



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Ligia de Freitas Tebechrani

**Comportamento da linha de costa, interferência de obras costeiras e relações interpraisais: estudo de caso nas praias arenosas de Barra Velha, Santa Catarina**

Florianópolis

2023

Ligia de Freitas Tebechrani

**Comportamento da linha de costa, interferência de obras costeiras e relações interpraias: estudo de caso nas praias arenosas de Barra Velha, Santa Catarina**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Oceanografia.

Orientador: Prof. Pedro de Souza Pereira, Dr.

Florianópolis

2023

Tebechrani, Ligia de Freitas

Comportamento da linha de costa, interferência de obras costeiras e relações interpraisais : estudo de caso nas praias arenosas de Barra Velha, Santa Catarina / Ligia de Freitas Tebechrani ; orientador, Pedro de Souza Pereira, 2023.

61 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. transposição sedimentar. 3. intervenção antrópica. 4. erosão costeira. I. Pereira, Pedro de Souza. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. III. Título.

Ligia de Freitas Tebechrani

**Comportamento da linha de costa, interferência de obras costeiras e relações interpaciais: estudo de caso nas praias arenosas de Barra Velha, Santa Catarina**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 26 de setembro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Pedro de Souza Pereira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

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

Prof. Elirio Ernestino Toldo Junior, Dr.  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Pedro de Souza Pereira, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2023.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Aziz e Denise, e irmãos, Aziz e Mauricio, pelo incentivo e apoio incondicional sempre.

Ao meu orientador, Pedro de Souza Pereira, pelo compartilhamento de saberes, pelas discussões e por apoiar e contribuir com minhas ideias. Aos membros da minha banca, Antonio Henrique da Fontoura Klein e Elirio Ernestino Toldo Junior, por contribuírem significativamente com o desenvolvimento da minha pesquisa desde o início do projeto.

Aos meus colegas e amigos de apartamento: Julia, Rafa e Micael, do 303/302, e Gabi, Carol e Juana, do 103, pela amizade e paciência. Ao Micael, agradeço também pela ajuda com o Matlab em diversas etapas deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC/UFSC): Ana Flavia Bastos, Gabriela Freire, Lilli Valle, Mariana Koerich, Rafaela Rusa, Lais Pool, Marcos Tomasi, Mariane Pullig, Pedro Alípio e Wilson Galvão; e colegas e amigos do mestrado: Barbara Viana, Camila Andreussi e Flora Sauerbronn. Agradeço pelo tempo, cafés, bolos, conversas, risadas e preocupações compartilhadas.

Agradeço aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGOceano/UFSC) pelo repasse de conhecimento.

À Mariana Aguirre, pela ajuda imensa com o inglês do artigo. À Luana Borato, pelas trocas de conhecimento e rotinas de Matlab. Agradeço as duas também pela amizade desde o início da minha vida na oceanografia, em 2014 no pequeno balneário de Pontal do Sul.

À Rita de Cassia Dutra, do Laboratório de Gestão Costeira Integrada (LAGECI/UFSC), por ceder os dados de registro de ocorrência de desastres da Defesa Civil. Ao Elton Cunha, da Defesa Civil de Barra Velha, por me envolver nos projetos da cidade e expandir meus conhecimentos técnicos.

Por fim, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro.

## RESUMO

Aproximadamente 24% das praias arenosas do planeta estão em processo erosivo por motivos naturais e/ou antrópicos. Neste cenário, o município de Barra Velha, localizado no litoral norte de Santa Catarina, é a quarta cidade do estado mais afetada por desastres naturais de erosão e inundação. A erosão é um problema a ser mitigado quando afeta regiões de interesse social, econômico e ecológico, e é de suma importância reconhecer e avaliar o papel dos processos que influenciam a costa para evitar interferências sem o devido planejamento. Assim sendo, o presente trabalho objetiva compreender os processos erosivos e as conexões entre as praias do município de Barra Velha. Para analisar o comportamento em médio e longo termo de cada praia e o impacto das obras costeiras, dados temporais e espaciais de linha de costa das praias arenosas do município, bem como taxas de erosão e acreção de cada praia, foram extraídos com a ferramenta CASSIE (*Coastal Analyst System from Space Imagey Engine*). Tais dados foram filtrados para minimizar o efeito da maré e para remoção de dados espúrios. Após isso, foram projetados em diagramas de Hovmöller para visualização de comportamentos temporais e espaciais. Para investigar padrões interpraias, foram utilizados dados de linha de costa detectados pela ferramenta CoastSat, os quais passaram pelo mesmo processo de filtragem dos dados do CASSIE e, em seguida, transectos foram correlacionados pelo método de Pearson. Na análise de longo prazo, quase todas as praias apresentaram uma tendência predominante de estabilidade. Com esses dados, pode-se notar um padrão de rotação praias principalmente no arco praias Tabuleiro-Sol e na junção das praias das Pedras Brancas e Grant. Em médio prazo, foi identificado o padrão sazonal em quase todas as praias, com o recuo da linha de costa predominantemente nos meses de inverno e primavera. Em relação às intervenções costeiras no município, ficou evidente o impacto negativo de obras longitudinais, que acentuaram os processos de erosão, e a baixa eficácia das obras transversais. Por fim, os dados de correlação registraram valores altos entre lados opostos do Costão das Pedras Brancas e da desembocadura do Rio Itajuba, sugerindo que há transposição sedimentar nessas feições. Lados opostos do Costão do Cerro e dos Naufragos demonstraram baixa correlação, demonstrando que a troca sedimentar entre esses promontórios não é constante e, se existir, ocorre em escalas temporais não identificadas na metodologia utilizada.

**Palavras-chave:** transposição sedimentar; intervenção antrópica; erosão costeira.

### **Destaques:**

- Dados de linha de costa indicam tendências, ciclos, impactos de estruturas rígidas e processos de transposição sedimentar.
- As estruturas longitudinais amplificam os processos erosivos.
- A construção de um molhe alterou a posição de equilíbrio em praias adjacentes.
- A correlação linear detecta os limites das células litorâneas e transposições contínuas.
- Costões rochosos não necessariamente indicam limites de células litorâneas.

## ABSTRACT

Approximately 24% of the world's sandy beaches are undergoing erosive processes due to natural and/or anthropogenic reasons. In this context, the city of Barra Velha, located on the northern coast of Santa Catarina, is the fourth most affected city in the state by natural erosion and flooding disasters. Erosion is a problem that needs to be mitigated when it affects regions of social, economic, and ecological interest. It is of paramount importance to recognize and evaluate the role of processes influencing the coast to avoid unplanned interferences. Therefore, the present study aims to comprehend the erosive processes and beaches interconnections on Barra Velha. To analyze the medium and long term behavior of each beach and the impact of coastal structures, temporal and spatial data of shoreline positions of the sandy beaches in the city, as well as erosion and accretion rates of each beach, were extracted using the CASSIE tool (Coastal Analyst System from Space Imagery Engine). These data were filtered to minimize tidal effects and remove outliers. Subsequently, they were projected onto Hovmöller diagrams to visualize temporal and spatial behaviors. In order to investigate beaches interconnections, shoreline data detected by the CoastSat tool were used. These data underwent the same filtering process as the CASSIE data, and then transects were correlated using the Pearson method. In the long-term analysis, nearly all beaches exhibited a predominant stability trend. These data revealed a pattern of beach rotation, mainly observed in the Tabuleiro-Sol beach arc and at the junction of Pedras Brancas and Grant beaches. In the medium term, a seasonal pattern was identified in almost all beaches, with shoreline retreat primarily occurring during the winter and spring months. Regarding coastal interventions in the city, the negative impact of longitudinal structures, which exacerbated erosion processes, became evident. The effectiveness of transverse structures was also found to be low. Finally, correlation data recorded high values between opposite sides of the Pedras Brancas Headland and the Itajuba River Inlet, suggesting sediment bypassing in these features. In contrast, opposite sides of the Cerro and Naufragos Headland demonstrated low correlation, indicating that sediment exchange between these promontories is not constant and, if it exists, it occurs on temporal scales not identified in the methodology used.

**Keywords:** headland bypassing; anthropogenic intervention; coastal erosion.

### Highlights:

- Shoreline data identify trends, cycles, structures impacts and bypassing process.
- Longitudinal structures amplify erosional processes.
- Construction of a jetty altered the equilibrium position of adjacent embayed beaches.
- Linear correlation detects littoral cell boundaries and continuous bypassing.
- Headlands do not necessarily indicate coastal cell boundaries.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das praias e das principais feições de Barra Velha.....	16
Figura 2 – Fluxo metodológico para a extração das linhas de costa com a ferramenta CASSIE e pós-processamento dos dados. ....	19
Figura 3 – Fluxo metodológico para a extração das linhas de costa com a ferramenta CoastSat e pós-processamento dos dados.....	21
Figura 4 – Exemplo de resultado da aplicação do filtro de desvio padrão. ....	23
Figura 5 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia da Península. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).....	27
Figura 6 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia da Península. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A seta tracejada destaca a direção do transporte sedimentar evidenciada no diagrama. ....	28
Figura 7 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Centro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A seta indica o ano do aterro hidráulico. .	30
Figura 8 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Centro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). As setas contínuas destacam os períodos erosivos identificados na primavera e as setas tracejadas destacam os períodos de inverno. ....	31
Figura 9 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo no arco praial Tabuleiro-Sol. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).....	33
Figura 10 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo no arco praial Tabuleiro-Sol. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). ....	34
Figura 11 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia das Pedras Brancas. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A linha tracejada entre os transectos 2 e 3 representa a posição da laje rochosa. ....	35

Figura 12 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia das Pedras Brancas. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A linha tracejada representa a posição da laje rochosa. As setas apontam os períodos erosivos na primavera. ...	36
Figura 13 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Grant. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).....	38
Figura 14 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Grant. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), Taxa de Regressão Linear – LRR (centro) e Cobertura de Mudança da Linha de Costa – SCE (direita). As setas apontam os períodos erosivos na primavera. ....	39
Figura 15 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Cerro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).....	40
Figura 16 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Cerro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).....	42
Figura 17 – Relação entre obras rígidas costeiras e classificação das praias arenosas de acordo com dados de LRR em médio prazo (2015-2023). ....	43
Figura 18 – Mudança de ponto de controle de refração após a construção do molhe de fixação da desembocadura do rio Itajuba.....	45
Figura 19 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: ao espigão do Centro (b), ao Costão dos Naufragos (c) e entre as praias da Península e do Tabuleiro (d). ....	46
Figura 20 – Espigão do Centro comparado com a abrangência da zona de surfe (imagem de 2020). ....	47
Figura 21 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: ao Costão das Pedras Brancas e Negras (b) e à Laje Rochosa da Praia das Pedras Brancas (c).....	49
Figura 22 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: à desembocadura do Rio Itajuba (b) e ao Costão do Cerro (c). ....	51
Figura 23 – Síntese da correlação entre lados opostos de barreiras transversais na costa de Barra Velha. ....	52

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>15</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS.....	16
3.2	EROSÃO COSTEIRA E URBANIZAÇÃO .....	17
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
4.1	DETECÇÃO DA LINHA DE COSTA .....	19
<b>4.1.1</b>	<b>Análise de variação da linha de costa</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Verificação de conexões interprais</b> .....	<b>20</b>
4.2	FILTRAGEM DOS DADOS .....	22
<b>4.2.1</b>	<b>Influência da maré</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Filtro de desvio padrão</b> .....	<b>23</b>
4.3	DIAGRAMA DE HOVMÖLLER.....	23
4.4	CORRELAÇÃO ENTRE TRANSECTOS .....	24
4.5	OBRAS RÍGIDAS COSTEIRAS E CLASSIFICAÇÃO DA COSTA.....	25
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
5.1	VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE LONGO E MÉDIO TERMO .....	26
<b>5.1.1</b>	<b>Praia da Península</b> .....	<b>26</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Praia do Centro</b> .....	<b>29</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Arco praias Tabuleiro–Sol</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Praia das Pedras Brancas</b> .....	<b>34</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Praia do Grant</b> .....	<b>37</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Praia do Cerro</b> .....	<b>39</b>
5.2	IMPACTO DAS OBRAS.....	42
5.3	CORRELAÇÃO ENTRE PRAIAS.....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>
	<b>APÊNDICE A – NÚMERO DE DADOS UTILIZADOS</b> .....	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Aproximadamente 24% das praias arenosas do planeta sofrem processos erosivos, cuja causa está relacionada a forças naturais geralmente intensificadas por interferências e influências antrópicas (LUIJENDIJK *et al.*, 2018). A erosão ocorre quando a quantidade de sedimento retirado do sistema de circulação praial é maior do que a quantidade de aporte, ou seja, quando há um balanço sedimentar negativo (KOMAR, 1997). De acordo com Souza (2009), como consequência dos processos erosivos, encontram-se: (I) pós-praia estreita ou inexistente; (II) recuo da linha de costa em escala decadal; (III) aparecimento de escarpas; (IV) destruição de dunas frontais e presença de raízes e troncos; (V) destruição de estruturas artificiais; e (VI) presença de minerais pesados concentrados em trechos da praia (SOUZA, 2009). Além disso, pode-se citar a perda e desequilíbrio de habitats naturais, a maior frequência de inundações por ressacas e a perda do potencial turístico do local (SOUZA *et al.*, 2005). Neste sentido, alterações antrópicas desestabilizam o sistema praial, impedindo a dinâmica natural dos agentes (KOMAR, 1997).

Vousdoukas *et al.* (2020a) sugerem que os efeitos das mudanças climáticas nas tendências ambientais da dinâmica costeira, como o aumento do nível do mar e a maior frequência de eventos extremos, podem extinguir quase metade das praias arenosas do planeta até o final do século XXI. Cooper *et al.* (2020) destacam que as praias são ambientes de transição migratórios que acompanham a evolução do nível do mar e, se houver espaço disponível, se adaptarão às mudanças. No entanto, essa capacidade de migração e adaptação das praias está ameaçada, considerando a tendência de aumento na ocupação das zonas costeiras, bem como das estruturas que fixam a costa (VOUSDOKAS *et al.*, 2020b). Esta tendência pode ser definida pelo termo “*Coastal Squeeze*”, traduzido para o português como “compressão costeira”, isto é, a perda de habitats costeiros devido a fixação da costa combinada com a subida do nível do mar (PONTEE, 2013).

Por sua vez, a linha de costa, definida como a interface física entre água e terra, está em constante mudança devido à ação constante das ondas, marés, tempestades, ventos, entre outras forças físicas, e sua análise temporal e espacial permite a previsão de posições futuras com base em registros passados (BOAK; TURNER, 2005). Para o estudo de processos erosivos, a utilização de dados de variação da linha de costa tem sido bastante popular, principalmente com

a atual facilidade de acesso a imagens de satélite, visto que o imageamento global permite determinar um padrão de análise e possibilita a replicação e comparação (LUIJENDIJK *et al.*, 2018).

Stive *et al.* (2002) associam a variação da linha de costa a fatores naturais e/ou antrópicos, que podem ser pontuados de acordo com diferentes escalas de tempo e espaço, cujas informações estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Fatores naturais e antrópicos que interferem na variação da linha de costa em relação a escalas temporais e espaciais.

	Escala temporal	Escala espacial	Fatores naturais	Fatores antrópicos
<b>Curto prazo</b>	Horas a meses	< 1 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições de ondas, marés e eventos de tempestade;</li> <li>• Variações climáticas sazonais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentação artificial de praia;</li> <li>• Estruturas na zona de surfe.</li> </ul>
<b>Médio prazo</b>	Anos a décadas	1 a 5 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos na zona de surfe;</li> <li>• Variações na incidência de ondas;</li> <li>• Eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentação artificial de praia;</li> <li>• Estruturas na zona de surfe.</li> </ul>
<b>Longo prazo</b>	Décadas a séculos	10 a 100 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudanças do nível relativo do mar;</li> <li>• Variações climáticas regionais;</li> <li>• Eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extração de recursos naturais;</li> <li>• Estruturas costeiras;</li> <li>• Interferências em rios.</li> </ul>
<b>Muito longo prazo</b>	Séculos a milênios	> 100 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade sedimentar;</li> <li>• Configurações geológicas;</li> <li>• Mudanças climáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudanças climáticas induzidas pelo ser humano;</li> <li>• Maiores alterações em rios;</li> <li>• Maiores estruturas costeiras.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Stive *et al.* (2002).

Associado a linha de costa, os promontórios rochosos são feições relevantes a serem estudadas em ambientes dominados por ondas, visto que atuam como barreiras naturais para o transporte longitudinal e estão diretamente associados ao balanço sedimentar das praias (SHORT; MASSELINK, 1999). Neste sentido, os promontórios podem atuar como limite de células de circulação sedimentar e/ou permitir o processo de transposição sedimentar entre praias. Por sua vez, a transposição sedimentar em promontórios rochosos (*headland bypassing*), representa a conexão sedimentar entre praias adjacentes, e esse processo depende da interação de diversos parâmetros geomorfológicos, oceanográficos e sedimentares (KLEIN *et al.*, 2020), com destaque à ação das ondas e das correntes de retorno ou fluxos próximos aos costões (VIEIRA DA SILVA *et al.*, 2018). Diversas metodologias podem ser utilizadas para o estudo do processo de transposição e limites de células de circulação sedimentar, incluindo a análise de imagens de

satélites, por meio da identificação de migração da linha de costa e rotação praial, por exemplo (KLEIN *et al.*, 2020).

Em Santa Catarina, 25 dos 29 municípios costeiros (86,2%) apresentam intervenções na linha de costa com a presença de obras de engenharia costeira, sendo as obras de proteção (como muros, quebra-mares e, principalmente, enrocamentos) as mais recorrentes (KOERICH; PEREIRA, 2023). Além disso, os autores destacam que 40% da orla do estado é considerada urbanizada, enquanto que 38% está em consolidação e 39% encontra-se preservada. Neste cenário, o município de Barra Velha, localizado no litoral norte de Santa Catarina, é a quarta cidade do estado mais afetada por desastres naturais de erosão e inundação (LEAL *et al.*, 2021).

