

ESTUDO DA MORFODINÂMICA, SEDIMENTOLOGIA E CORRENTES DE RETORNO DAS PRAIAS DO ATALAIA E CABEÇUDAS, ITAJAÍ - SC

BERRIBILI, M. P.^{1*}; ALVES, T. P.² & ARAUJO, S. R.³

1. Laboratório de Oceanografia Geológica, Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, Santa Catarina, Brasil.
2. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Itajaí, Santa Catarina, Brasil.

*Corresponding author: berribilli@univali.br

ABSTRACT

Berribilli, M. P., Alves, T. P. & Araujo, R. S. (2022). Morphodynamics, Sedimentology and Rip Currents Study from the Atalaia and Cabeçudas Beaches, Itajaí - SC. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 26(1). eISSN 1983-9057. DOI: 10.14210/bjast.v26n1.16534. Natural variations in sea level, climate change, and anthropic activities changes the coastal environments. The understanding of coastal processes associated with changes in the beaches morphodynamics are very important. On this study the seasonal variations in morphology and sedimentology on two beaches in Santa Catarina was carried between August 2017 and August 2018. Rip currents were mapped during the summer season (2017/2018), and reports about dragging accidents were recorded to identify the sites with the highest risk to bathers. Four transversal profiles were monthly monitored in both beaches by topographic surveys using the BMAP - Beach Morphodynamics Analysis Package to analyze width and volume. The beaches' widths varied between 32 and 115 m and their volumes between 35.63 m³.m⁻¹ to 179.62 m³.m⁻¹. The sedimentology demonstrated that the Cabeçudas beach presented fine and medium sand with granulometry between 0.22 and 0.39 mm. The Atalaia beach presented fine sand with particle sizes from 0.14 to 0.20 mm. It indicated the morphodynamic classification of the Cabeçudas beach as reflective while that of the Atalaia beach is dissipative. Rip currents were observed in the Cabeçudas beach (n = 6) and the Atalaia beach (n = 7), with 15 and 35 dragging accidents reports respectively. Atalaia beach is more stable, with increasing sediment compared to the Cabeçudas beach, more unstable, probably the result of two different stages of preservation.

Key Words: Geomorphology. Beaches. Rip current.

INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros, tem sido intensamente antropizados para as mais variadas finalidades. Praias, interfaces entre o ambiente terrestre e aquáticos, são formações de ecossistemas costeiros, de amplo uso e protegidas por legislação específica (Brasil, 1998). São bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado o livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse de segurança nacional.

De acordo com Comfield & Morang (1996) o aumento do desenvolvimento na zona costeira muitas vezes gera conflitos entre o homem e a natureza, os quais podem modificar o local. A demanda pelo uso e subsequentemente pressão por desenvolvimento, tornam as zonas costeiras lugar de alto valor econômico. Estudos sobre o comportamento das praias frente a variáveis condicionantes são essenciais para que haja uma melhor mitigação dos efeitos da ocupação humana e alterações dela subsequentes.

A morfodinâmica de praias relaciona aspectos como a incidência de ondas, características dos sedimentos e a morfologia antecedente (Menezes, 1999), sendo a relação entre a estabilidade da morfologia e as mudanças na energia dos fatores que controlam o

ambiente ao longo do tempo o que define o equilíbrio morfodinâmico de uma praia (Calliari & Klein, 1993; Araújo et al., 2010).

O sedimento representa um fator determinante para a morfodinâmica praias, na qual os processos de acreção e/ou erosão, embora seja parte da dinâmica naturais de praia (Horn Filho, 2006), sua intensificação está relacionado com processos meteorológicos, climáticos e atividades antrópicas em diferentes níveis de interação.

Intervenções na zona costeira, principalmente no ambiente praias, sem planejamento adequado, podem promover transtornos e impactos de ordem econômica em diversos setores. Fenômenos meteorológicos extremos como frentes frias e ressacas, sazonais no sul do Brasil, tendem a alterar a feição da praia, evidenciado pela variação do volume de sedimentos acumulado ou removido das praias (Hoefel, 1998).

As praias são locais que proporcionam diversas modalidades de entretenimento aos frequentadores como práticas desportivas, esportes náuticos, recreação, lazer, gastronomia, dentre inúmeros outros. Um dos principais incidentes associados aos frequentadores de uma praia estão os afogamentos que normalmente ocorrem associados com as características morfodinâmicas das praias, denominadas

de correntes de retorno (Short & Hogan 1994).

Neste estudo observamos o comportamento morfodinâmico das praias do Atalaia e Cabeçadas em 04 campanhas amostrais (1 em cada estação do ano) ao longo dos anos de 2017 e 2018. Buscamos classificar as praias em função do seu estágio morfodinâmico, e identificar os locais de maior risco aos banhistas, quanto ao potencial de ocorrência de correntes.

MATERIAL AND METHODS

Área de Estudo

As praias do Atalaia e Cabeçadas estão localizadas no município de Itajaí, litoral centro-norte de Santa Catarina, Sul do Brasil (Figura 1). A Praia do Atalaia possui uma faixa de areia com aproximadamente 600 m de extensão e média de 50 m de largura, enquanto que a praia de Cabeçadas apresenta aproximadamente 700 m de extensão e 20 m de largura. De acordo com Berribilli et al. (2006) os públicos predominantes provem de Santa Catarina, onde a maioria são moradores de Itajaí.

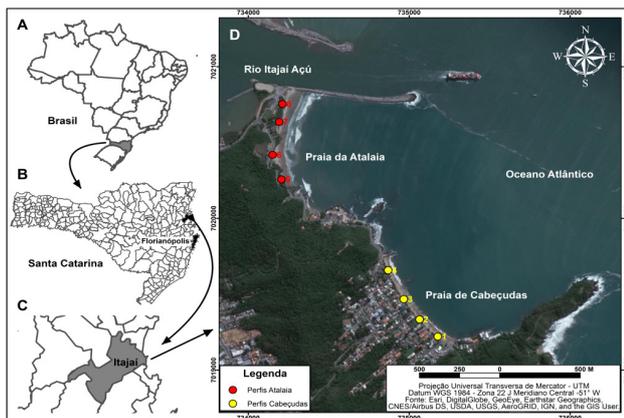


Figura 1 – Localização da área de estudo. A) Estado de Santa Catarina B) Município de Itajaí no litoral do Estado de Santa Catarina C) Praias da Atalaia e Cabeçadas e D) Localização dos perfis nas respectivas praias.

