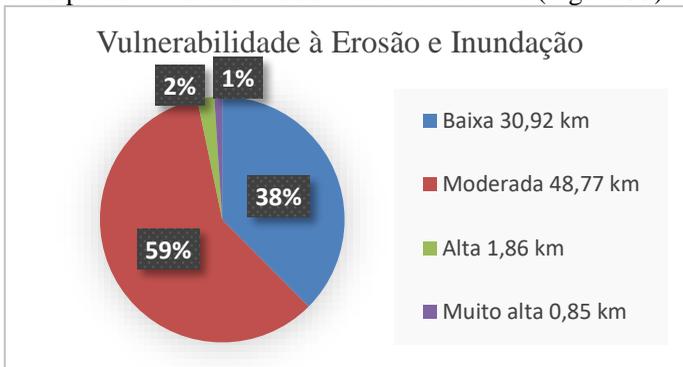


Figura 53: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade à erosão e inundação.

A baixa vulnerabilidade nos locais observados é devida principalmente à baixa velocidade das correntes de maré astronômica, baixa ou média baixa exposição às ondas geradas por vento e áreas não-urbanizadas ou urbanizadas com uma retaguarda cujas características do terreno sustentem resistência à erosão e inundação.

Onde é observada vulnerabilidade moderada, pode-se verificar aumento da velocidade das correntes de maré astronômica, face da praia apresentando declive acentuado e regiões urbanizadas ou não urbanizadas com baixa resistência aos processos do meio físico avaliados, como Planície Costeira e Manguezal e Marismas.

Um caso interessante é o do Manguezal do Ratonés. Sua porção superior, mais exposta à ação das ondas de vento e com menor altura média do pós-praia apresentou moderada vulnerabilidade. Porém, conforme interioriza-se no continente, tornando-se menos exposto e com maior altura média do pós-praia passa a apresentar baixa vulnerabilidade. A questão da exposição fica evidenciada quando o Manguezal do Ratonés é comparado ao Manguezal de Tapera. Este, por estar exposto até média alta ação das ondas de vento, possui moderada vulnerabilidade em toda sua extensão.

As ocorrências de alta vulnerabilidade são pontuais. Ocorre em pequena extensão na Praia de Sambaqui e no Centro, na costa adjacente ao estreito formado entre a Ilha de Santa Catarina e o continente. Nessas duas localidades, é observada alta velocidade das correntes de maré astronômica e elevado grau de exposição às ondas locais geradas por vento e no estreito há elevado contingente populacional sob planície costeira

O Pontal de Daniela é o único setor a apresentar muito alta vulnerabilidade, devido principalmente à sua elevada exposição às ondas geradas pelo vento e por apresentar como feição do pós-praia e retaguarda Dunas e Cordões Litorâneos, altamente susceptíveis à erosão.

De acordo com as informações coletadas em campo, nos segmentos da costa onde há urbanização, as construções encontram-se muito próximas à linha de costa, ou até mesmo sobre as faixas de areia. São, em maioria, construções residenciais ou ranchos de pescadores com baixa infraestrutura, sem as precauções necessárias para casos de inundação, por exemplo. Dessa forma, os trechos de moderada e alta vulnerabilidade apresentam perigo direto à essa parcela da população.

Considerando-se os locais onde foram observadas estruturas de contenção de erosão e inundação todos encontram-se em segmentos da costa de moderada vulnerabilidade. Logo, a não restauração desses

ambientes pode implicar na intensificação do grau de vulnerabilidade desses segmentos.

#### 6.4 COMPARAÇÃO ENTRE MAPAS DE VULNERABILIDADE À EROSIÃO E INUNDAÇÃO IVCP E IVC

O Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação por meio do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) (Figura 54) foi dividido em quatro classes de vulnerabilidade, a fim de permitir a comparação com o mapa de índice ponderado (IVCP).

A principal diferença é a não ocorrência da classe de muito alta vulnerabilidade. A Praia de Sambaqui foi reclassificada como baixa, enquanto o Pontal de Daniela passou a apresentar alta vulnerabilidade, junto segmento do Centro.

Também há discrepâncias nas classes de baixa e moderada vulnerabilidade. Antes apresentando predomínio de setores de vulnerabilidade moderada, aqui é observada grande abrangência da classe de baixa vulnerabilidade, mais de dois terços da costa (72%), sendo que a frequência da classe moderada diminuiu para menos da metade (Figura 55).

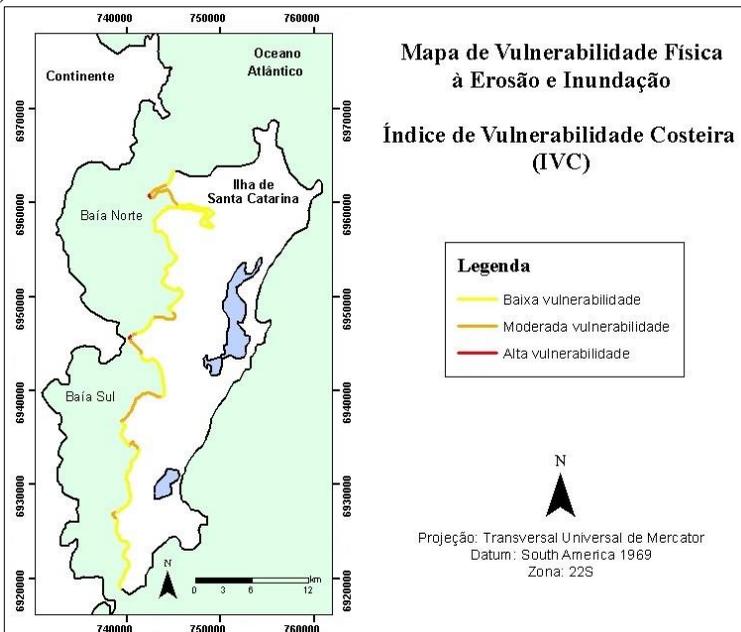


Figura 54: Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação baseado no Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC).

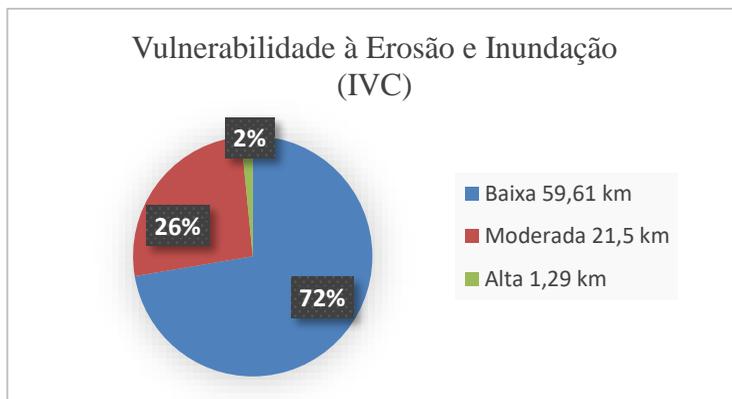


Figura 55: Porcentagem da extensão dos segmentos por km/costa das classes de vulnerabilidade à erosão e inundação, baseado no Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC).

O índice ponderado (IVCP) permite a comparação dos atributos entre si, além de suas classes. Dessa forma, a seleção dos geoindicadores para o cálculo da vulnerabilidade aos perigos escolhidos fica ainda mais refinada, pois torna-se possível dar maior relevância aos atributos que atuam com mais influência nos processos analisados.

Outro ponto que favorece o uso do índice ponderado na presente dissertação é o local de estudo. Por se tratar de um ambiente abrigado, onde há pouca literatura e aplicação de metodologias para determinação de vulnerabilidade, a comparação entre os atributos favorece a análise de como as características transicionais e dinâmicas atuam nesse ambiente e interferem na sua vulnerabilidade.

A equação original (IVC), por considerar apenas os pesos das classes dos atributos, os coloca em um mesmo patamar de influência. Como a proposta da presente dissertação é realizar uma análise não só da vulnerabilidade costeira, mas especificamente de um sistema abrigado e de quais as diferenças entre os geoindicadores que podem ser usados nesse sistema e em costas oceânicas, a ponderação torna essa comparação mais informativa.