O processo de erosão se torna um problema a ser mitigado principalmente quando atinge áreas de interesse socioeconômico e ecológico (SOUZA *et al.*, 2005). Sendo assim, reconhecer e avaliar o papel dos processos que influenciam a costa evita interferências sem o devido planejamento (KLEIN *et al.*, 2016).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Compreender os processos erosivos e as relações de variação interprais do município de Barra Velha, Santa Catarina, utilizando ferramentas de detecção de linhas de costa.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar e entender as tendências e ciclos espaço-temporais da variação da linha de costa nas praias de Barra Velha;
- Verificar o impacto de obras costeiras por meio da análise de variação da linha de costa das praias em questão;
- Investigar se existem relações entre os padrões de variações da linha de costa em praias limítrofes e identificar possíveis transposições sedimentares.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

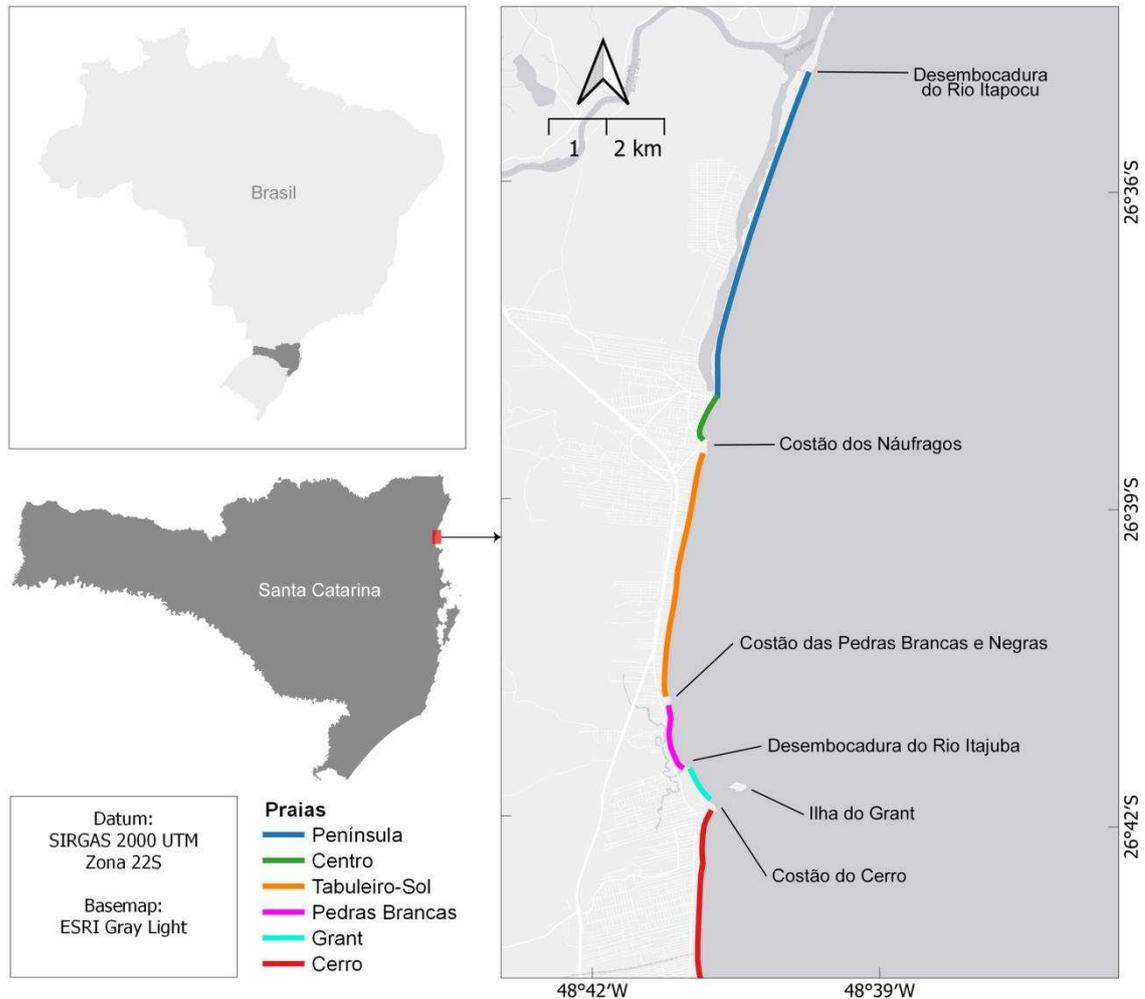
O município de Barra Velha está localizado na costa norte de Santa Catarina, com seu litoral limitado ao norte pela desembocadura do Rio Itapocu e ao sul pela praia de Piçarras, totalizando aproximadamente 18 km de linha de costa, sendo 88,4% de costa arenosa, 8,6% de costa rochosa, 3% de obras costeiras e <0,1% de desembocadura fluvial (HORN FILHO *et al.*, 2020).

A cidade contém sete praias arenosas, sendo elas: i) praia da Península, com 5,8 km de extensão, formada entre o mar e a laguna de Barra Velha; ii) praia do Centro, também conhecida como praia das Canoas, com 0,75 km de extensão; iii) praia do Tabuleiro e iv) praia do Sol, que são as duas extremidades do mesmo arco praial, com 4,2 km de extensão; v) praia das Pedras Brancas, com 1,1 km de extensão; vi) praia do Grant, com 0,6 km de extensão e com a presença da Ilha do Grant; e vii) praia do Cerro, também conhecida popularmente como praia de Itajuba, com 2,7 km de extensão até o limite municipal, sendo a porção norte do arco praial com a praia de Piçarras, parte da Enseada de Itapocorói. A Figura 1 contém o mapa representativo das praias.

Sobre suas feições, também representadas na Figura 1, destacam-se duas desembocaduras, sendo elas a do Rio Itapocu no extremo norte da cidade e a do Rio Itajuba no sul da praia das Pedras Brancas, e três promontórios rochosos, sendo eles o Costão dos Náufragos, localizado entre as praias do Centro e do Tabuleiro, o Costão das Pedras Brancas e Negras, entre as praias do Sol e das Pedras Brancas, e o Costão do Cerro, entre as praias do Grant e do Cerro. Em uma classificação dos promontórios rochosos de Santa Catarina realizada por Camargo (2020), que determinou a largura (distância entre as praias adjacentes), comprimento (representa o quanto o promontório avança em direção ao mar) e perímetro, o Costão dos Náufragos foi considerado médio, com 291 m de largura, 74 m de comprimento e perímetro de 551 m. O Costão das Pedras Brancas e Negras também é considerado médio, com 251 m de largura, 76 m de comprimento e 316 m de perímetro. Por fim, o autor classificou o Costão do Cerro como grande, no entanto, ele considerou toda a extensão da praia do Grant como parte do promontório, que se estendia até a desembocadura do Rio Itajuba. Assim, se considerar só a porção rochosa de fato, seguindo a metodologia do autor, este

promontório apresenta largura de 179 m, comprimento de 61 m e perímetro de 291 m, sendo considerado pequeno.

Figura 1 – Localização das praias e das principais feições de Barra Velha.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

O litoral norte catarinense apresenta uma planície costeira estreita, com larguras menores que 20 km em sua extensão (KLEIN; SHORT; BONETTI, 2016). Truccolo (1998) indica que a região possui um regime de micro-maré semidiurna, cuja altura média da maré astronômica é de 0,7 metros, chegando a 1,05 metros durante a sizígia. Em eventos de marés meteorológicas, a elevação do nível do mar pode chegar a até 0,8 metros em relação à maré astronômica (TRUCCOLO, 1998).

Em relação às ondas, Araujo *et al.* (2003) descrevem que no litoral catarinense a incidência predominante é dos quadrantes leste e sul, com as maiores alturas e períodos no inverno (até 2,5 m e 12 s, respectivamente). De modo geral, ondas incidentes do quadrante sul são associadas a sistemas frontais de frentes frias, relacionadas a eventos de alta energia (ARAUJO *et al.*, 2003). A frequência média mensal de frentes frias no litoral catarinense é de 3 a 3,5 nos meses de verão, outono e inverno, enquanto que na primavera a ocorrência média é de 4 frentes frias mensais (RODRIGUES; FRANCO; SUGAHARA, 2004).

Sobre os estágios praias predominantes, Klein e Menezes (2001) classificaram as praias de Barra Velha como refletivas e intermediárias. Na Península, Klein *et al.* (2006) identificaram o processo de sobrelavagem (*overwash*). Este processo ocorre em eventos de alta energia, quando o *runup* da onda ultrapassa a altura das dunas e forma leques de sedimentos mais grossos sobre as dunas frontais e sobre o sistema lagunar. Destaca-se que a ocorrência de sobrelavagem pode representar consequências desastrosas às praias, incluindo inundação e desequilíbrio sedimentar (KLEIN *et al.*, 2016).

Por fim, em relação às características sedimentares, Klein *et al.* (2005) indicam que as praias da área de estudo possuem sedimentos das classes de areia média e grossa, com uma predominância de grãos quartzosos e quantidade pequena de matéria orgânica e de materiais de origem carbonática (HORN FILHO *et al.*, 2013). As ondas de sul, geralmente associadas a eventos de alta energia, direcionam o transporte sedimentar geral para norte, com acúmulo na barra do Rio Itapocu devido à barreira hidráulica formada pela descarga da desembocadura. O Rio Itapocu, que deságua no norte de Barra Velha, contribui ativamente com sedimentos arenosos ao ambiente costeiro da região (KLEIN; SHORT; BONETTI, 2016).

### 3.2 EROSÃO COSTEIRA E URBANIZAÇÃO

No litoral catarinense, 36,8% das praias estão em erosão, enquanto que 23% estão em acreção e 40,2% são consideradas estáveis (CAMARGO, 2020). Neste cenário, 54,3% da orla apresenta modificações na linha de costa, onde também encontram-se os pontos críticos de erosão costeira no estado (SCHMIDT; HORN FILHO; ESTEVAM, 2013). De acordo com Klein *et al.* (2006), a partir da

década de 70, com a construção da BR-101, as cidades litorâneas do estado passaram a ser urbanizadas com maior intensidade, com uma tendência de unificação entre as cidades. Porém este crescimento urbano ocorreu sem o devido planejamento, muitas vezes com construções de ruas e casas sobre o sistema de dunas, fato que interfere nos processos costeiros e intensifica os processos erosivos (KLEIN *et al.*, 2006). Diversas estruturas costeiras foram construídas nas praias de Barra Velha, com a predominância de enrocamentos, muros de contenção e molhes para estabilização das desembocaduras dos rios Itapocu e Itajuba.

Em relação ao impacto das obras costeiras, Koerich e Pereira (2023) identificaram que a cidade é uma das únicas duas do estado, juntamente com a capital Florianópolis, que apresenta todos os impactos considerados no estudo, no qual destacam-se: redução da faixa de areia devido ao avanço das obras sobre a praia, praias mais estreitas pela erosão, alteração da topografia da praia, formação de células erosivas, redução de áreas úteis a ocupação, redução de ambientes naturais e alteração da paisagem. Os autores constataram que a cidade apresenta um alto grau de ocupação da orla, com a classificação de Orla Preservada apenas na porção norte da Península, Orla Urbana em Consolidação na praia do Cerro e Orla Urbana Consolidada nas demais praias (KOERICH; PEREIRA, 2023).

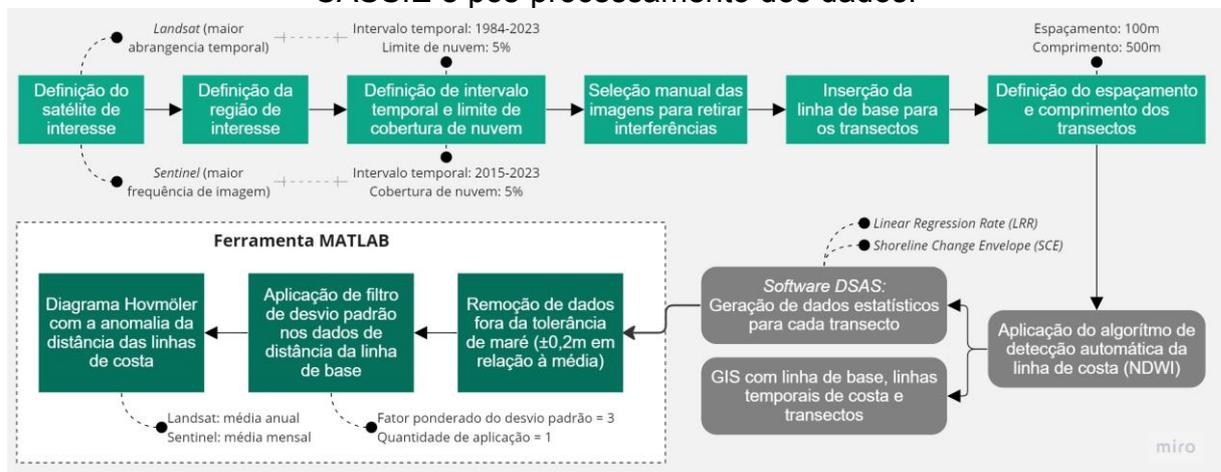
## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DETECÇÃO DA LINHA DE COSTA

#### 4.1.1 Análise de variação da linha de costa

Para a aquisição dos dados brutos e estatísticos em relação à variação de linha de costa em cada praia do município de Barra Velha, foi utilizada a ferramenta *web* CASSIE (*Coastal Analyst System From Space Imagery Engine*) desenvolvida por Almeida *et al.* (2021), sendo que o processo de aquisição dos dados descrito a seguir foi replicado de forma individual para cada praia do município: Península, Centro, arco praial Tabuleiro-Sol, Pedras Brancas, Grant e Cerro. A Figura 2 apresenta o fluxo metodológico da ferramenta, bem como o pós-processamento dos dados obtidos.

Figura 2 – Fluxo metodológico para a extração das linhas de costa com a ferramenta CASSIE e pós-processamento dos dados.



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Almeida *et al.* (2021).

De início, é necessário selecionar o satélite para a aquisição dos registros. As imagens de satélites das missões Landsat 5, 8 e 9 foram utilizadas para análise de tendência a longo prazo das praias, com período de atividade de 1984 a 2023 (29 anos), resolução ótica de 30 metros e ciclo de captura de 16 dias. As imagens de satélite da missão Sentinel 2 foram utilizadas para identificação de ciclos sub-anuais, sendo que este possui o período de atividade entre 2015 a 2023 (8 anos), resolução ótica de 10 metros e ciclo de captura de 5 dias. Como o funcionamento da

ferramenta considera uma escala de subpixel, a precisão dos resultados obtidos pelas imagens dos satélites Landsat e Sentinel são de, respectivamente, 15 e 5 metros.

Em seguida, definiu-se a região de interesse de cada praia, o intervalo temporal de todo o período de registro de imagens do satélite e o limite da cobertura de nuvens de 5%. Para garantir a ausência de imagens com interferências, foi realizada também uma inspeção e seleção manual das imagens disponíveis, excluindo imagens com nuvens e/ou zona de surfe ativa e aparente, marcada por intensa arrebentação e ondas próximas a linha de costa. Seguindo o fluxo de trabalho do CASSIE, a linha de base foi traçada manualmente para os transectos ortogonais serem gerados, com espaçamentos de 100 m entre si e comprimento de 500 m cada. A linha de base foi traçada sob a primeira fileira de casas paralelas à praia, com exceção da praia da Península, na qual a linha de base foi posicionada sobre a água com a intenção de eliminar a interferência da laguna de Barra Velha na detecção de linha de costa.

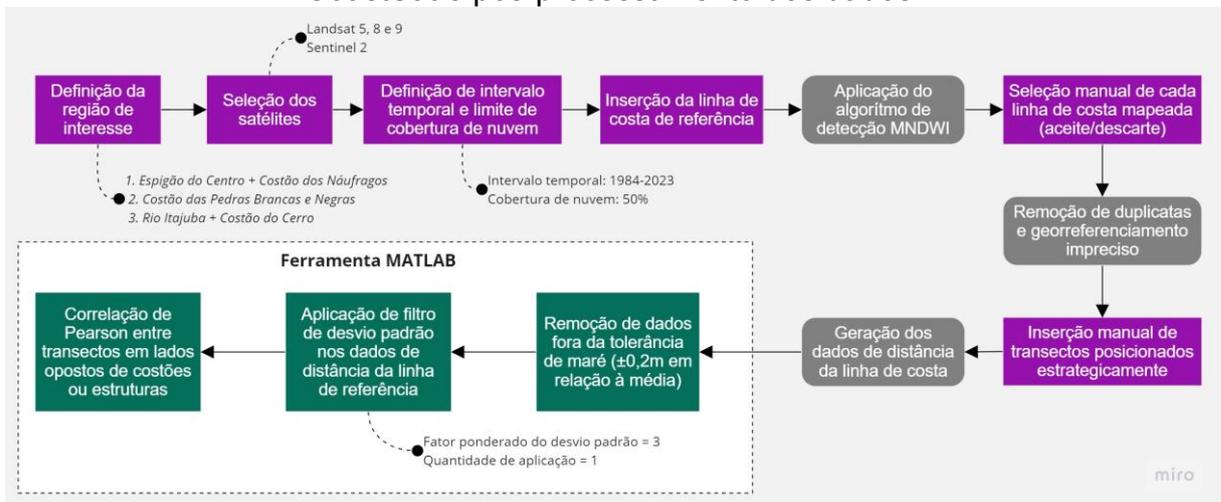
Após este processo, a ferramenta aplica o algoritmo de detecção automática de linha de costa (*Normalized Difference Water Index - NDWI*), que utiliza as bandas de infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, cujo indicador de identificação é baseado na diferença de cor entre areia e água. Integrada ao CASSIE, a ferramenta DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) gera os dados estatísticos de cada transecto. Neste trabalho, foram utilizados: (a) envelope de mudança da linha de costa (*Shoreline Change Envelope - SCE*), que indica a distância em metros entre a linha de costa mais próxima e a mais distante da linha de base, ou seja, a amplitude máxima de variação; e (b) taxa de regressão linear (*Linear Regression Rate - LRR*), que fornece a variação da linha de costa (m/ano) com base na linha de regressão de mínimos quadrados. O LRR é o parâmetro utilizado para a classificação proposta por Esteves e Finkl (1998) em relação ao estado da praia em cada transecto: criticamente erosivo (<-1 m/ano), erosivo (-1 a 0,5 m/ano), estável (-0,5 a 0,5 m/ano) ou acrescivo (>0,5 m/ano).

#### **4.1.2 Verificação de conexões interpraisais**

A ferramenta CoastSat (VOS *et al.*, 2019), desenvolvida em código aberto em linguagem Python, foi utilizada para a extração dos dados de posição da linha de

costa para a análise de correlações entre praias descontinuadas por costões, estruturas costeiras artificiais perpendiculares e/ou desembocaduras. Assim como o CASSIE, esta também utiliza o *Google Earth Engine* (GEE) para extrair a coleção de imagens de satélites a serem analisadas. Optou-se por esta ferramenta para atingir o objetivo de compreender as relações interpraias visto que ela proporciona resultados mais precisos em regiões imediatamente próximas a costões (VOS *et al.*, 2019). A Figura 3 apresenta o fluxo metodológico da ferramenta CoastSat e do pós-processamento dos dados.

Figura 3 – Fluxo metodológico para a extração das linhas de costa com a ferramenta CoastSat e pós-processamento dos dados.



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Vos *et al.* (2019).

Primeiramente, é necessário definir a região de interesse, que neste estudo são três. A primeira abrange o espigão do Centro e o Costão dos Naufragos. A segunda focaliza o Costão das Pedras Brancas e Negras. Por fim, a terceira região engloba a área de desembocadura do Rio Itajuba e o Costão do Cerro.

Em seguida, foram selecionadas as missões dos satélites Landsat 5, 8 e 9, bem como o Sentinel 2, para a aquisição das imagens. O período de tempo definido foi entre os anos de 1984 a 2023, abrangendo todas as imagens disponíveis no GEE, sendo estabelecido um limite de cobertura de nuvens de 50%. Adicionalmente, a ferramenta aumenta automaticamente a resolução das bandas para o nível de subpixel usando o método de interpolação bilinear.

Após essa etapa, uma linha de referência foi traçada de forma manual exatamente na posição da linha de costa na imagem mais recente disponível. Essa etapa também serve como calibração da ferramenta. Em seguida, foi realizada a

seleção manual das linhas de costa identificadas. O CoastSat então classifica os pixels em quatro categorias: areia, água, água branca e outros (que englobam vegetação, edifícios e promontórios rochosos, por exemplo). Dessa forma, a linha de costa é detectada pelo método de MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*), que utiliza a banda verde do espectro visível e a banda de infravermelho de ondas curtas.

