

Figura 88 – Comparação de setores da área de estudo antes e depois do evento de tempestade de agosto de 2017 e sua recuperação após um ano.



Legenda: (a) (b) (c) P2; (d) (e) (f) P5; (g) (h) (i) P6; (j) (k) (l) P11.

Nota: A seta rosa indica a localização de estruturas urbanas (quiosques e prédios) presentes em ambas imagens de cada perfil.

Fonte: (a) (d) (j) A autora, 2017; (b) (e) (h) (k) Pena, 2017; (c) (f) (i) (l) A autora, 2018.

A cerca das estimativas das taxas de transporte longitudinal, o primeiro ponto a ser discutido é diferença de magnitude entre os resultados de cada modelo. De modo geral, alguns autores (BAYRAM; LARSON; HANSON, 2007; MIOT DA SILVA; SIADAT MOUSAVI; JOSE, 2012; SAMARAS; KOUTITAS, 2014; SILVA, 2015) já documentaram a superestimação dos valores obtidos a partir do modelo CERC quando comparados com resultados de outros modelos, ou mesmo com medições *in situ*.

Comparando os valores totais encontrados neste trabalho aos encontrados por Silva (2015) para o setor central da área de estudo, àqueles obtidos através do modelo CERC

apresentam similaridades quanto à magnitude e sentido, $\sim 3000 \text{ m}^3/\text{dia}$, de leste para oeste, enquanto que para os outros modelos houve diferenças significativas. Entre os valores estimados pelo modelo de Kamphuis, a diferença foi de $652 \text{ m}^3/\text{dia}$ e para o modelo Bayram a partir da corrente calculada foi de $394 \text{ m}^3/\text{dia}$ e a partir da corrente medida, $82 \text{ m}^3/\text{dia}$. Durante o período de monitoramento realizado por Silva (2015), apesar do registro de condições de ondas de SW em alguns momentos, aparentemente esta condição não implicou no transporte longitudinal para leste, como reportado no presente trabalho.

Neste sentido, para o estudo de erosão costeira no arco praias Leblon-Ipanema-Arpoador – distante 10 km da área de estudo e com orientação da linha de costa oeste-leste – Rosman, Neves e Filho (1992) fizeram alguns cenários de modelagem, ratificados por observações de campo, indicando que as ondas de tempo bom, E e SE, induzem a correntes longitudinais para O, enquanto que as ondas de tempestade, SW, induzem correntes no sentido oposto, para L. Em cenários semelhantes, o presente trabalho registrou direções de transporte longitudinal para os arcos Macumba e Recreio-Barra iguais aos reportados pelos autores.

Em outro ponto do litoral fluminense, na restinga da Massambaba, Muehe e Corrêa (1989) ao compararem as taxas de transporte longitudinal, com resultantes na direção oeste registradas em condições de tempo bom e de tempestade, concluíram que aquele setor do litoral encontrava-se em condições de equilíbrio. Contudo, os autores apontam para importância de verificar se o transporte associado a condições de tempestade implicam na construção do perfil ou se os sedimentos são transportados transversalmente em direção ao mar. Ao analisar perfis sísmicos na área emersa da restinga da Marambaia, Dadalto (2017) verificou a migração lateral de paleocanais para leste, em consonância com o modelo de transporte resultante atual.

Para o presente trabalho, as taxas de transporte longitudinal estimadas para condições de tempestade são muito superiores às calculadas para tempo bom (Tabela 14). Em face às evidências de recuperação dos perfis em até dois meses após as condições de tempestade, pode-se pressupor que o transporte transversal seja um processo importante na recuperação praias, indo de acordo com o exposto por Muehe e Carvalho (1993) e Muehe e Corrêa (1989).

As características observadas no perfil adjacente ao canal de Sernambetiba (P1) podem ser parcialmente explicadas pelas taxas obtidas a partir do modelo de Kamphuis (Figura 83), em que há convergência do transporte neste setor. Enquanto os modelos CERC e de Kamphuis mostram resultantes semelhantes às encontradas por Criado-Sudau (2016) e Silva (2015), com direção oeste, o resultado obtido a partir do modelo de Bayram, mostra o

predomínio do transporte de tempestade no transporte global da área de estudo e, além disto, mostra claramente a divergência de transporte na área central da Macumba, ponto de intensa erosão costeira, abordada na seção anterior.

Tabela 14 – Resumo das condições hidro e morfodinâmicas para as datas com maiores taxas de transporte longitudinal.

Data	Ondas			Sedimento	Estágio Morfodinâmico		LST		
	H_s	T	Dir		antes	depois	Q_C	Q_K	Q_B
27/09/2016	1,3	12	S	QS a P	R/TBM	R/BCL	912	259	155
18/05/2017	2,3	16	SSE	QS a P	BCL/BPC	BCL/BPC	-6324	-2590	859
10/08/2017	1,1	14	SSE	QS a MP	BCL	BPC/BT	4848	925	405
15/08/2017	2,2	14	SE	QS a P	BPB/BT	BCL	-7077	-1902	-29
23/11/2017	0,9	13	SSW	QS a P	BCL/BPC	BPC	3064	687	267
18/06/2018	1,8	13	SSE	QS a MP	BCL/BPC	BCL/BPC/ TBM	-4377	-1162	-88

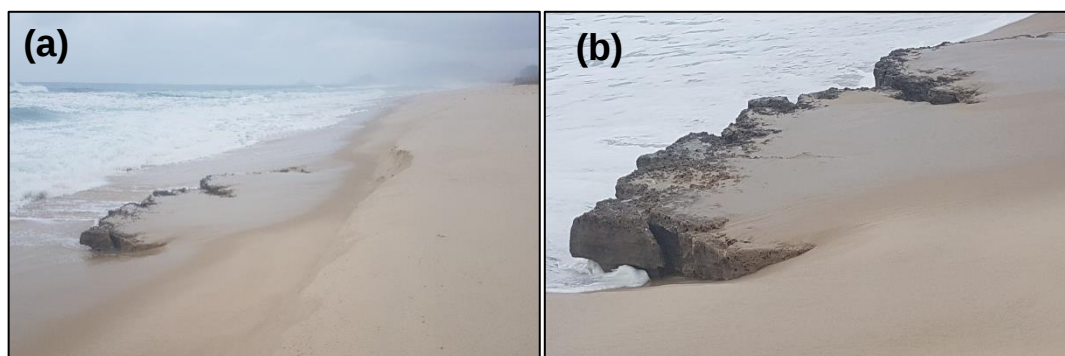
Legenda: Valores máximos de altura de onda significativa (H_s), período (T) e direção (Dir) a partir da boia oceanográfica de Copacabana. Sk = assimetria; QS = quase simétrica; P = positiva; MP = muito positiva; R = refletivo; TBM = terraço de baixa mar; BCL = banco e calha longitudinal; BPC = banco e praia de cúspide; BT = bancos transversais; LST = valor total da taxa de transporte longitudinal em m³/h; Q_C = modelo CERC; Q_K = modelo de Kamphuis; Q_B = modelo de Bayram.

Nota: Valores de LST positivos indicam transporte para leste e valores negativos para oeste.

Fonte: A autora, 2019.

Além da construção de escarpas erosivas (Figura 88k), típica de ondas de tempestade (BIRD, 2008), verificou-se a exposição de arenitos de praia (*beachrocks*) no setor central do arco Recreio-Barra. A exposição deste arenito após a passagem de eventos de tempestade já foi reportada por Silva et al. (2014) e, segundo os autores, esta exposição subárea pode ser entendida como um indicativo de retrogradação das barreiras arenosas do litoral do Rio de Janeiro, já que foi verificada a exposição de outros arenitos em outros setores do litoral fluminense (Itaipuaçu e Jaconé).

Figura 89 – Exposição de um arenito de praia no arco praial Recreio-Barra.



Legenda: (a) exposição do arenito de praia na face de praia, próximo ao P7; (b) detalhe do arenito de praia. Fonte: Pena, 2017.

7 VULNERABILIDADE COSTEIRA EM DOIS COMPARTIMENTOS DO LITORAL SUL FLUMINENSE

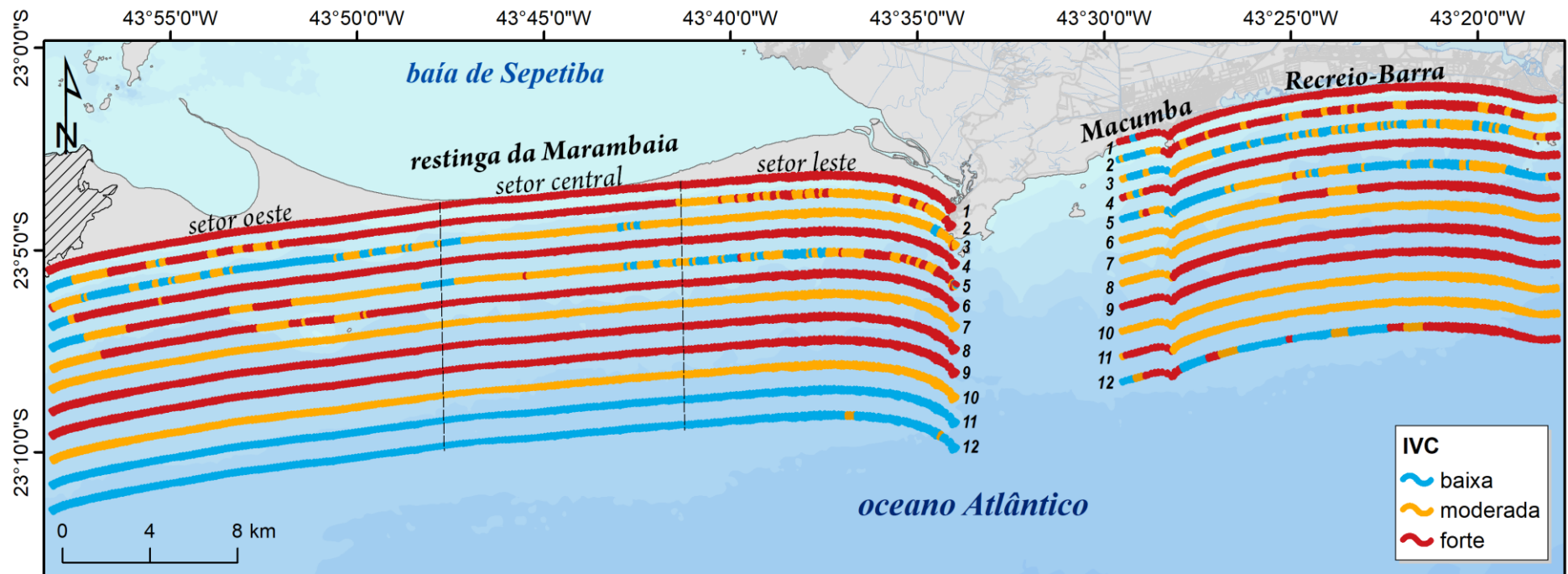
Neste capítulo são apresentados os resultados e a discussão, em separado, da vulnerabilidade de cada variável geológica e geomorfológica, oceanográfica, ecológica e antrópica, considerada para confecção do índice, e da linha de costa em relação à erosão e à inundação costeira, na margem oceânica da restinga da Marambaia e nos arcos praias Macumba e Recreio-Barra. Este capítulo é uma versão estendida do trabalho “*Coastal vulnerability of Rio de Janeiro shoreline (SE Brazil) due to natural and social impacts*” aprovado para ser apresentado no *International Coastal Symposium – ICS 2020*.