Campanhas de amostragens

Para avaliação dos processos morfodinâmicos foram realizados monitoramentos topográficos mensais e os dados foram analisados de modo a expressar as informações de forma sazonal entre agosto de 2017 a agosto de 2018. Os perfis transversais a linha da praia de Cabeçadas foram iniciados nos marcos materializados na calçada e prolongados até a zona de praia média, adentrando no mar até máximo possível conforme as condições do mar no momento do trabalho, sendo que os perfis transversais a linha da praia do Atalaia partiram dos marcos materializados na da base da duna.

Foi adotado o sistema Geodésico de referência

SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), seguindo a norma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para os cálculos e desenhos topográficos foi utilizado a Projeção Universal Transversa Mercator (UTM).

O cálculo do volume sedimentar e análise das feições morfológicas foram realizados através de perfis topográficos praias numerados 1, 2, 3 e 4 para a praia de Cabeçadas e 5, 6, 7 e 8 para a praia do Atalaia), a partir de 8 pontos pré-determinados e georreferenciados ao longo da praia (Figura 1). Para o transporte de Coordenadas e Altimetria foi utilizado como referência o marco geodésico MR32 localizado no canteiro da praça da Praia de Cabeçadas, por meio das informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Itajaí, utilizando um GPS Trimble R6 com o sistema Real Time Kinematic (RTK).

O processamento dos dados dos perfis praias ocorreu no programa Matlab®, com posterior auxílio dos programas BMAP – Beach Morphodynamics Analysis Package para realizar os cálculos de volume e largura de praia, e Microsoft Excel® para representação gráfica dos perfis e das variações de volume e largura de praia.

A declividade da face da praia foi obtida por trigonometria, regra do triângulo retângulo, a partir da cota (cateto oposto) e da distância (cateto adjacente).

As amostras de sedimentos foram coletadas em três setores ao longo de cada perfil nas regiões do pós-praia, face da praia e praia média em cada estação do ano somando um total de 96 amostras, sendo 48 na praia de Cabeçadas e 48 na praia do Atalaia. Através da técnica de peneiramento, proposto por Suguio (1973), foi possível estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição granulométrica da praia. Posteriormente as amostras foram submetidas ao método de peneiramento mecânico por aproximadamente por 10 min, a intervalos de 1/2 de phi e interpretadas segundo a classificação de Folk & Ward (1957).

A partir das etapas de processamento e pós-processamento (estruturação dos resultados), os dados foram importados para o software SYSGRAN versão 3.0 (Camargo, 2006) para geração de multi-análises de classificações sedimentológicas, assim definindo, sobretudo, as características granulométricas das praias.

A velocidade de sedimentação dos grãos foi determinada segundo a Equação 1 proposta por Gibbs et. al. (1971), sendo que o valor de W_s deve ser corrigido pela Equação 2 a fim de corrigir o efeito do atrito com o fluido causado pelas irregularidades do grão conforme proposto por Baba & Komar (1981).

$$W_s = \frac{-3\mu + [9\mu^2 + g^2 \rho(\rho_s - \rho)(0,015476 + 0,19841r)]^{1/2}}{\rho(0,011607 + 0,14881r)} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde W_s é a velocidade de sedimentação do grão, μ é a viscosidade dinâmica da água, g é a aceleração da gravidade (981 cm.s^{-2}), ρ é a densidade da água (g.cm^{-3}), ρ_s é a densidade do grão ($2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ para o quartzo) e r é o raio da média do grão de areia (cm).

$$W_m = 0,761.W_s \quad (\text{Equação 2})$$

Onde W_m é a velocidade corrigida.

Durante a realização do levantamento dos perfis topográficos foram coletados simultaneamente informações da hidrodinâmica utilizando da metodologia “Sentinelas do Mar” proposta por Melo Filho (1991), através de observações visuais da dinâmica das praias como dados de altura de ondas (H_b) e período de pico (T_p). A altura (H_b) no ponto de quebra foi adquirida medindo-se a diferença entre a crista e a cava da onda no exato momento em que a onda começa a quebrar. A medição do período de pico (T_p) das ondas foi realizada com um cronômetro, contando o número de duas cristas num dado intervalo de tempo tendo utilizando pontos fixos no mar como referência. Foram medidos 5 períodos de pico e depois extraído uma média.

Para a determinação do estágio morfodinâmico da praia, além da topografia enfatizou a relação entre o estado de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos estabelecida por Wright & Short (1984) utilizando o parâmetro adimensional Ω de Dean (1973) nas quais são definidas a distribuição dos estados morfodinâmicos a partir de um valor de Ω .

O cálculo do Ω foi realizado através da Equação 3:

$$\Omega = \frac{H_b}{T.W_s} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde H_b é altura da onda no momento da quebra, T é o período e W_s é a velocidade de sedimentação do grão de sedimento

Valores de Ω superiores a 6 representam praias dissipativas e valores inferiores a 1, praias reflectivas. As praias intermediárias ocorrem no intervalo de $1 < \Omega < 6$.

A localização das correntes de retorno foi realizado durante as campanhas de amostragem considerando, além da observação das condições do mar, a indicações de bandeiras colocadas pelos Guarda-Vidas, e os registros das ocorrências de acidentes foi disponibilizado pelo Batalhão de Bombeiro Militar de Santa Catarina.

RESULTADOS

Morfologia de praia

Em 13 amostragens, que produziram 52 perfis, a praia de Cabeçadas apresentou uma variação

equivalente entre os perfis na sua largura média. Os maiores volumes (Figura 2) foram observados nas extremidades, com o perfil 4 (extremo norte), apresentando o maior valor ($61,8 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$).