De forma automática, a ferramenta CoastSat remove linhas de costa duplicadas ou com georreferenciamento impreciso. Após a seleção das linhas de costa, os transectos foram posicionados manualmente em locais estratégicos nas proximidades das barreiras perpendiculares na linha de costa do município. Por fim, o processamento resulta nos dados de distância da linha de costa, sendo que este valor de interseção de cada linha no transecto corresponde à mediana dos pontos localizados a uma distância de 25 m para cada lado.

## 4.2 FILTRAGEM DOS DADOS

A filtragem dos dados do CASSIE e do CoastSat foram realizados no *software* MATLAB e seguiram as etapas detalhadas nos subtópicos a seguir. Ademais, o Apêndice A detalha a quantidade de dados extraídos para cada análise, bem como a quantidade de dados filtrados e utilizados.

### 4.2.1 Influência da maré

Utilizando o pacote de Matlab T\_TIDE 1.5 (PAWLOWICZ; BEARDSLEY; LENTZ, 2002), que determina as componentes harmônicas de uma série de elevação, foi reconstruída uma série temporal de dados pretéritos do nível do mar para a região de estudo. Essa análise harmônica foi realizada com base em dados horários de um ano (junho/2022 a junho/2023) medidos pelo marégrafo localizado no porto de Imbituba, instalado e mantido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e disponibilizados no *website* da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (UNESCO, 2023). Com isso, pode-se estimar o nível do mar em cada dado de linha de costa extraído.

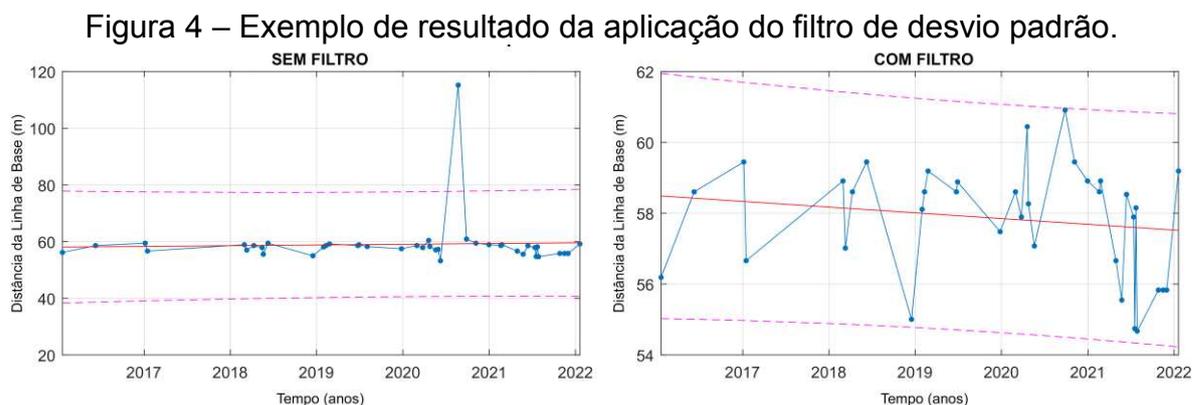
Foi calculado o valor médio do nível do mar em relação a cada conjunto de dados obtidos e delimitada uma tolerância de  $\pm 0,2$  m desse valor, totalizando um

intervalo de 0,4 m. Os dados cujo nível do mar correspondente extrapolou essa tolerância não foram considerados na análise.

Esta alternativa para lidar com a variação do nível do mar considerou os seguintes fatores já descritos no tópico de descrição da área de estudo (3.1): (a) a área de estudo apresenta um regime de micro-maré, portanto sua amplitude é baixa e (b) possui praias intermediárias a refletivas com sedimentos das classes de areia média a grossa, fatores que, de acordo com Klein e Menezes (2001), relacionam-se com praias mais íngremes.

#### 4.2.2 Filtro de desvio padrão

Para a retirada de dados espúrios que comprometam o resultado, foi desenvolvido um filtro de desvio padrão, o qual foi aplicado nos dados brutos de linha de costa em cada transecto. O filtro considerou um intervalo de confiança de três desvios padrões. Desta forma, a linha de costa removida pelo filtro em um transecto foi removida de todos os outros transectos da praia. A Figura 4 apresenta um exemplo de transecto do arco praiar Tabuleiro-Sol antes e após a aplicação do filtro.



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.3 DIAGRAMA DE HOVMÖLLER

Também no *software* MATLAB, os dados filtrados de distância da linha de costa em relação à linha de base da ferramenta CASSIE foram utilizados para a criação de Diagramas de Hovmöller (HOVMÖLLER, 1949) para cada praia. Estes diagramas mostram a posição anômala da linha de costa em relação à distância

média de cada transecto e ao longo do tempo. Desta forma, é possível identificar tendências e ciclos em cada praia, com tons vermelhos representando linhas de costa mais próximas à linha de base (largura da faixa de praia menor) e tons azuis exibindo linhas de costa mais distantes (largura da faixa de praia maior). Os dados do CASSIE utilizados para análise de longo termo (missões Landsat) são representados no diagrama pela média anual. Para os dados da mesma ferramenta em médio termo (missão Sentinel), a representação foi feita com base na média mensal.

#### 4.4 CORRELAÇÃO ENTRE TRANSECTOS

Por meio dos dados extraídos do CoastSat, após todas as etapas de filtragem dos dados, foi aplicada a correlação de Pearson nos dados normalizados para verificar a relação linear entre dois transectos localizados em lados opostos de costões rochosos ou estruturas costeiras perpendiculares. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) é descrito como:

$$r = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left( \frac{A_i - \mu_A}{\sigma_A} \right) \left( \frac{B_i - \mu_B}{\sigma_B} \right)$$

Onde  $N$  é o número de dados,  $A$  e  $B$  representam as variáveis a serem correlacionadas,  $\mu$  é a média e  $\sigma$  é o desvio padrão.

O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, sendo que 1 indica uma correlação positiva perfeita, -1 indica uma correlação negativa perfeita e 0 indica que a relação linear entre as duas variáveis é nula.

Neste sentido, a classificação de níveis de correlação foi baseada nos resultados de Short e Trembanis (2004), que utilizou a metodologia de correlação para identificação de rotação praial. Sendo assim, neste estudo:

- $|0| \leq r < |0,3|$  = correlação baixa;
- $|0,3| \leq r < |0,6|$  = correlação média;
- $r \geq |0,6|$  = correlação alta.

Para garantir que os valores encontrados são significativos estatisticamente, os resultados de correlação foram submetidos ao teste de significância. Considerou-se significativos os resultados de  $p\text{-valor} < 0,05$ .

#### 4.5 OBRAS RÍGIDAS COSTEIRAS E CLASSIFICAÇÃO DA COSTA

Para realizar um levantamento das estruturas costeiras rígidas construídas no município, utilizou-se a ferramenta de imagens orbitais do *Google Earth Pro*, complementada por observações diretas no local. Esses dados foram combinados com uma classificação da costa arenosa obtida a partir dos dados de LRR extraídos da missão Sentinel pelo CASSIE, visando uma análise comparativa. Foi selecionado especificamente este grupo de dados por se concentrar em um período de tempo mais recente, cujas obras, em sua maioria, já haviam sido construídas.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE LONGO E MÉDIO TERMO**

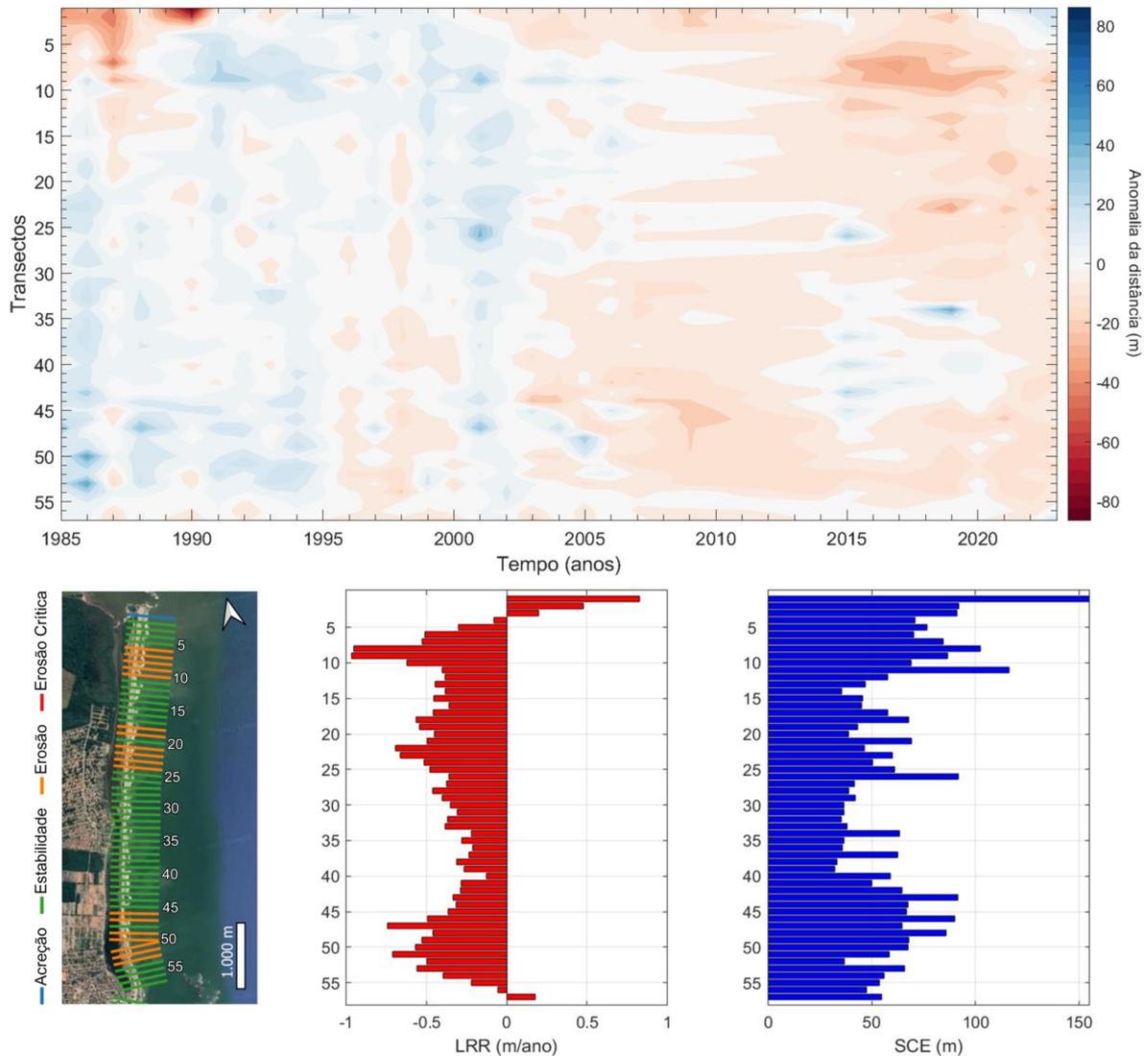
#### **5.1.1 Praia da Península**

O diagrama de Hovmöller que apresenta a tendência de longo prazo da praia da Península (Figura 5) demonstra um padrão erosivo em praticamente toda a sua extensão, visto que nos primeiros anos os valores de anomalia são positivos e passam a ser negativos com maior constância a partir de 2005. Isso também é evidente no LRR. A exceção é o extremo norte da praia, a barlar da desembocadura do Rio Itapocu, que registrou valores positivos de LRR. Esses valores no extremo norte podem estar relacionados com o fenômeno de molhe hidráulico já registrado em trabalhos anteriores como o de Cassiano e Siegle (2010) e Nass e Vieira (2017) para este esporão arenoso, sendo que o fluxo da desembocadura do Rio Itapocu atua como uma barreira dos sedimentos transportados pela deriva litorânea, que nesta praia atua no sentido norte, direção predominante da migração da desembocadura do Rio Itapocu antes de ser fixada no ano de 2010.

Outro fator de destaque é a maior amplitude de variação da linha de costa na porção norte da praia (SCE de até 155 m). Como descrito por Nass e Vieira (2017), o esporão arenoso é muito dinâmico e sensível a alterações ambientais. Então, por ser uma região não urbanizada da Península, o esporão tem maior liberdade de migração. Por outro lado, a porção sul apresentou maior estabilidade, muito provavelmente devido à fixação da costa com enrocamentos.

Segundo Nass e Vieira (2017), a porção sul dessa praia é caracterizada pela ocupação humana desde 1978, com proteção de enrocamentos. A vulnerabilidade dessa área urbanizada é destacada por Machado e Machado (2014), que descrevem, além de problemas erosivos em eventos de tempestades, a incidência de leques de sobrelavagem sobre a barreira arenosa, que causam soterramento das casas pelo sedimento que não tem área viável para deposição.

Figura 5 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia da Península. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).

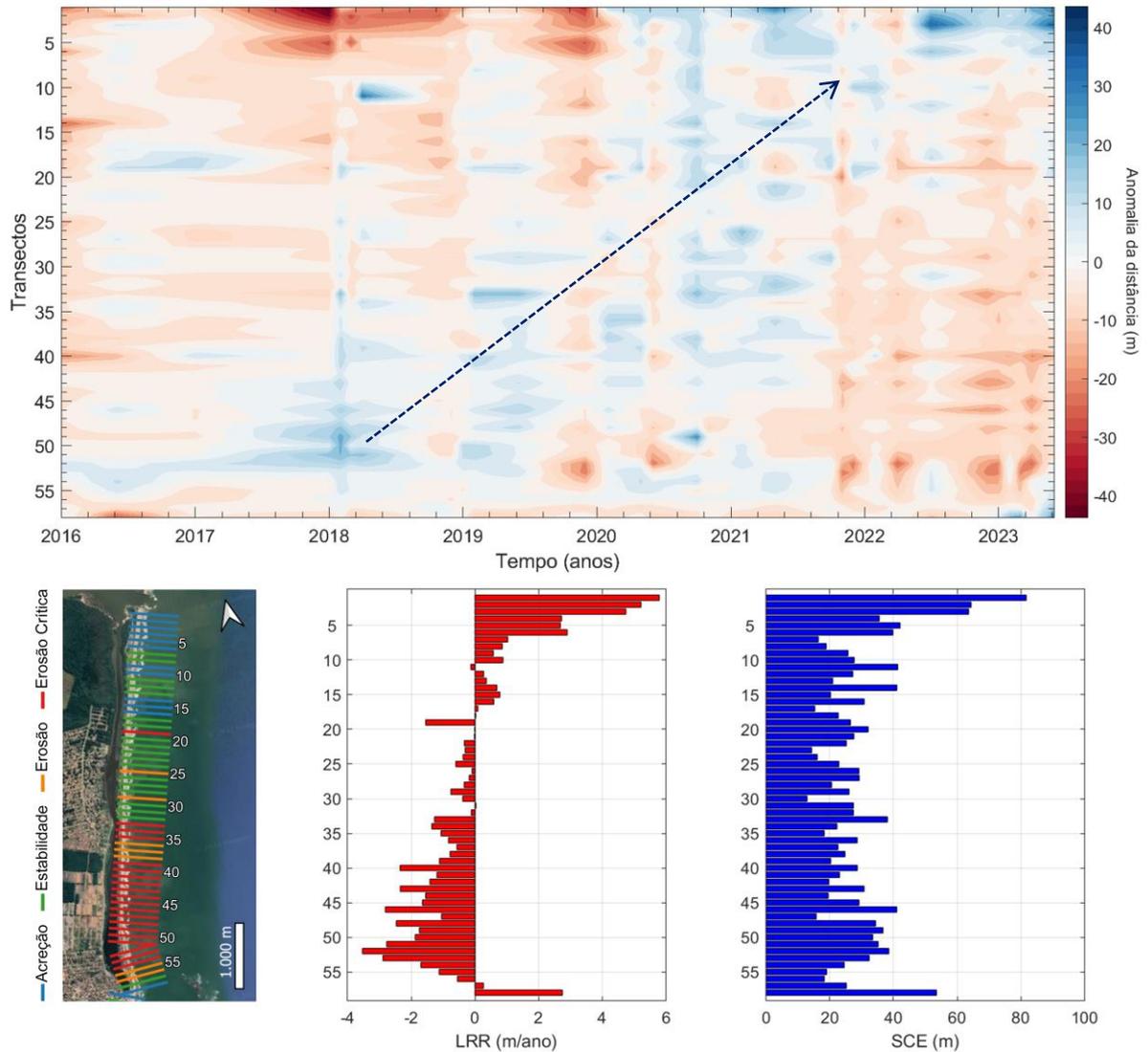


Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao comportamento da linha de costa da praia da Península em médio prazo (Figura 6), a inversão de padrão ao longo da costa é evidente. A porção norte apresenta altos valores de acreção (até 5,6 m/ano), enquanto que a porção sul apresenta uma tendência erosiva, com valores de LRR considerados erosão crítica (até -4 m/ano). Este alto valor de acreção no extremo norte da praia pode ser justificado, além do fenômeno de molhe hidráulico já citado, também pela construção do molhe de fixação da desembocadura, construído em 2010 e ampliado em 2018. Machado (2010) evidenciou em seu estudo, realizado quando este molhe de fixação tinha sido construído há apenas 6 meses, que já havia deposição de sedimentos a

barlamar da estrutura, reforçando o alto potencial de transporte longitudinal da região.

Figura 6 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia da Península. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A seta tracejada destaca a direção do transporte sedimentar evidenciada no diagrama.



Fonte: Elaborado pela autora.