Por fim, a ponderação condiz com a proposta de divisão dos atributos em ordens, proposta pela metodologia *Smartline*. Além da classificação dos geoindicadores quanto às características de atuação no meio físico (estrutural, transicional o dinâmico), também há a classificação quanto à sua influência nos processos analisados como atributo e, em seguida, como classes específicas desses atributos.

Por esses motivos, o Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação baseado no Índice de Vulnerabilidade Costeira Ponderado (IVCP) foi escolhido como o produto final da aplicação da metodologia *Smartline* na costa oeste da Ilha de Santa Catarina. A partir dele foi elaborada a comparação com o Mapa Indicativo de Vulnerabilidade Física a Erosão e Inundação e as conclusões desta dissertação.

## 6.5 COMPARAÇÃO ENTRE MAPA INDICATIVO E MAPA DE VULNERABILIDADE FÍSICA À EROSÃO E INUNDAÇÃO

As principais diferenças entre ambos os mapas foram a não ocorrência da classe “Muito baixa”, a ocorrência da classe “Muito alta” e a acentuada diminuição da classe “Alta” no Mapa de Vulnerabilidade Física à Erosão e Inundação.

A introdução dos aspectos transicionais e dinâmicos forneceu dados que elevaram o grau de perigo, e conseqüentemente a vulnerabilidade física, das regiões inicialmente classificadas como “Muito baixa”. Setores onde há elevada altura média do pós-praia, baixa velocidade de corrente de maré astronômica, baixo grau de exposição às ondas de vento, feições do pós-praia e retaguarda não-urbanizadas ou com características de estabilidade, declividade nula e areia de granulação grossa foram reclassificadas na classe “Baixa”. Nos segmentos previamente classificados como “Alta vulnerabilidade”, a inclusão desses novos atributos diminuiu a exposição ao perigo, passando esses setores a serem categorizados como “Moderada” ou até mesmo “Baixa vulnerabilidade”.

Já nos setores com características contrárias, onde os atributos apresentavam classes que forneciam maior exposição ao perigo, os setores foram reclassificados como “Moderada vulnerabilidade”.

De acordo com os pesos discriminados na equação do IVCP, determinados de acordo com a interferência dos atributos nos processos de erosão e inundação, a Altura média do pós-praia, Feição do Pós-Praia e Retaguarda e Declividade tiveram papel principal nessa reclassificação das classes de vulnerabilidade. Em seguida, destacam-se a velocidade de corrente de maré astronômica e grau de exposição às ondas de vento.

Como os processos erosivos são, fundamentalmente, dinâmicos, a avaliação não deve se limitar a aspectos estruturais, sendo assim importante a consideração das demais classes de atributos para a classificação final da vulnerabilidade costeira.

## 6.6 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE VULNERABILIDADE PARA ÁREAS ABRIGADAS E ÁREAS EXPOSTAS

Já foram elaboradas várias propostas metodológicas para avaliação da vulnerabilidade costeira à erosão e inundação pela elevação do nível do mar, sendo que os modelos distinguem-se pelos seus elementos norteadores, como escala, ambiente de aplicação, tratamento estatístico e variáveis utilizadas (MAZZER, 2007).

Autores como Rudorff & Bonetti (2010), Mussi (2011) e Muler (2012), previamente citados neste trabalho, realizaram estudos de vulnerabilidade costeira em escala local na costa oceânica da Ilha de Santa Catarina.

Os condicionantes físicos analisados em ambiente exposto à incidência direta de ondas por esses autores contemplaram maior variabilidade de dados hidrodinâmicos, como marés meteorológicas associadas a ondas de tempestade, exposição à ondulações de diferentes direções, altura de onda, variação da amplitude de maré e energia de onda. Propriedade relacionadas ao pós-praia também foram mais exploradas, como caracterização de dunas (altura e estado de dunas frontais e interiores e a morfologia das praias: refletivas, dissipativas ou intermediárias).

Dessa forma, devido à maior variabilidade do caráter morfo e hidrodinâmico, a caracterização da vulnerabilidade de ambientes expostos é mais versátil, apresentando uma gama maior de atributos físicos, possibilitando diversos enfoques de pesquisa.

A resposta dos condicionantes físicos aos perigos é o principal diferencial entre ambientes expostos e abrigados. Entre os trabalhos comparados, pode-se citar a exposição da costa às ondas oceânicas e à combinação de maré astronômica e meteorológica. Em ambientes abrigados, em que a circulação de correntes geradas por ondas é restrita, há limitada resposta às ondas geradas no oceano. Dessa forma, ondas locais geradas pelo vento, embora com menor capacidade de mobilização sedimentar e transposição da face praial, desempenham papel essencial na hidrodinâmica, havendo maior resposta do meio. Correntes geradas pela circulação da maré, por outro lado, passam a desempenhar um papel mais expressivo no transporte sedimentar. Todavia, destaca-se a maior participação das componentes de caráter estrutural (geologia e geomorfologia) na determinação do grau de vulnerabilidade local.

Para integração de dados e determinação do grau de vulnerabilidade, Rudorff & Bonetti (2010) utilizaram geoindicadores, enquanto Mussi (2011) e Muler (2012) empregaram o Índice de

Vulnerabilidade Costeira (CVI). Neste quesito, a diferença entre os ambientes não implica necessariamente em diferentes formas de integração de dados.

Quanto ao resultado final do processo analítico, deve-se atentar à escala utilizada. Nos trabalhos analisados foram feitas avaliações locais, porém com escalas diferentes. Não é possível chegar a uma conclusão efetiva, mas a tendência observada é de que costas expostas apresentam maior variabilidade nos graus de vulnerabilidade, apresentando setores de muito baixa a muito alta vulnerabilidade, enquanto a costa abrigada estudada segmentou-se entre setores de baixa e moderada variabilidade, com trechos pontuais e pouco extensos de alta vulnerabilidade, correspondente a setores de rápida alteração na orientação da linha de costa.

## 6.7 COMPARAÇÃO ENTRE APLICAÇÕES DO MESMO MODELO

Mussi (2011), em seu trabalho, analisou tanto a costa abrigada quanto a costa exposta da Ilha de Santa Catarina por meio da aplicação das metodologias Smartline e CVI. Em sua análise, a autora utilizou os mesmos condicionantes para ambos os sistemas e, desta forma, a resposta da costa abrigada tornou-se limitada em alguns aspectos. Em atributos usuais para avaliação de ambientes expostos, como “Exposição da costa à ondulação de leste” e “Exposição da costa à ondulação de sudeste” não houve variação da classificação no ambiente abrigado, restringindo-se à classe “Protegido”. Em contrapartida, no presente estudo, a linha de costa foi setorizada de acordo com a exposição às ondas geradas por vento, mais atuantes em ambientes abrigados, variando entre cinco classes de baixa a alta exposição.

A diferença é observada no resultado final de ambas as aplicações. No produto obtido por Mussi (2011), a linha de costa abrigada divide-se principalmente entre setores de muito baixa e baixa vulnerabilidade, não havendo setores de alta ou muito alta vulnerabilidade. Em alguns trechos, aqui classificados como de moderada, alta ou até mesmo muito alta vulnerabilidade, o trabalho da Mussi (2011) os classificou como baixa.

Dessa forma, fica perceptível que a escolha dos condicionantes físicos a serem analisados influencia diretamente na classificação final da vulnerabilidade do sistema. A variabilidade da setorização depende da escala de trabalho, porém o grau de vulnerabilidade (muito baixa a muito alta) é diretamente dependente das características dos meios físico avaliadas.

## 7 CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia *Smartline* para avaliação da vulnerabilidade costeira em escala local, apresentada na presente dissertação, foi desenvolvida em concordância com o trabalho de Sharples *et al.* (2009), ao optar pela representação da linha de costa em formato vetorial, onde cada segmento representa um conjunto de atributos físicos, resultando na indicação de áreas fisicamente vulneráveis à erosão e inundação. Devido ao seu formato linearizado, o resultado final dessa metodologia possui caráter essencialmente indicativo, sendo necessário um produto no formato poligonal para realmente dimensionar toda a área vulnerável aos perigos analisados. Desta forma, embora os dados obtidos nesta pesquisa sejam considerados representativos, os mesmos devem ser entendidos como uma aproximação da realidade.