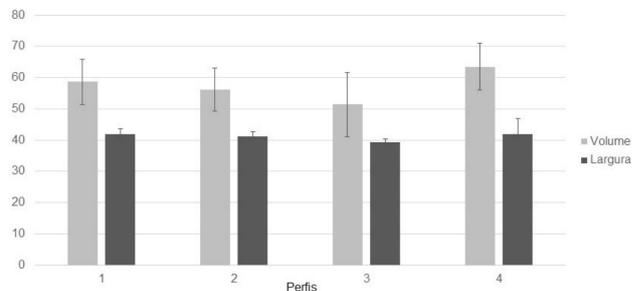


Figura 2 - Volume ($\text{m}^3.\text{m}^{-1}$) e largura (m) médios, com os respectivos desvios padrão, calculados para cada perfil ao longo da Praia de Cabeçadas.

A largura média no perfil 1 foi de $38 \pm 1,64$ m, com máximo de 42 m. Neste perfil o menor volume acumulado (Figura 3) foi observado no período da primavera ($51,14 \pm 2,33 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$), enquanto que o maior volume ocorreu no inverno, atingindo $67,26 \pm 6,62 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$.

No perfil 2 a largura média foi de $40,79 \pm 4,30$ m, tendo máximo de 43,50 m. O volume acumulado (Figura 3), apresentou o menor valor na primavera, atingindo $43,64 \pm 2,56 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$, e o maior volume no outono, $58,95 \pm 1,49 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$.

Seguindo o mesmo padrão do perfil 2, a largura média do perfil 3 foi de $37,27 \pm 1,15$ m, com valor máximo de 39,47 m. O volume (Figura 3), atingiu o menor valor ($35,63 \pm 2,00 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$) na primavera, e o maior volume no outono ($60,33 \pm 6,40 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$). O perfil 4 apresentou uma largura média de $38,80 \pm 4,95$ m, com máximo de 47,70 m. Conforme já mencionado o volume acumulado (Figura 3), apresentou na estação da primavera o menor valor, atingindo $51,62 \pm 0,78 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$, onde o maior no outono, atingindo $68,70 \pm 5,78 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$.

A praia do Atalaia apresentou perfis similares na porção intermediária e norte, e levemente inferior na parte sul (Figura 4). Os maiores valores foram no perfil 8 (extremo norte), que apresentou a maior quantidade de volume ($164,23 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$).

A largura média do perfil 5 foi de $68,27 \pm 8,71$ m, tendo máximo de 68,72 m, enquanto que o volume acumulado (Figura 5), apresentou na estação da primavera o menor valor ($49,96 \pm 7,31 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$), e o maior volume no outono ($67,51 \pm 9,32 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$). A largura média do perfil 6 foi de $88,65 \pm 13,99$ m, com máximo de 100,95 m. O volume acumulado entre as amostragens (Figura 5), apresentou na estação da primavera o menor valor ($115,72 \pm 18,07 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$), com o maior volume no outono ($154,25 \pm 8,84 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$).

A largura média do perfil 7 foi de $80,24 \pm 7,57$ m, com valor máximo de 80,83 m. O volume acumulado

