

COMPORTAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA LINHA DE COSTA EM BARREIRA TRANSGRESSIVA: EXEMPLO NO NORTE FLUMINENSE, RJ

Novak, L. (UFF) ; Rocha, T.B. (UFF) ; Fernandez, G.B. (UFF)

RESUMO

As barreiras costeiras são feições que fazem parte das planícies costeiras e tiveram sua formação ligada principalmente às oscilações do nível do mar no Holoceno. Especificamente, a tipologia transgressiva caracteriza-se pela migração em direção ao continente. A barreira de Quissamã, localizada ao sul do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS)-RJ, Brasil, tem sido estudada enfatizando seu comportamento na escala geológica. No entanto, poucos estudos abordam a migração da linha de costa em escala de médio prazo, assim como seu comportamento no contato com o sistema lagunar adjacente. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a dinâmica da linha de costa e a resposta da retrobarreira utilizando ferramentas de sensoriamento remoto e perfis de praia. Nas escalas anuais, a barreira apresenta estabilidade. No entanto, a médio prazo a tendência geral para esta barreira é a migração para o continente onde há contato com o sistema lagunar.

PALAVRAS CHAVES

barreiras transgressivas; linha de costa; resposta geomórfica; escalas espaço-temporais; geotecnologias

ABSTRACT

Coastal barriers are features that are part of the coastal plains and its formation is linked mainly to sea-level oscillations in the Holocene. Specifically, the transgressive barrier is characterized by landward migration. The Quissamã barrier, located south of the Paraíba do Sul Deltaic Complex (PSDC)-RJ, Brazil, has been studied emphasizing its behavior on the geological scale. However, few studies address shoreline migration on a medium-term scale, in addition to its behavior in contact with the adjacent lagoon system. Therefore, this research aimed to evaluate the shoreline dynamics and the backbarrier response using remote sensing tools and beach profiles. In the annual scales, the barrier showed stability. However, in the medium term, the general trend for this barrier is landward migration where there is contact with the lagoon system.

INTRODUÇÃO

A linha de costa é um indicador que estabelece o limite entre o oceano e o continente (Boak; Turner, 2005), e a avaliação dessa condição, ou seja, migração para terra, oceano ou estabilidade, significará processos de erosão, acreção ou estabilidade (BURNINGHAM; FERNANDEZ-NUNEZ, 2020). As atividades relacionadas à pesquisa, engenharia e gestão de áreas costeiras usam avaliações do comportamento da linha de costa em várias escalas espaciais e temporais (GRACIA et al., 2005; BURNINGHAM; FERNANDEZ-NUNEZ, 2020; QUADRADO et al., 2021). Além disso, informações contínuas e de longo prazo sobre a evolução do comportamento da linha de costa trazem estimativas mais sólidas e confiáveis (STIVE et al., 2002; LUIDJENDIJK et al., 2018), e tornaram-se uma ferramenta importante para a gestão costeira (BROMMER; BOCHEV-VAN DER BURGH, 2009). Os diferentes processos geomórficos que modificam a linha de costa estão relacionados com escalas específicas de espaço e tempo (STÉPHAN et al., 2019). Diversas ferramentas são utilizadas para investigar a dinâmica costeira em diferentes escalas de espaço e tempo (BURNINGHAM E FERNANDEZ-NUNEZ, 2020; SHAW et al., 2008). Especificamente, a médio prazo, as ferramentas frequentemente usadas para mapear a dinâmica da linha de costa são imagens de satélite e fotografias aéreas, que fornecem análises em escalas interdecadais e de eventos, embora em intervalos temporais irregulares e espacialmente restritos (LUIJENDIJK; DE VRIES, 2020; BURNINGHAM; FERNANDEZ -NÚÑEZ, 2020). No entanto, desde 2016, este cenário tem mudado com