Também pode ser destacado neste diagrama o transporte sedimentar na costa em direção ao norte, representado pela seta tracejada azul. Nos primeiros anos (2016 a 2018) os valores de anomalia positivos estão concentrados na porção sul, e com o decorrer dos anos esses valores positivos, em azul, migram para o norte. Em um estudo na costa leste da Austrália, Silva *et al.* (2021), que utilizaram o mesmo método de representação, também identificaram este padrão diagonal em

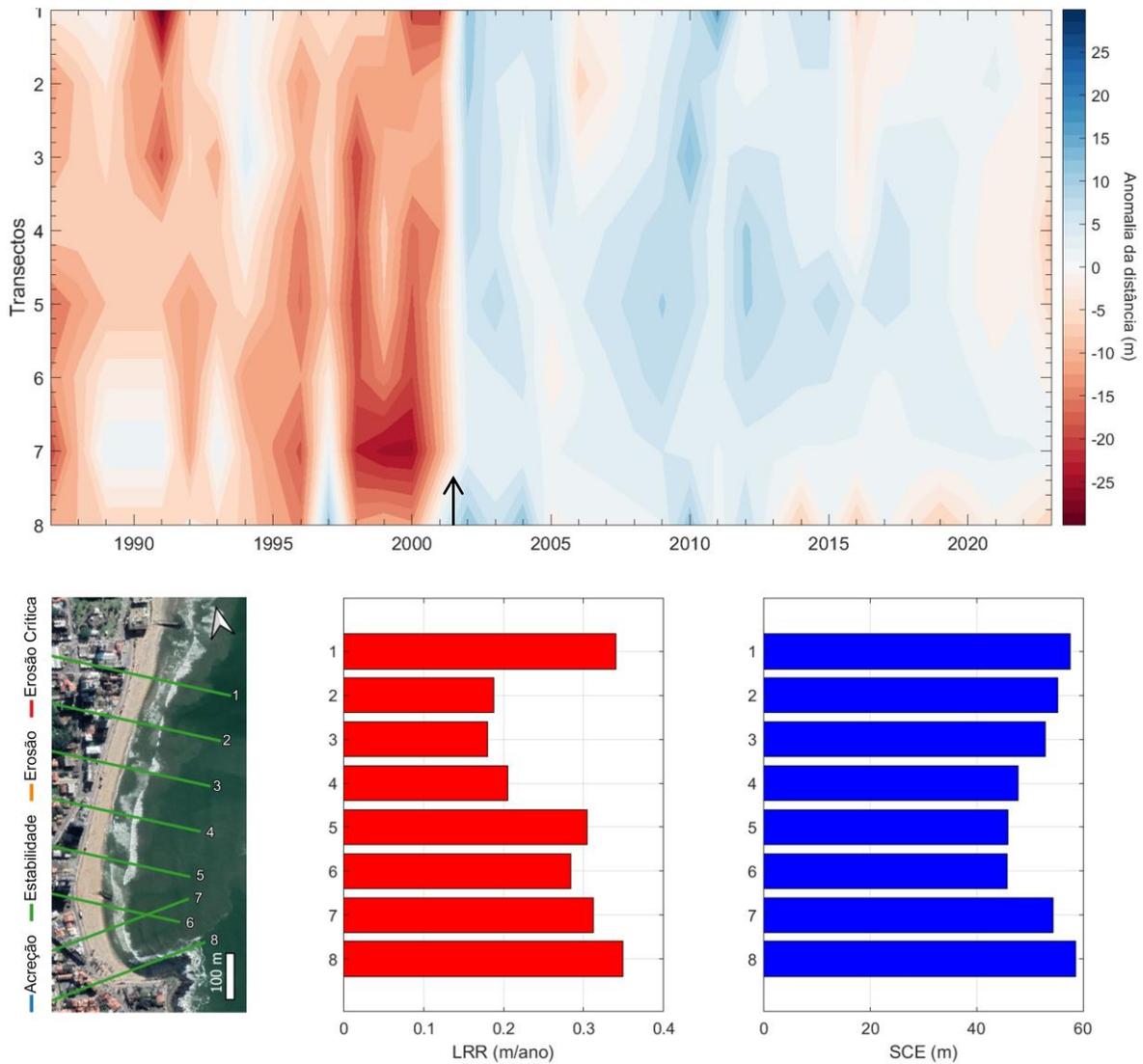
seus diagramas de longo termo, validados como um indicativo de transporte sedimentar.

### **5.1.2 Praia do Centro**

Se tratando de longo termo (Figura 7), a Praia do Centro apresenta tendência acrescional em toda a sua extensão, com uma mudança acresciva brusca de aproximadamente 40 m na faixa de areia no ano de 2001, destacado no diagrama com uma seta. Essa mudança é justificada pelo aterro hidráulico que depositou nesta praia sedimento retirado da laguna de Barra Velha como uma estratégia de adaptação para auxiliar a reconstituição do ambiente praial de modo mais próximo ao natural (SCHMIDT; HORN FILHO; ESTEVAM, 2013). Pode-se notar no diagrama que a praia do Centro volta a apresentar valores de anomalias negativas nos últimos anos de registro, demonstrando que a praia recuou cerca de 30 m, em 22 anos de dados desde o aterro.

Em relação aos dados estatísticos, o LRR indicou uma tendência acresciva com valor médio de 0,3 m/ano na praia, enquanto que a amplitude máxima de variação, indicada pelo SCE, registrou uma média entre os transectos de 52,2 m. Os maiores valores de LRR e SCE foram registrados nos transectos extremos da praia, sendo que ao norte há um espigão e ao sul o Costão dos Náufragos, área com maior tendência de deposição sedimentar. Cabe destacar aqui que, como determinado por Camargo (2020), há uma inversão da corrente longitudinal em direção ao sul nos meses de primavera devido a maior incidência de ondas de leste.

Figura 7 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Centro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A seta indica o ano do aterro hidráulico.

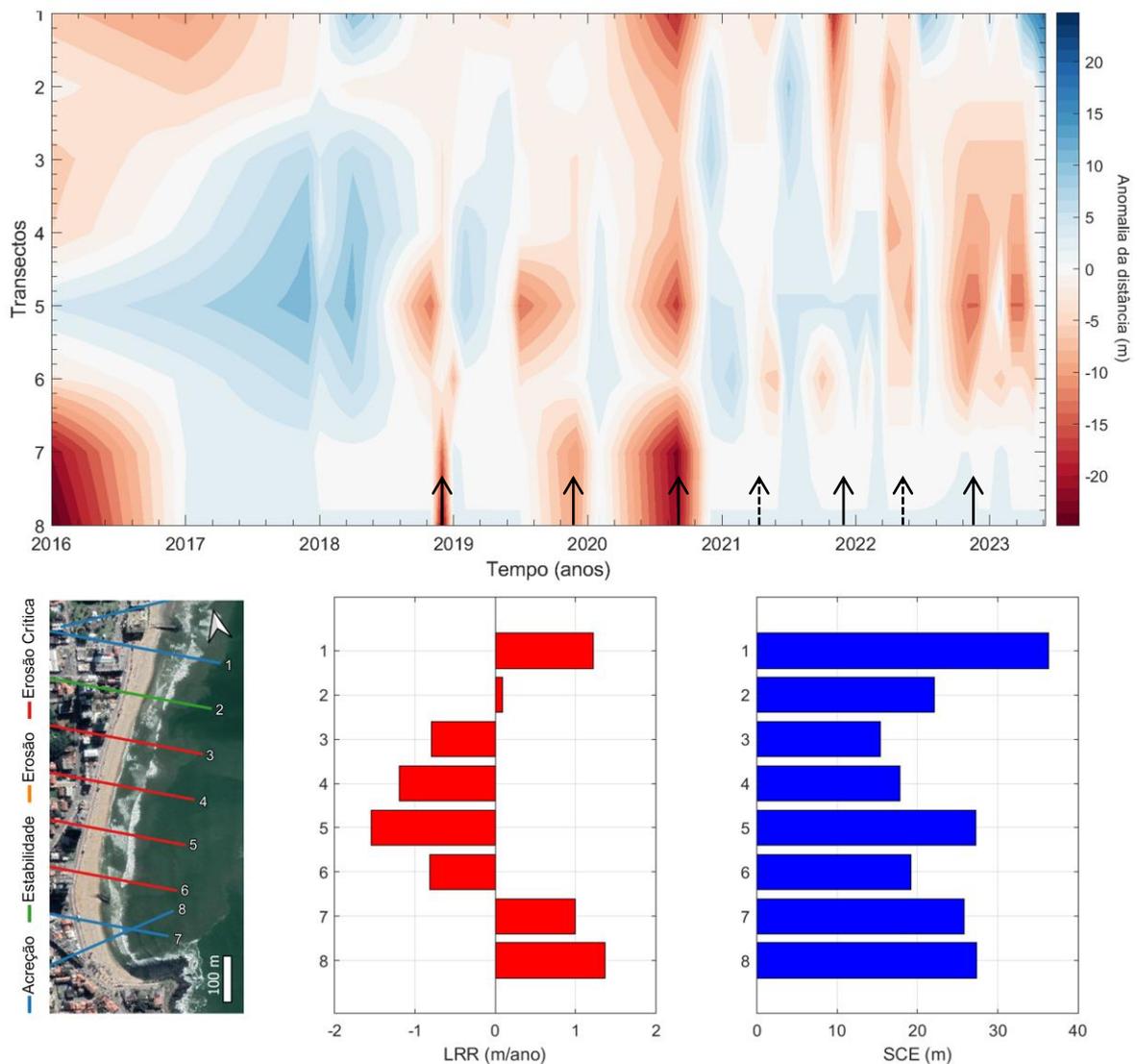


Fonte: Elaborado pela autora.

O diagrama de Hovmöller para a praia do Centro na escala de médio prazo (Figura 8) evidencia, principalmente entre os anos de 2018 a 2021, um padrão sazonal, com os períodos erosivos nos meses de primavera. Este resultado corrobora com os resultados encontrados por Rodrigues *et al.* (2014), que pontua que a estação da primavera é a que possui mais registros de eventos de alta energia no litoral catarinense. Também, nos últimos anos de registro (2021 a 2023) pode-se notar períodos erosivos no outono. Os resultados de Leal *et al.* (2021) demonstram que as ocorrências de desastres relacionados à erosão são mais frequentes no outono e na primavera.

Ao contrário dos resultados encontrados na análise de longo prazo, os valores de LRR em escala de médio prazo da Praia do Centro demonstram erosão crítica na porção central da praia, chegando a  $-1,6$  m/ano. Nas extremidades da praia, os valores de LRR são positivos. Também nas extremidades encontram-se os maiores valores de SCE, com o valor máximo de  $36,3$  m na porção norte.

Figura 8 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Centro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). As setas contínuas destacam os períodos erosivos identificados na primavera e as setas tracejadas destacam os períodos de inverno.



Fonte: Elaborado pela autora.

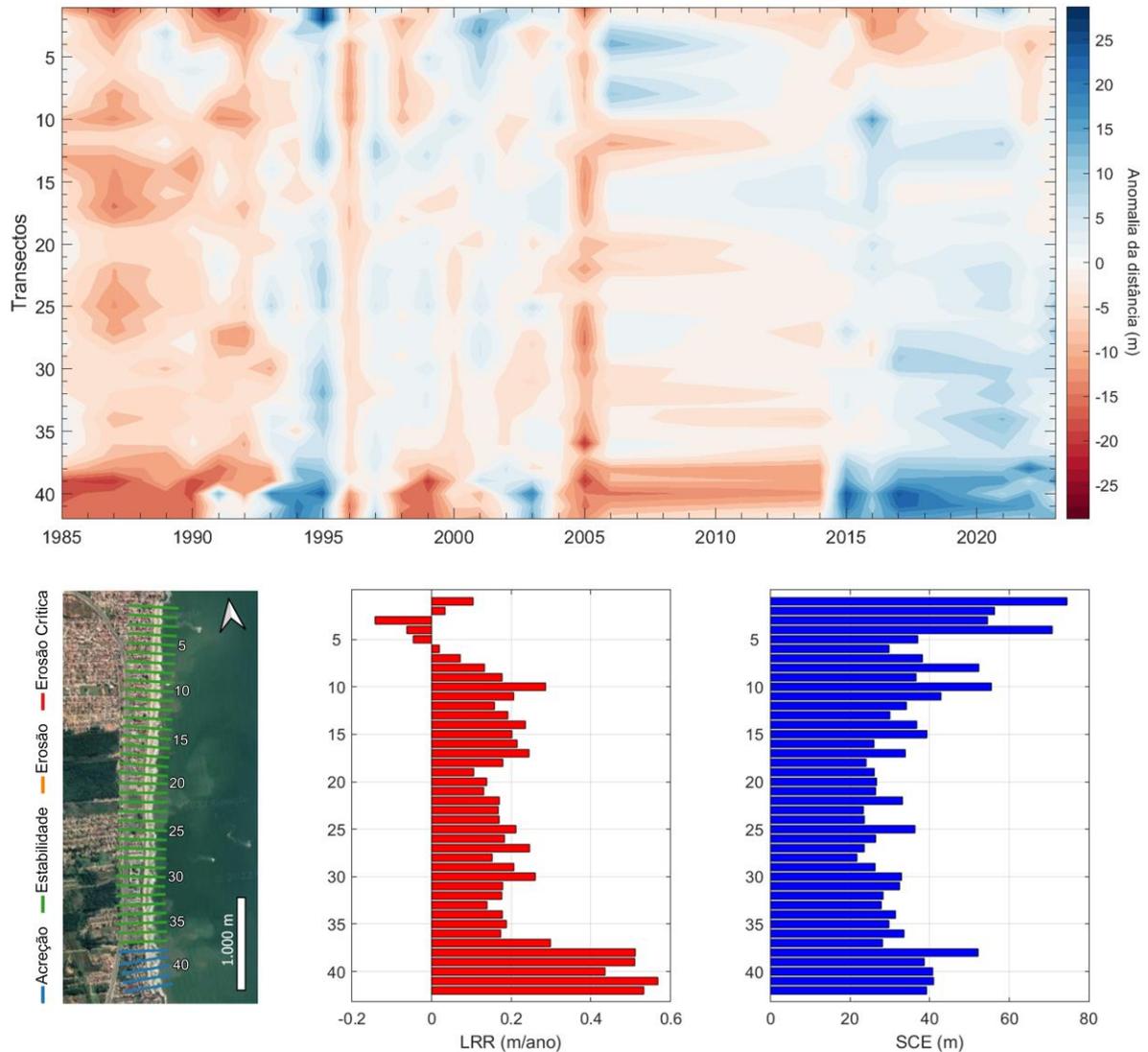
### 5.1.3 Arco praial Tabuleiro–Sol

O diagrama de Hovmöller para o comportamento da linha de costa de longo prazo para o arco praial Tabuleiro-Sol (Figura 9) indica tendência acrescional em quase toda a sua extensão. Botega (2013) indicou que este arco praial possui um volumoso depósito sedimentar subaquático, formando bancos e cúspides.

No entanto, é evidente no diagrama e nos dados de LRR que no norte do arco praial, na praia do Tabuleiro, há uma tendência erosiva, mesmo que o esperado é o acúmulo predominante a barlar das barreiras transversais, que neste caso é o Costão dos Náufragos. Neste trecho, a vegetação costeira nativa é inexistente e as dunas frontais foram suprimidas pela avenida beira-mar, que exigiram a colocação de enrocamento para a sustentação.

Os valores de SCE apresentam os maiores valores nas extremidades. Os resultados encontrados por Botega (2013) foram semelhantes, sendo justificados por um possível padrão de rotação praial. A rotação praial é caracterizada pela mudança na direção do transporte sedimentar entre as extremidades de uma praia, cujas alternâncias estão relacionadas pelas mudanças na direção das ondas incidentes (SHORT; MASSELINK, 1999).

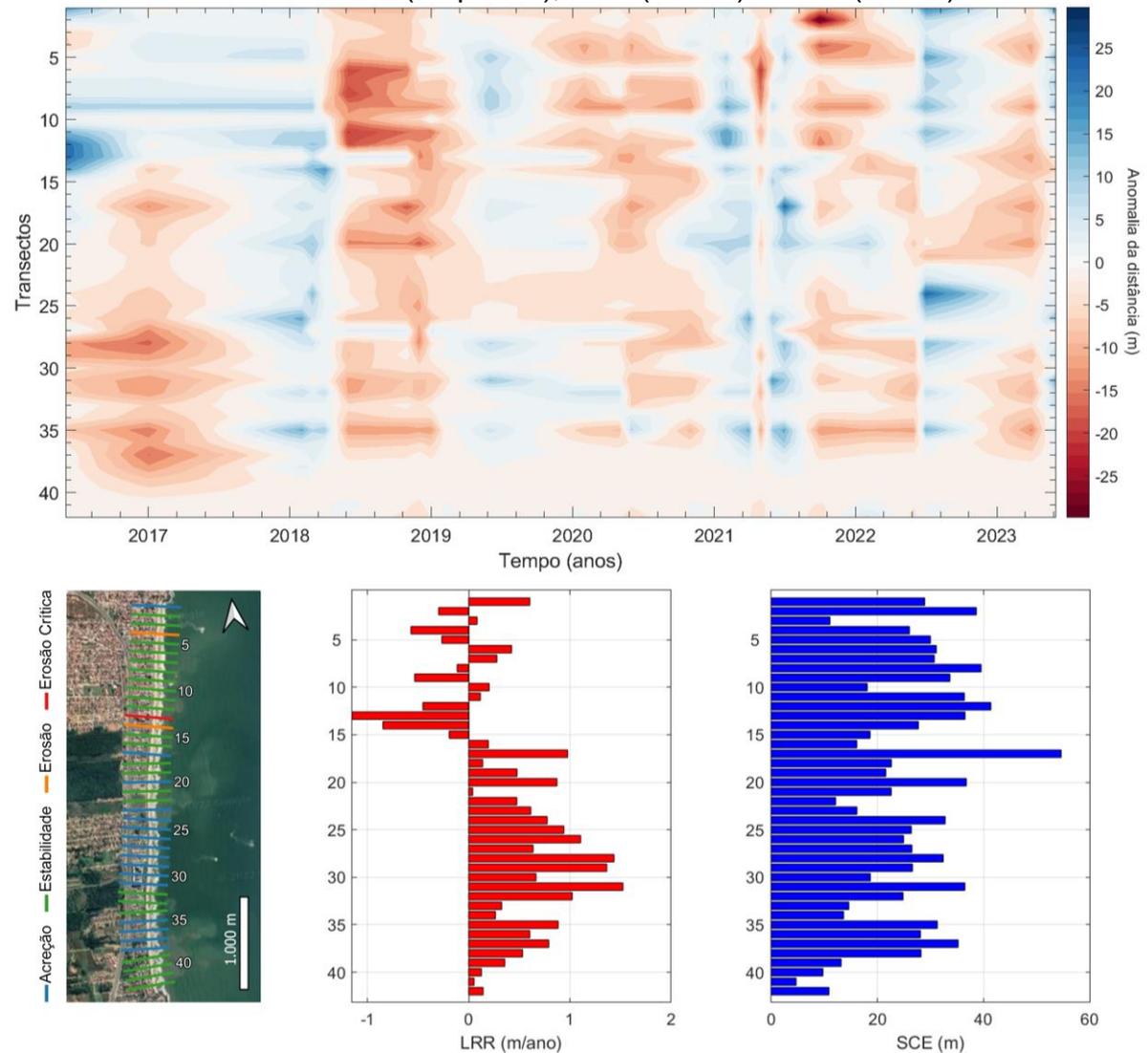
Figura 9 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo no arco praial Tabuleiro-Sol. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).



Fonte: Elaborado pela autora.

Em médio prazo, o diagrama de Hovmöller para o arco praial Tabuleiro-Sol (Figura 10) evidencia um padrão sazonal da mudança de largura da faixa de areia. No entanto, a compreensão do padrão é comprometida pela baixa quantidade de dados obtidos para esta praia (Apêndice A). Os dados de LRR demonstram erosão crítica na praia do Tabuleiro, enquanto que a praia do Sol possui valores acrescivos de até 1,6 m/ano. Destaca-se que a Praia do Sol é um dos poucos trechos da orla do município sem indicadores de erosão costeira.

Figura 10 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo no arco praial Tabuleiro-Sol. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).