Com relação aos aspectos positivos, a metodologia mostrou-se de rápida execução, o estudo para determinação dos atributos a serem considerados contribuíram para melhor percepção dos fatores envolvidos na vulnerabilidade de ambientes costeiros abrigados e a classificação desses atributos nas diferentes escalas (estruturais, transicionais e dinâmicos) trouxe maior compreensão das dimensões com que os mesmos afetam a vulnerabilidade do ambiente. Além disso, a maior parte das análises foi efetuada com informações de livre acesso e as demais foram geradas em ambiente SIG por extensões gratuitas.

As bases referenciais utilizadas para extração das informações apresentam algumas limitações. Devido à escala utilizada por alguns mapeamentos, não houve a individualização dos compartimentos praias, sendo necessário realizar a extrapolação dos dados para análise da linha de costa, sendo observado setores onde há conflito entre a litologia e a geomorfologia, por exemplo.

A escolha de elaborar um índice com pesos nos atributos permitiu compará-los dando maior importância àqueles que afetam diretamente os processos analisados. Dessa forma, cada critério respondeu conforme as características locais e concordou com enfoque do estudo.

A análise da vulnerabilidade física costeira à erosão e inundação em escala local na Ilha de Santa Catarina gerou resultados passíveis de serem utilizados em políticas públicas, como manejo de orla, elaboração de planos de gestão de perigos e prevenção de desastres ambientais.

Considerando-se o ambiente analisado, as variáveis usualmente selecionadas para determinação de vulnerabilidade à erosão e inundação não puderam ser utilizadas, como por exemplo a morfologia do pós-praia. Uma forma de suprir as informações associadas a este atributo foi a

identificação das classes de Altura média do pós-praia, que forneceu elementos sobre o potencial aporte sedimentar que chega até a linha de costa, influenciando em seu balanço sedimentar. Além disso, dados hidrodinâmicos como altura média de onda, período de onda, e dados de exposição às ondas oceânicas não são aplicáveis. Em compensação, de acordo com os dados disponíveis para a Baía de Florianópolis, foram analisados dados sobre a velocidade média de corrente de maré astronômica e sobre o grau de exposição da costa às ondas geradas por vento.

A verificação de campo mostrou-se uma etapa fundamental para validação das feições mapeadas (Apêndice 1), auxiliando no processo decisivo de ponderação das condicionantes físicas.

A codificação dos segmentos costeiros (Apêndice 2) permite o desenvolvimento de trabalhos além do que foi obtido na presente pesquisa, facilitando o resgate e atualização dos dados.

Todos os objetivos específicos elaborados foram desenvolvidos ao longo da dissertação, contribuindo tanto para o detalhamento das características físicas da costa abrigada da Ilha de Santa Catarina, quanto para a concretização da aplicação de uma metodologia de determinação de vulnerabilidade física local.

A caracterização do compartimento geológico mostrou que a costa oeste da Ilha de Santa Catarina possui grande predomínio de rochas consolidadas (Granito Ilha), com baixa vulnerabilidade aos processos analisados. Secundariamente, apresenta sedimentos arenoargilosos com leve carga elétrica, conferindo aos mesmos agregação necessária para serem considerados como de moderada vulnerabilidade (Depósitos Paludiais). Com relação aos aspectos geomorfológicos, a área de estudo apresenta caráter mais heterogêneo, pois metade dela é composta por feições altamente elevadas e resistentes, conferindo baixa vulnerabilidade ao sistema (Serras do Leste Catarinense), enquanto a outra metade é composta por terrenos planos e levemente inclinados (Planície de Maré e Planície Arenosa), resultando em alta vulnerabilidade. A integração de ambos os atributos conferiu uma análise de vulnerabilidade à erosão e inundação em caráter indicativo preliminar, em que nas regiões onde há sedimentos arenoargilosos conjuntamente a relevos baixos é observada alta vulnerabilidade (manguezais do Ratonés e Taperá) e as regiões onde há material consolidado e terrenos elevados foram caracterizadas como muito baixa vulnerabilidade.

O principal aspecto hidrodinâmico avaliado foi a máxima velocidade média diária de correntes geradas por marés astronômicas. As velocidades foram categorizadas em cinco diferentes intervalos, sendo

possível constatar que os setores do extremo norte e extremo sul, além do estreito entre a Ilha de Santa Catarina e o continente, apresentam as maiores velocidades e, portanto, o maior potencial de erosão e inundação neste quesito isolado.

Além dos compartimentos geológicos, geomorfológicos e velocidade de correntes, as praias também foram caracterizadas de acordo com o potencial suprimento sedimentar disponível para entrar no sistema, o grau de exposição às ondas geradas por vento, feição do pós-praia e retaguarda, declividade da face da praia e granulometria. Todas essas variáveis foram integradas para a proposição dos graus de vulnerabilidade à erosão e inundação. Os aspectos transicionais e dinâmicos proporcionaram uma análise mais completa, incluindo aspectos relacionados à ocupação antrópica (como os setores onde há urbanização) e trouxeram maior diversidade de elementos para a classificação da costa oeste da Ilha de Santa Catarina quanto à sua vulnerabilidade física. Pode-se constatar que a maior parte da extensão analisada divide-se quase que igualmente entre setores de baixa e moderada vulnerabilidade, com ocorrências pontuais de alta vulnerabilidade. Os setores onde há elevada urbanização merecem atenção especial dos órgãos de gestão pública, pois estão inclusos em segmentos de moderada vulnerabilidade e extremamente próximos à linha de costa. Além disso, foram observadas estruturas de contenção de erosão e inundação, indicando perigo mais eminente.

A partir da comparação desta dissertação com trabalhos de vulnerabilidade costeira realizados em áreas expostas, observou-se que áreas expostas podem oferecer maior variabilidade de condicionantes físicas para análise, possibilitando diferentes enfoques de pesquisa. A principal diferença entre a avaliação de ambientes expostos e abertos está na resposta dos condicionantes aos perigos do meio físicos e seu ponto de semelhança encontra-se na aplicação de índices para cálculo de vulnerabilidade. Quando comparado a outro trabalho em ambiente abrigado, constatou-se que a escolha dos condicionantes a serem analisados e seu grau de especificidade à esse ambiente interferem no grau de vulnerabilidade da linha de costa.

De modo geral, espera-se que a metodologia proposta para a avaliação da vulnerabilidade local que foi apresentada e aplicada na costa oeste da Ilha de Santa Catarina contribua para futuros estudos sobre sistemas costeiros abrigados, sua dinâmica e análise de vulnerabilidade, ainda pouco estudada nesses sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUODHA, P.A.O.; WOODROFFE, C. D. *Coastal Vulnerability and Adaptation Assessment: Compendium of Coastal Resources. Tools & Methodologies*. Version 1.0. Wollongong: Coastal Zone Management Pty Ltd, 2008.

ABUODHA, P.A.O.; WOODROFFE, C.D. *Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia*. *Journal of Coastal Conservation* 14(3): 189-205, 2010.

ADGER, W.N.; BROOKS, N.; BENTHAM, G.; AGNEW, M.; ERIKSEN, S. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*. Tyndall Centre for Climate Change Research: Technical Report 7:Final Project Report. 122p, 2004.

ARAÚJO, C.E.S., FRANCO, D., MELO FILHO, E., PIMENTA, F. *Wave regime characteristics of southern Brazilian coast*. 6º International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC. Colombo, Sri Lanka, Paper nº97, 15p, 2003.

BASEI, M.A.S. *O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina*. 185f. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade de São Paulo, 1985.

BIRD, E. C. F. *Beach Management*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1996.

BIRD, E.C.F. *Coastal Geomorphology: An introduction*. 2<sup>nd</sup> edition. Chichester: Wiley & Sons Ltd., 2008.