7.1 Vulnerabilidade das variáveis geológicas e geomorfológicas, oceanográficas, ecológica e antrópicas

Na Figura 90 é apresentada a vulnerabilidade para cada variável. A variável geomorfologia, caracterizada como praia arenosa, apresentou alta vulnerabilidade em toda linha de costa. A variável declividade apresentou alta vulnerabilidade em 65% da linha de costa, média, em 31% e baixa, em 18%. Para a variável envelope da mudança da linha de costa, apenas 7% da área de estudo encontra-se em alta vulnerabilidade, sendo que 65% classifica-se como média vulnerabilidade e 33%, como baixa. Para a variável altitude, 97% da linha de costa encontra-se com alta, 1% com média e 2 % com baixa vulnerabilidade.

Relativo à erosão/acreção, 18% da área de estudo encontra-se em alta vulnerabilidade, 52%, em média e 30% em baixa. A variável granulometria apresentou alta e média vulnerabilidade em 77% e 23% da linha de costa, respectivamente. Para a variável elevação do nível do mar, toda a linha de costa apresenta vulnerabilidade média. A variável altura da onda apresentou alta vulnerabilidade em 96% da linha de costa, enquanto que os 4% restante foram classificados como média vulnerabilidade. A amplitude da maré apresentou alta vulnerabilidade em toda linha de costa. A vegetação apresentou média vulnerabilidade em toda linha de costa. A variável estruturas costeiras apresentou alta vulnerabilidade em 4% da linha de costa, média, em 29% e baixa em 67%. Por fim, a variável densidade populacional apresentou alta vulnerabilidade em 16% da área de estudo, média, em 6% e baixa em 79%.

Figura 90 – Vulnerabilidade costeira das variáveis geológicas e geomorfológicas, oceanográficas, ecológica e antrópicas.



Legenda: 1: geomorfologia; 2: declividade. 3: envelope da mudança da posição da linha de costa; 4: altitude; 5: erosão/acreção da linha de costa; 6: granulometria; 7: elevação do nível do mar; 8: altura significativa da onda; 9: amplitude da maré; 10: tipo de vegetação; 11: estruturas costeiras; 12: densidade populacional;
IVC: Índice de Vulnerabilidade Costeira.

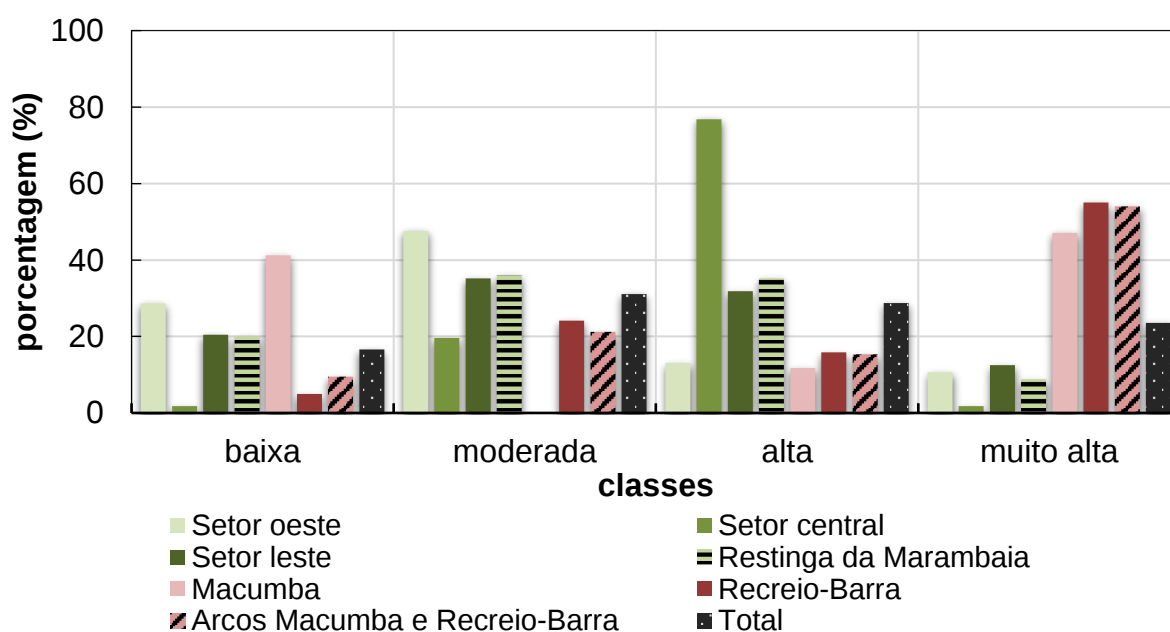
Fonte: A autora, 2019.

7.2 Vulnerabilidade à erosão e à inundação costeira

Na Figura 91 são apresentados os percentuais de cada classe para cada compartimento e subsetores da área de estudo e na Figura 92 é apresentado o mapa da vulnerabilidade à erosão e à inundação costeira. Ao longo de toda área de estudo, há predomínio das classes de vulnerabilidade moderada (30%) e alta (29%). Na restinga da Marambaia, 9% da área encontra-se sob vulnerabilidade muito alta, 35% sob alta, 36% sob moderada e 20 % sob baixa vulnerabilidade. O setor oeste apresenta o predomínio de vulnerabilidade moderada (48%), o setor central, alta vulnerabilidade (77%) e o setor leste alta e moderada (~30% cada).

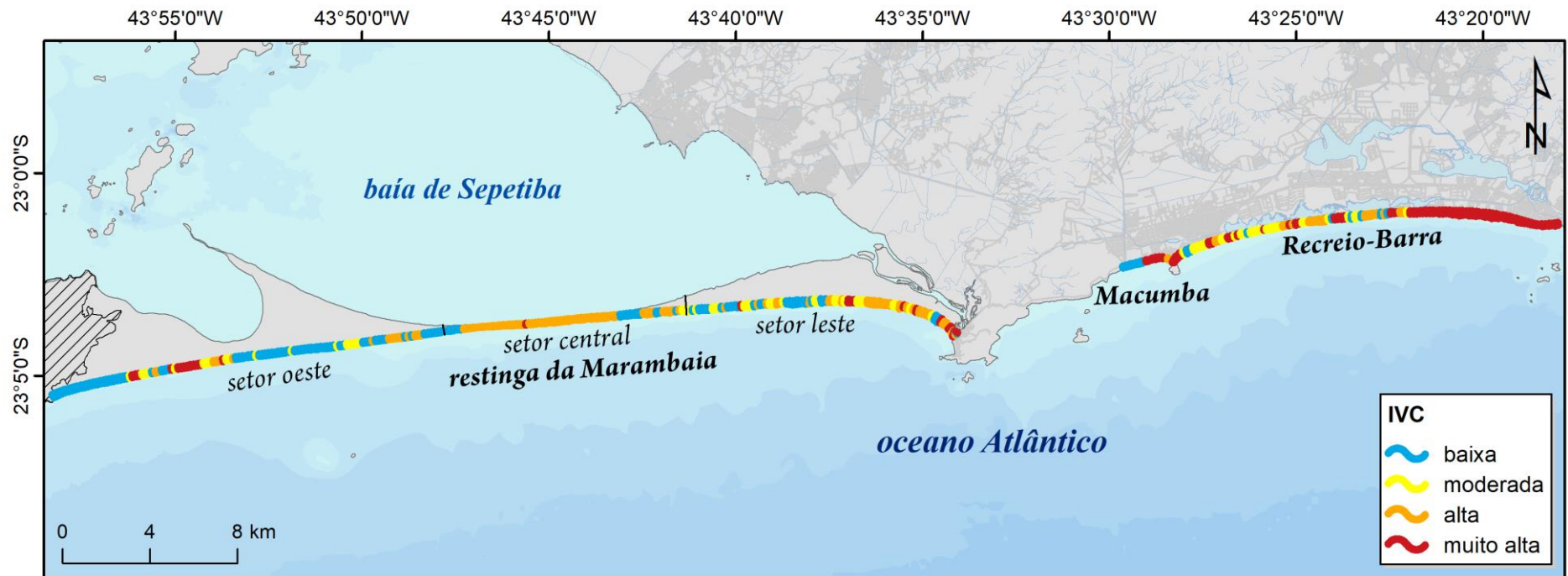
Ao longo dos arcos praias localizados na área urbanizada da cidade do Rio de Janeiro, há o predomínio da vulnerabilidade muito alta em 54% da linha de costa. 15% da área apresenta alta vulnerabilidade, 21%, moderada e 9% baixa. Na praia da Macumba, há o predomínio da vulnerabilidade muito alta (47%), concentrada entre a área central e leste da praia, enquanto que entre o centro da praia e o setor oeste predomina a vulnerabilidade baixa (41%). No arco Recreio-Barra, 55% da linha de costa caracteriza-se pela vulnerabilidade muito alta (concentrada no setor leste), 16%, por vulnerabilidade alta, 24% por vulnerabilidade moderada (concentrada no setor leste) e 5% por vulnerabilidade baixa.

Figura 91 – Percentual de cada classe de vulnerabilidade à erosão e à inundação costeira na restinga da Marambaia e nos arcos praias Macumba e Recreio-Barra.



Fonte: A autora, 2019.

Figura 92 – Índice de vulnerabilidade à erosão e à inundação costeira na restinga da Marambaia e nos arcos praias Macumba e Recreio-Barra.