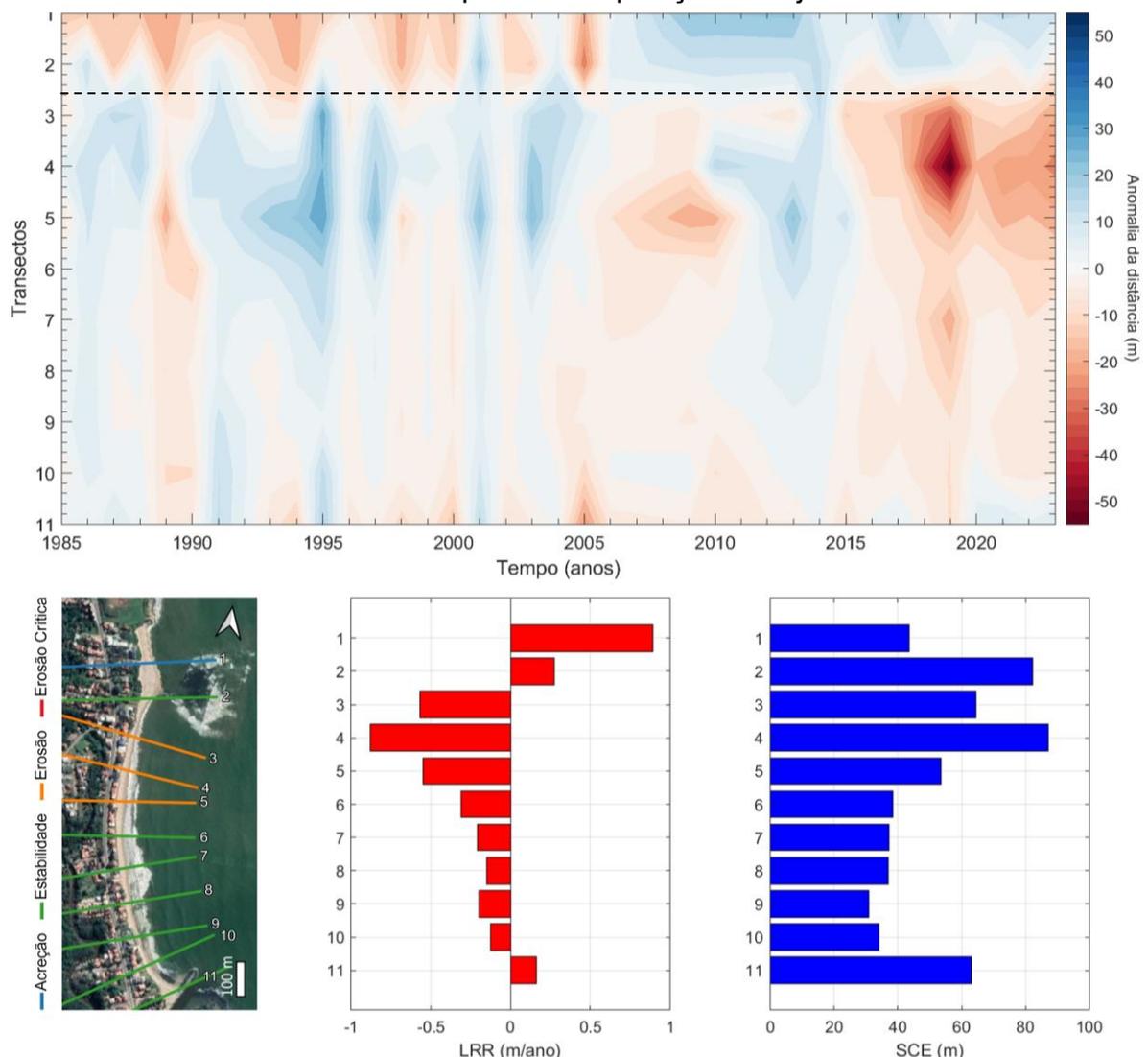
Fonte: Elaborado pela autora.

#### 5.1.4 Praia das Pedras Brancas

O diagrama de Hovmöller e os dados estatísticos para a Praia das Pedras Brancas em uma escala de longo prazo (Figura 11) demonstram padrões distintos entre os lados norte e sul da laje rochosa (entre os transectos 2 e 3), cuja feição está destacada com uma linha tracejada no diagrama. Valores positivos de LRR (até 0,9 m/ano) foram registrados na porção norte, que é protegida das ondulações mais enérgicas de sul pela laje rochosa. Enquanto isso, a porção central e sul da praia registraram valores negativos com LRR de até -0,9 m/ano, sendo que as maiores taxas concentram-se na porção central da praia. O SCE obteve um valor médio de

51,9 m na praia, com os maiores valores nas proximidades da laje rochosa, chegando a 87,1 m. Por meio desses resultados, é possível inferir o impacto do ciclone que atingiu a costa em maio de 2017 na praia das Pedras Brancas, considerado o evento erosivo mais destrutivo na orla catarinense, de acordo com os resultados de Ribeiro, Abreu e Dutra (2023), que consideram dados desde 1998. No diagrama, valores negativos predominam a partir do ano de 2017. Neste evento, esta foi uma das praias mais afetadas, cuja solução emergencial para a proteção das residências que estavam em colapso durante este evento erosivo foi a construção de um enrocamento na costa da porção central.

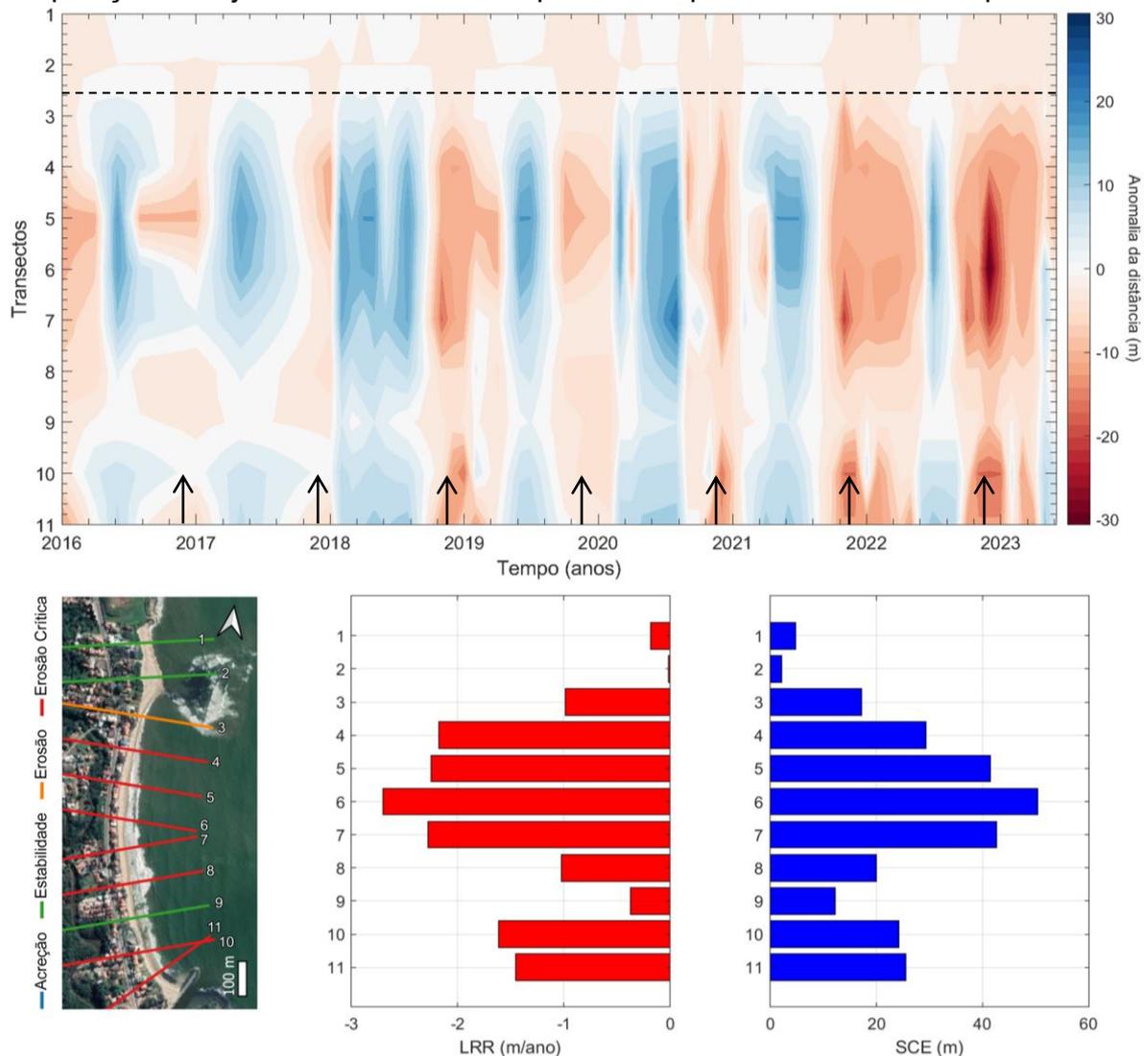
Figura 11 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia das Pedras Brancas. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A linha tracejada entre os transectos 2 e 3 representa a posição da laje rochosa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em uma escala de médio prazo na Praia das Pedras Brancas (Figura 12), os ciclos sazonais são bem evidentes, com recuo da linha de costa na primavera. Como já citado, os meses de primavera possuem alta ocorrência de eventos extremos (RODRIGUES *et al.*, 2004; LEAL *et al.*, 2021). As maiores variações de SCE concentram-se na porção central da praia, visto que ao norte a praia manteve-se estável, protegida das ondas de sul, com alta energia, pela laje rochosa e, de acordo com resultados de Botega (2013), a porção sul é protegida pela Ilha do Grant.

Figura 12 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia das Pedras Brancas. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita). A linha tracejada representa a posição da laje rochosa. As setas apontam os períodos erosivos na primavera.



Fonte: Elaborado pela autora.

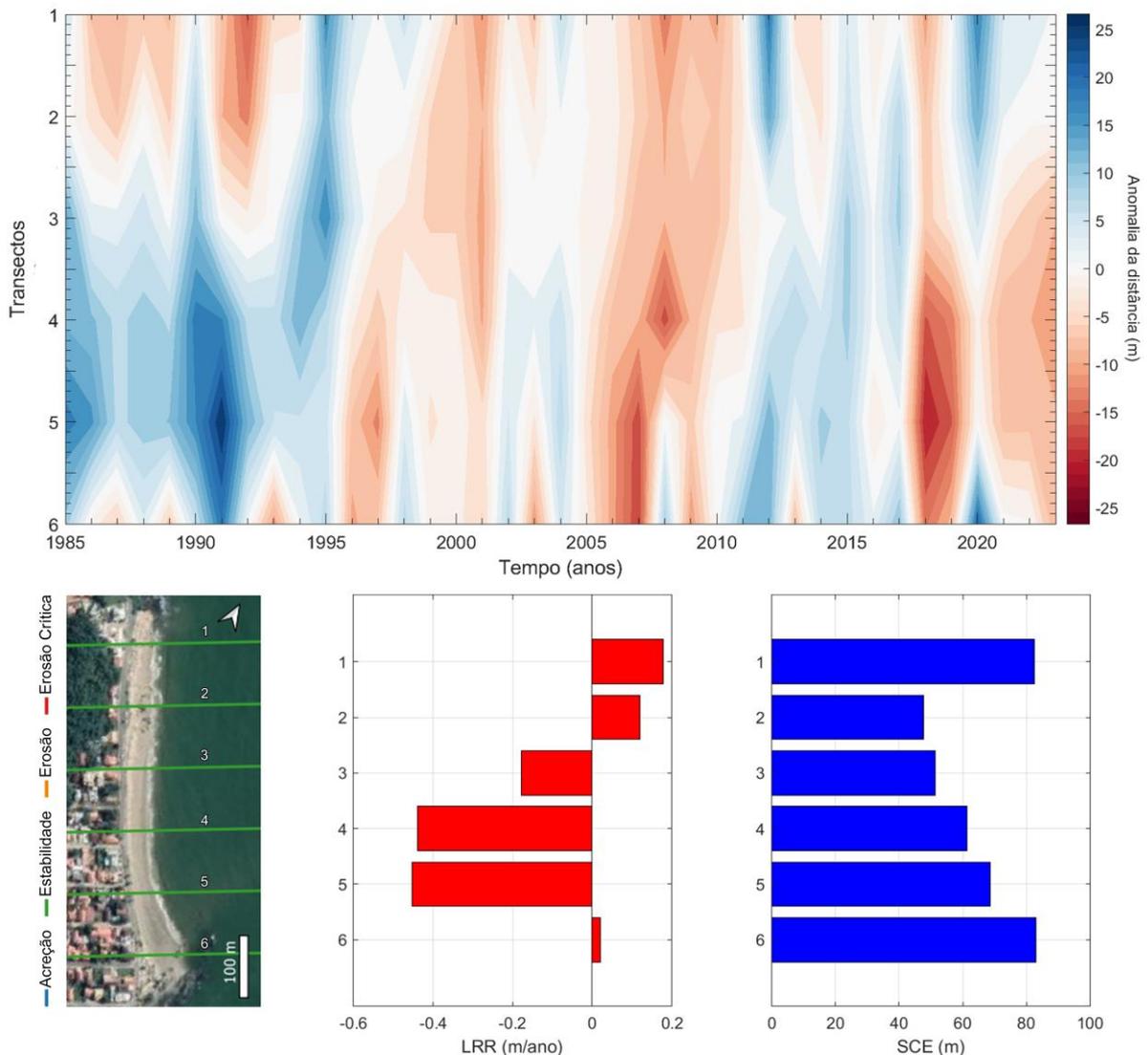
Quanto aos dados estatísticos, o LRR evidencia o recuo da linha de costa em toda a praia, com valores negativos de até -2,8 m/ano na porção central, caracterizada por erosão crítica. O SCE demonstra a porção central da praia como a região de maior variação, chegando a 46 m, o que é um indício da vulnerabilidade deste trecho da praia.

#### **5.1.5 Praia do Grant**

O diagrama de Hovmöller para a Praia do Grant em longo prazo (Figura 13) demonstra uma tendência de rotação praial, visto que há períodos de acreção/erosão na porção norte que correspondem aos períodos de erosão/acreção na porção sul. A rotação nesta praia já havia sido identificada por Botega (2013). Neste diagrama, também é possível identificar o pico negativo em 2017. Assim como a praia das Pedras Brancas, esta também foi uma das praias impactadas pelo evento erosivo de 2017, a qual também recebeu enrocamento como solução emergencial, o que contribui para o resultado de erosão crítica na praia.

Em relação aos dados estatísticos, o LRR indica predominância de estabilidade ao longo de toda a praia, com valores ligeiramente positivos nos transectos da porção norte da praia, com valor de até 0,19 m/ano, e valores negativos de até -0,44 m/ano na porção central e sul. Botega (2013) identificou que a Ilha do Grant impede a incidência de ondas de sul, mais enérgicas, na porção norte da praia, e abriga a porção sul de ondas de leste e sudeste. Como já citado, Camargo (2020) destacou a inversão da corrente longitudinal para a direção sul durante a incidência de ondas do quadrante leste, ao contrário de quando a incidência de ondas é do quadrante sul, cuja tendência do transporte sedimentar é para o norte. Além disso, a amplitude total de variação na praia (SCE) possui os maiores valores nas extremidades, o que também corrobora com a rotação praial.

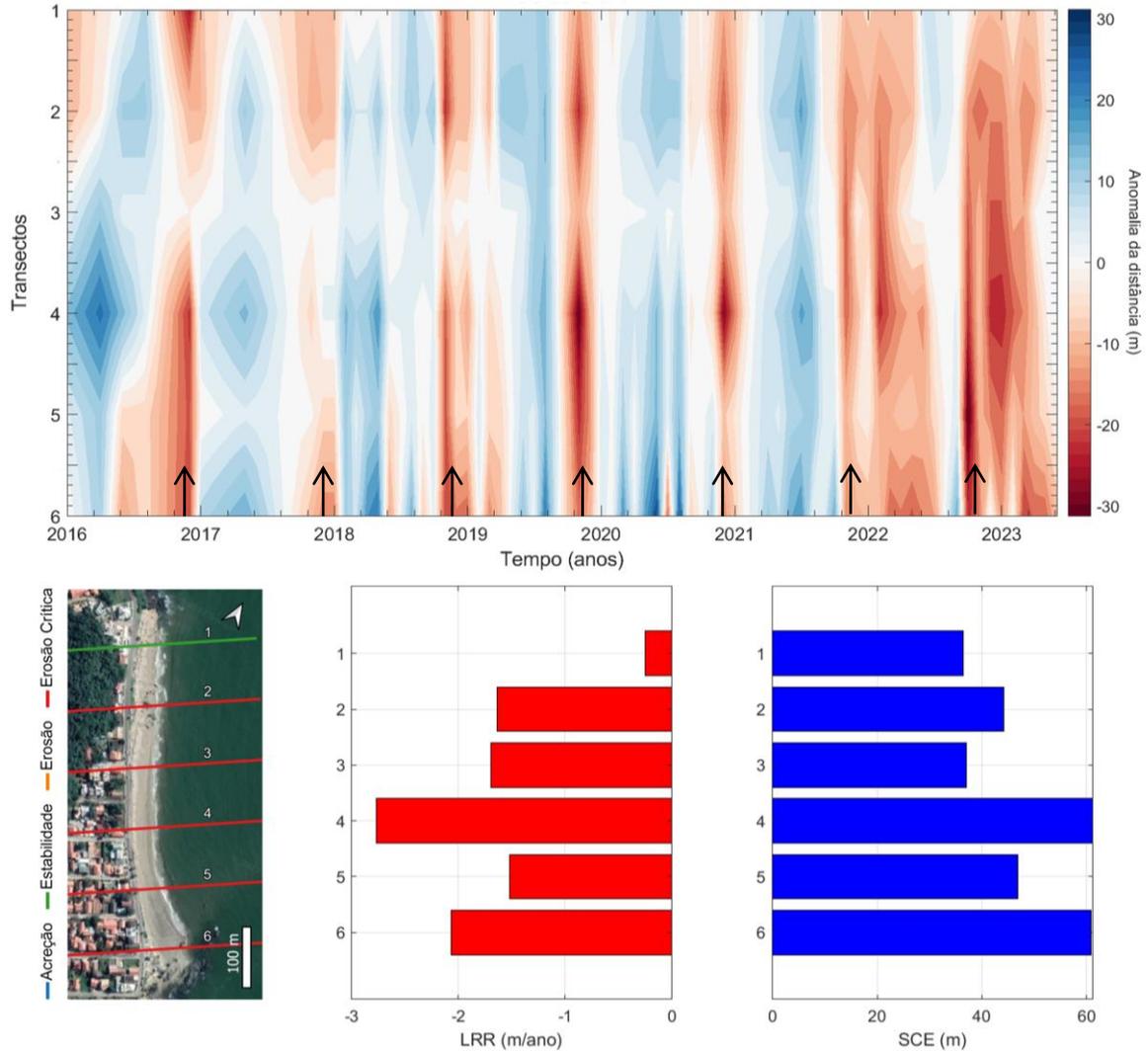
Figura 13 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Grant. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).



Fonte: Elaborado pela autora.

Em uma escala de médio prazo, o diagrama de Hovmöller para a Praia do Grant (Figura 14) destaca o ciclo sazonal já identificado em praias anteriores, com recuo da linha de costa nos meses da primavera. Também destaca que os períodos erosivos dos últimos anos (2022 e metade de 2023) foram mais longos que os anteriores. Os dados estatísticos indicam erosão crítica em quase toda a praia, com LRR de até -2,9 m/ano. Apenas o extremo norte da praia apresentou linha de costa estável, muito provavelmente devido à interferência da Ilha do Grant.

Figura 14 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Grant. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), Taxa de Regressão Linear – LRR (centro) e Cobertura de Mudança da Linha de Costa – SCE (direita). As setas apontam os períodos erosivos na primavera.