BONETTI, J., NUNES, M.G., OLIVEIRA, M.S.C & GRÉ, J.C.R. *Caracterização do Relevo Submerso da Baía Norte – SC Com Base na Aplicação Digital de um Modelo de Têrreo*. In: GEOSUL, II Simpósio Nacional de Geomorfologia, Florianópolis, v. 27 n. 14, p. 211-217, 1998.

BONETTI, J. & WOODROFFE, C.D. *Spatial Analysis on GIS for Coastal Vulnerability Assessment*. In: Bartlett, D. & Celliers, L. (eds.). *Geoinformatics for Marine and Coastal Management*. Chapter 16. CRC Press, Boca Raton, p. 367-396, 2017.

BONETTI, J.; RUDORFF, F.M.; CAMPOS, A.V.; SERAFIM, M.B. *Geoinicator-based assessment of Santa Catarina (Brazil) sandy beaches susceptibility to erosion*. Ocean & Coastal Management, SI: Management Strategies for Coastal Erosion Problems. In press, Corrected Proof. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.009>, 2017.

CARDONA, O.D. *The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management*. Chapter 3. In: Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People, G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Earthscan Publishers, Londres, 2003.

CARUSO, F. *Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina, escala 1:100 000*. Notas Técnicas. Porto Alegre: CECO-UFRGS, n.6, p.1-28, 1993.

CERUTTI, R.L. *Contribuição ao conhecimento da poluição doméstica na Baía Norte, área da Grande Florianópolis, SC*. 129f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1996.

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA - CEPAL. *Generación e integración de bases de datos climáticas históricas y de proyecciones de cambio climático para la gestión de riesgos costeros en el estado de Santa Catarina, Brasil*. Nações Unidas, Santiago, 1126p, 2015.

COWELL, P.J.; THOM B.G. *Morphodynamics of coastal evolution*. In: R. W. G. CARTER; C.D. WOODROFFE (ed.). Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline morphodynamics. London: Cambridge University Press, p. 33-87, 1994.

CUTTER, S. *Vulnerability to environmental hazards*. Progress in Human Geography, v. 20, n.4, p. 529–589, 1996.

CZIZEWESKI, A.C. *Circulação nos arredores da Ilha de Santa Catarina*. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

EXTERCKOTER, R.K. *Diagnóstico da qualidade das relações ambientais estabelecidas no uso da água na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (SC)*. 158f. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FINLAYSON, D. P. *Puget Sound Fetch*. School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, 2005.

FRANKLIN-SILVA, L. *Identificação de sub-ambientes na Baía Sul (SC) com Base na Análise de Variáveis Oceanográfico Sedimentares*. 105f. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências – CFH, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GOODFELLOW, B.W. & STEPHENSON, W.J. *Beach morphodynamics in a strong-wind bay: a low-energy environment?* Marine Geology v. 214, p. 101–116, 2005.

GORNITZ, V.M.; DANIELS, R.C.; WHITE, T.W., BIRDWELL, K.R. *The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to sea Level Rise in U.S. South-east*. Journal of Coastal Research. Special Issue 12, p. 327-338, 1992.

HEGGE, B.J., ELIOT I., HSU J. *Sheltered sandy beaches of southwestern Australia*. Journal of Coastal Research, v. 12, p. 748-760, 1996.

HINKEL, J.; KLEIN, R.J.T. *Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool*. Global environmental changes, 19(3):384–395, 2009.

HOOZEMANS, F.M.J.; MARCHAND, M.; PENNEKAMP, H.A. *A Global Vulnerability Analysis: Vulnerability Assessment for Population, Coastal Wetlands and Rice Production on a Global Scale*. 2<sup>nd</sup> edition. Delft Hydraulics, the Netherlands, 1993.

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

HORN FILHO, N. O. *Granulometria das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC*. Gravel, v. 4, p. 1-21, 2006.

HORN FILHO, N.O.; LIVI N.S. *Mapa geoevolutivo da planície costeira da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. In: Horn Filho NO (ed) Atlas geológico das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina, pp 228, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. *Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema*. São Paulo, 6 vols. (IPT, Relatório, 24.739), 1986.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS - IPUF. *Mapeamento temático do Município de Florianópolis. Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação*. Síntese Temática, 1992.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer [Eds.]). IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - ISDR. *Living With Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. United Nations, Inter-Agency Secretariat. ISDR Secretariat. Preliminary Version. Geneva, Switzerland, 348p, 2002.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - ISDR. *Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives*. Geneva: World Meteorological Organization and the Asian Disaster Reduction Center, 2004. Disponível em: <[http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm)>. Acesso em: Mai 2016.

JACKSON, N.L. & NORDSTROM, K.F. *Site-specific controls on wind and wave processes and beach mobility on estuarine beaches*. Journal of Coastal Research, v. 8, p. 88-98, 1992.

JACKSON, N.L., NORDSTROM, K.F., ELIOT, I., MASSELINK, G. *Low energy sandy beaches in marine and estuarine environments: a review*. Geomorphology v. 48, p.147–162, 2002.

JOHNSON, D. W. *Shore processes and shoreline development*. John Wiley & Sons, 584 p, 1919.

KLEIN, A.H.F. *Um método indireto para a determinação do estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas*. In: VI Congresso da

Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Anais... ABEQUA: Curitiba/PR, p. 76-78, 1997.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T. *Beach morphodynamics and profile for a headland bay coast*. Journal of Coastal Research, v.17, n. 4, p. 812-835, 2001.

KLEIN, A.H.F.; SHORT, A.D.; BONETTI, J. *Santa Catarina beach systems*. In: Short, A.D and Klein, A.H.F. (eds). Brazilian Beach Systems. Springer Coastal Research Library, v.17, p. 465-506, 2016a.

KLEIN, A. H. F.; PRADO, M. F. V.; DALINGHAUS, C.; DE CAMARGO, J. M. *Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno*. ISBN: 978-85- 7738-266-8. p. 252. 2016b.

KOLLURU, R.; BARTELL, S.; PITBLADO, R.; STRICOFF, S. *Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental Health and Safety Professionals*. Boston, Massachusetts: McGraw Hill, chap.1, p.3 – 41, 1996.

KOMAR, P.D. *Beach processes and sedimentation*. 2<sup>nd</sup> Edition. New Jersey: Prentice-Hall Inc. / Englewood Cliffs, 429p, 1976.

KOMAR, P.D.; MCDUGAL, W.G.; MARRA, J.J.; & RUGGIERO, P. *The rational analysis of setback distances: Applications to the Oregon coast*. Shore and Beach, v. 67, n.1, p. 41-49, 1999.

LINS DE BARROS, F. M. L. de. *Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro*. 298f. Dissertação de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

MARCELINO, E. V. *Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos*. Cadernos Didáticos n.1.Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Santa Maria, 38p, 2008.

MASSELINK, G.A.; SHORT, A.D. *The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model*. Journal of Coastal Research, v.9, n.3, p.785-800, 1993.

MAZZER, A.M. *Proposta Metodológica para Análise da Vulnerabilidade da Orla Marítima à Erosão Costeira: Aplicação em Praias Arenosas da Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis - Santa Catarina-Brasil)*. 170f. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS. Tese de doutorado. 2007.

MCFADDEN, L. *Vulnerability Analysis: A Useful Concept for Coastal Management*. In: MCFADDEN, L.; NICHOLLS, R.; PENNING-ROWSELL (Ed.) *Managing Coastal Vulnerability*. Oxford: Elsevier. p.15-28, 2007.

MCLACHLAN, A. *The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple system*. South African. Journal of Science, v. 76, p. 137-138, 1980.

MELO, E.; MARTINS, R. P.; FRANCO, D. *Standing Wave Tide at Florianopolis Bay (Brazil) and its Influence on Bay Pollution*. Coastal Environment Management And Conservation. Bordeaux, p. 143-151, 1997.

MUEHE, D.H. *Crítérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento*. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

MUEHE, D.H. (org.) *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 476 p, 2006.