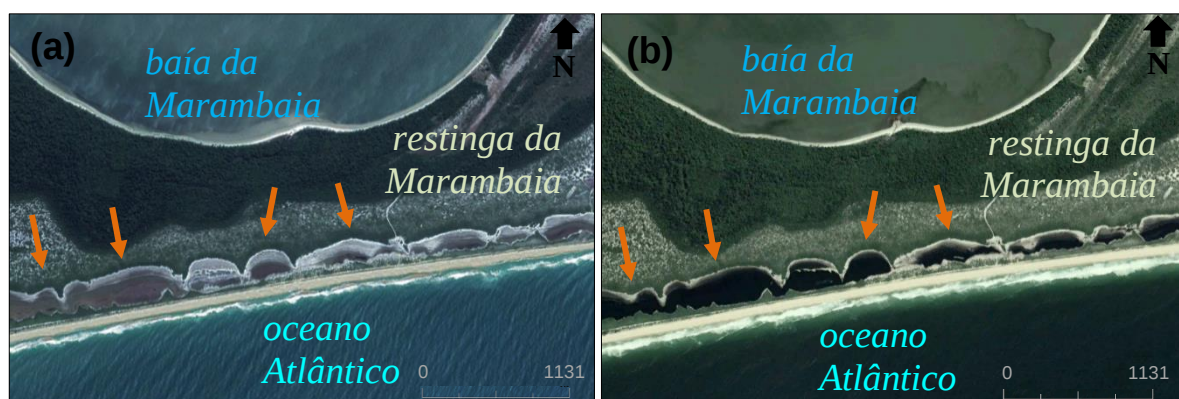
Legenda: IVC: Índice de Vulnerabilidade Costeira.

Fonte: A autora, 2019.

7.3 Discussão

A baixa ocupação urbana na restinga da Marambaia faz com que as áreas classificadas como altamente vulneráveis sejam assim classificadas em consequência aos seus aspectos geológicos, físicos e ecológicos, características já apontadas por Tessler (2008) no mapeamento das áreas de risco à inundação ao longo da costa brasileira. No setor oeste, a área classificada como vulnerabilidade muito alta caracteriza-se pela disposição de pequenas lagoas muito próximas à linha de costa, estando ora secas, ora cheias (Figura 93). Outro ponto de alta vulnerabilidade refere-se ao setor central da restinga, onde os gradientes topográficos são baixos, refletindo na alta vulnerabilidade das variáveis geológicas altitude e declividade. Além disto, como apresentado no Capítulo 5, é uma área que apresenta indícios de eventos de transposição em momentos de maior agitação marítima (Figura 69), assim estando exposta às ondas e à uma eventual elevação do nível do mar (Figura 66; Figura 67).

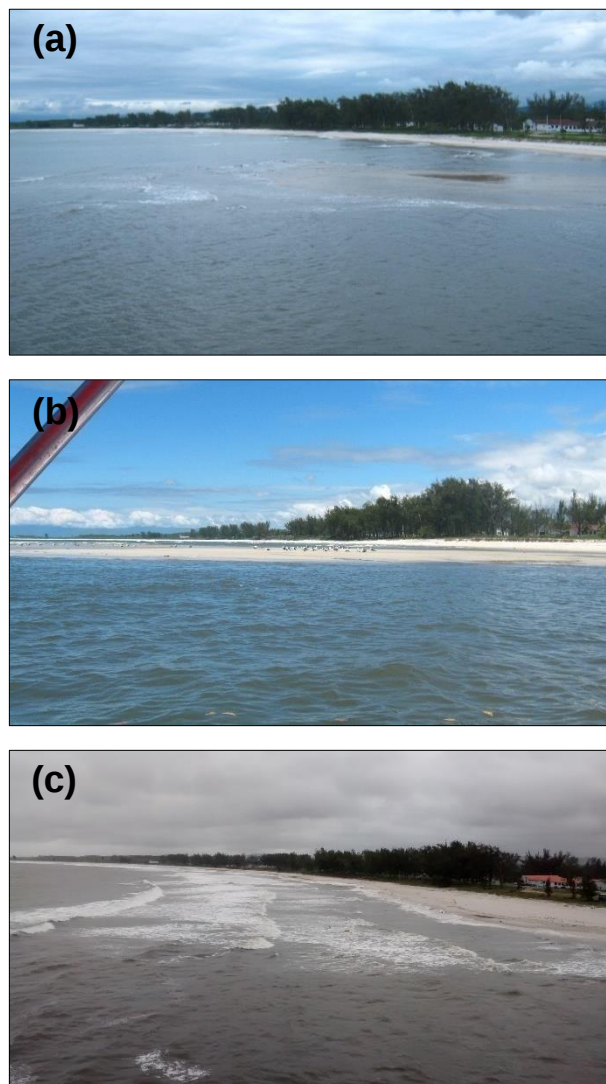
Figura 93 – Lagoas costeiras do setor oeste da restinga da Marambaia.



Legenda: (a) lagoas costeiras secas, em 05/09/2017; (b) lagoas costeiras cheias, em 19/04/2018.
Fonte: (a) Google Earth Pro, 2019.

Na extremidade leste da restinga da Marambaia, algumas áreas exibem vulnerabilidade muito alta, em grande parte devido à alta variabilidade da linha de costa deste setor que é influenciado pela dinâmica dos canais de maré de Barra de Guaratiba (Figura 94). A construção de bancos arenosos em frente à saída do canal, caracterizados por areias médias, bem selecionadas e quase simétricas (CORTEZ, 2014), é o elemento principal na configuração do grande envelope encontrado na área, com mais de 90 m, assim como acabam refletindo em altas taxas erosivas (> 2 m/ano).

Figura 94 – Dinâmica morfológica na restinga da Marambaia no setor adjacente ao canal da Barra de Guaratiba.

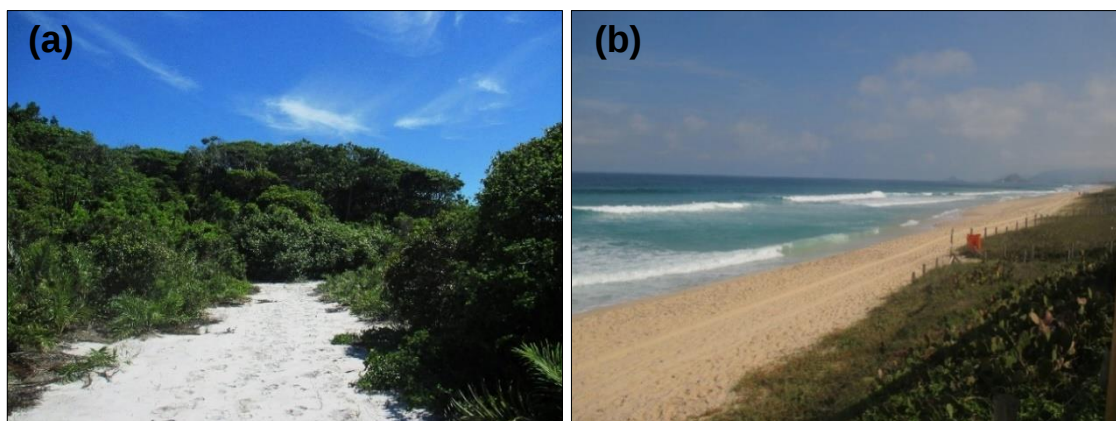


Legenda: (a) formação de um delta de maré vazante na saída do canal de Barra de Guaratiba; (b) exposição do banco que estava se formando na fotografia anterior; (c) ausência do delta de maré vazante.

Fonte: (a) e (b) A autora, 2014; (c) A autora, 2015.

Um dos pontos contrastantes entre os dois arcos praias, diz respeito à vegetação. Apesar de ambos exibirem vegetação de restinga no pós praia, os estágios de desenvolvimento da vegetação são muito diferentes: enquanto na Marambaia a restinga apresenta-se bem desenvolvida, com árvores de mais de 3 m, nos arcos Macumba e Recreio-Barra a vegetação é pouco desenvolvida, com cactos e arbustos de no máximo 1 m (Figura 95). Na praia da Macumba, a vegetação de restinga é parte de um projeto de reflorestamento, com viés paisagístico (Figura 70h).

Figura 95 – Diferentes estágios da vegetação de restinga na área de estudo.



Legenda: (a) vegetação bem desenvolvida na restinga da Marambaia; (b) baixa cobertura vegetal no arco Recreio-Barra, na altura do P7.

Fonte: (a) A autora, 2015; (b) A autora, 2018.

Os problemas erosivos na praia da Macumba, foram amplamente discutidos nos Capítulos 5 e 6, onde tanto as tendências de longo quanto de médio prazo indicam que o setor central da praia funciona como um ponto de erosão proeminente (*hot spot* erosivo) (Figura 58; Figura 63; Figura 68; Figura 70; Figura 83). Somada às características naturais deste setor, a influência antrópica parece ter influenciado negativamente o processo erosivo em curso, ocasionando uma vulnerabilidade muito alta. Este é um setor do litoral que teve uma ocupação mais recente, em que no início dos anos 2000 sofreu intervenções urbanísticas do governo municipal, intitulado de Eco-Orla, com a construção de ciclovia, muros e áreas de recreação no pós-praia. Porém, desde a finalização das obras no ano de 2005, processos erosivos têm constantemente destruído as estruturas costeiras construídas, e até mesmo as casas próximas, ocasionando prejuízos orçamentários da ordem de milhões de reais (LINS-DE-BARROS; SAUZEAU; GUERRA, 2019; RODRIGUES, 2018) (Figura 96).

Diferentemente, no setor central do arco Recreio-Barra nota-se o predomínio de vulnerabilidade moderada. Tal condição é explicada pelo fato da faixa de areia em frente a lagoa de Marapendi ser considerada como parte da área de proteção ambiental (APA) de Marapendi. Neste setor da praia não é permitida a construção de nenhum equipamento urbano ao longo do perfil praial e as únicas estruturas urbanas são a avenida Lúcio Costa e cercas de madeira entre a avenida e a praia (Figura 97a). Caminhando para o setor leste deste arco praial, começam a aparecer equipamento urbanos construídos no pós-praia, como quiosques e restaurantes, ocasionando o aumento da vulnerabilidade (Figura 97b).