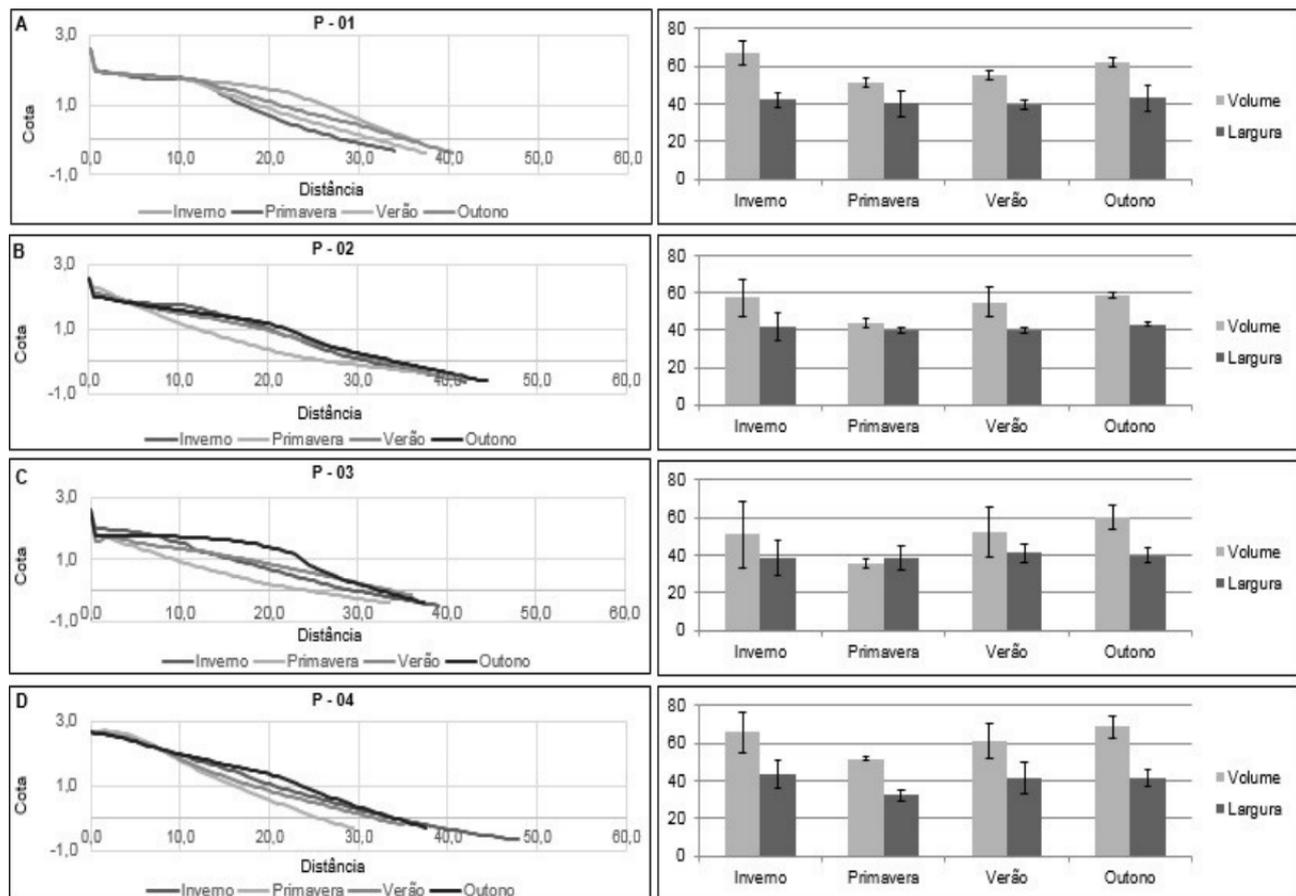


Figura 3 - Características morfológicas dos perfis (esquerda) e médias com seus respectivos desvios padrão, do volume e largura em metros (direita) da praia de Cabeçudas. A) Perfil 01; B) Perfil 02; C) Perfil 03 e D) Perfil 04.

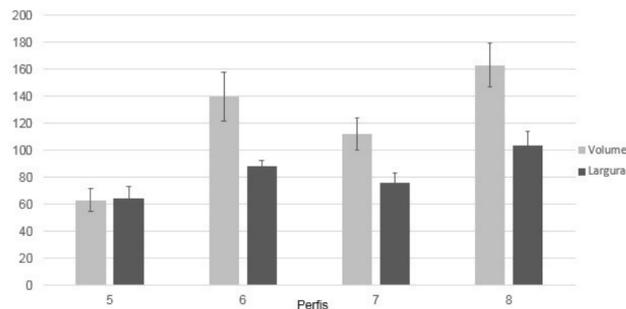


Figura 4 - Volume ($m^3.m^{-1}$) e largura (m) médios com os respectivos desvios padrão calculados para cada perfil ao longo da Praia de Atalaia.

(Figura 5), foi menor na primavera atingindo $98,10 \pm 12,17 m^3.m^{-1}$, com o maior volume ocorrendo no outono ($123,58 \pm 19,22 m^3/m$). A largura média do perfil 8 foi de $103,74 \pm 10,34 m$, com máximo de 115,49 m. O volume acumulado, foi menor na primavera com $149,06 \pm 18,12 m^3.m^{-1}$, e maior no outono, atingindo $179,62 \pm 26,57 m^3.m^{-1}$.

Declividade

A menor declividade encontrada na praia de Cabeçudas (Figura 6), foi constatada no perfil 3

durante a primavera ($2,10 \pm 0,84^\circ$), sendo que a maior no perfil 2 durante o verão ($4,9 \pm 1,55^\circ$).

A praia do Atalaia (Figura 7), obteve a maior declividade no perfil 6 durante a estação da primavera ($2,30 \pm 0,63^\circ$) e a menor declividade constatou-se no mesmo perfil 6 durante o inverno ($1,40 \pm 0,02^\circ$).

Sedimentologia

Foram analisadas os parâmetros granulométrico em 96 amostras coletadas em cada setor morfológico da praia de Cabeçudas: pós-praia (PP), face de praia (FP) e praia média (PM), conforme apresentados na Tabela 1. Considerando os 4 pontos de perfis como sendo 100%, verificou-se a ocorrência de sedimentos de granulometria menor no outono no setor da praia média, sendo que a maior granulometria foi no verão no setor da face de praia (Figura 8).

Os sedimentos amostrados na praia de Cabeçudas no setor de pós-praia revelaram uma média de 1,99 phi, classificando-os como areia média (56%) e areia fina (44%). O desvio padrão foi de 0,18, classificando o sedimento como bem selecionado (60%) e moderadamente selecionado (40%). A assimetria relevou variação de -0,8 a 0,23, predominando a