MULER, M. *Avaliação da vulnerabilidade de praias da Ilha de Santa Catarina a perigos costeiros através da aplicação de um índice multicritério*. 213f. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MUSSI, C.S. *Avaliação da sensibilidade ambiental costeira e do risco à elevação média dos oceanos e incidência de ondas de tempestade: um estudo de caso para Ilha de Santa Catarina, SC*. 128f. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade do Vale do Itajaí, 2011.

NGUYEN, T.T.X.; BONETTI, J.; ROGERS, K.; WOODROFFE, C.D. *Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A*

review of concepts approaches and vulnerability indices. *Ocean and Coastal Management*, v. 123, p. 18 – 43, 2016.

NORDSTROM, K.F. *Estuarine Beaches*. Elsevier Applied Science, n. 67, 225p, 1992.

NORDSTROM, K.F. & JACKSON, N.L. *Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review*. *Earth-Science Reviews*, v.111, p. 232–247, 2012.

OLIVEIRA, U.R.; PARIZOTTO, B.A.D.M.; HORN FILHO, N.O.; BONETTI, J. *Setorização morfossedimentar das praias arenosas da Ilha de Santa Catarina (SC) utilizando técnicas de análise estatística multivariada*. In: GRAVEL, v.10, n.1, p.1-11, 2012.

ÖZÖLÇER, İ. H.; KÖMÜRÇÜ, M. İ.; BIRBEN, A. R.; YÜKSEK, Ö.; KARASU, S. *Effects of T-shape groin parameters on beach accretion*. *Ocean Engineering*, v. 33, Issues 3–4, p. 382–403, 2006.

PARISE, C.K.; CALLIARI, L.J.; KRUSCHE, N. *Extreme storm surges in the South of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion*. In: *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 57, n.3, p. 175-188, 2009.

PIERCE, L.R. *Lake waves, coarse clastic beach variability and management implications, Loch Lomond, Scotland, UK*. *Journal of Coastal Research*, v. 20, p. 562–585, 2004.

PROJETO ORLA: *Fundamentos para gestão integrada*. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 78p, 2002.

PRUDÊNCIO, R.S. *Estudo numérico da circulação induzida pela maré na Baía de Florianópolis*. 107f. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

RANGEL-BUITRAGO, N.; ANFUSO, G. *Review of the existing risk management methods*. In: Rangel-Buitrago and Anfuso (Eds.) *Risk assessment of Storms in Coastal Zones: Case Studies from Cartagena (Colombia) and Cadiz (Spain)*. Springer, Dordrecht, the Netherlands, p. 7 – 13, 2015.

ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.

RUDORFF, F.D.M.; BONETTI, J.; & MORENO, D.A. *Maré de Tempestade*. In: Herrmann, M. L. P. (ed.), Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Estado de Santa Catarina, Florianópolis, p.5, 2005.

RUDORFF, F.M.; BONETTI, J. *Avaliação da suscetibilidade à erosão costeira de praias da Ilha de Santa Catarina*. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v.14, n.1, p.9-20, 2010.

SALLES, C. M. *Esteiro de Santa Catarina - oceanografia dinâmica*. Florianópolis.1991.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL – SDS. *Modelo Digital de Terreno*. <http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>. 2014.

SERAFIM, M. & BONETTI, J. *Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério*. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 08, n.2, p.36-54, 2017.

SERFLING, R.J. *Approximation Theorems of Mathematical Statistics*. John Wiley & Sons, 1980.

SHARPLES, C. *Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Geomorphic Vulnerability to Sea-Level Rise Using GIS Line Map of Coastal Geomorphic Attributes*. Explanatory Report 1<sup>st</sup> Edition. Consultant Report to Department of Primary Industries & Water. Tasmania, 2006.

SHARPLES, C. MOUNT, R. *The Australian Coastal Smartline Geomorphic and Stability Map Version 1: Manual and Data Dictionary*. Australian Coastal Smartline Geomorphic and Stability Map Manual. Manual Version 1.0, 2009.

SHORT, A. D. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. England: John Wiley & Sons Ltd, 1999.

SILVA, P.G. *Exposição à inundação costeira nas praias dos Ingleses, Moçambique e Barra da Lagoa, Florianópolis, SC.* 237f. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências – CFH, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SIMÓ, D.H.; & HORN FILHO, N.O. *Caracterização e distribuição espacial das “ressacas” e áreas de risco na Ilha de Santa Catarina.* Gravel, v. 2, p. 93-103. 2004.

SMALL, C. NICHOLLS, R.J. *A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones.* Journal of Coastal Research, v.19, n.3, p.584-599, 2003.

SNOUSSI, M.; OUCHANI, T.; NIAZI, S. *Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone.* Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 77, p. 206-213, 2008.

SOUZA, C.R. DE G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, S.L.; VITAL, H.; DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. *Praias Arenosas e Erosão Costeira.* In: Souza et al. (eds.). Quaternário do Brasil. Holos Editora, p. 130-152, 2005.

TESSLER, M. *Potencial de Risco Natural.* In: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil. Brasília: MMA. p. 93-121, 2008.

TESSLER, M.G.; GOYA, S.C. *Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro.* Revista do Departamento de Geografia, v.17, p.11-23, 2005.

TOL, R.S.J. *On the Optimal Control of Carbon Dioxide Emissions: An Application of FUND.* Environmental Modelling and Assessment, 2, 151-163, 1997.

TOMAZZOLI, E.E. & PELLERIN, J.M. *Unidades do mapa geológico da Ilha de Santa Catarina: as rochas.* GEOSUL, v. 30, n.60, p. 225-247, 2015.

TORRESAN, S.; ZABEO, A.; RIZZI, J.; CRITTO, A.; PIZZOL, L.; GIOVE, S; MARCOMINI, A. *Risks assessment and decision support tools for the integrated evaluation of climate change impacts on coastal zones.* International Congress on Environmental Modelling and Software

Modelling for Environmental Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada, 2010.

UNDP (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME). *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*. Disponível em: <<http://www.undp.org/bcpr>>. Acesso em: Mai, 2016.

VIANNA, L. F. N. & BONETTI, J. *Spatial and multi-criteria analysis in GIS for site selection in marine aquaculture: an integrated approach applied to Baía Sul, Santa Catarina, Brazil*. Aquaculture (in press), 2018.

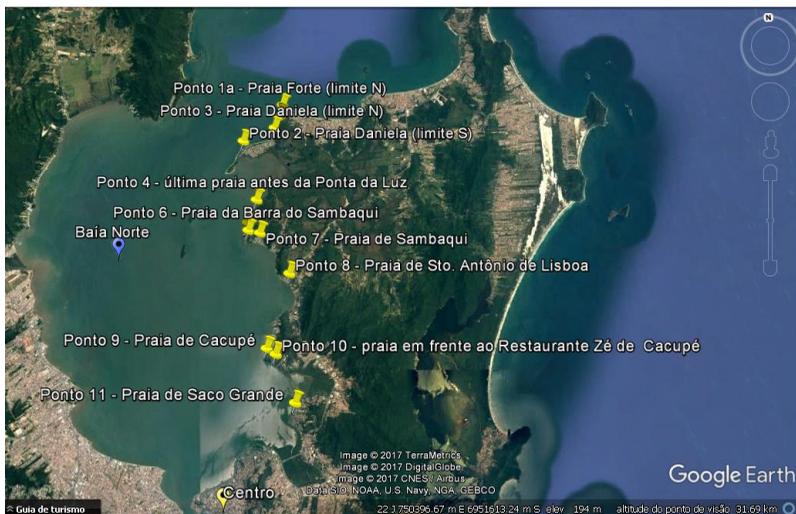
WEILL, M. de A.; PIRES NETO, A. G. *Erosão e Assoreamento*. In: SANTOS, R. F. dos (org.). Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 192p, 2007.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. *Morphodynamics variability of surf zones and beaches: A synthesis*. Marine Geology, v.56, p.93-118, 1984.

ZANUTTIGH, B.; SIMCIC, D.; BAGLI, S.; BOZZEDA, F.; PIETRANTONI, L.; ZAGONARI, F.; HOGGART, S.; NICHOLLS, R. J. *THESEUS decision support system for coastal risk management*. Coastal Engineering, 87, 218-239, Elsevier, 2014.