Todo o setor leste do arco Recreio-Barra apresenta vulnerabilidade muito alta, onde os principais agravantes são a alta densidade populacional, expressa por meio de uma grande

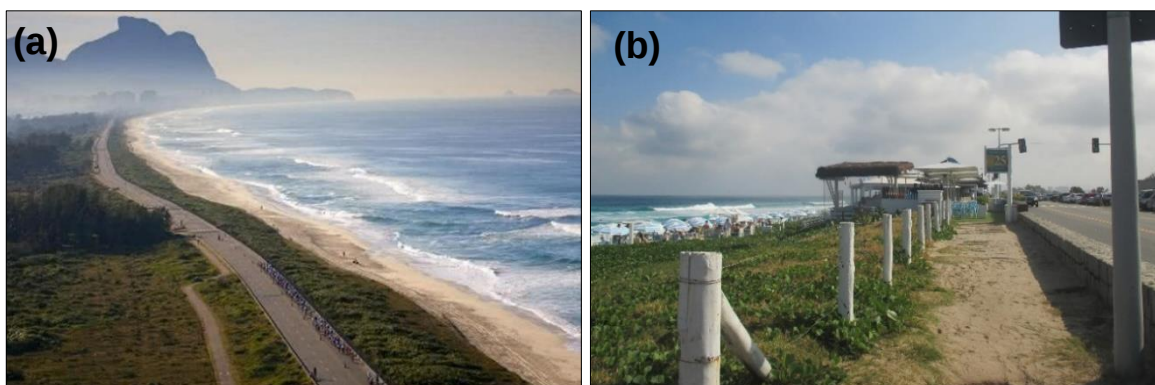
concentração de construções residenciais próximas à praia e a grande variabilidade da linha de costa, já discutida nos capítulos 5 e 6. De acordo com Lins-de-Barros, Sauzeau e Guerra (2019), a expansão urbana nesta região iniciou-se na década de 1970 a partir da construção de estradas ligando a zona sul da cidade a esta região que ainda era completamente preservada (Figura 98). Atualmente esta é uma área densamente ocupada e que apresenta a maior densidade populacional nos dois compartimentos analisados na presente pesquisa, com áreas de densidade populacional de pouco mais de 23.000 pessoas/km².

Figura 96 – Eco-Orla da praia da Macumba nas manchetes dos jornais cariocas.



Fonte: (a) O Globo, 2003 (b) O Globo, 2005.

Figura 97 – Setor central do arco praia Recreio-Barra.



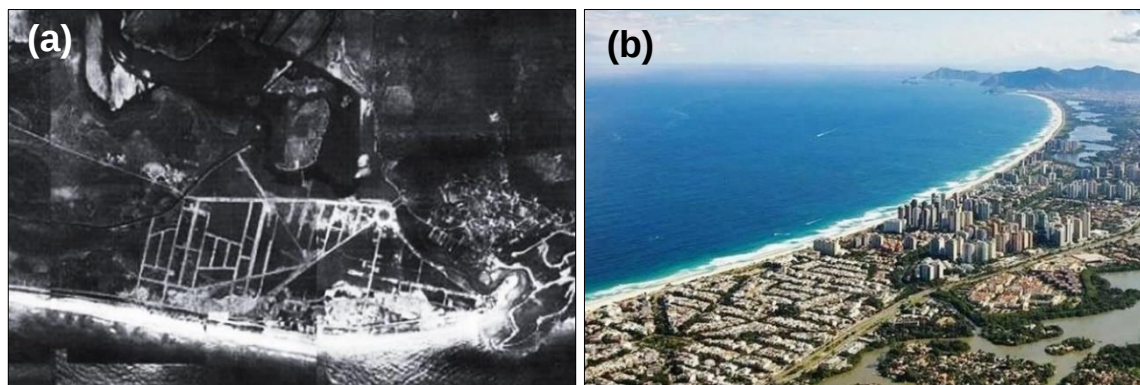
Legenda: (a) poucas estruturas costeiras no pós-praia (avenida e cercas de madeira); (b) estruturas costeiras instaladas no pós-praia.

Fonte: (a) Viagens BR, 2019; (b) A autora, 2017.

De acordo com Neves e Muehe (2008), toda a linha de costa estudada neste trabalho apresenta fragilidade potencial, devido a mobilidade da linha de costa e as tendências do clima de ondas e elevação do nível do mar. Na ocasião, os autores não contavam com estudos detalhados para fazer o diagnóstico da vulnerabilidade frente às mudanças climáticas. Em

trabalho realizado por Tessler (2008), onde foi realizado o mapeamento do grau de risco natural das áreas costeiras, levando em consideração altimetria, densidade populacional e vulnerabilidade à inunda  o, na restinga da Marambaia, o setor oeste apresenta baixo grau de risco, o setor central, alto e o setor leste, grau de risco muito alto, estando em sintonia com o mapeamento da vulnerabilidade realizado na presente pesquisa. Nos arcos Macumba e Recreio-Barra, o trabalho de Tessler (2008) aponta o predomínio dos graus alto e muito alto, estando ligeiramente diferente dos resultados encontrados neste trabalho, possivelmente, pelo fato dele considerar apenas o risco natural.

Figura 98 – Evolu  o da mancha urbana no setor leste do arco praial Recreio-Barra.



Legenda: (a) década de 1950; (b) urbaniza  o atual (2019).

Fonte: (a) Peregrino Mutante, 2012; (b) Américas Barra Hotel, 2019.

Para o compartimento do litoral fluminense compreendido entre Itaipuaçu e Arraial do Cabo, Lins-de-Barros (2017) verificou que 44% da linha de costa apresentava alta vulnerabilidade    erosão e    inunda  o costeira. De acordo com a autora, o aumento populacional ocorrido entre os anos de 2000 e 2010, expõe os habitantes das cidades litorâneas ao risco da erosão costeira. De maneira semelhante, em trabalho realizado por Sousa, Siegle e Tessler (2013) na praia da Massagua   , em São Paulo, e por Solari, Alonso e Teixeira (2018) na costa uruguaia, as altas vulnerabilidades encontradas estiveram associadas    tendências erosivas da linha de costa, presença de estruturas costeiras e alta densidade populacional. Do mesmo modo, a presente pesquisa verificou que apesar dos riscos naturais, a pressão antrópica, expressa nas constru  es de estruturas costeiras e na grande densidade populacional,    um fator agravante no aumento da vulnerabilidade    erosão e    inunda  o costeira na área de estudo, em especial nos arcos praias Macumba e Recreio-Barra.

CONCLUSÕES

A partir da análise da resposta da linha de costa da Restinga da Marambaia e dos arcos praias Macumba e Recreio-Barra aos condicionantes meteo-oceanográficos nas escalas temporais de médio e longo prazo pode-se concluir que:

- a) há uma forte ligação entre as condições meteo-oceanográficas locais e regionais e a resposta da linha de costa, em especial às teleconexões climáticas, com erosão mais intensa durante anos de *La Niña*;
- b) teleconexões climáticas interdecadais aumentam a magnitude dos eventos de tempestade e, em especial, a fase positiva da Oscilação Multidecadal do Atlântico pode ter influência na desaceleração do NM local;
- c) a partir dos anos 2000 registram-se eventos de tempestade mais energéticos e subida do NM, culminando na erosão de 30% da área de estudo
- d) a gradação lateral dos sedimentos, com o afinamento de oeste para leste, indica que as estimativas de transporte calculadas a partir do modelo de Bayram apresentam as direções de transporte residuais mais coerentes para a área de estudo;
- e) os perfis praias, ao longo dos dois anos de monitoramento, apresentaram-se resilientes aos eventos de tempestade, recuperando sua largura e volume médios em condições de tempo bom;
- f) eventos de tempestade de SE ocasionam transporte sedimentar longitudinal para oeste e predomínio do estágio morfodinâmico banco e calha longitudinal, enquanto que eventos de S e SSW ocasionam transporte para leste e predomínio do estágio banco e praia de cúspides;
- g) as variações morfodinâmicas verificadas nos arcos Macumba e Recreio-Barra permitem inferir que o transporte transversal exerça um importante papel na configuração praial;
- h) apesar da Restinga da Marambaia apresentar predomínio de erosão costeira (38%) se comparada à Macumba e Recreio-Barra, estes últimos arcos praias, localizados em uma área altamente urbanizada, são os que apresentam maior vulnerabilidade à erosão e à inundação costeira;
- i) o método que leva em consideração o fluxo de energia da onda para caracterizar os eventos de tempestade apresentou melhor consistência

estatística se comparado àquele que leva em consideração apenas a altura da onda;

- j) ainda que os dados de longo prazo não possuam alta resolução espacial, eles permitem acessar o comportamento da linha de costa em uma escala temporal razoável para caracterizar a meteo-oceanografia e a resposta da linha de costa local;
- k) o presente trabalho contribuiu na elucidação das questões referentes ao comportamento da linha de costa sul fluminense, em diversos cenários hidrodinâmicos, bem como suscitou outras importantes questões, demandando a sua continuidade.

Sugestões de trabalhos futuros

A compreensão dos sistemas costeiros demanda o seu monitoramento contínuo. Assim, a continuidade do monitoramento praias nos arcos praias Macumba e Recreio-Barra e a investigação aprofundada da ainda pouco conhecida morfodinâmica da restinga da Marambaia são essenciais para detalhar os resultados e discussões apresentados nesta tese e suscitar novos debates. Desta forma, sugere-se os seguintes trabalhos:

- a) utilizar modelos de tendência direcional de transporte para validar as tendências obtidas a partir dos modelos de transporte longitudinal;
- b) verificar a influência de outras teleconexões climáticas, como o Modo Anular do Sul (SAM), nos condicionantes meteo-oceanográficos;
- c) pensar em novos métodos de mensuração da vulnerabilidade costeira;
- d) fazer mais correlações entre as mudanças horizontais e verticais da linha de costa em escalas temporais distintas;
- e) aplicar análises de frequência para verificar com precisão se as tendências da linha de costa são de longo prazo ou não.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, T.; GREENWOOD, B.; HUGHES, M. Sediment transport on dissipative, intermediate and reflective beaches. **Earth-Science Reviews**, v. 124, p. 32–50, 2013.
- AARNES, O. J.; BREIVIK, Ø.; REISTAD, M. Wave Extremes in the Northeast Atlantic. **Journal of Climate**, v. 25, n. 5, p. 1529–1543, 2012.
- ABUODHA, P. A. O.; WOODROFFE, C. D. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. **Journal of Coastal Conservation**, v. 14, p. 189–205, 2010.
- ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268–281, 2006.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2–4, p. 107–124, 2002.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. De; MULLER, M. E. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Ararapira, Paraná-São Paulo, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 1, n. 2, p. 67–75, 2009.
- AUBREY, D. G.; EMERY, K. O.; UCHUPI, E. Changing coastal levels of South America and the Caribbean region from tide-gauge records. **Tectonophysics**, v. 154, n. 3–4, p. 269–284, 1988.
- BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos**. São José dos Campos: INPE, 2019.
- BARNARD, P. L.; HOOVER, D.; HUBBARD, D. M.; SNYDER, A.; LUDKA, B. C.; ALLAN, J.; KAMINSKY, G. M.; RUGGIERO, P.; GALLIEN, T. W.; GABEL, L.; MCCANDLESS, D.; WEINER, H. M.; COHN, N.; ANDERSON, D. L.; SERAFIN, K. A. Extreme oceanographic forcing and coastal response due to the 2015–2016 El Niño. **Nature communications**, v. 8, p. 14365, 2017.
- BARNARD, P. L.; SHORT, A. D.; HARLEY, M. D.; SPLINTER, K. D.; VITOUSEK, S.; TURNER, I. L.; ALLAN, J.; BANNO, M.; BRYAN, K. R.; DORIA, A.; HANSEN, J. E.; KATO, S.; KURIYAMA, Y.; RANDALL-GOODWIN, E.; RUGGIERO, P.; WALKER, I. J.; HEATHFIELD, D. K. Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/Southern Oscillation. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 10, p. 801–807, 2015.
- BARNHARDT, W. A. **Coastal change along the shore of Northeastern South Carolina — the South Carolina coastal erosion study**: U.S. Geological Survey Circular 1339. Reston,: USGS, 2009. 77 p. Relatório técnico.