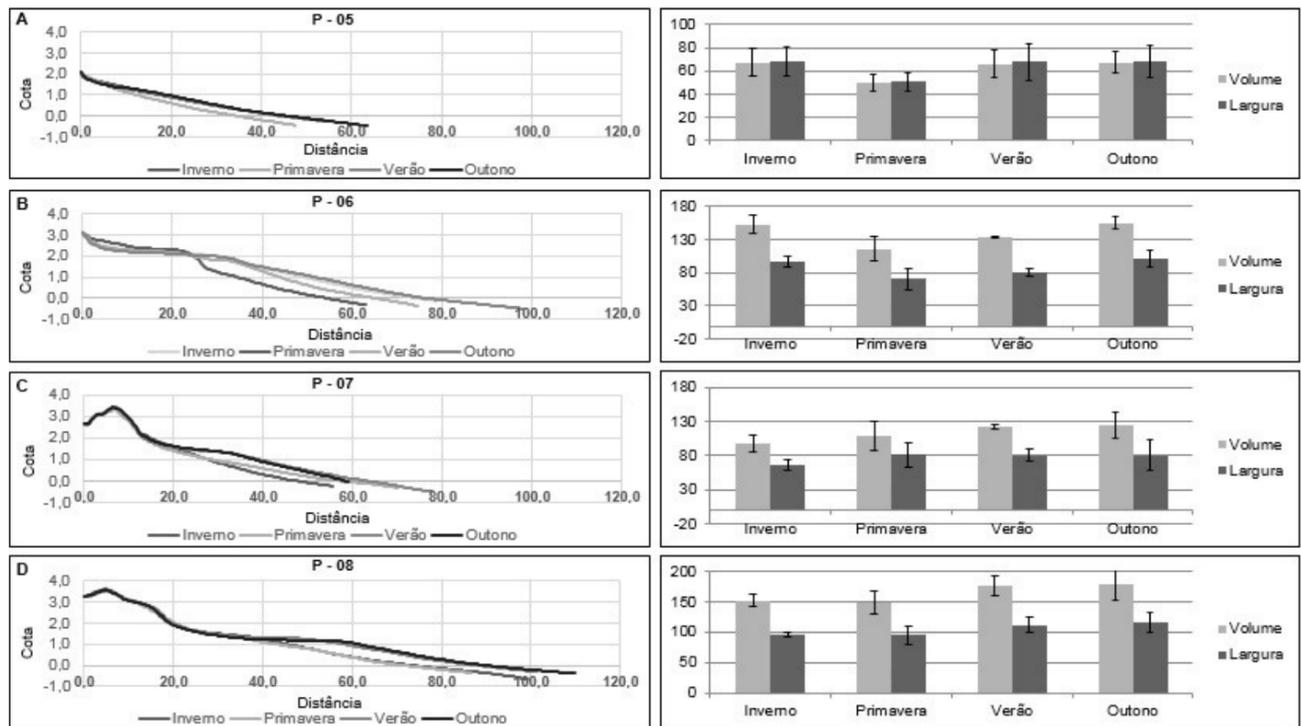


Figura 5 - Características morfológicas dos perfis (esquerda) e médias com seus respectivos desvios padrão, do volume e largura em metros (direita) A) Perfil 05; B) Perfil 06; C) Perfil 07 e D) Perfil 08 da praia do Atalaia.

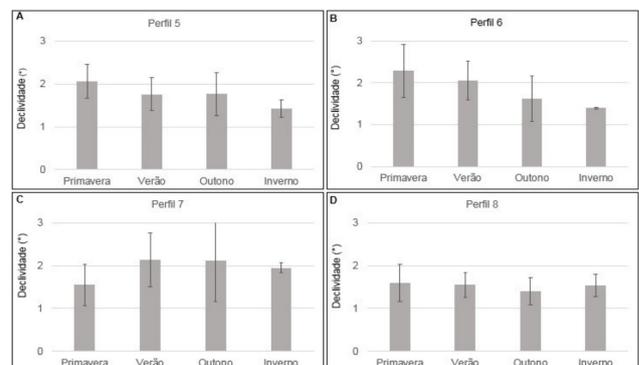


Figura 6 - Declividade média com seus respectivos desvios padrão, por estação do ano na face de praia de Cabeçadas. A) Perfil 1; B) Perfil 2; C) Perfil 3 e D) Perfil 4.

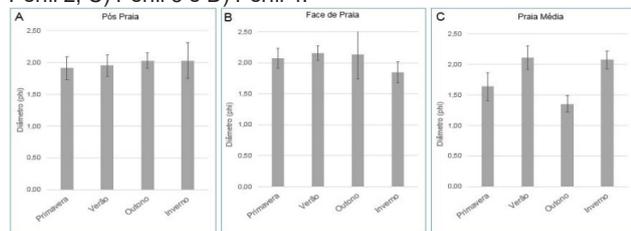


Figura 7 - Declividade média com seus respectivos desvios padrão, por estação do ano na face de praia do Atalaia. A) Perfil 5; B) Perfil 6; C) Perfil 7 e D) Perfil 8.

Figura 8 - Distribuição do tamanho médio de grãos, e seus respectivos desvios padrão, por estação do ano na praia de Cabeçadas. A) Pós praia; B) Face de praia e C) Praia média.

Figura 8 - Distribuição do tamanho médio de grãos, e seus respectivos desvios padrão, por estação do ano na praia de Cabeçadas. A) Pós praia; B) Face de praia e C) Praia média.

classe negativa (50%), aproximadamente simétrica (38%) e positiva (12%). Quanto à curtose, o valor médio foi de 1,09, com a predominância da classe

mesocúrtica (57%), leptocúrtica (38%) e platicúrtica (5%). O diâmetro médio apresentou uma média de 0,25 mm com desvio padrão de 0,03.

O diâmetro médio apresentou uma média de 0,25 mm com desvio padrão de 0,03. No setor de FP foi constatado que os sedimentos obtiveram uma média de 2,11 phi, classificando-os como areia fina (70%) e areia média (30%). O desvio padrão foi de 0,24, classificando o sedimento como bem selecionado (63%) e moderadamente selecionado (37%). A assimetria relevou variação de -0,28 a 0,20; predominando a classe negativa (44%), aproximadamente simétrica (44%) e positiva (12%). Quanto à curtose, o valor médio foi de 1,03, com

Tabela 1 - Resultado da sedimentologia da praia de Cabeçudas.

Local	Estação do ano	Phi médio	Desvio padrão	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Desvio Padrão	Diâmetro (mm)	Desvio padrão
PP	Primavera	1,91	0,18	-0,13	0,04	1,10	0,07	0,27	0,03
	Verão	1,95	0,17	0,15	0,19	1,06	0,11	0,26	0,03
	Outono	2,03	0,12	-0,09	0,07	1,12	0,03	0,24	0,02
	Inverno	2,03	0,28	-0,11	0,05	1,09	0,12	0,25	0,05
FP	Primavera	2,08	0,16	-0,04	0,04	1,02	0,12	0,24	0,03
	Verão	2,16	0,12	0,04	0,14	0,98	0,10	0,22	0,02
	Outono	2,14	0,40	-0,09	0,17	1,06	0,21	0,23	0,08
	Inverno	1,85	0,17	-0,16	0,04	1,05	0,09	0,28	0,03
PM	Primavera	1,64	0,23	-0,03	0,06	1,01	0,03	0,32	0,05
	Verão	2,11	0,19	0,03	0,17	1,00	0,12	0,23	0,03
	Outono	1,35	0,14	0,00	0,13	0,91	0,06	0,39	0,04
	Inverno	2,08	0,15	-0,14	0,06	1,03	0,13	0,24	0,15

a predominância da classe mesocúrtica (63%), leptocúrtica (19%) e platicúrtica (18%). O diâmetro médio apresentou uma média de 0,24 mm com desvio padrão de 0,05.