**APÊNDICE I**  
**FICHAS DE CAMPO**

## 1º Dia – 06/07/2017



### **Ponto 1:** Praia do Forte (limite Norte)

11:50, sol fraco

Limite Norte

Limite Sul

X: 745170

X: 745021

Y: 6963029

Y: 6962488

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** fina

**Declividade da face da praia:** muito baixa a nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Morro à Retaguarda

### **Observações:**

Limite Norte: areia fina, bem selecionada.

Faixa de praia estreita.

Não foi observado nenhum processo erosivo em estágio avançado ou considerável.

Baixa urbanização no entorno da praia. No limite norte foi observado um bar de pequeno porte.

Região do pós-praia é utilizada como estacionamento de veículos de passeio, apresentando setores alagados.

Apresenta setores do pós-praia com acúmulo de água meteórica, provavelmente proveniente do escoamento de água dos morros à retaguarda.

Não possui vegetação bem desenvolvida no limite do pós-praia.

Limite Sul: praia apresenta ainda menor urbanização.

Encontra-se em melhor estado de conservação.

Restinga melhor preservada.

Apresenta 3 pontos de acumulação de lixo/entulho ao longo da praia.

**Ponto 2:** Praia de Daniela (limite Sul)

13:10, sol fraco

X: 743197

Y: 6961369

**Geologia:** Depósitos Paludiais

**Geomorfologia:** Planície de Maré

**Granulometria:** fina

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Dunas e Cordões Litorâneos

**Observações:**

Areia fina, bem selecionada.

Restinga bem desenvolvida e preservada.

Orla da praia não urbanizada.

Faixa de praia média a estreita. Após curva côncava, faixa de praia torna-se mais estreita.

**Ponto 3:** Praia de Daniela, limite Norte

Sol fraco

X: 744717

Y: 6961900

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** fina - média

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Morro à Retaguarda

**Observações:**

Ponto marcado após pequeno promontório rochoso, correspondendo a uma pequena praia bastante abrigada.

Granulometria se torna levemente mais grossa, caracteriza como fina – média.

Largura da praia se mantém média a estreita.

São observados matacões de granito na faixa de praia.

**Ponto 4:** última prainha antes da Ponta da Luz (Sambaqui)

15:00, sol fraco

X: 743712

Y: 6958405

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** média

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia média bem selecionada.

Faixa de praia média a estreita.

Apresenta conchas e fragmentos de conchas de poucos a até 10 centímetros de eixo de maior alongamento.

Limites Norte e Sul apresentam pequenos promontórios rochosos inclinados.

Vegetação no pós-praia bem preservada.

**Ponto 5:** praia em frente ao Recanto das Gaivotas (Sambaqui)

15:40

Sol fraco

X: 743238

Y: 6957345

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** média

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia média a grossa bem selecionada.

Apresenta conchas e fragmentos de conchas milimétricas a poucos centímetros.

Limites Norte e Sul são limitados por pequenos promontórios rochosos inclinados.

Largura de praia média a estreita.

Faixa de praia apresenta matacões de granito.

**Ponto 6:** praia da Barra do Sambaqui

15:50, sol fraco

X: 743261

Y: 6956973

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** média

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia média moderadamente selecionada, com alto teor de material fino. Apresenta conchas e fragmentos de conchas milimétricas a centimétricas, em menor frequência do que observado nas praias anteriores.

Limitada a Sul e Norte por pequenos promontórios rochosos inclinados.

Largura de faixa de praia média a estreita.

Observa-se estruturas de concreto na região do pós-praia, para contenção de erosão/inundação.

Orla da praia apresenta-se bem urbanizada, com presença de bares e escola infantil.

**Ponto 7:** Praia de Sambaqui

16:50, sol fraco

X: 743789

Y: 6956803

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** muito baixa a nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada, variando de fina a grossa.  
 Largura de praia média a estreita.  
 Limite sul apresenta matacões de granito.  
 Limite norte apresenta pequeno promontório inclinado.

**Ponto 8:** Praia de Santo Antônio de Lisboa

17:05, sol poente

X: 745063

Y: 6954783

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** muito baixa

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada, com baixa presença de conchas e fragmento de conchas.

Largura de praia média a estreita.

Orla bem urbanizada, predominantemente por bares.

Limitada a sul por matacões de granito.

Limitada a norte por promontório rochoso inclinado.

**Ponto 9:** Praia de Cacupé

17:40, sol poente

X: 743868

Y: 6951473

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** muito baixa a nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada.

Apresenta conchas e seixos de conchas milimétricas a centimétricas em menor frequência.

Apresenta matacões de granito pela faixa de praia.

Largura da praia média a estreita.

Limitada a Sul e a Norte por matacões de granito.

Orla pouco urbanizada.

Vegetação conservada, representada predominantemente por gramíneas.

**Ponto 10:** praia em frente ao Restaurante Zé do Cacupé (Cacupé)

17:50, sol poente

X: 744251

Y: 6951187

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada.

Apresenta seixos de conchas milimétricos bem escassos.

Apresenta matacões de granito no limite Norte.

Largura de praia média a estreita.

Orla não urbanizada.

**Ponto 11:** Praia de Saco Grande

18:09, sol poente

X: 745017

Y: 6948987

**Geologia:** Depósitos Paludiais

**Geomorfologia:** Planície de Maré

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** manguezal/marismas

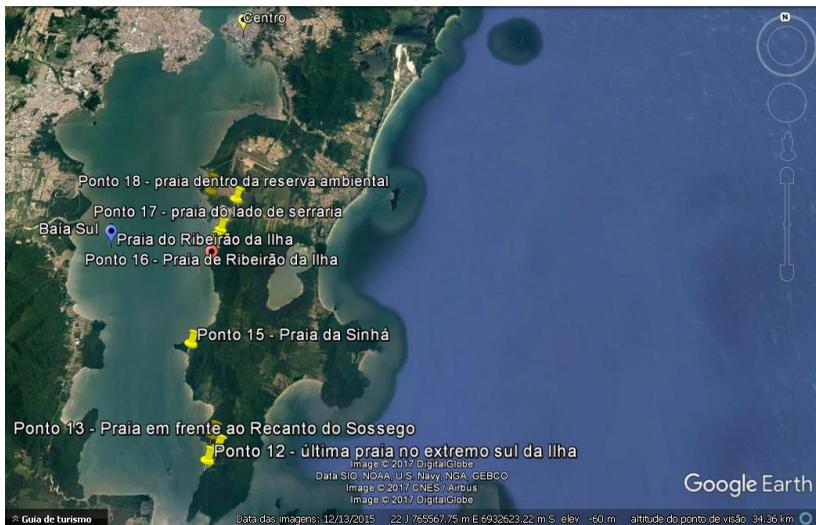
**Observações:**

Observada durante maré alta, apresentando aspecto lamacento.

Areia grossa mal selecionada, cascalhenta.  
Largura da praia variou de média a bem estreita.  
Limitada a Norte e Sul por pequenos promontórios.  
Apresenta matacões de granito isolados ao longo da faixa de praia.

**Conclusões (setor centro – norte):** com exceção às informações coletadas no ponto 11, todas as outras corresponderam ao observado e extraído dos mapas prévios. Observou-se granulometria mais fina nas praias do extremo Norte e granulometria grossa, com presença de conchas e seus fragmentos nas praias abaixo. A declividade não era totalmente nula em alguns pontos, mas não apresentava inclinação suficiente para reclassificação de toda uma extensão. A largura da faixa de praia é estreita e média a estreita. Atenção especial deverá ser dada à ponderação da feição do pós-praia, pois onde observa-se “urbano sob planície costeira”, as construções encontram-se bem próximas à faixa de praia. Não foram observadas feições erosivas em estágio avançado em nenhuma das praias e apenas um ponto apresentou construções para contenção de erosão e proteção à possíveis inundações. No ponto 11, a Praia de Saco Grande encontra-se entre dois setores classificados como Depósitos Paludiais, Planície de Maré e manguezal/marismas. Nas informações extraídas, esse setor foi classificado como Granito Ilha, Serras do Leste Catarinense e manguezal/marismas. Tal discrepância deverá ser verificada, podendo ser problemas na escala de trabalho ou ainda a verificação correta de onde as informações foram extraídas, pois estas foram retidas no limite de uma classificação para outra.