BASCOM, W. H. Characteristics of natural beaches. In: Conference on Coastal Engineering, 4., 1953, Chicago. **Anais...** Chicago: Council on Wave Research, 1953. p. 163-180.

BATTJES, J. A.; JANSSEN, J. P. F. M. Energy loss and set-up due to breaking random waves. In: Conference on Coastal Engineering, 16. 1978, Hamburgo. **Anais...** Hamburgo: ASCE, 1978. p. 569-587.

BAYRAM, A.; LARSON, M.; HANSON, H. A new formula for the total longshore sediment transport rate. **Coastal Engineering**, v. 54, n. 9, p. 700–710, 2007.

BEACH, R. A.; STERNBERG, R. W. Suspended-sediment transport in the surf zone: response to breaking waves. **Continental Shelf Research**, v. 16, n. 15, p. 1989–2003, 1996.

BECK, A. **Decreasing radiometric resolution from L7 15m panchromatic**. 2012.

Disponível em:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Decreasing_radiometric_resolution_from_L7_15m_panchromatic.svg>. Acesso em: 3 jun. 2019.

BENTES, A. M. L. **Estudo da variabilidade morfodinâmica de quatro praias situadas no setor centro-oeste do estado do Rio de Janeiro**. 1998. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

BEVACQUA, A.; YU, D.; ZHANG, Y. Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places. **Environmental Science and Policy**, v. 82, n. January, p. 19–29, 2018.

BIRD, E. Lateral grading of beach sediments: A commentary. **Journal of Coastal Research**, v. 12, n. 3, p. 774–785, 1996.

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. Chichester: John Wiley and Sons, 2008.

BIRKMANN, J. Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications. **Environmental Hazards**, v. 7, n. 1, p. 20–31, 2007.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIES, I.; WISNER, B. **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters**. New York: Routledge, 2014.

BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistic package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, p. 1237–1248, 2001.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**, v. 214, n. 214, p. 688–703, 2005.

BORGES, H. V. **Dinâmica sedimentar da Restinga da Marambaia e Baía de Sepetiba**. 1990. 83 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

BOSBOOM, J.; STIVE, M. J. F. **Coastal Dynamic I – Lectures notes CIE4305**. Delft: Delft Academic Press, 2011.

BRASIL. Divisão de Levantamentos Superintendência de Segurança da Navegação. Centro de Hidrografia da Marinha. **Seção de marés**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. 14 slides, color. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/confest_e_confefe/pesquisa_trabalhos/CD/oficinas/559-3.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019.

BRASIL. GOOS BRASIL. **GLOSS Brasil Global Sea Level Observing System**. 2019a. Disponível em: <<http://www.goosbrasil.org/gloss/dados/>>. Acesso em: 01 ago. 2019.

BRASIL. GOOS-BRASIL. **PNBOIA Programa Nacional de Boias**. 2019b. Disponível em: <<http://www.goosbrasil.org/pnboia/dados/>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro na escala de 1:25.000**. 2017. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/>. Acesso em: 21 jul. 2019.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Ortofoto 1:25.000 do Projeto RJ-25**. 2005. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/imagens_do_territorio/imagens_corrigidas/ortomosaicos/rj25/>. Acesso em: 31 jul. 2019.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. 2019c. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018. 759 p. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivos/noticias/2018/Livro_panorama_erosao_costeira.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2019.

BRASIL. SISTEMA DE MONITORAMENTO DA COSTA BRASILEIRA (SIMCOSTA). **Portal SiMCosta**. 2019d. Disponível em: <<http://www.simcosta.furg.br>>. Acesso em: 01 ago. 2019.

BULHÕES, E. M. R. Condições Morfodinâmicas Associadas a Afogamentos. Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 121–140, 2010.

BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean & Coastal Management**, v. 42, n. 8, p. 647–670, 1999.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR., E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 51, p. 63–78, 2003.

CARTER, R. W. G. **Coastal environments - An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. London: Academic Press Limited, 1991.

CARVALHO, B. C. **Aplicação de múltiplas ferramentas no estudo do transporte de sedimentos na margem interna da restinga da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ)**. 2014. 139 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

CHRISTENSEN, E. D.; JENSEN, J. H.; MAYER, S. Sediment transport under breaking waves. In: International Conference on Coastal Engineering, 27., 2000, Sydney. **Anais...** Sydney: ASCE, 2000. p. 2467-2480.

CHURCH, J. .; CLARK, P. U.; CAZENAVE, A.; GREGORY, J. M.; JEVREJEVA, S.; LEVERMANN, A.; MERRIFIELD, M. A.; MILNE, G. A.; NEREM, R. S.; NUNN, P. D.; PAYNE, A. J.; PFEFFER, W. T.; STAMMER, D.; UNNIKRISHNAN, A. S. Annual Report 5: Sea Level Change. In: STOCKER, T.F., D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. B. and P. M. M. (Ed.). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 1137–1217.

COCO, G. Test of self-organization in beach cusp formation. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. C3, p. 1–11, 2003.

CORTEZ, R. H. de C. **Circulação e fluxo de Material Particulado em Suspensão no canal de Barra de Guaratiba (Baía de Sepetiba – RJ)**. 2012. 62 f. Monografia (Bacharelado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CORTEZ, R. H. de C. **Caracterização oceanográfica de um canal de maré e da zona costeira adjacente: canal de Barra de Guaratiba - Baía de Sepetiba, RJ**. 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

COUTINHO, N. M. **Erosão e deposição de sedimentos no arco de praia da Barra da Tijuca / Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - RJ**. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

COWELL, P. J.; THOM, B. G. Morphodynamics in coastal evolution. In: CARTER, R. W. G.; WOODROFFE, C. D. (Eds.). **Coastal evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. p. 33–86.

CRED, **The human cost of natural disasters: a global perspective**. Brussels: UN Office for Disaster Risk Reduction, 2015. 57 p. Relatório técnico.

CRIADO-SUDAU, F. F. **Dinâmica das correntes de retorno em uma praia intermediária de micromaré dominada por ondas**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DADALTO, T. P. **Arquitetura estratigráfica e evolução geológica da restinga da Marambaia**. 2017. 260 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **An introduction to coastal processes and geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

DELTARES. **Delft3D-Wave - Simulation of short-crested waves with SWAN (User Manual)**. [S.l.: s.n.].

DERECZYNSKI, C. P.; MENEZES, W. F. Meteorologia da Bacia de Campos. In: MARTINS, R. P.; GROSSMANN-MATHESON, G. S. (Eds.). **Meteorologia e Oceanografia**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015. p. 1–54.

DINIZ, C.; CORTINHAS, L.; NERINO, G.; RODRIGUES, J.; SADECK, L.; ADAMI, M.; SOUZA-FILHO, P. Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 808, 2019.

DOLAN, R.; DAVIS, R. E. An intensity scale for Atlantic Coast Northeast storms. **Journal of Coastal Research**, v. 8, n. 4, p. 840–853, 1992.

DOLAN, R.; FENSTER, M. S.; HOLME, S. J. Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. **Journal of Coastal Research**, v. 7, n. 3, p. 723–744, 1991.

DOLAN, R.; HAYDEN, B.; HEYWOOD, J. A new photogrammetric method for determining shoreline erosion. **Coastal Engineering**, v. 2, n. C, p. 21–39, 1978.

DUTRA, F. R. L. S.; CIRANO, M.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; TANAJURA, C. A. S.; LIMA, M. Meteorological tides and episodes of severe coastal erosion on the coast of Salvador, Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 32, n. 4, p. 615–636, 2014.

EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2013. Disponível em: <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em: 3 maio. 2019.

EMERY, K. O. A simple method of measuring beach profiles. **Limnology and Oceanography**, v. 6, p. 90–93, 1961.

ESTADOS UNIDOS. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Teleconnections**. 2019a. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

ESTADOS UNIDOS. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **WaveWatch III (WW3) Global Wave Model**. 2019b. Disponível em: <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/NWW3_Global_Best.html>. Acesso em: 31 jul. 2019.

ETC-CCA. **Methods for assessing coastal vulnerability to climate change technical paper 1/2011**. 2011. Disponível em: <http://cca.eionet.europa.eu/docs/TP_1-2011>. Acesso em: 14 mar. 2019.

FERNANDEZ, G. B.; BULHÕES, E.; ROCHA, T. B. da. Impacts of severe storm occurred in April 2010 along Rio de Janeiro coast, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI 64, p. 1850–1854, 2011.

FIRTH, L. B.; KNIGHTS, A. M.; THOMPSON, R. C.; MIESZKOWSKA, N.; BRIDGER, D.; EVANS, A.; MOORE, P. J.; O’CONNOR, N. E.; SHEEHAN, E. V.; HAWKINS, S. J. Ocean sprawl: challenges and opportunities for biodiversity management in a changing world. In: DALE, A. C.; SMITH, I. P.; HUGHES, R. N.; HUGHES, D. J. (Eds.). **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 189–262.

FOLK, R.; WARD, W. Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, n. 1, p. 3–26, 1957.

FRIEDERICH, Y. L.; REIS, A. T. dos; SILVA, C. G.; TOULEMONDE, B.; MAIA, R. M. da C.; GUERRA, J. V. Arquitetura sísmica do sistema fluvio-estuarino da Baía de Sepetiba preservado na estratigrafia rasa da plataforma adjacente, Rio de Janeiro, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 1, p. 124–138, 2013.