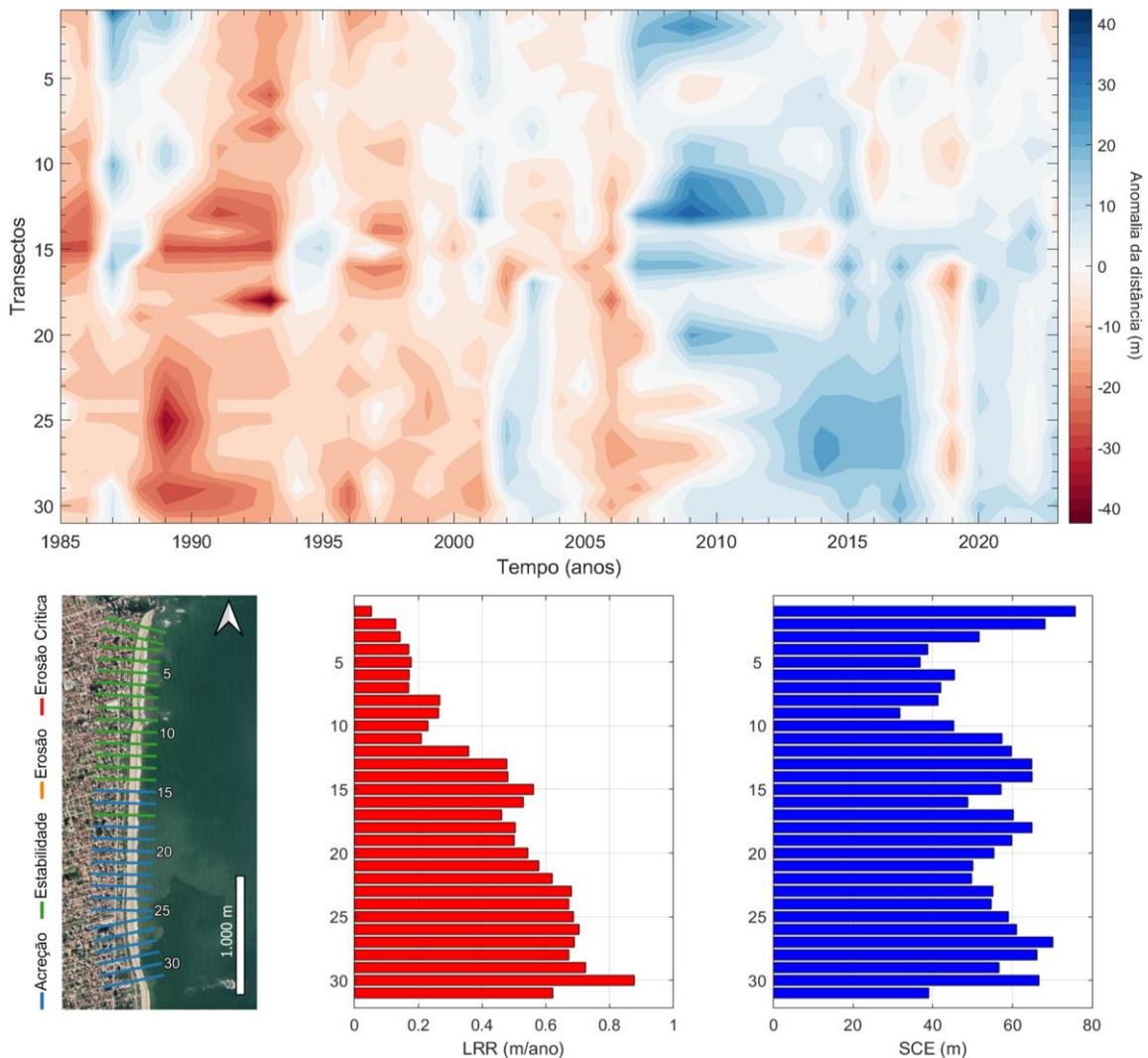
Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.1.6 Praia do Cerro

O diagrama de Hovmöller do comportamento da praia do Cerro de longo prazo (Figura 15) mostra uma tendência de acreção ao longo de toda a praia. Os dados de LRR resultaram em transectos estáveis e acrescivos, com um valor médio de 0,45 m/ano. De acordo com Araujo *et al.* (2010), a Praia de Piçarras e Praia Alegre, localizadas ao sul do mesmo arco praial que a Praia do Cerro, sofreram aterramentos hidráulicos no ano de 1999. Porém, segundo os mesmos autores, cerca de 50% do volume depositado foi removido até 2008, sendo que esse valor

chega a 95% na Zona de Erosão Acentuada (ZEA) identificada no extremo sul deste arco praial. Os resultados de Araujo (2008) e Klein *et al.* (2009) não demonstraram deposição sedimentar significativa na região norte deste arco praial, onde localiza-se a praia do Cerro. No entanto, neste estudo, os valores de LRR maiores no sul da praia do Cerro, início da praia de Piçarras, podem indicar alguma influência deste aterro, visto que a partir do ano de 2000 os valores tornam-se predominantemente positivos no Diagrama de Hovmöller. É importante destacar que, assim como a Praia do Sol, a Praia do Cerro é um dos poucos trechos da costa do município sem interferências antrópicas direta e sem indicadores de erosão, fator também indicados nos resultados encontrados por Koerich e Pereira (2023).

Figura 15 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a longo prazo na praia do Cerro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).

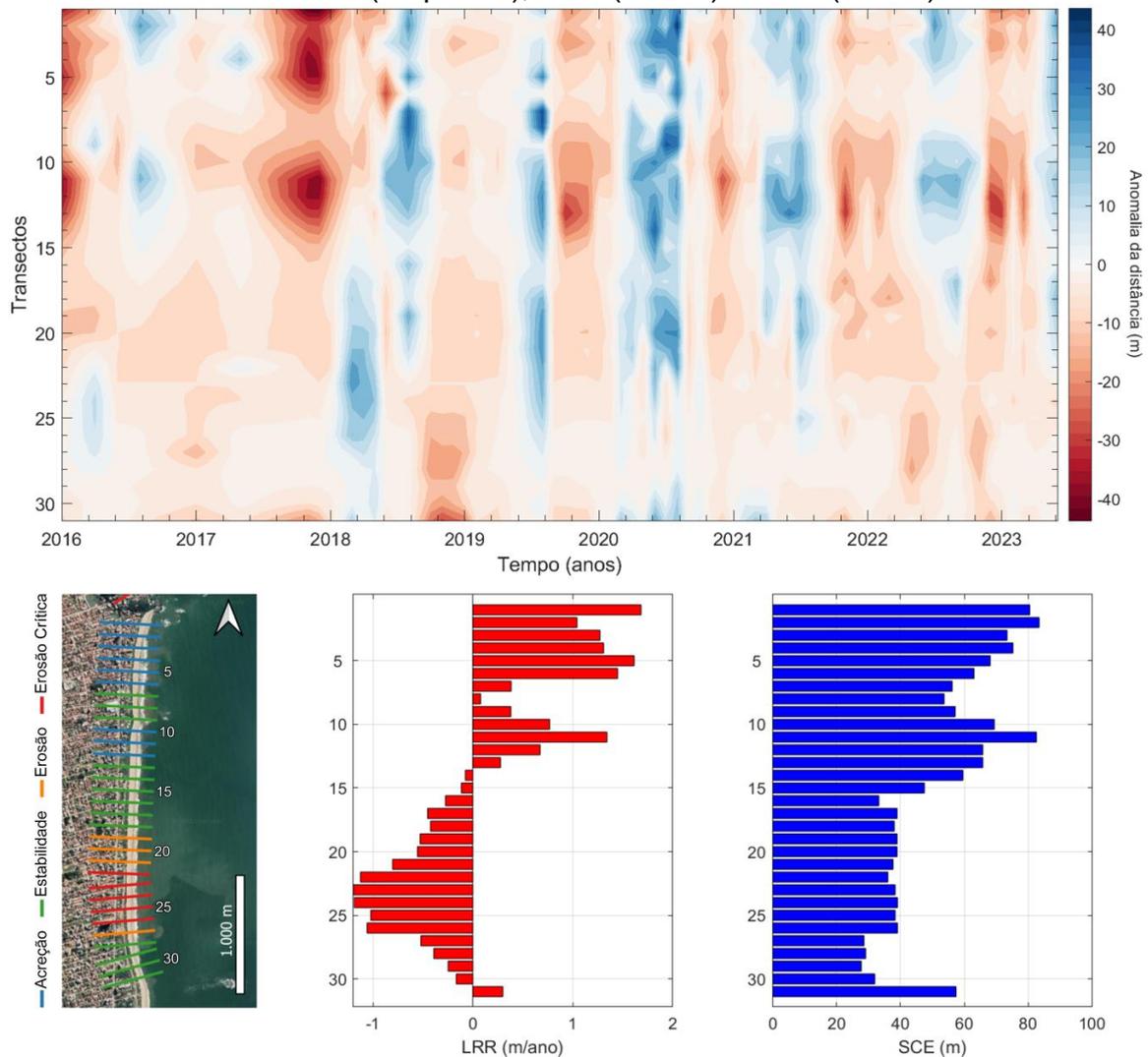


Fonte: Elaborado pela autora.

No comportamento de linha de costa em médio prazo da Praia do Cerro (Figura 16), o ciclo sazonal está evidente, com recuo nos meses de inverno e primavera. Além disso, os dados de LRR demonstram acreção até metade da extensão mapeada, com valores de até 1,8 m/ano, sendo que esses os valores diminuem ao longo dos transectos em direção ao norte, e passam a ser negativos na segunda metade do trecho, com valores de erosão crítica registrados no início da avenida beira-mar de Balneário Piçarras. Almeida *et al.* (2018) identificaram um padrão de circulação na Enseada do Itapocorói caracterizado por correntes de deriva litorânea em direção ao sul em ondulações incidentes do quadrante Leste, e em direção ao norte durante ondulações do quadrante Sul, o que pode justificar a característica cíclica sazonal na Praia do Cerro e também o balanço positivo acumulado na porção norte, visto que as ondulações do quadrante Sul são as mais enérgicas e possuem maior capacidade de remoção/transporte sedimentar.

No caso desta praia, quando comparado os resultados entre longo e médio prazo, pode-se notar uma mudança comportamental na linha de costa, visto que em longo prazo a porção sul desse trecho do arco praial analisado caracteriza-se como acresciva, enquanto que em médio prazo o mesmo trecho é classificado como criticamente erosivo. Isso pode estar relacionado com o fato de que o período de longo prazo inclui o antes e o depois do aterro hidráulico na praia de Piçarras. Mas também pode ser uma consequência da maior ocorrência de eventos extremos e erosivos em Santa Catarina registrados a partir de 2016. De acordo com os resultados de Leal *et al.* (2021), de 1998 a 2015 foi registrado uma média de 4 ocorrências de desastres por ano, e a partir de 2016 a média subiu para 13 ocorrências por ano.

Figura 16 - Dados representativos do comportamento de linha de costa a médio prazo na praia do Cerro. Acima: Diagrama de Hovmöller; Abaixo: posição dos transectos (esquerda), LRR (centro) e SCE (direita).



Fonte: Elaborado pela autora.

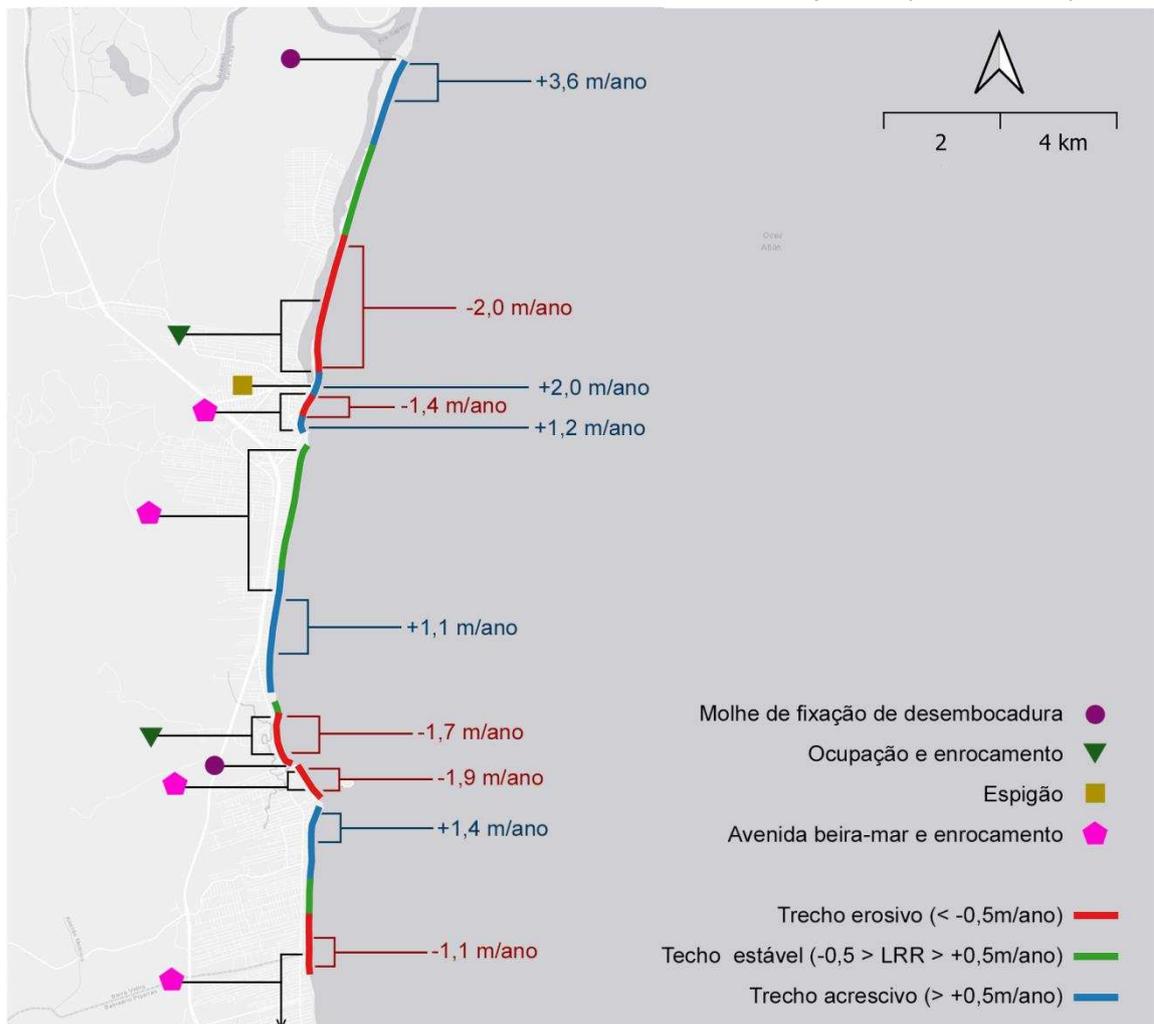
## 5.2 IMPACTO DAS OBRAS

Em uma análise geral da costa de Barra Velha, apresentada na Figura 17, foi constatado que 34,2% da extensão arenosa da cidade está em estado erosivo, enquanto que 35,6% está em estado acrescivo e 30,2% está estável.

Contudo, pode-se notar que os trechos considerados erosivos, quase que em sua totalidade, possuem valores de erosão crítica destacados, ou seja, a taxa de variação média no trecho foi maior que -1,0 m/ano. Além disso, absolutamente todos os trechos erosivos possuem uma obra longitudinal associada, com enrocamento para proteção da urbanização (ocupação de moradias e/ou avenida beira-mar), sendo que a porção mais crítica da cidade é a parte ocupada da Península. Nesta

parte da cidade, de acordo com Machado (2010), os enrocamentos são decorrentes de uma ocupação irregular e representam provavelmente a intervenção mais antiga da cidade, na década de 70. O único trecho não classificado como erosivo que contém uma obra longitudinal, na praia do Tabuleiro, apesar de ser classificado como estável, possui uma tendência negativa, não superior a  $-0,5$  m/ano.

Figura 17 – Relação entre obras rígidas costeiras e classificação das praias arenosas de acordo com dados de LRR em médio prazo (2015-2023).



Pilkey e Wright III (1988) descrevem que as obras de enrocamento longitudinais são provisórias e emergenciais para áreas afetadas intensamente pela ação do mar, e sua eficácia de proteção em longo período são efetivas apenas em combinação com outros métodos de defesa. Caso contrário, o processo de turbulência das ondas refletidas pode intensificar o processo erosivo, causar a ruína da obra e resultar na inexistência de faixa de areia (KRAUS; GALGANO, 2001).

Como constatado por Machado (2010), as obras do município não foram realizadas de forma adequada, resultando assim na baixa funcionalidade e eficácia do seu propósito.

Os valores de acreção acentuada identificados na figura, cujas LRRs ultrapassaram 1,0 m/ano, em sua maioria estão associados a barreiras perpendiculares, naturais ou antrópicas. Em relação ao espigão da praia Central, observa-se que as áreas adjacentes apresentam uma acreção relevante, porém a área acrescida é curta para afirmar que o espigão atua com eficiência na proteção da costa e/ou retenção de sedimento. Os espigões, de acordo com Pranzini, Wetzel e Williams (2015), são estruturas transversais cuja função é interceptar o transporte longitudinal e gerar um acúmulo sedimentar a barlamar e/ou evitar o assoreamento a sotamar. Em praias de fluxo variável (como no caso da área de estudo) esta obra pode não ser eficaz, de fato (ALFREDINI; ARASAKI, 2009). No caso da desembocadura do Rio Itapocu, com o maior valor médio de acreção registrado (+3,6 m/ano), sabe-se da atuação relevante do molhe hidráulico causado pelo fluxo de vazão do rio, além do molhe de fixação da desembocadura. Destaca-se que estruturas rígidas de estabilização, tanto longitudinais quanto transversais, são consideradas como métodos do tipo mais invasivo, visto que envolvem construções fixas (KOMAR, 2011).

Já o molhe de fixação da desembocadura do Rio Itajuba, construído em 2016, muito provavelmente está relacionado à causa do estado de erosão crítica da praia das Pedras Brancas. O princípio do modelo parabólico descreve a condição de equilíbrio em uma praia cuja linha de costa é representada por uma parábola (HSU; EVANS, 1989). Portanto, no caso da praia das Pedras Brancas, a presença de um molhe com aproximadamente 110 m de comprimento provocou uma alteração no ponto de controle de difração da onda, situando-o cerca de 115 m mais próximo, como demonstra a Figura 18. Essa mudança no ponto de controle de refração, conforme apontado por HSU *et al.* (2008), influencia diretamente o formato da parábola e, conseqüentemente, o estado de equilíbrio da linha de costa, afetando a distribuição de energia das ondas que alcançam a praia. A proximidade do ponto de controle resulta em uma intensificação das ondas incidentes. No entanto, um fator que agrava a situação é a urbanização na área costeira, que impede o processo natural de remodelação da praia e leva à destruição das residências. Cabe lembrar que no ano seguinte à construção do molhe a porção central da praia das Pedras

Branças recebeu enrocamento para proteção da urbanização que estavam em colapso durante a ocorrência de um evento extremo.

Figura 18 – Mudança de ponto de controle de refração após a construção do molhe de fixação da desembocadura do rio Itajuba.