## 2º Dia – 08/07/2017



**Ponto 12:** última praia no extremo Sul da Ilha, próxima à trilha para Naufragados (Caieiras do Sul)

12:40, sol fraco

X: 739968

Y: 6920704

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Morro à Retaguarda

### Observações:

Areia grossa mal selecionada, com elevado teor de material fino.

Apresenta conchas e fragmentos de conchas milimétricos a poucos centímetros.

Largura de praia média a estreita.

Apresenta faixas de areia de coloração escura (minerais pesados? Mn?)

Limitada a Norte e Sul por matações de granito.

**Ponto 13:** praia em frente ao Recanto do Sossego (Caieiras do Sul)

15:20, sol fraco

X: 740432

Y: 6921197

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano com morro à Retaguarda

### **Observações:**

Areia grossa mal selecionada, bastante quartzosa, com elevado teor de material fino.

Apresenta conchas e fragmentos de conchas milimétricas a poucos centímetros.

Largura de praia média a estreita.

Limitada à Norte e Sul por pequenos promontórios inclinados.

Possui construções residenciais bem à beira da praia.

### **Ponto 14:** Praia Grande / “Praia do Pedrinho”

15:40, sol fraco

X: 740200

Y: 6921847

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano com morro à Retaguarda

### **Observações:**

Areia grossa mal selecionada, quartzosa, como elevado teor de material fino.

Apresenta conchas centimétricas.

Largura de praia média a estreita.

Apresenta construções residenciais bem próximas à beira da praia.

### **Ponto 15:** Praia da Sinhá

16:30, sol fraco

X: 739068

Y: 6926322

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** média-baixa

**Feição do pós-praia e retaguarda:** planície costeira

### **Observações:**

Areia predominantemente grossa, mal selecionada.

Apresenta conchas de poucos centímetros, em geral bem preservadas.

Largura de praia estreita a média.

Possui construções residenciais bem próximas à beira da praia.

### **Ponto 16:** Praia de Ribeirão da Ilha

16:55, sol fraco

X: 740142

Y: 6931493

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano com morro à Retaguarda

### **Observações:**

Areia grossa mal selecionada.

Apresenta conchas de poucos centímetros.

Largura da praia média – estreita.

Orla urbanizada, com presença de casas e restaurante bem próximos à beira da praia.

Possui matacões de granito isolados na beira da praia.

### **Ponto 17:** praia do lado da serraria (Ribeirão da Ilha)

17:10, sol poente

X: 740477

Y: 6932253

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Serras do Leste Catarinense

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano com morro à Retaguarda

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada.

Apresenta conchas de poucos centímetros.

Largura de praia estreita.

Orla da praia bastante urbanizada, com casas e uma serraria bem à beira da praia.

Possui matações de granito isolados.

Apresenta duas saídas irregulares de esgoto.

Apresenta estruturas em concreto para contenção de barranco.

**Ponto 18:** praia próxima à área de preservação ambiental (Tapera)

17:20, sol poente

X: 741280

Y: 6933963

**Geologia:** Depósito Flúvio Lagunar Lacustre

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** fina

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob manguezal

**Observações:**

Pertence a uma área de proteção ambiental de mangue.

Areia fina, bem selecionada.

Apresenta conchas de poucos centímetros.

Orla da praia não está urbanizada.

Largura de praia estreita.

**Ponto 19:** pequena praia no final de um beco (Tapera)

17:35, sol poente

X: 739932

Y: 6934566

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** baixa

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Morro à Retaguarda

**Observações:**

Areia grossa, bem selecionada.

Apresenta conchas centimétricas.

Presença de grandes a pequenos matacões de granito dispostos pela faixa de praia.

Largura de praia média a estreita.

**Ponto 20:** praia em frente ao Restaurante da Praia (Tapera)

17:50, sol poente

X: 739895

Y: 6934868

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** muito grossa

**Declividade da face da praia:** baixa

**Feição do pós-praia e retaguarda:** Morro à Retaguarda

**Observações:**

Areia muito grossa, bem selecionada.

Apresenta conchas centimétricas.

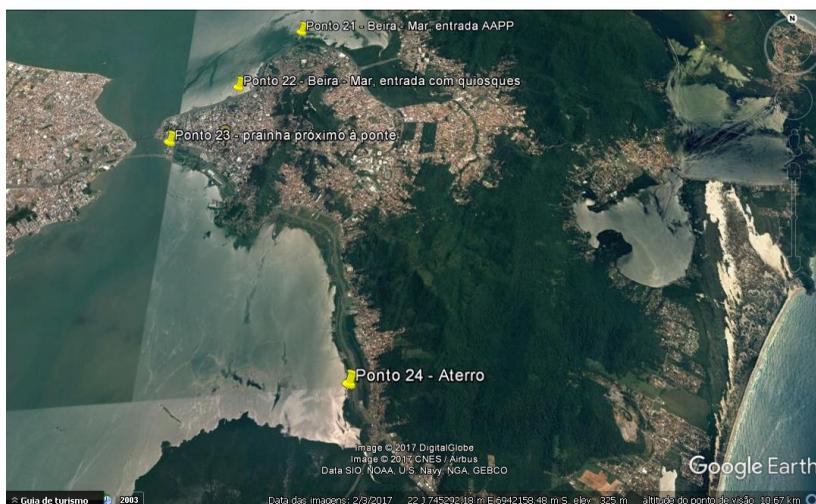
Possui matacões de granito isolados.

Largura de praia média a estreita.

**Conclusões (setor sul):** todas as informações coletadas corresponderam ao observado e extraído dos mapas prévios, com exceção do ponto 18, que apresentou praia com granulometria fina, porém nos mapas prévios mostra como granulometria grossa. Tal erro pode deve ser investigado, mas acredita-se que seja devido à escala adotada pelo trabalho. À exceção de uma praia que apresentou granulometria fina e outra que apresentou muito grossa, todas as outras apresentaram granulometria média grossa a grossa, com presença de conchas em geral bem preservadas. A declividade também não se apresentou totalmente nula em alguns pontos,

mas não apresentava inclinação suficiente para reclassificação de toda uma extensão. Assim como nas praias do setor centro – norte, atenção especial deverá ser dada à ponderação da feição do pós-praia, pois onde observa-se “urbano sob planície costeira” ou “urbano com morro à retaguarda”, as construções encontram-se bem próximas à faixa de praia. Não foram observadas feições erosivas em estágio avançado em nenhuma das praias e apenas um ponto apresentou construções para contenção de barranco e esgoto irregular.

### 3º Dia – 13/07/2017



#### **Ponto 21: Beira – Mar, entrada APPC**

14:20, ensolarado

X: 743206

Y: 6947938

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** média-baixa

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa bem selecionada, com elevada quantidade de conchas e fragmentos de cochas de poucos centímetros.

Largura de praia estreita.

Elevada acumulação de matéria orgânica.

Possui estruturas em concreto para sustentação de barranco.

Pós – praia bem vegetado.

Comunidade de pescadores, com casas próximas e na faixa de praia.

**Ponto 22:** Beira – Mar, entrada com quiosques

14:40, ensolarado

X: 741955

Y: 6946406

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** grossa

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia grossa mal selecionada, com baixa quantidade de conchas e fragmentos de conchas e elevado teor de material fino.

Apresenta estruturas em concreto para proteção e sustentação de barranco.

Largura de praia média a estreita.

Pós – praia vegetado com gramíneas.

**Ponto 23:** prainha próxima à ponte

15:00, ensolarado

X: 740716

Y: 6945064

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** fina

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Areia fina mal selecionada, com baixa frequência de conchas e fragmentos de conchas.

Elevada quantidade de matéria orgânica.

Saída irregular de esgoto.

Largura de praia estreita.

Apresenta estruturas em concreto para contenção e proteção de barranco.