O setor de PM apresentou uma média de 1,86 phi de sedimentos, classificando-os como areia média (63%) e areia fina (37%). O desvio padrão foi de 0,36 classificando o sedimento como moderadamente selecionado (82%), bem selecionado (13%) e pobremente selecionado (5%). A assimetria relevou variação de -0,22 a 0,19, predominando a classe aproximadamente simétrica (57%), negativa (32%), e positiva (11%). Quanto à curtose, o valor médio foi de 0,98, com a predominância da classe mesocúrtica (69%), platicúrtica (19%) e leptocúrtica (12%). O diâmetro médio apresentou uma média de 0,28 mm com desvio padrão de 0,08.

Na praia do Atalaia, foram analisados os parâmetros granulométricos em 96 amostras coletadas em cada setor morfológico (Tabela 2). A ocorrência de

sedimentos de granulometria menor no inverno no setor da praia média, sendo que a maior granulometria foi no outono no setor da face de praia (Figura 9).

A Face de Praia revelou uma média de 2,53 phi classificando o sedimento deste setor como areia fina (100%). O desvio padrão foi de 0,18, bem selecionado (100%). A assimetria relevou variação de -0,14 a 0,20; predominando a classe aproximadamente simétrica (74%), positiva (13%) e negativa (13%). Quanto à curtose, o valor médio foi de 0,94, com a predominância da classe mesocúrtica (70%), platicúrtica (25%) e leptocúrtica (5%). O diâmetro médio apresentou uma média de 0,17 mm com desvio padrão de 0,02.

Os sedimentos no setor da Praia Média revelaram uma média de 2,45 phi, classificando-os como areia fina (100%). O desvio padrão foi de 0,22, classificando o sedimento como moderadamente selecionado (50%) e bem selecionado (50%). A assimetria relevou variação de -0,29 a 0,22; predominando a classe aproximadamente simétrica (70%), positiva (20%) e negativa (10%). Quanto à curtose, o valor médio foi de 0,97, com a predominância da classe mesocúrtica (60%) e platicúrtica (40%). O diâmetro médio apresentou uma média de 0,18 mm com desvio padrão de 0,03.

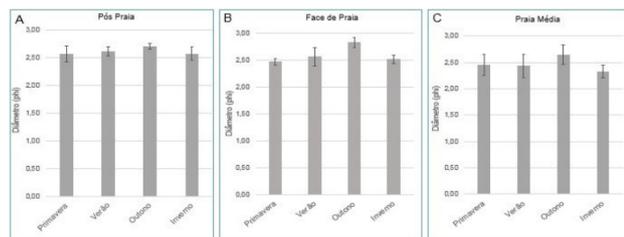


Figura 9 - Distribuição do tamanho médio de grãos, com seus respectivos desvios padrão, por estação do ano na praia do Atalaia. A) Pós praia; B) Face de praia e C) Praia média.

Tabela 2 - Resultado da sedimentologia da praia do Atalaia.

Local	Estação do ano	Phi médio	Desvio padrão	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Desvio Padrão	Diâmetro (mm)	Desvio padrão
PP	Primavera	2,46	0,20	0,02	0,06	1,02	0,07	0,18	0,02
	Verão	2,62	0,08	-0,04	0,11	1,02	0,08	0,016	0,01
	Outono	2,71	0,05	0,01	0,02	1,13	0,19	0,16	0,02
	Inverno	2,58	0,12	0,08	0,02	0,98	0,17	0,17	0,01
FP	Primavera	2,47	0,06	0,02	0,07	0,97	0,05	0,18	0,01
	Verão	2,56	0,18	-0,08	0,09	1,03	0,13	0,17	0,02
	Outono	2,83	0,09	0,02	0,08	0,92	0,15	0,14	0,01
	Inverno	2,51	0,08	0,07	0,08	0,89	0,10	0,18	0,01
PM	Primavera	2,46	0,20	0,02	0,06	1,02	0,07	0,18	0,02
	Verão	2,44	0,22	-0,03	0,21	0,90	0,13	0,19	0,03
	Outono	2,65	0,18	-0,01	0,06	0,88	0,10	0,16	0,02
	Inverno	2,32	0,12	0,02	0,12	0,94	0,03	0,20	0,02

Características das ondas

A altura de ondas observadas nas praias (Tabela 3), variou nas estações do ano entre 0,60 m

a 0,80 m para a praia da Atalaia, sendo que a maior valor constatado foi no inverno e o menor no outono. No mesmo período na praia de Cabeçudas variou entre 0,20 m a 0,40 m com o maior valor observado no inverno e menor no outono. A partir destes dados

Estação do Ano	Atalaia Hb (m)	T (")	Cabeçudas Hb (m)	T (")
Primavera	0,70 ± 0,15	9,30 ± 0,72	0,30 ± 0,32	8,50 ± 0,36
Verão	0,67 ± 0,21	8,70 ± 1,76	0,25 ± 0,06	7,90 ± 0,53
Outono	0,60 ± 0,12	9,90 ± 1,37	0,20 ± 0,06	8,20 ± 0,64
Inverno	0,80 ± 0,10	8,90 ± 1,50	0,40 ± 0,10	8,40 ± 0,41
Média Anual	0,68 ± 0,08	9,20 ± 0,53	0,28 ± 0,09	8,25 ± 0,26

foi estimado a altura média de onda de 0,68 m para a praia do Atalaia e 0,28 m para a praia de Cabeçudas.

Tabela 3 - Dados médios ± desvio padrão (n=0,00) de altura de onda por sazonalidade e anual.

Classificação morfodinâmica

A praia de Cabeçudas foi classificada como semi-exposta, estágio reflectivo e orientada no sentido SE-NW. A quebra das ondas ocorre de forma ascendente ou mergulhante diretamente na face da praia, e apresenta uma expressiva urbanização, totalmente margeada por um calçadão.

Estação Temporal	Ω	Desvio Padrão	Classificação Mordofinâmica
Primavera	0,94	0,22	Reflectiva
Verão	0,97	0,20	Reflectiva
Outono	0,89	0,36	Reflectiva
Inverno	0,99	0,16	Reflectiva
Anual	0,92	0,04	Reflectiva

Com um parâmetro ômega médio de 0,92, o estágio morfodinâmico reflectivo ocorreu em todas estações do ano (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetro morfodinâmico ômega (Ω) e classificação morfodinâmica da praia de Cabeçudas por sazonalidade e anual.