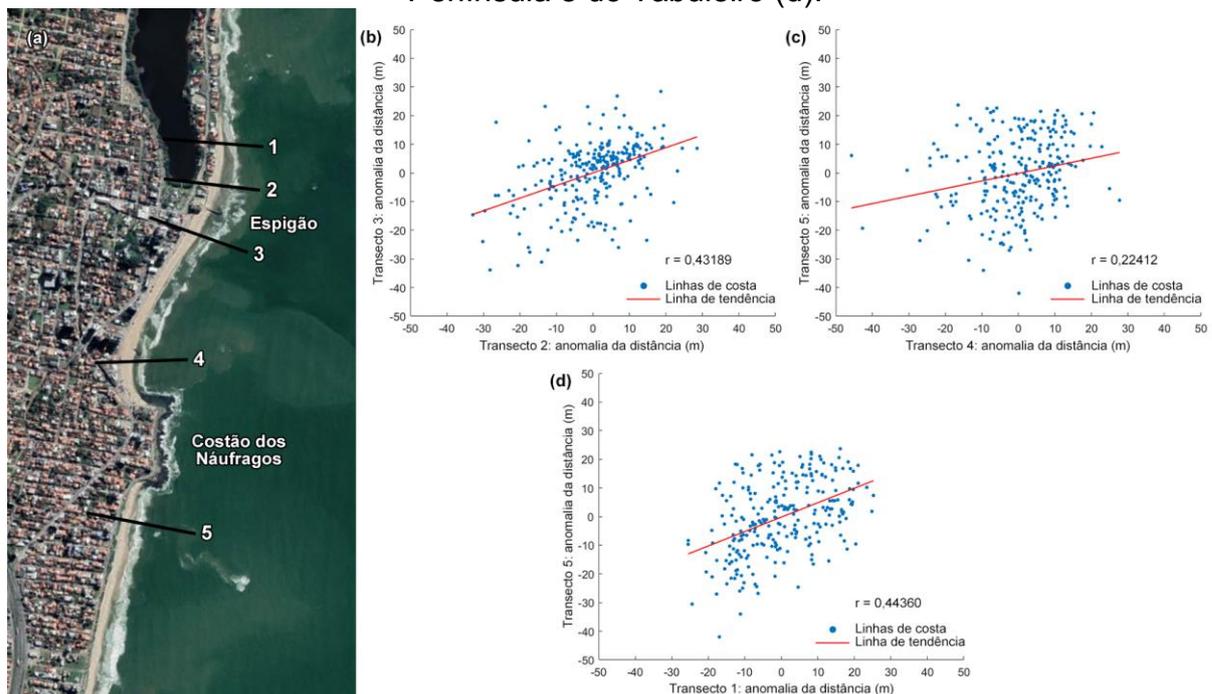
Fonte: Elaborado pela autora, imagem retirada do *Google Earth Pro* (2018).

A praia do Centro, que foi submetida ao processo de aterro hidráulico em 2001, apresenta tendência de erosão crítica. O processo de alimentação artificial de praias, segundo Williams *et al.* (2018), permite estabilizar ou ampliar praias de modo a evitar o impacto de processos erosivos durante um período de tempo. Este método é considerado menos invasivo que estruturas fixas, pois não interfere diretamente nas correntes locais, sem impactar negativamente as costas adjacentes, trazendo uma sobrevida ao ecossistema praiial (KOMAR, 2011). Porém, se a causa da erosão não for identificada e solucionada, o processo de perda sedimentar continuará a atuar. Dessa forma, a obra exige esforço de manutenção temporal (ALFREDINI; ARASAKI, 2009). No caso da praia em questão, considerando também os resultados apresentados na Figura 7 e no subtópico 5.1.2, os quais demonstram que após 22 anos a praia ainda mantém cerca de 10 metros de faixa de areia oriunda da alimentação artificial, pode-se afirmar que a intervenção foi bem sucedida.

### 5.3 CORRELAÇÃO ENTRE PRAIAS

O primeiro trecho a ser analisado inclui a porção sul da praia da Península, a praia Central e a porção norte da praia do Tabuleiro, cujos focos de observação são o espigão do Centro e o Costão dos Náufragos (Figura 18.a).

Figura 19 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: ao espigão do Centro (b), ao Costão dos Náufragos (c) e entre as praias da Península e do Tabuleiro (d).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados da correlação linear entre transectos opostos do espigão da praia do Centro (Figura 19.b) demonstram uma correlação média, com valor de  $r=0,4$  ( $p$ -valor=0) se considerado o todo o intervalo de tempo (1984 a 2022). Para minimizar o efeito do aterro hidráulico na praia do Centro, foi calculada também a correlação considerando apenas os dados referentes ao período de captura de imagens do Sentinel (2015 a 2022), 14 anos após a obra, que resultou em um valor considerado alto, com  $r=0,6$  ( $p$ -valor=0).

De acordo com FitzGerald (2010), a eficácia de um espigão depende de fatores como comprimento, altura e permeabilidade da estrutura. O espigão do Centro, antes de sua ampliação no final do ano de 2022, possuía 70 m, comprimento que não abrangia a zona de surfe da região em sua totalidade, como evidenciado na Figura 20. É importante ressaltar que é na zona de surfe em que ocorrem os

principais processos de remobilização sedimentar (KOMAR, 1983). Com isso, acredita-se que, embora haja influência do espigão na retenção de sedimentos entre essas praias, a transposição sedimentar ocorre de forma contínua. Com a ampliação, o espigão passou a ter 150 m de comprimento, no entanto, o intervalo temporal de dados deste trabalho para a análise em questão não abrange o período após a ampliação.

Figura 20 – Espigão do Centro comparado com a abrangência da zona de surfe (imagem de 2020).



Fonte: Elaborado pela autora.

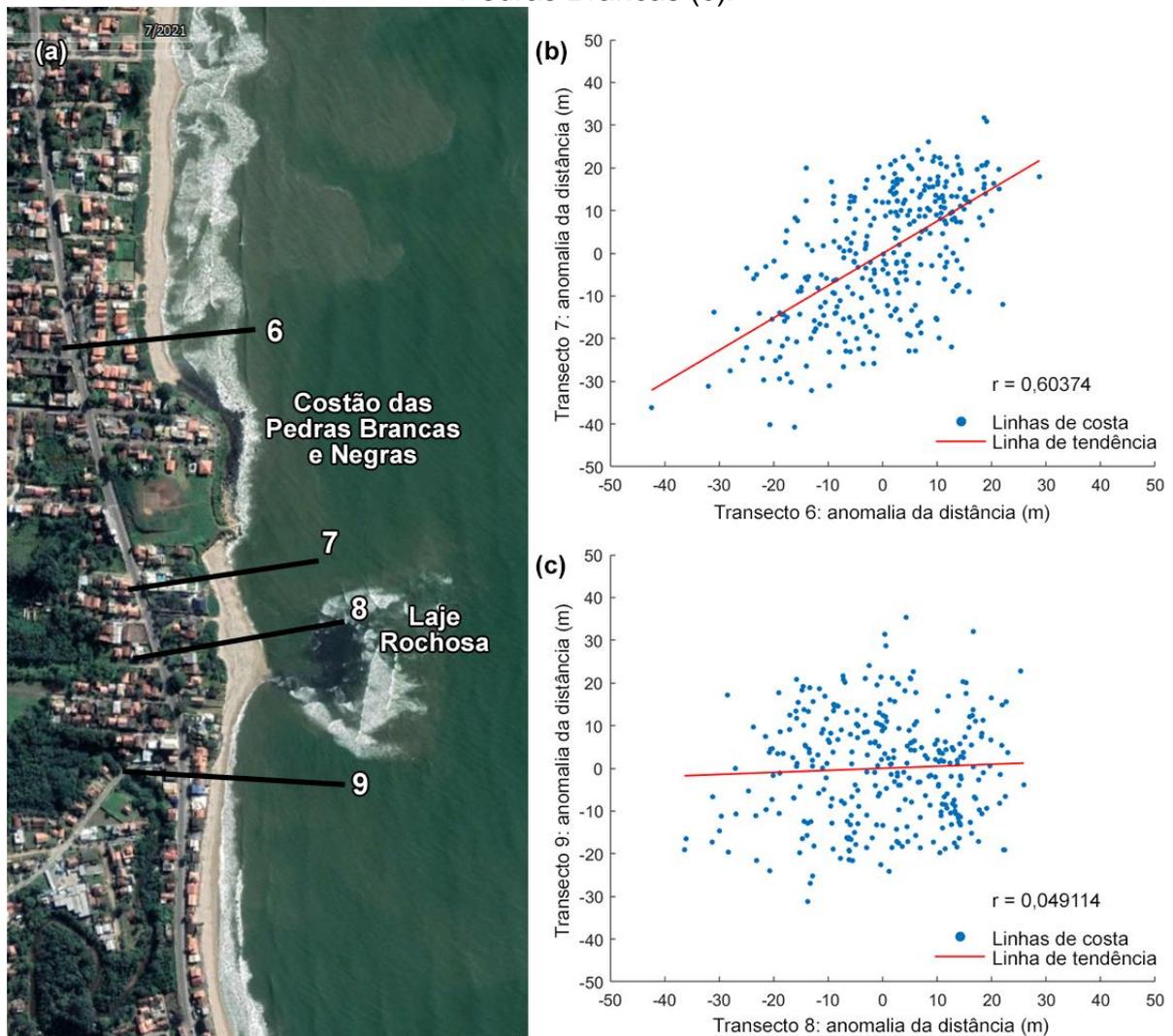
Ao comparar os transectos de lados opostos do Costão dos Náufragos (Figura 19.c), a correlação é menor. Durante todo o período de dados o valor foi baixo de  $r=0,2$  ( $p\text{-valor}=0,0003$ ), e considerando apenas o período após 2015 o valor sobe para  $r=0,4$  ( $p\text{-valor}=0$ ). Com esse resultado, acredita-se que as praias do Tabuleiro e do Centro não possuem o mesmo padrão de circulação sedimentar e muito provavelmente não há transposição sedimentar entre essas praias em condições ambientais normais.

Contudo, em uma correlação direta entre a praia do Tabuleiro e a Praia da Península (Figura 19.d), os dados demonstram uma correlação média de  $r=0,4$  ( $p\text{-valor}=0$ ) no período completo e  $r=0,5$  ( $p\text{-valor}=0$ ) após 2015. Apesar de não ser uma correlação considerada alta, é maior que os valores encontrados entre o Tabuleiro e o Centro.

Assim sendo, com base nos modelos conceituais de transposição sedimentar em promontórios rochosos apresentados no trabalho de Klein *et al.* (2020), acredita-se que no caso do Costão dos Náufragos seja aplicado o modelo de transposição sedimentar que atravessa um embaiamento (*Headland Bypassing Cross Embayment* - HBE), proposto por Evans (1943) e Smith (2001). Esse modelo geralmente ocorre quando o promontório está em profundidades mais rasas do que a profundidade de fechamento, durante eventos de alta energia das ondas. Nesse processo, a areia é transportada por uma corrente de retorno formada a barlamar do promontório e levada para águas mais profundas. Em seguida, a areia não é depositada imediatamente a sotamar, mas sim transportada através do embaiamento e, posteriormente, depositada (KLEIN *et al.*, 2020). Neste trecho, a praia do Centro apresenta formato de embaiamento, enquanto as praias adjacentes são mais extensas e lineares. Assim, o sedimento da praia do Tabuleiro, em eventos de maior energia, é transportado diretamente para a porção do extremo norte da praia do Centro e extremo sul da praia da Península.

O segundo trecho analisado refere-se ao Costão das Pedras Brancas e Negras, que separa a praia do Sol e a praia das Pedras Brancas (Figura 21.a). Neste trecho, também há a presença de uma laje rochosa, que fica emersa em níveis de maré baixa.

Figura 21 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: ao Costão das Pedras Brancas e Negras (b) e à Laje Rochosa da Praia das Pedras Brancas (c).



Fonte: Elaborado pela autora.

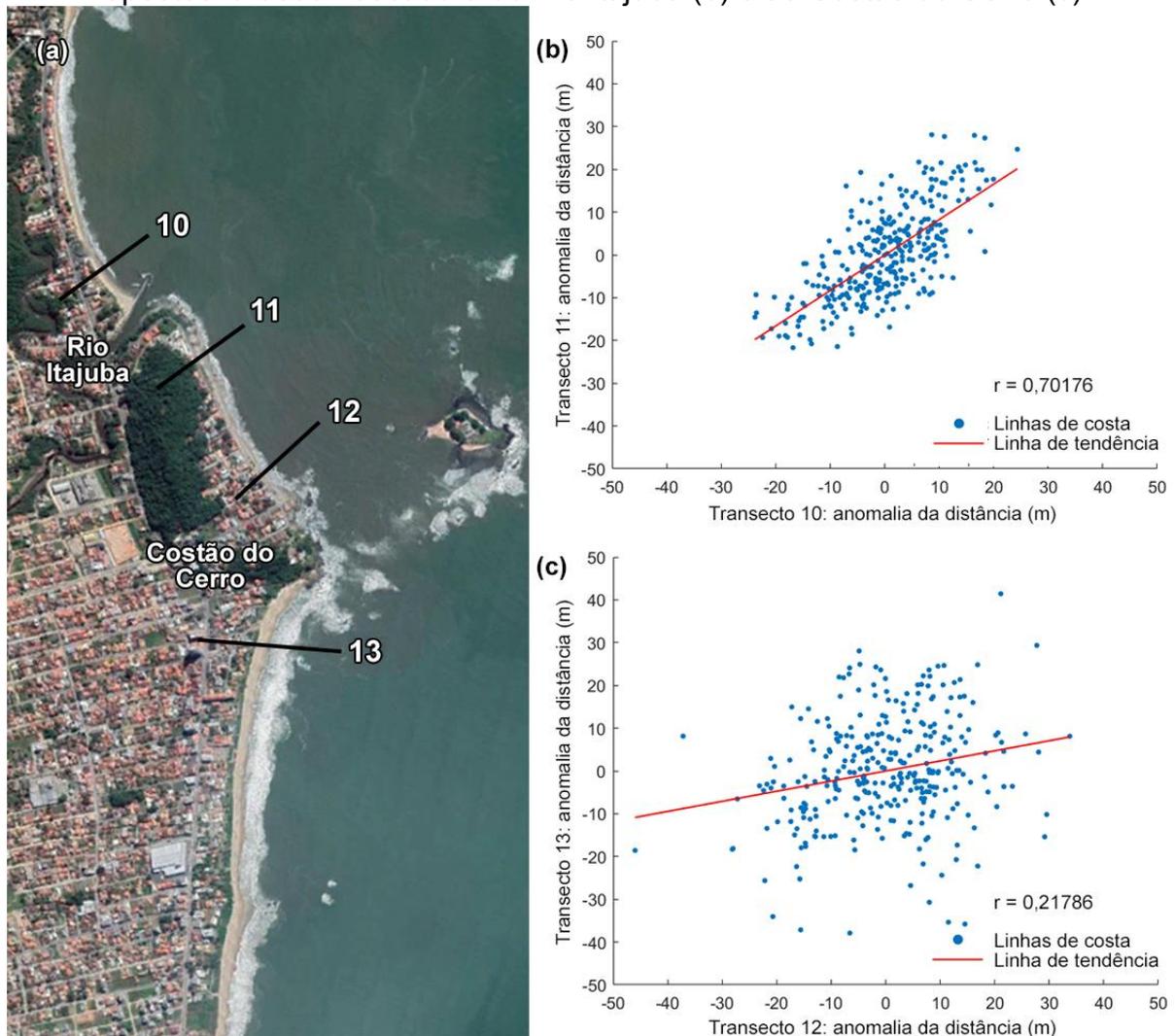
A correlação linear entre transectos opostos ao Costão das Pedras Brancas e Negras (Figura 21.b) demonstra uma relação considerada alta, de  $r=0,6$  ( $p\text{-valor}=0$ ). Isso indica que esses dois transectos apresentam padrões similares de variação e pode haver uma troca sedimentar frequente entre as praias adjacentes ao Costão das Pedras Brancas e Negras. Camargo (2020) ressalta que as praias não devem ser tratadas como um sistema único, visto que são ambientes sedimentares transicionais e dinâmicos, cuja circulação pode transpassar obstáculos fixos. Além disso, de acordo com George *et al.* (2015), apesar de quase sempre os promontórios serem considerados limitantes para células litorâneas, isso pode ser questionável, visto que há um conjunto de características do promontório que definem seu potencial de retenção ou transposição sedimentar.

Em uma classificação de costões rochosos proposta por Camargo (2020), a qual se baseia principalmente no tamanho do promontório e na disponibilidade sedimentar, o Costão das Pedras Brancas e Negras pode ser enquadrado no Modelo III. Neste modelo, o promontório é relativamente pequeno, com a largura (distância entre as duas praias adjacentes) maior que o comprimento (distância em que o promontório se projeta em direção ao mar), e considera um sistema com grande disponibilidade sedimentar, como é o caso do arco praiado Tabuleiro-Sol, de acordo com os resultados obtidos por Botega (2013). Nestes casos, Camargo (2020) sugere que o sedimento pode transpassar de maneira contínua pelo promontório.

Já a correlação linear entre transectos opostos à laje rochosa das Pedras Brancas (Figura 21.c) resultou um valor quase nulo ( $r=0,05$ ;  $p\text{-valor}=0,3860$ ). Isso indica que os lados opostos do promontório não seguem o mesmo padrão de variação, nem mesmo de forma oposta. Esta laje rochosa se estende desde a linha de costa e se projeta até, pelo menos, 350 m em direção ao mar, atuando na refração e difração das ondas e formando uma saliência na linha de costa. Pela sua extensão, é provável que ela atue como delimitador de circulação sedimentar de forma mais eficaz que o promontório rochoso adjacente, que se projeta apenas 76 m em direção ao mar. No entanto, os resultados obtidos por Silva *et al.* (2021) apontam que o processo de transposição sedimentar pode ocorrer em uma escala de tempo variável, podendo compreender um ciclo sub-anual, de meses, até um ciclo interanual para completar o processo. Desta forma, a possibilidade da existência de transposição sedimentar neste costão não pode ser descartada.

Por fim, o terceiro trecho analisado possui o enfoque na desembocadura do Rio Itajuba e no Costão do Cerro (Figura 22.a).

Figura 22 – Posição dos transectos (a) e correlação entre transectos de lados opostos: à desembocadura do Rio Itajuba (b) e ao Costão do Cerro (c).



Fonte: Elaborado pela autora.

A correlação linear entre transectos de lados opostos ao Rio Itajuba (Figura 22.b) foi considerada alta, de  $r=0,7$  ( $p\text{-valor}=0$ ). Dessa forma, acredita-se que a porção da praia das Pedras Brancas ao sul da laje rochosa anteriormente descrita e a praia do Grant fazem parte do mesmo sistema de circulação. Neste sentido, pode-se reafirmar o impacto negativo do molhe construído para fixação da desembocadura do Rio Itajuba no estado de erosão crítica e colapso das residências a beira-mar dessas praias, visto que este se localiza entre as duas praias. Nesta desembocadura, o assoreamento é uma ocorrência constante, sendo necessária a dragagem frequente desde a construção do molhe para viabilizar a navegação dos pescadores para o interior do rio. O sedimento que seria transportado da praia do Grant para a praia das Pedras Brancas fica retido no molhe, que está ao norte do

rio, e assoreia o canal (NSC, 2018). Porém, este sedimento dragado não é devolvido ao sistema, fato que causa o balanço sedimentar negativo. A sub-bacia do Rio Itajuba é pequena, cuja contribuição de aporte sedimentar é desprezível, bem como seu fluxo de vazão (COMITÊ ITAPOCU, 2017).