**Ponto 24:** Aterro (vila de pescadores)

15:30, ensolarado

X: 744052

Y: 6939953

**Geologia:** Granito Ilha

**Geomorfologia:** Terraço Lagunar

**Granulometria:** Aterro

**Declividade da face da praia:** nula

**Feição do pós-praia e retaguarda:** urbano sob planície costeira

**Observações:**

Pós – praia dominado por conchas bem preservadas.

Faixa de praia muito estreita.

Areia fina bem selecionada.

Construções da vila de pescadores bem próximas à praia.

Vegetação densa e bem desenvolvida.

Espigões de pouca extensão, em alta frequência.

**Conclusões (setor centro – Aterro Sul):** todas as informações coletadas corresponderam ao observado e extraído dos mapas prévios, com exceção à declividade do ponto 23. Em campo, foi diagnosticado como declividade baixa, enquanto nos mapas prévios a área corresponde a declividade nula. Assim como nos setores anteriores, atenção especial deverá ser dada à ponderação da feição do pós-praia, pois onde observa-se “urbano sob planície costeira” ou “urbano com morro à retaguarda”, as construções encontram-se bem próximas à faixa de praia. Nesse setor, em especial, foi possível observar estruturas para contenção de - e proteção à - erosão e/ou inundação em maior frequência, devido à elevada urbanização a que está submetido o setor central. Também foram observadas saídas irregulares de esgoto.

**Conclusões gerais:** após observação e organização das informações extraídas em campo, pode-se concluir que as informações extraídas nos mapas prévios representaram coerentemente as características do ambiente, podendo ser consideradas fontes de qualidade com segurança. Alguns dados pontuais não corresponderam ao esperado, podendo ser resultado de problemas com a escala de trabalho adotada. As informações coletadas auxiliarão em uma melhor atribuição de pesos às classes dos atributos, principalmente em “Feições do Pós-praia”, onde há intervenção humana. Foi possível observar que, em maior ou maior frequência, construções residenciais e/ou comerciais, encontram-se muito próximas à faixa de praia (algumas já dentro da praia). De forma geral, o campo mostrou-se proveitoso para o desenvolvimento da pesquisa, no qual foi extraído quantidade considerável de material adicional, principalmente sob a forma de imagens.

**Apêndice II**  
Quadros de Atribuição de Códigos

## Quadros de Atribuição de Códigos

Além da determinação das classes de vulnerabilidade do meio físico à erosão e inundação, os produtos da metodologia *Smartline* também se propõem a dialogar com o aspecto comunitário.

Essa tabela de atributos visa contribuir para a tomada de decisões de questões sociais e/ou econômicas de atividades que ocorram próximas à linha de costa de estudo, como exemplo a construção de estabelecimentos residenciais ou comerciais e a implantação de cultivos de frutos do mar. Dessa forma, desenvolve-se a interação entre a sociedade e a pesquisa desenvolvida.

Cada uma das classes dos atributos apresenta seu peso relacionado, sua classificação e uma breve explanação das suas características físicas.

### Atributos de primeira ordem

#### Geologia

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
Granito Ilha	1gi	1,0	Baixa vulnerabilidade	Rochas consolidadas; terreno estável.
Dep. Paludiais	1dp	2,0	Moderada vulnerabilidade	Sedimentos inconsolidados com leve agregação; terreno moderadamente estável.

#### Geomorfologia

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
Serras do Leste Catarinense	1slc	1,0	Baixa vulnerabilidade	Terrenos elevados; alta estabilidade.
Planície de Maré	1pm	3,0	Alta vulnerabilidade	Terrenos baixos, levemente inclinados em direção ao mar.
Dep. Arenosos de Origem Marinha	1dam	3,0	Alta vulnerabilidade	

### Atributos de segunda ordem

#### Fonte de suprimento sedimentar

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
0 m	2ss1'	3,0	Alta vulnerabilidade	Condiciona quantidade de sedimento que
0,000001 – 2,5 m	2ss2'	2,5	Alta vulnerabilidade	

2,500001 – 4,5 m	2ss3'	2,0	Moderada vulnerabilidade	alimenta a praia. Quanto menor a diferença de altitude da linha de costa até 100 m em direção ao continente, maior a vulnerabilidade.
4,500001 – 25 m	2ss4'	1,5	Baixa vulnerabilidade	

### Velocidade Corrente de Maré Astronômica

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
0 – 0,126 ms <sup>-1</sup>	2mv1'	1,0	Muito baixa vulnerabilidade	Condiciona capacidade de transporte de sedimento. Quanto menor a velocidade, menos sedimento transporta e menor é a vulnerabilidade do sistema.
0,127 – 0,252 ms <sup>-1</sup>	2mv2'	1,5	Baixa vulnerabilidade	
0,253 – 0,387 ms <sup>-1</sup>	2mv3'	2,0	Moderada vulnerabilidade	
0,379 – 0,504 ms <sup>-1</sup>	2mv4'	2,5	Alta vulnerabilidade	
0,505 – 0,63 ms <sup>-1</sup>	2mv5'	3,0	Alta vulnerabilidade	

### Grau de exposição às ondas de vento

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
Baixa exposição	2bae	1,0	Muito baixa vulnerabilidade	Quanto maior a exposição da costa às ondas superficiais maior o potencial erosivo e de inundação. Dessa forma, quanto maior o grau de exposição, maior a vulnerabilidade.
Média baixa exposição	2mbe	1,5	Baixa vulnerabilidade	
Média exposição	2mee	2,0	Moderada vulnerabilidade	
Média alta exposição	2mae	2,5	Alta vulnerabilidade	
Alta exposição	2aee	3,0	Alta vulnerabilidade	

### Atributos de terceira ordem

### Feição do Pós – Praia e Retaguarda

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
Morro à retaguarda	3mr	1,0	Muito baixa vulnerabilidade	Terreno elevado e estável.
Planície Costeira	3pc	2,0	Moderada vulnerabilidade	Terreno baixo e plano.
Manguezal e Marismas	3mm	2,5	Alta vulnerabilidade	Terreno baixo, inclinado, composto por sedimentos inconsolidados; área de proteção ambiental (APP).

Urbano com morro à retaguarda	3umr	2,5	Alta vulnerabilidade	Terreno elevado e estável, porém com urbanização muito próxima à linha de costa.
Dunas e Cordões Litorâneos	3dcl	3,0	Alta vulnerabilidade	Sedimentos finos inconsolidados; área de proteção ambiental (APP).
Urbano sob planície costeira	3upc	3,0	Alta vulnerabilidade	Terreno baixo e plano, com urbanização muito próxima à linha de costa.
Urbano sob manguezal	3usm	3,0	Alta vulnerabilidade	Terreno baixo, inclinado, composto por sedimentos inconsolidados, com urbanização muito próxima à linha de costa; área de proteção ambiental (APP).

### Granulometria

Classes	Código	Peso	Classificação	Características
Areia fina	3gaf	3,0	Alta vulnerabilidade	Quanto menor o diâmetro do grão, menor a energia necessária para transporte. Dessa forma, quanto menor o grão, maior a vulnerabilidade.
Areia média	3gam	2,0	Moderada vulnerabilidade	
Areia grossa	3gag	1,0	Muito baixa vulnerabilidade	
Aterro	3gat	1,0	Muito baixa vulnerabilidade	Comportamento por areia grossa e fragmentos de conchas, de muito baixa vulnerabilidade.
Costões	3gco	2,0	Moderada vulnerabilidade	Constituídos por matacões graníticos, de baixa vulnerabilidade à erosão. Porém, sua inclinação confere alta vulnerabilidade à inundação.

### Declividade

Classes	Código	Peso		Classificação	Características
Nula	3dn	1,0		Muito baixa vulnerabilidade	Terrenos planos favorecem espraiamento e perda de energia das ondas.
0 – 3°	3d1'	3,0		Alta vulnerabilidade	Favorece empilhamento e aumento de energia das ondas.

3 – 8°	3d2'	2,0		Moderada vulnerabilidade	Favorece empilhamento das ondas, porém inclinação diminui a energia.
--------	------	-----	--	--------------------------	--