GALVIN, C. J. Breaker type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research**, v. 73, n. 12, p. 3651–3659, 1968.

GARCIA-RUBIO, G. **Evaluation of shoreline change using optical satellite images, case study of Progreso, Yucatán**. 2012. 304 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – School of Marine Science and Engineering, University of Plymouth, Plymouth, 2012.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GOLDSMITH, V.; GOLIK, A. Sediment transport model of the southeastern Mediterranean coast. **Marine Geology**, v. 37, n. 1–2, p. 147–175, 1980.

GORDON, B. L.; BARNARD, P.; GIBBONS, H. Severe erosion on U.S. West Coast during 2015-16 El Niño. **Sound Waves**, v. FY 2017, n. 167, p. 1–2, 2017.

GORNITZ, V.; WHITE, T. W.; CUSHMAN, R. M. Vulnerability of the East coast, U.S.A. to future sea level rise. **Journal of Coastal Research**, v. 9, p. 201–237, 1990.

GUTIÉRREZ, O.; PANARIO, D.; NAGY, G. J.; BIDEGAIN, M.; MONTES, C. Climate teleconnections and indicators of coastal systems response. **Ocean and Coastal Management**, v. 122, p. 64–76, 2016.

GUTRO, R. **Earthquake Satellite Imagery**. 2005. Disponível em: <https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/indonesia_quake.html>. Acesso em: 3 jun. 2019.

HARARI, J.; CAMARGO, R. de. Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico.

Brazilian Journal of Oceanography, v. 42, n. 1–2, p. 35–54, 1994.

HARDISTY, J. **Beaches: Form and Process**. London: Unwin Hyman, 1990.

HARLEY, M. D. Coastal Storm Definition. In: CIAVOLA, P.; COCO, G. (Eds.). **Coastal Storms**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. p. 1–21.

HARLEY, M. D.; TURNER, I. L.; SHORT, A. D. New insights into embayed beach rotation: The importance of wave exposure and cross-shore processes. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 120, n. 8, p. 1470–1484, 2015.

HARRISON, W. Empirical equation for longshore current velocity. **Journal of Geophysical Research**, v. 73, n. 22, p. 6929–6936, 1968.

HEATH, S. **Waves**. [s.d.]. Disponível em:
<<https://www.thegeographeronline.net/coasts.html>>. Acesso em: 30 maio. 2018.

HEMISPHERE. **AtlasLink™ Smart Antenna: Quick Reference Guide**. Scottsdale.

HIMMELSTOSS, E. A. DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide. In: THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E. A.; ZICHICHI, J. L.; ERGUL, A. (Eds.). **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0** - An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. Woods Hole: USGS, 2009. v. 3, 79 p.

HINWOOD, J. B.; MCLEAN, E. J.; WILSON, B. C. Non-linear dynamics and attractors for the entrance state of a tidal estuary. **Coastal Engineering**, v. 61, n. 1, p. 20–26, 2012.

HUTCHINSON, M. F.; GALLANT, J. C. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: D.J, W.; J.C, G. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and Applications**. New York: John Wiley and Sons, 2000. p. 29–50.

IBGE. **Modelo de Ondulação Geoidal**. [s.d.]. Disponível em:
<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm>. Acesso em: 3 maio. 2019.

INEA. **Base de Dados Geoespaciais**. 2018. Disponível em:
<<http://inearj.gov.br/portalgeoinea>>. Acesso em: 10 maio. 2019.

INNOCENTINI, V.; OLIVEIRA, F. A.; PRADO, S. C. S. C. Modelo de ondas aplicado ao caso 5-8 de maio de 2001. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n. 1, p. 97–104, 2003.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JIMÉNEZ, A. C.; ÁVILA, J. I. E.; LACOUTURE, M. M. V.; CASARÍN, R. S. Classification of Beach Erosion Vulnerability on the Yucatan Coast. **Coastal Management**, v. 44, n. 4, p. 333–349, 2016.

JUNIOR, C. V. F.; PEREIRA, P. de S. Aspectos sobre o estado da arte de estudos sa zona de espraiamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, p. 197–223, 2017.

KAMPHUIS, J. W. Alongshore sediment transport rate. **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**, v. 117, n. 6, p. 624–640, 1991.

KANA, T. W. **Suspended sediment in breaking waves**. Columbia: Dept. of Geology, Univ. of South Carolina, 1979. 153 p. Relatório técnico

KING, D. B. **Influence of grain size on sediment transport rates with emphasis on the total longshore rate**: Coastal and hydraulics engineering technical note, ERDC/CHL CHETN-II-48. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2005. 24 p. Relatório técnico.

KLEIN, R. T. J.; NICHOLLS, R. J. Assessment of coastal vulnerability to climate change. **Ambio**, v. 28, n. 2, p. 182-187, 1999.

KLUMB-OLIVEIRA, L. A. **Variabilidade interanual do clima de ondas e tempestades e seus impactos sobre a morfodinâmica de praias do litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro**. 2015. 105 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

KLUMB-OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, N. E. da S.; LEÃO, R. R. Morfodinâmica multitemporal em praia refletiva no litoral centro-norte do RJ, em resposta ao clima de ondas regional. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 19–36, 2015.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1976.

KOMAR, P. D.; MILLER, M. C. The threshold of sediment movement in oscillatory water waves. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 43, n. 4, p. 1101–1110, 1973.

KOMEN, G. J.; HASSELMANN, S.; HASSELMANN, K. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum. **Journal of Physical Oceanography**, v. 14, n. 8, p. 1271–1285, 1984.

KRUMBEIN, W. C.; PETTIJOHN, F. J. **Manual of sedimentary petrography**. New York: Appleton Century Crofts, 1938.

LAGASSE, P. F.; CLOPPER, P. E.; PAGÁN-ORTIZ, J. E.; ZEVENBERGEN, L. W.; ARNESON, L. A.; SCHALL, J. D.; GIRARD, L. G. **Bridge scour and stream instability countermeasures**: Report No. FHWA NHI HEC-23. Fort Collins: Ayres Associates, 2009. 376 p. Relatório técnico.

LAZARUS, E. D.; HARLEY, M. D.; BLENKINSOPP, C. E.; TURNER, I. L. Environmental signal shredding on sandy coastlines. **Earth Surface Dynamics**, v. 7, n. 1, p. 77–86, 2019.

LINS-DE-BARROS, F. M. Integrated coastal vulnerability assessment: A methodology for coastal cities management integrating socioeconomic, physical and environmental dimensions - Case study of Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 149, p. 1–11, 2017.

LINS-DE-BARROS, F. M.; KLUMB-OLIVEIRA, L. A.; LIMA, R. de F. Avaliação histórica

da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 18, n. 2, p. 85–102, 2018.

LINS-DE-BARROS, F. M.; SAUZEAU, T.; GUERRA, J. V. Historical evolution of seafront occupation in France (Bay of Biscay) and Brazil (Rio de Janeiro) face to coastal erosion vulnerability and risks (19th - 21th centuries). **Confins**, n. 39, 2019.

LOSADA, I. J.; REGUERO, B. G.; MÉNDEZ, F. J.; CASTANEDO, S.; ABASCAL, A. J.; MÍNGUEZ, R. Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. **Global and Planetary Change**, v. 104, p. 34–50, 2013.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 2018.

MACHADO, K. M.; ALVES, A. R.; FERNANDEZ, G. B. Clima de ondas e transporte litorâneo na planície deltaica do rio Paraíba do Sul, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 8., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010. p. 1–15.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: INPE, 2008 38 p. Relatório técnico.

MARTIN, L. **Resolução, o que é exatamente?** [s.d.]. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/resolucao-o-que-e/>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

MASSELINK, G.; GEHRELS, R. **Coastal Environments and Global Change**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2014.

MASSELINK, G.; HUGHES, M. G. **Introduction to coastal processes and geomorphology**. London: Hodder Arnold, 2003.

MCFEETERS, S. . The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425–1432, 1996.

MELET, A.; MEYSSIGNAC, B.; ALMAR, R.; LE COZANNET, G. Under-estimated wave contribution to coastal sea-level rise. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 234–239, 2018.

MENDOZA, E. T.; JIMENEZ, J. A.; MATEO, J. A coastal storms intensity scale for the Catalan sea (NW Mediterranean). **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 11, n. 9, p. 2453–2462, 2011.

MENEZES, A. F.; PEREIRA, P. de S.; GONÇALVES, R. M.; ARAÚJO, T. C. M. De; SOUSA, P. H. G. de O. Análise Da Vulnerabilidade À Erosão Costeira Através De Geoindicadores Nas Praias De Piedade E Paiva (PE), Brasil. **Geociências**, v. 37, n. 2, p. 455–465, 2018.

MENTASCHI, L.; VOUSDOKAS, M. I.; PEKEL, J. F.; VOUKOUVALAS, E.; FEYEN, L.

Global long-term observations of coastal erosion and accretion. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 2018.

MIOT DA SILVA, G.; SIADAT MOUSAVI, S. M.; JOSE, F. Wave-driven sediment transport and beach-dune dynamics in a headland bay beach. **Marine Geology**, v. 323–325, p. 29–46, 2012.

MOLINA, R.; MANNO, G.; LO RE, C.; ANFUSO, G.; CIRAIOLO, G. Storm energy flux characterization along the mediterranean coast of Andalusia (Spain). **Water**, v. 11, n. 3, p. 509, 2019.

MUEHE, D. Erosão costeira - tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. May 1991, p. 315–325, 2011.

MUEHE, D.; CARVALHO, V. G. De. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e o Cabo Frio (RJ). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 41, n. 1–2, p. 1–12, 1993.

MUEHE, D.; CORRÊA, C. H. T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga da Maçambaba, RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 3, p. 387–392, 1989.

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; BULHÕES, E. M. R.; KLUMB-OLIVEIRA, L. A.; PINTO, N.; SPERLE, M. Rio de Janeiro. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Ed.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018. p. 478–545.

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F.; OLIVEIRA, J. F. De; KLUMB-OLIVEIRA, L. A. Pulsos erosivos e resposta morfodinâmica associada a eventos extremos na costa leste do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 2015.

MUEHE, D.; ROSMAN, P. C. C. Impactos sobre o meio físico. In: GUSMÃO, P. P de. (Org.) **Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: região metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. p. 41-122. Relatório técnico.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental**. Rio de Janeiro: FEMAR, 1998.