Apresentando um parâmetro ômega médio de 7,30 (Tabela 5), em todas as estações do ano, a praia do Atalaia foi considerada como dissipativa (baixa declividade) e exposta às ondulações de Nordeste, Leste e Sudeste, orientada no sentido SE-NW. Pode ser observada a existência de duas a três linhas de arrebenção de ondas, apresentando uma zona de

Estação Temporal	Ω	Desvio Padrão	Classificação Mordofinâmica
Primavera	7,12	1,11	Dissipativa
Verão	6,24	1,35	Dissipativa
Outono	8,44	3,57	Dissipativa
Inverno	7,39	3,25	Dissipativa
Anual	7,30	0,91	Dissipativa

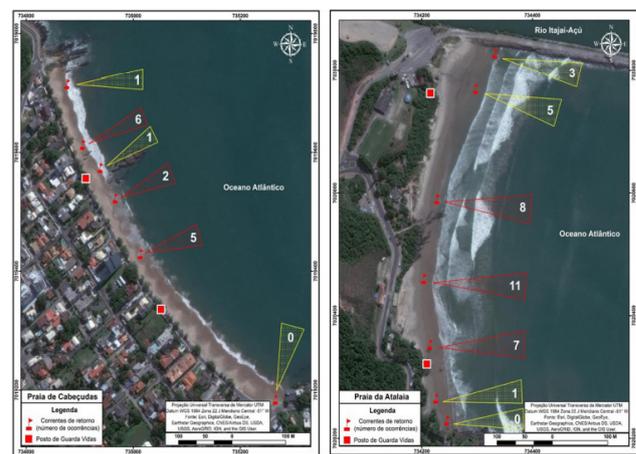
surfe bem desenvolvida com o tipo de arrebenção de ondas predominante deslizante. Diferindo a praia de cabeçudas esta praia é cercada por vegetação de restinga e costões rochosos.

Tabela 5 - Parâmetro morfodinâmico ômega (Ω) e classificação morfodinâmica da praia do Atalaia por sazonalidade e anual.

Mapeamento das correntes de retorno

Durante as campanhas de amostragem na praia de Cabeçudas foram registrados 6 locais diferentes com incidência de correntes de retorno (Figura 10 - esquerda), sendo a altura das ondas um dos fatores determinantes na diminuição ou aumento do número e nas dimensões destes fenômenos (Short & Brander, 1999). Durante o verão um total de 15 ocorrências de acidente por arrastamento com maior índice (n= 6) na porção norte próximo do promontório rochoso. O local com a menor ocorrência de arrastamento foi na corrente de retorno localizada no extremo sul da praia, com nenhum registro.

Na praia do Atalaia foram registrados 7 locais diferentes com incidência de correntes de retorno



(Figura 10 - direita). Durante o verão foram registradas 35 ocorrências de acidente por arrastamento, com maior índice de ocorrências (19) na parte central da praia. Da mesma forma que na praia de Cabeçudas o local com a menor ocorrência de arrastamento foi no extremo sul da praia, onde não foi constatado nenhum registro.

Figura 10 - Locais onde foram registrados as correntes e o número de acidentes por arrastamento na praia de Cabeçudas (esquerda) e praia do Atalaia (direita).

DISCUSSÃO

O comportamento dinâmico nas praias de Cabeçudas e Atalaia no período observado demonstrou uma oscilação na largura, volume e declividade. Ambos os ambientes estudados apresentaram características diferentes, com a praia de Cabeçudas apresentando uma maior urbanização com predomínio de residências e alguns comércios ao longo da orla, enquanto que a praia do Atalaia possui características de menor urbanização, diversificada entre residência e comércio predominante

de uso turístico, preservando a vegetação de restinga no setor mais ao Norte próximo ao molhe.

Podemos inferir que o sistema praiial do Atalaia apresenta os maiores valores de volumes sedimentares subaéreo por perfil, em comparação com a praia de Cabeçudas que apresentou os menores valores, refletindo a natureza mais urbanizada desta, sem nenhuma vegetação costeira ou formações dunares que favoreçam a sustentação dos sedimentos.

Ambas as praias apresentaram um maior volume sedimentar no outono e menor volume na primavera, sendo que a praia de Cabeçudas mostrou uma variação, de 27%, enquanto que na Atalaia foi de 19%. Esta dinâmica alternada pode estar relacionada à orientação da linha de costa e à zona de sombra causada pelo promontório sul, que diminui muito a energia de ondas proveniente dos quadrantes sul e sudeste. A diminuição de sedimentos pode ter relação com a alteração do regime energético, onde foi constatado um aumento na altura das ondas relacionado com a entrada de eventos de alta energia nos meses seguintes, provenientes dos quadrantes leste e nordeste que atinge a região com facilidade.

A largura total dos perfis apresentou os maiores valores na Praia da Atalaia, por esta ser a de menor declividade média ($\pm 1,8^\circ$), característica de praias com estágio morfodinâmico dissipativo, o que favorece o espalhamento e suavização do perfil. Praias com características refletivas, como Cabeçudas, apresentam as menores larguras em função da alta declividade do perfil transversal, o que favorece o empilhamento do sedimento em uma região mais confinada e próxima do continente, onde estabeleceu uma média de $3,7^\circ$.

A distribuição granulométrica dentro dos perfis amostrados na praia de Cabeçudas apresentou algumas variações, especialmente no setor face de praia ao longo de todos os perfis. Constatou-se uma classificação de areia fina não comum em relação ao estágio morfodinâmico da praia que seria de areia média. Para uma explicação mais precisa faz-se necessário um estudo mais detalhado para diagnosticar o motivo desta situação, no entanto pode ser que esteja refletindo a influência pelo aporte do córrego de Cabeçudas que deposita sedimento fino ao longo da praia.