Já a comparação entre transectos opostos ao Costão do Cerro (Figura 22.c) demonstra uma correlação baixa, de  $r=0,2$  ( $p\text{-valor}=0,0001$ ). Destaca-se também a presença da Ilha do Grant a menos de 500 m de distância do Costão, cujo percurso entre ele apresenta afloramentos rochosos que também podem interferir na troca sedimentar entre as duas praias. Assim, a hipótese é que não há uma transposição sedimentar eficiente entre as praias do Grant e do Cerro em condições ambientais normais. Neste caso, assim como na laje rochosa da praia das Pedras Brancas, há a possibilidade da transposição ocorrer em outra escala de tempo, cuja variação não foi encontrada pela metodologia proposta. Silva *et al.* (2021), que utilizaram o método de correlação para determinar trechos com o mesmo padrão de circulação em praias da Austrália, apontam que processos de transposição mais longos em relação ao tempo são menos detectáveis por este método.

Por fim, a Figura 23 sintetiza os resultados discutidos neste subtópico.

Figura 23 – Síntese da correlação entre lados opostos de barreiras transversais na costa de Barra Velha.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 6 CONCLUSÕES

Os dois primeiros objetivos específicos foram cumpridos com a utilização da ferramenta CASSIE, que teve um desempenho satisfatório. A análise em longo termo, com o uso dos registros Landsat de maior escala temporal e menor frequência de captura, permite a verificação de tendência geral das praias. Já a análise em médio termo, com as imagens Sentinel de menor escala temporal e maior frequência de captura, possibilitaram a visualização de padrões sub-anuais, como o sazonal das praias. No entanto, o fato de ser necessário descartar imagens com zona de surfe ativa para o bom funcionamento da ferramenta compromete o  $n$  amostral dos dados de linha de costa, impossibilitando uma análise mais minuciosa de padrões temporais.

Os diagramas de Hovmöller sintetizam os resultados obtidos para cada praia de modo espacial e temporal, permitindo uma análise ampla da região de estudo. Os valores de LRR gerados pelo próprio sistema do CASSIE são fundamentais para a determinação do estado da linha de costa. Já os dados de SCE podem ser usados para verificar o dinamismo da linha de costa e também identificar o processo de rotação praial, uma vez que neste processo as extremidades do sistema de circulação praial são mais variáveis, apresentando uma maior amplitude, enquanto que a porção central é mais estável, apresentando uma menor amplitude.

Na análise de longo prazo, quase todas as praias apresentaram uma tendência predominante de estabilidade. Trechos da praia do Sol e do sul da praia do Cerro demonstraram tendências acrecionais, enquanto a porção central da praia das Pedras Brancas e trechos espaçados da praia da Península evidenciaram tendência erosiva. Também por meio dos dados de longo termo, pode-se notar um padrão de rotação praial principalmente no arco praial Tabuleiro-Sol e na junção das praias das Pedras Brancas e Grant.

Em médio prazo, foi identificado o padrão sub-anual nas praias do Centro, Pedras Brancas, Grant e Cerro, com o recuo da linha de costa predominantemente nos meses de inverno e primavera. Na praia da Península foi possível identificar o transporte sedimentar em direção ao norte. Além disso, os valores de LRR em médio prazo foram efetivamente utilizados para comparação com as obras costeiras do município, evidenciando o impacto negativo de obras de defesas longitudinais, como os enrocamentos, que acentuaram os processos erosivos, e da baixa eficácia das

obras transversais na retenção sedimentar necessária, sendo visível a necessidade de reavaliar as metodologias de proteção costeira da cidade com estudos técnicos adequados.

Já o terceiro objetivo específico proposto foi atingido com a utilização da ferramenta CoastSat, que possibilita uma maior quantidade de dados, já que utiliza quatro categorias de distinção de cores. A utilização da correlação linear de Pearson foi eficaz para a detecção de conexões de padrões de variação em um cenário de transporte contínuo. No entanto, é importante destacar que as análises aqui discutidas foram baseadas apenas nas variações sedimentares visíveis, desconsiderando quaisquer alterações subaquáticas. Para a validação desses resultados, bem como para obtenção de respostas mais precisas em relação à compreensão das células de circulação e transporte sedimentar, sugere-se um estudo mais aprofundado com metodologia específica de modelagem numérica, com dados coletados *in situ*.

## REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. 2.ed. rev. ampl. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
- ALMEIDA, L. R.; GONZÁLEZ, M.; KLEIN, A. H. F.; GUTIÉRREZ, O. Q.; ARAUJO, R. S. Estudo da dinâmica costeira e modelo de funcionamento da região sul da praia de Piçarras (SC). In: DALINGHAUS, C.; ALMEIDA, L. R.; GONZÁLEZ, M. KLEIN, A. H. F. (Org.). **Sistema de Modelagem Costeira do Brasil: estudos de caso**. Florianópolis: Editora UFSC, 2018. p 297-323.
- ALMEIDA, L. P.; OLIVEIRA, I. E.; LYRA, R.; DAZZI, R. L. S.; MARTINS, V. G.; KLEIN, A. H. F. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module. **Environmental Modelling and Software**, v. 140, n. 105033, jun. 2021.
- ARAUJO, R. S. **Morfologia do Perfil Praial, Sedimentologia e Evolução Histórica da Linha de Costa das Praias da Enseada do Itapocorói – SC**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, UNIVALI, Itajaí, 2008.
- ARAUJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the southern brazilian coast. **Proceedings of the Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries**, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka, Paper n. 097, 2003.
- ARAUJO, R. S.; SPROVIERI, F. C.; FREITAS, D.; KLEIN, A. H. F. Variação da morfologia praial e identificação de Zonas de Erosão Acentuada (ZEA) na Enseada do Itapocorói. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14 (1), p. 29-38, 2010.
- BOAK, E. H.; TURNER, I. L. Shoreline Definition and Detection: A Review. **Journal of Coastal Research**, Florida: v. 21 (4), p. 688-703, jul. 2005.
- BOTEGA, R. R. **Análise das variações espaço-temporais na morfologia em praias do município de Barra Velha – SC**. Monografia (graduação) – Curso de Oceanografia, UNIVALI, Itajaí, 2013.
- CAMARGO, J. M. **Litoral do estado de Santa Catarina, Brasil: Promontórios rochosos, comportamento da linha de costa e processo de transposição sedimentar**. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSC, Florianópolis, 2020.
- CASSIANO, G. F.; SIEGLE, E. Migração Lateral da Desembocadura do Rio Itapocú, SC, Brasil: Evolução Morfológica e Condicionantes Físicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28(4), p. 537-549, 2010.
- COMITÊ ITAPOCU. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu: Sustentabilidade & Desenvolvimento**. Disponível em:

[https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/DHRI/Planos%20de%20Bacias/Plano%20da%20Bacia%20Hidrografica%20do%20Rio%20Itapocu/produto\\_c/plano\\_itapocu-relatorio\\_etapa\\_c.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Planos%20de%20Bacias/Plano%20da%20Bacia%20Hidrografica%20do%20Rio%20Itapocu/produto_c/plano_itapocu-relatorio_etapa_c.pdf). 2017.

COOPER, J. A. G.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A. D.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A. N.; KELLEY, J. T.; PILKEY, O. H. JACKSON, D. W. T. Sandy beaches can survive sea-level rise. **Nature Climate Change**, v. 10, p. 993-995, nov. 2020.

ESTEVEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically areas (CEA): An evaluation of Florida Beaches. **Journal of Coastal Research**. V. 26, p. 11-18, 1998.

EVANS, O. F. The relation of the action of waves and currents on headlands to the control of shore erosion by groins. **Academy of Science**, p.9-13. 1943.

FITZGERALD, D.M. **Final Report: Terminal Groin Study**. Coastal Resources Commission. North Carolina. 2010.

GEORGE, D. A.; LARGIER, J. L.; STORLAZZI, C. D.; BARNARD, P. L. Classification of rocky headlands in California with relevance to litoral cell boundary delineation. **Marine Geology**, v. 369, p. 137-152, 2015.

HORN FILHO, N. O.; SCHMIDT, A. D.; OLIVEIRA, U. R.; ESTEVAM, C. N. Litoteca dos sedimentos arenosos das praias oceânicas do estado de Santa Catarina, Brasil. **VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**, 2013.

HORN FILHO, N. O.; SCHMIDT, A. D.; ESTEVAM, C. N.; OLIVEIRA, U. R. **Atlas geológico-oceanográfico das praias arenosas oceânicas de Santa Catarina, Brasil (APASC)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Geologia Costeira. Florianópolis: Edições do Bosque (NUPPE/CFH/UFSC), 523p. 2020.

HOVMÖLLER, E. The Trough-and-Ridge diagram. **Tellus**, v. 1, n. 2, p. 62–66, 1949.

HSU, J. R. C.; EVANS, C. Parabolic bay shapes and applications. **Proceedings of the Institute of Civil Engineers**, v. 87, p. 557–570, 1989.

HSU, J. R. C.; BENEDET, L.; KLEIN, A. H. F.; RAABE, A. L. A.; TSAI, C. P.; HSU, T. W. Appreciation of Static Bay Beach Concept for Coastal Management and Protection. **Journal of Coastal Research**, v. 24 (1), p. 198 – 215, 2008.

KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J. T. Beach Morphodynamics and Profile Sequence for a Headland Bay Coast. **Journal of Coastal Research**, v. 17, n. 4, p. 812-835, 2001.

KLEIN, A. H. F.; MIOT DA SILVA, G.; FERREIRA, Ó.; ALVEIRINHO DIAS, J. Beach Sediment Distribution for a Headland Bay Coast. **Journal of Coastal Research**, n. 42, p. 285-293, 2005.

KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J. T.; DIEHL, F. L.; ABREU, J. G. N.; POLETTE, M.; SPERB, R. M.; SPERB, R. C. Santa Catarina. Em: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2006.

KLEIN, A. H. F. ; ARAUJO, R. S. ; POLETTE, M. ; SPERB, R. M. ; FREITAS, D.; SPROVIERI, F. C. ; PINTO, F. T. Ameliorative strategies at Balneário Piçarras Beach - Brazil. In: A.T. WILLIAMS; A. MICALLEF. (Org.). **Beach Management: Principles and Practice**. London: Earthscan Publisher. 2009, p. 241-255.

KLEIN, A. H. F.; PRADO, M. F. V.; DALINGHAUS, C.; CAMARGO, J. M. **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costas futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016. 252p .

KLEIN, A. H. F.; SHORT, A. D.; BONETTI, J. Santa Catarina Beach Systems. Em: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (eds.) **Brazilian Beach Systems**. Coastal Research Library, 2016.

KLEIN, A. H. F.; VIEIRA DA SILVA, G.; TABORDA, R.; DA SILVA, A. P.; SHORT, A. D. Headland bypassing and overpassing: form, processes and applications. In: JACKSON, D.; SHORT, A. D. (eds.) **Sandy Beach Morphodynamics**. Elsevier. 2020, p. 557-591.

KOERICH, M. P.; PEREIRA, P. S. Assessing the Impacts of Coastal Engineering Structures on the Coast of Santa Catarina State, Southern Brazil: a geospatial approach. **Ocean & Coastal Management**, v. 245, nov. 2023.

KOMAR, P. D. **Handbook of coastal processes and erosion**. Boca Raton: CRC Press, 1983.

KOMAR, P. D. **Beach Processes and Sedimentation**. New Jersey: Prentice Hall, 2ª edição, 1997.

KOMAR, P. D. Coastal erosion processes and impacts: the consequences of Earth's changing climate and human modifications of the environment. In: HANSOM, J. D.; FLEMMING, B. W. (editores). **Estuarine and coastal geology and geomorphology**. Treatise on Estuarine and Coastal Science, v. 3, p 285–306, 2011.

KRAUS, N. C.; GALGANO, F. A. A Beach Erosional Hot Spots: Types, Causes, and Solutions. **Coastal and Hydraulics Engineering Technical Note**, jan 2001.

LEAL, K. B.; ROBAINA, L. E. S.; KÖRTING, T. S.; DUTRA, R. C. Desastres naturais associados à erosão e inundação costeira: um levantamento para o estado de Santa Catarina, Brasil. **Anais do XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

LUIJENDIJK, A. P.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; FEDOR, B. DONCHYTS, G.; AAMINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**, 2018.

MACHADO, V. B. **Mapeamento e análise de obras de engenharia costeira no litoral do Estado de Santa Catarina**. 229 f. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharel em Oceanografia) - Universidade do Vale do Itajaí. 2010.

MACHADO, G.; MACHADO, C. B. G. Expansão Urbana na Península de Barra Velha/SC e Problemas Ambientais Relacionados. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos**, Vitória: UFES/AGB, 2014.

NASS, D.; VIEIRA, C. V. Evolução morfológica do esporão arenoso na foz do rio Itapocú, município de Barra Velha/SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 674-689, 2017.

NSC. **Pescadores reclamam de assoreamento na barrinha do rio Itajuba, em Barra Velha**. [2018] Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/pescadores-reclamam-de-assoreamento-na-barrinha-do-rio-itajuba-em-barra-velha>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PAWLOWICZ, R.; BEARDSLEY, B.; LENTZ, S. Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T\_TIDE. **Computers and Geosciences**, 2002.

PILKEY, O. H.; WRIGHT III, H. L. Seawalls Versus Beaches. **Journal of Coastal Research**. v. 4, p. 41-44, 1988.

PONTEE, N. Defining coastal squeeze: A discussion. **Ocean & Coastal Management**, v. 84, p. 204-207, 2013.

PRANZINI, E.; WETZEL, L.; WILLIAMS, A. T. Aspects of coastal erosion and protection in Europe. **Journal of Coastal Conservation**, v. 19, p. 445-459, 2015.

RIBEIRO, M. S.; ABREU, J. J.; DUTRA, R. C. Erosão costeira no município de Barra Velha: Registro de eventos extremos e gestão de riscos e desastres. In: **III Encontro Nacional de Desastres**. 2023, Niterói. Anais do III Encontro Nacional de Desastres, III-END0075, 2023.

RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22(2), p. 135-151, 2004.

SCHMIDT, A. D., HORN FILHO, N. O., ESTEVAM, C. N. Estratégias adotadas para conter a erosão costeira no litoral de Santa Catarina, Brasil. **VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**, Maputo, Short Papers, p. 1-12. 2013.

SHORT, A. D.; MASSELINK, G. Embayed and structurally controlled beaches. In: SHORT, A. D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Austrália: Wiley, 1999. p. 230-249.

SHORT, A. D.; TREMBANIS, A. C. Decadal Scale Patterns in Beach Oscillation and Rotation Narrabeen Beach, Australia – Time Series, PCA and Wavelet Analysis. **Journal of Coastal Research**, v. 20(2), p. 523-532. 2004.

SILVA, A. P.; VIEIRA DA SILVA, G.; STRAUSS, D.; MURRAY, T.; WOORTMANN, L. G.; TABER, J.; CARTWRIGHT, N.; TOMLINSON, R. Headland bypassing timescales: Processes and driving forces. **Science of the Total Environment**, v. 793, 2021.

SMITH, A. W. **Headland bypassing**. Coasts & Ports 2001: Proceedings of the 15th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference, the 8th Australasian Port and Harbour Conference. Institution of Engineers, Australia, Barton, A.C.T. p. 214–216. 2001.

SOUZA, C. R. G. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: BONONI, V. L. R., SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). **Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado**, São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. p. 48-69.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L. S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos, 2005. p. 130-152.

STIVE, M. J. F.; AARNINKHOF, S. G. J.; HAMM, L.; HANSON, H.; LARSON, M.; WIJNBERG, K. M.; NICHOLLS, R. J.; CAPOBIANCO, M. Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering**, V. 47, P. 211-235, 2002.

TRUCCOLO E. C. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC**. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, 1998.

UNESCO. **Sea Level Station Monitoring Facility**. Disponível em: <https://www.ioc-sealevelmonitoring.org/station.php?code=imbi>. Acesso em: 8 jun. 2023.

VIEIRA DA SILVA, G., TOLDO, JR., E. E., KLEIN, A. H. F., SHORT, A. D. The influence of wave-,wind- and tide-forced currents on headland sand bypassing – study case: Santa Catarina Island North Shore, Brazil. **Geomorphology**, v. 312, p. 1-11, 2018.

VOS, K.; HARLEY, M. D.; SPLINTER, K. D.; SIMMONS, J. A.; TURNER, I. L. Sub-annual to multi-decadal shoreline variability from publicly available satellite imagery. **Coastal Engineering**, v. 150, p. 160-174, 2019.

VOUSDOUKAS, M. I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T. A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A. FEYEN, L. Shoreline Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature Climate Change**, v. 10, p. 260-263, mar. 2020a.

VOUSDOUKAS, M. I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T. A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A. FEYEN, L. Reply to: Sandy beaches can survive sea-level rise. **Nature Climate Change**, v. 10, p. 996-997, nov. 2020b.

WILLIAMS, A. T.; RANGEL-BUITRAGO, N.; PRANZINI, E.; AFUNSO, G. The management of coastal erosion. **Ocean & Coastal Management**. v. 156, p. 4-20, 2018.

### APÊNDICE A – Número de dados utilizados

<b>Ferramenta</b>	<b>Trecho/Praia</b>	<b>Satélite</b>	<b>Dados extraídos</b>	<b>Dados removidos no filtro de nível de maré</b>	<b>Dados removidos no filtro de desvio padrão</b>	<b>Dados utilizados</b>
<b>CASSIE</b>	<b>Península</b>	<b>Landsat</b>	80	3	5	<b>75</b>
	<b>Península</b>	<b>Sentinel</b>	56	3	8	<b>45</b>
	<b>Centro</b>	<b>Landsat</b>	84	3	4	<b>77</b>
	<b>Centro</b>	<b>Sentinel</b>	55	3	3	<b>49</b>
	<b>Tabuleiro-Sol</b>	<b>Landsat</b>	79	2	8	<b>69</b>
	<b>Tabuleiro-Sol</b>	<b>Sentinel</b>	49	1	10	<b>38</b>
	<b>Pedras Brancas</b>	<b>Landsat</b>	107	5	0	<b>102</b>
	<b>Pedras Brancas</b>	<b>Sentinel</b>	91	6	4	<b>81</b>
	<b>Grant</b>	<b>Landsat</b>	191	5	2	<b>184</b>
	<b>Grant</b>	<b>Sentinel</b>	148	6	3	<b>139</b>
	<b>Cerro</b>	<b>Landsat</b>	93	2	4	<b>87</b>
	<b>Cerro</b>	<b>Sentinel</b>	129	9	2	<b>118</b>
<b>Coastsat</b>	<b>Costão dos Naufragos</b>	<b>Landsat + Sentinel</b>	292	7	29	<b>256</b>
	<b>Costão das Pedras Brancas e Negras</b>	<b>Landsat + Sentinel</b>	332	10	8	<b>314</b>
	<b>Costão do Cerro</b>	<b>Landsat + Sentinel</b>	331	9	6	<b>316</b>