NASCIMENTO, M. X. do. **Análise das Condições meteo-oceanográficas na região da bacia de Santos**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

NEMES, D. D.; CRIADO-SUDAU, F. F.; GALLO, M. N. Beach Morphodynamic Response to a Submerged Reef. **Water**, v. 11, n. 340, p. 1–20, 2019.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias estratégicas**, p. 217–295, 2008.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Potential vulnerability of the Brazilian coastal zone in its environmental, social, and technological aspects. **Pan-American Journal of Aquatic**

Sciences, v. 5, n. 2, p. 12–32, 2010.

NOGUEIRA, I. C. M. **Caracterização do clima de ondas na bacia do Espírito Santo através de modelagem numérica**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ORLANDO, L.; ORTEGA, L.; DEFEO, O. Multi-decadal variability in sandy beach area and the role of climate forcing. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 218, n. December 2018, p. 197–203, 2019.

OTVOS, E. G. Coastal barriers - Nomenclature, processes, and classification issues. **Geomorphology**, v. 139–140, p. 39–52, 2012.

PANTUSA, D.; D’ALESSANDRO, F.; RIEFOLO, L.; PRINCIPATO, F.; TOMASICCHIO, G. Application of a Coastal Vulnerability Index. A Case Study along the Apulian Coastline, Italy. **Water**, v. 10, n. 9, p. 1218, 2018.

PARENTE, C. E.; NOGUEIRA, I. C. M.; RIBEIRO, E. O. Climatologia de ondas. In: MARTINS, R. P.; GROSSMANN-MATHESON, G. S. (Eds.). **Meteorologia e Oceanografia**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015. p. 55–96.

PAWLOWICZ, R.; BEARDSLEY, B.; LENTZ, S. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE. **Computers & Geosciences**, v. 28, p. 929–937, 2002.

PENA, J. do N. **Dinâmica geomorfológica das praias oceânicas urbanas da cidade do Rio de Janeiro e impactos associados a ressacas do mar: uma contribuição à gestão costeira**. 2017. 133 f. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, T.; SALIBA, A.; LESSA, A. C.; GUZZO, A.; ASSIS, S. Morfodinâmica praial e os episódios erosivos na praia da Macumba, cidade do Rio de Janeiro, RJ . In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., 2018, Crato. **Anais...** Crato: UFC, 2018.

PETHICK, J. **An introduction to coastal geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1984.

PILKEY, O. H.; COOPER, J. A. G.; LEWIS, D. a. Global Distribution and Geomorphology of Fetch-Limited Barrier Islands. **Journal of Coastal Research**, v. 254, n. 254, p. 819–837, 2009.

PONÇANO, W. L. **Sedimentação atual na Baía de Sepetiba, estado do Rio de Janeiro: contribuição a avaliação de um porto**. 1976. 278 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)– Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

RANASINGHE, R.; SYMONDS, G.; BLACK, K.; HOLMAN, R. Morphodynamics of intermediate beaches: a video imaging and numerical modelling study. **Coastal Engineering**, v. 51, p. 629–655, 2004.

RANGEL-BUITRAGO, N.; ANFUSO, G. An application of Dolan and Davis (1992) classification to coastal storms in SW Spanish littoral. **Journal of Coastal Research**, v. SI 64, p. 1891–1895, 2011.

REGUERO, B. G.; LOSADA, I. J.; MÉNDEZ, F. J. A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming. **Nature Communications**, v. 10, n. 205, p. 1–14, 2019.

RIO DE JANEIRO. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. [s.l.: s.n.].

RODRIGUES, R. TCM vai analisar custos de obra emergencial na Praia da Macumba. **O Globo**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/tcm-vai-analisar-custos-de-obra-emergencial-na-praia-da-macumba-22793353>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

ROELVINK, J. A.; WALSTRA, D. J. Keeping it simple by using complex models. In: International Conference on Hydrosience and Engineering, 6., 2004, Brisbane. **Anais...** Brisbane: University of Mississippi, 2004. p. 1-11.

ROSATI, J. D. Concepts in Sediment Budgets. **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 2, p. 307–322, 2005.

ROSMAN, P. C. C.; NEVES, C. F.; FILHO, E. M. **Solução conjunta dos problemas de erosão na praia de Ipanema-Leblon e qualidade de água na lagoa Rodrigo de Freitas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1992. 355p. Relatório técnico.

ROSMAN, P. C. C.; VALENTINI, E. Recent Erosion in the Stable Ipanema-Leblon Beach. In: Symposium on Coastal and Ocean Management, 6., 1989, Charleston. **Anais...** Charleston: ASCE, 1989.

SAMARAS, A. G.; KOUTITAS, C. G. Comparison of three longshore sediment transport rate formulae in shoreline evolution modeling near stream mouths. **Ocean Engineering**, v. 92, p. 255–266, 2014.

SANTOS, C. L.; SILVA, M. A. M.; SALVADOR, M. V. S. Dinâmica sazonal e os efeitos das ressacas nas praias de Niterói/RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 3, p. 355–360, 2004.

SHEPARD, F. P.; INMAN, D. L. Near-shore circulation related to bottom topography. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 31, n. 4, p. 555–565, 1950.

SHORT, A. D. Wave power and beach stages – a global model. In: International Conference on Coastal Engineering, 16., 1979, Hamburgo. **Anais...** Hamburgo: ASCE, 1979. p. 1045–1062.

SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. Beach Morphodynamics. In: SHRODER, J. F. (Ed.). **Treatise on Geomorphology**. London: Academic Press, 2013. p. 106–129.

SHORT, A. D.; TREMBANIS, A.; TURNER, I. L. Beach oscillation, rotation and the Southern Oscillation, Narrabeen Beach, Australia. In: International Conference on Coastal

Engineering, 27. 2000, Sydney. **Anais...** Sydney: ASCE , 2000. p. 2439-2452

SILVA, A. L. C. da; SILVA, M. A. M. da; SOUZA, R. S. de; PINTO, M. L. V. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene barrier systems in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 70, n. 70, p. 170–175, 2014.

SILVA, L. M. M. **Comparação entre métodos de determinação do transporte litorâneo na praia da Reserva, RJ**. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Costeira) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SOLARI, S.; ALONSO, R.; TEIXEIRA, L. Analysis of Coastal Vulnerability along the Uruguayan coasts. **Journal of Coastal Research**, v. 85, p. 1536–1540, 2018.

SOUSA, P. H. G. O.; SIEGLE, E.; TESSLER, M. G. Vulnerability assessment of Massaguaçu Beach (SE Brazil). **Ocean and Coastal Management**, v. 77, p. 24–30, 2013.

SOUZA, H. A. S. De. **Variáveis biogeoquímicas controladas pela maré em um estuário urbano** : contraste entre condições de sizígia e quadratura. 2016. 187 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SPLINTER, K.; HARLEY, M.; TURNER, I. Remote sensing is changing our view of the coast: insights from 40 years of monitoring at Narrabeen-Collaroy, Australia. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, p. 1744, 2018.

STORLAZZI, C. D.; REID, J. A. The influence of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) cycles on wave-driven sea-floor sediment mobility along the central California continental margin. **Continental Shelf Research**, v. 30, n. 14, p. 1582–1599, 2010.

STUTZ, M. L.; PILKEY, O. H. Open-Ocean Barrier Islands: Global Influence of Climatic, Oceanographic, and Depositional Settings. **Journal of Coastal Research**, v. 27, n. 2, p. 207–222, 2011.

TANO, R. A.; AMAN, A.; TOUALY, E.; KOUADIO, Y. K.; FRANÇOIS-XAVIER, B. B. D.; ADDO, K. A. Development of an Integrated Coastal Vulnerability Index for the Ivorian Coast in West Africa. **Journal of Environmental Protection**, v. 09, n. 11, p. 1171–1184, 2018.

TESSLER, M. Potencial de Risco Natural. In: MMA (Ed.). **Macrodiagnostico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília. p. 93–103.

THIELER, E.; HAMMAR-KLOSE, E. National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-level Rise, Preliminary Results for the US Pacific Coast. **Open-File Report 00-178**, v. 78, n. 37, p. 1, 2000.

TOMAZELA, J. M. Erosão pela maré abre canal e divide Ilha do Cardoso em Cananeia. **O Estado de São Paulo**, 29 ago. 2018. Disponível em: <<https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,erosao-pela-mare-abre-canal-e-divide-ilha-do-cardoso-em-cananeia,70002478776>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Eds.). **Desastres naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2011. p. 196.

TOMINAGA, L. K.; FERREIRA, C. J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J.; SOUZA, C. R. Avaliação de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Técnica e Geoambiental, 5., 2004, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2004. p. 205-216.

UNDP. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Download/>>. Acesso em: 28 maio. 2019.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Environmental Data Explorer**. 2007. Disponível em: <<http://geodata.grid.unep.ch/>>. Acesso em: 28 maio. 2019.

USACE. **Shore protection manual**. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984.

USGS. **Landsat Collection 1 Level 1 - Product definition**. Sioux Falls. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/media/files/landsat-collection-1-level-1-product-definition>>.

UT-BATTELLE. **LandScan (2017)TM High Resolution global Population Data Set**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://landscan.ornl.gov/>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

VAN MAANEN, B.; NICHOLLS, R. J.; FRENCH, J. R.; BARKWITH, A.; BONALDO, D.; BURNINGHAM, H.; BRAD MURRAY, A.; PAYO, A.; SUTHERLAND, J.; THORNHILL, G.; TOWNEND, I. H.; VAN DER WEGEN, M.; WALKDEN, M. J. A. Simulating mesoscale coastal evolution for decadal coastal management: A new framework integrating multiple, complementary modelling approaches. **Geomorphology**, v. 256, p. 68–80, 2016.

VOULGARIS, G.; COLLINS, M. B. Sediment resuspension on beaches: Response to breaking waves. **Marine Geology**, v. 167, n. 1–2, p. 167–187, 2000.

WAFO GROUP. **WAFO – a Matlab Toolbox for Analysis of Random Waves and Loads**. 2017. Disponível em: <<http://www.maths.lth.se/matstat/wafo/download/index.html>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

WAMSLEY, T. V.; COLLIER, Z. A.; BRODIE, K.; DUNKIN, L. M.; RAFF, D.; ROSATI, J. D. Guidance for Developing Coastal Vulnerability Metrics. **Journal of Coastal Research**, v. 316, n. May, p. 1521–1530, 2015.

WEI, E. C.; MCGUINNESS, J. L. **Reciprocal distance squared method: a computer technique for estimating areal precipitation (Report ARS-NC-8)**. Illinois: Agricultural Research Service, Department of Agriculture, 1973. 38 p. Relatório técnico.