A zona de arrebatamento das ondas, a topografia e a formação de correntes de retorno geram condições diferenciadas até mesmo ao longo de um mesmo arco praiial, onde os estágios morfodinâmicos podem apresentar perigos aos banhistas. Neste estudo a praia do Atalaia (dissipativa) apresentou um perigo maior em relação a praia de Cabeçudas (refletiva).

Na extremidade norte da praia do Atalaia, a presença do molhe da desembocadura do Rio Itajaí-

Açu propicia a formação de uma corrente de retorno perene, controlada pelo direcionamento das correntes de deriva junto à estrutura. Justamente na praia do Atalaia se observou o maior índice de ocorrência de acidentes, em comparação com a praia de Cabeçudas. Isto pode ter relação com a quantidade de público usuário, frequência e intensidade das correntes de retorno. Comparando informações do estudo realizado por Berribilli et al. (2006), onde no verão de (2002/2003) que obteve um total de 142 acidentes na praia do Atalaia, foi constatado uma diminuição significativa de acidentes no período monitorado (2017/2018) obtendo um total de 35 ocorrências. Esta diminuição de ocorrência pode ter relação com o aumento de efetivo de Guarda-Vidas nas praias, executando um trabalho muito importante na orientação da prevenção, onde sempre que possível alertam os banhistas do perigo de estarem próximos as correntes de retorno.

Conforme Brewster, Gould & Brander (2019) as correntes de retorno são os maiores riscos para os banhistas, e a falta de registros consistentes de incidentes, muitas vezes se torna difícil quantificar o número de resgates relacionados à corrente de retorno. O Corpo de Bombeiros de Estado de Santa Catarina coleta de algumas informações de forma não sistematizada e nosso estudo colaborou para acrescentar informação importantes tanto no número de ocorrências como também na localização destas ocorrências em porções específicas das praias. Com essas informações é possível identificar o local mais propensos a tais ocorrências e elaborar ações para minimizar os acidentes envolvendo as correntes de retorno.

Como ação informativa de interesse público a colocação de placas identificando os locais de possíveis presenças de correntes de retorno, junto aos postos de guarda-vidas, alertando os frequentadores dos riscos associados ao uso destes ambientes, representa uma forma de compartilhar a responsabilidade com todos os frequentadores da praia.

CONCLUSÕES

Os cenários estudados durante apresentaram um padrão de mobilidade sedimentar similar entre os perfis praiiais, com características individuais. Nas extremidades norte das praias do Atalaia e Cabeçudas ocorreram os locais com as maiores variações do volume sedimentar.

As praias demonstraram equilíbrio morfodinâmico, sendo que a praia de Cabeçudas mais susceptível a erosão, em decorrência da urbanização ao longo da orla. A praia de Cabeçudas apresentou um estágio reflectivo, em contraste com a praia do Atalaia que apresentou um estágio dissipativo.

Foram registadas correntes de retorno em 6

locais diferentes na praia de Cabeçudas e em 7 locais na Praia do Atalaia, considerada a mais perigosa. O local mais perigoso, com maiores índices de acidentes, ocorreu na praia do Atalaia, na parte central.

A principal causa de ocorrências de acidentes nas praias foram as correntes de retorno considerada como um fator ambiental predominante. Recomenda-se que além da comunicação por meio de placas e informativos alertando os frequentadores destas praias sobre os riscos das correntes de retorno, sejam adotados mecanismos sistematizados de registros das ocorrências de acidentes, de modo que permita aprimorar as políticas públicas na elaboração de medidas de mitigação para amenizar as ocorrência de acidentes com afogamentos.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R. S; SPROVIEIRI, F. C; FREITAS, D; KLEIN, A. H. F. 2010. Variação da morfologia praial e identificação de zonas de erosão acentuada (ZEA) na Enseada do Itapocorói – SC. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v.14, n.1, p. 29-38.
- BABA, J., KOMAR, P.D. 1981. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains, *Journal of sedimentary petrology*. v.51, p.631-640.
- BERRIBILLI M.P., KLEIN A.H.F., MENEZES J.T. 2006. Riscos associados ao banho de mar. Estudo de caso da praia do Atalaia, SC. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7: 97-105.
- BRASIL 1998. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1998.
- BREWSTER, B. C., GOULD, R. E., and Brander, R. W. 2019. Estimations of rip current rescues and drowning in the United States. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 389–397, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-389-2019>.
- CALLIARI, L. J, KLEIN, A. H. F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. UFRGS. Porto Alegre, p. 48-56.
- CAMARGO, M. G. de. 2006. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 2, p. 371-378.
- CAMFIELD, F. E.; MORANG, A. 1996. Defining and interpreting shoreline change. *Ocean and Coastal Management*, v. 32, n.3, p. 129-151.
- DEAN, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE. Proceedings. Sydney, Institute of Engineers, p. 208-214.
- FOLK, R.; WARD, W. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary petrology*. v. 27, p.3-26.
- HOEFEL, F. G. 1998. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora da Univali, 92p.
- HORN FILHO, N. O. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro: ilha de Santa Catarina. In: MUEHE, D. (Ed.). Erosão e progradação do litoral brasileiro. 2a.ed. Brasília/DF: Ministério do Meio Ambiente. 476p.
- MELO FILHO, E. 1991. Projeto Sentinelas do Mar: instruções para efetuar as observações. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 11p.
- MENEZES, J.T. 1999. Aspectos morfodinâmicos das praias do litoral centro-norte catarinense. Curso de Oceanografia, Universidade do Vale Itajaí, Itajaí. Monografia de Conclusão de curso.
- SHORT, A. D.; HOGAN, C.L. 1994. Rip currents and beach hazards: their impact on public safety and implications for coastal management. *Journal of Coastal Research Special Issue*, n. 12: Coastal Hazards. Sydney, Australia, p.197-209.
- SHORT, A. D.; BRANDER, R. W. 1999. Regional variations in rip density. *Journal of Coastal Research*. v.15, p.813-822.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Edgard Blücher Ltda./ EDUSP, São Paulo, SP, 317pp.
- WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56, 93-118.
- WRIGHT, L. D.; THOM, B. G. 1997. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, v. 1, n.3.