WERNER, B. T.; FINK, T. M. Self-Organized Patterns. **Science**, v. 260, p. 968–971, 1993.

WIKIMEDIA. **Longshore drift**. 2012. Disponível em:
<<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Longshoredrift.gif>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

WOODROFFE, C. D. **Coasts: Form, Process and Evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

WOODROFFE, C. D.; MURRAY-WALLACE, C. V. Sea-level rise and coastal change: the past as a guide to the future. **Quaternary Science Reviews**, v. 54, p. 4–11, 2012.

WRIGHT, L. D.; CHAPPELL, J.; THOM, B. G.; BRADSHAW, M. P.; COWELL, P. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 32, n. 1–2, p. 105–140, 1979.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, v. 56, n. 1–4, p. 93–118, 1984.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D.; GREEN, M. O. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model. **Marine Geology**, v. 62, n. 3–4, p. 339–364, 1985.

WRIGHT, L. D.; THOM, B. G. Coastal depositional landforms: A morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, v. 1, n. 3, p. 412–459, 1977.

XU, J.; NOBLE, M. A. Variability of the Southern California wave climate and implications for sediment transport. In: LEE, H.; NORMARK, B. (Eds.). **Earth Science in the Urban Ocean: The Southern California Continental Borderland**. Menlo Park: Geological Society of America, 2009. p. 171–191.

YANG, Z.; LU, X. H.; GUO, X.; LIU, Y.; SHEN, L. Numerical simulation of sediment suspension and transport under plunging breaking waves. **Computers and Fluids**, v. 158, p. 57–71, 2017.

YOKOYAMA, C. K. **Mobilidade sedimentar da plataforma continental do estado de São Paulo em função da propagação de ondas**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia)– Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2012.

YOUNG, I. R.; RIBAL, A. Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. **Science**, v. 9527, p. 1–9, 2019.

YOUNG, N. E.; ANDERSON, R. S.; CHIGNELL, S. M.; VORSTER, A. G.; LAWRENCE, R.; EVANGELISTA, P. H. A survival guide to Landsat preprocessing. **Ecology**, v. 98, n. 4, p. 920–932, 2017.

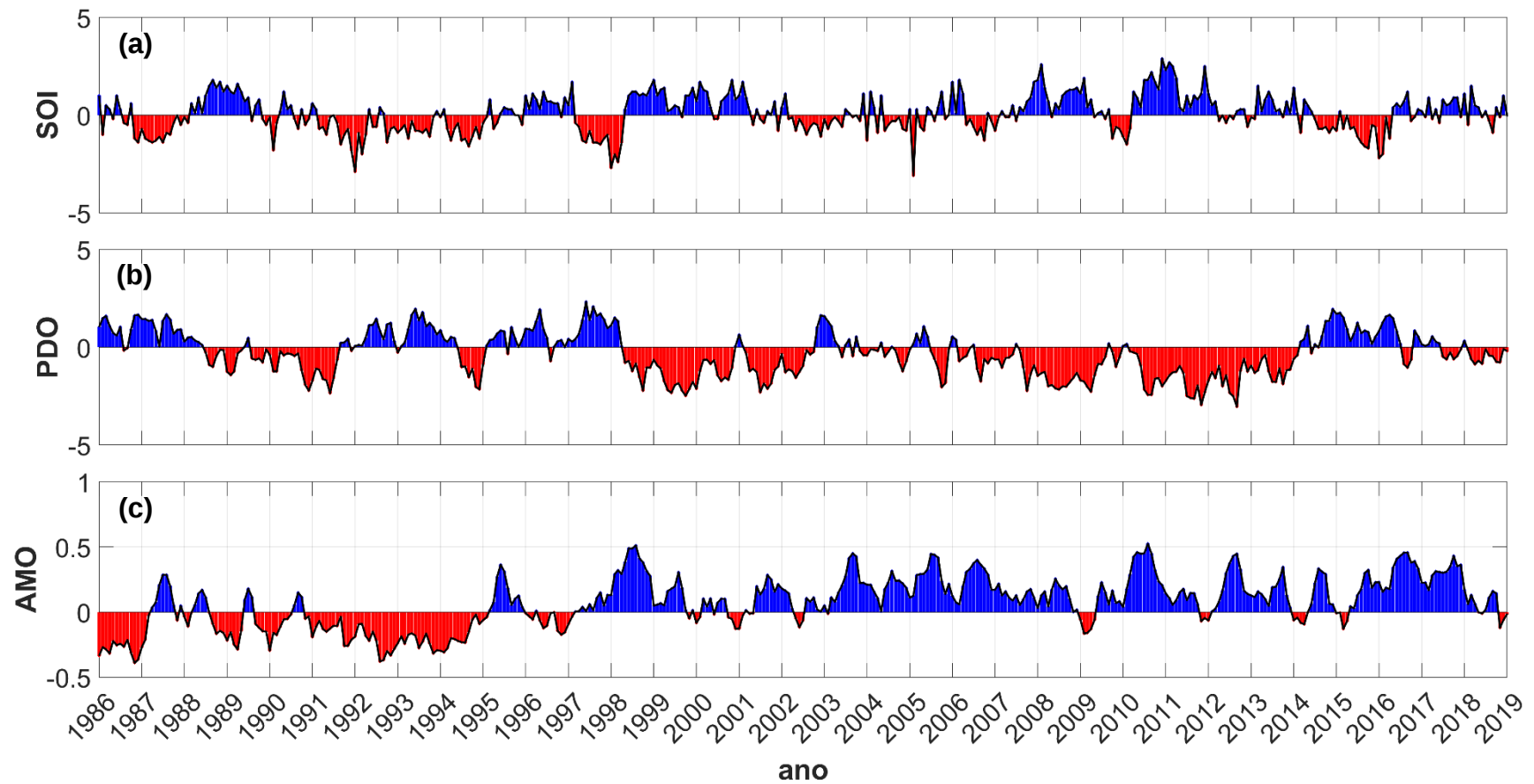
ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. de O. Origem e evolução do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 13, n. 2, p. 269–300, 2005.

ZANOTTA, D.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

ZHIYAO, S.; TINGTING, W.; FUMIN, X.; RUIJIE, L. A simple formula for predicting settling velocity of sediment particles. **Water Science and Engineering**, v. 1, n. 1, p. 37–43, 2008.

APÊNDICE A – Teleconexões climáticas

Figura 99 – Distribuição temporal de índices climáticos para o período compreendido entre 1986 e 2018.

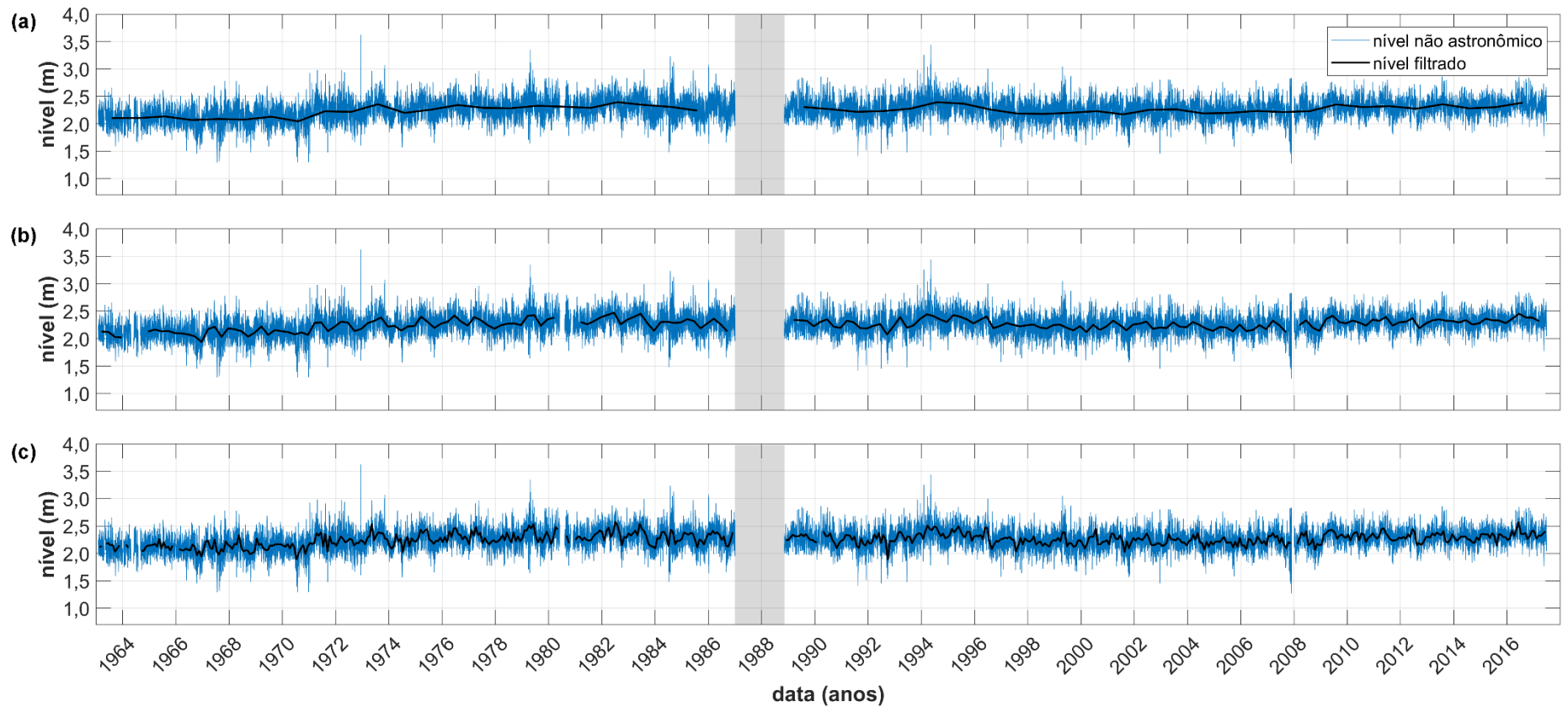


Legenda: (a) Índice de Oscilação Sul (SOI); (b) Oscilação Decadal do Pacífico (PDO); (c) Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO).

Fonte: A autora, 2019.

APÊNDICE B—Variação do nível do mar no Rio de Janeiro

Figura 100 – Filtragem dos dados de nível não astronômico no marégrafo da Ilha Fiscal (RJ).



Legenda: (a) um elemento por ano; (b) quatro elementos por ano; (c) doze elementos por ano.

Fonte: A autora, 2019.