o desenvolvimento do Google Earth Engine. Conhecido como uma plataforma de processamento geoespacial baseada em nuvem (GORELICK et al., 2017), que fornece um catálogo de imagens de satélite e dados geoespaciais disponíveis para pesquisadores mapearem e quantificarem mudanças na superfície da Terra, incluindo a dinâmica da linha de costa (LUIJENDIJK; DE VRIES, 2020). Algoritmos e ferramentas web têm sido desenvolvidos para a detecção automática da linha de costa em escala planetária, a partir de imagens com séries temporais regulares e longas, como imagens Landsat, geralmente usando o Índice de Diferença Normalizada de Água (NDWI) (LUIJENDIJK et al. 2018; VOS et al. 2019, ALMEIDA et al. 2021). Estudos de avaliação global da linha de costa e respostas das praias a cenários de elevação do nível do mar e efeitos de ondas de tempestade (LUIJENDIJK et al., 2018; VITOUSEK et al., 2017; VOUSDOKAS et al., 2020) mostram a potencial para técnicas de sensoriamento remoto, para melhor compreensão das mudanças costeiras globalmente, especialmente com alta resolução temporal de imagens de satélite. No entanto, a resposta das praias deve considerar as especificidades locais e temporais dos processos costeiros, como espaço de acomodação, taxa de sedimentação, clima de ondas (COOPER et al., 2020). Para mapear a dinâmica da linha de costa em barreiras transgressivas, também é possível avaliar a dinâmica da retrobarreira que muitas vezes aparece em contato com uma feição lagunar/baía, indicando a migração para o continente (MCBRIDE et al., 1995). Enquanto, por um lado, o uso recente de ferramentas geoespaciais e de sensoriamento remoto têm se concentrado na detecção automática da linha de costa (BURNINGHAM; FERNANDEZ-NUNEZ, 2020), por outro lado, ainda parece inexplorado para a detecção de dinâmica da retrobarreira (DONNELLY et al., 2004). Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar a dinâmica da linha de costa e a resposta da retrobarreira na barreira transgressiva localizada na parte sul do CDRPS e incluir o significado dos processos de recuo, estabilidade e acreção a partir da perspectiva das escalas espaciais e temporais.

MATERIAL E MÉTODOS

2. Metodologia 2.1 Área de estudo A área de estudo compreende o setor sul do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS), que engloba diversas feições deposicionais que tiveram sua formação condicionada às oscilações do nível do mar no Quaternário e na contribuição sedimentar do rio Paraíba do Sul (DIAS, 1981; SILVA, 1987; ROCHA et al., 2013) (Figura 1). A barreira transgressiva tem largura média de 100 m e uma altura entre 4,5 e 6,5 m em relação ao nível médio do mar, sendo submetida continuamente por processos de transposição. De forma que, em condições de tempestades, as ondas ultrapassam o topo da barreira depositando leques de transposição dentro das lagoas que estão na retrobarreira (ROCHA et al, 2013). Nessa mesma área está situado o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA de Jurubatiba), dedicado à preservação de algumas vegetações específicas e fauna associada da Mata Atlântica (ICMbio, 2019). Também se destaca uma obra costeira que modificou intensamente a linha de costa, os guias-correntes de Barra do Furado, que foram construídos na década de 1980 para estabilização do Canal das Flechas que conectava as águas da Lagoa Feia ao mar (BIDEGAIN et al., 2002). 2.2. Dinâmica da linha de costa A análise da dinâmica da linha de costa foi realizada por meio do CASSIE- Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine (ALMEIDA et al., 2021). A escala temporal utilizada abrange as imagens Landsat de 1984 a 2020. A partir da linha de base e das linhas de costa foram gerados 159 transectos normais à costa com espaçamento de 500 m. Além disso, o CASSIE também fornece gráficos de regressão linear de cada transecto gerado, que representa a variação da linha de costa de 1984 a 2020. 2.3. Dinâmica da retrobarreira O mapeamento da barreira costeira dentro do sistema lagunar foi realizado utilizando a metodologia NDWI (Normalized Difference Water Index) que permite destacar a fronteira entre áreas emersas e submersas (MCFEETERS, 1996). A rotina desenvolvida por Costa et al. (2020) utilizada neste trabalho, desenvolvida dentro da plataforma Google Earth Engine (GEE), foi baseada em um método de diferenciação de imagem pixel a pixel, juntamente com uma detecção de mudança baseada em limites, exposta por Klemas (2011). Para esta análise, foram selecionadas as imagens Landsat de 7 de maio de 1984 e 14 de agosto de 2020, com o menor percentual de cobertura de nuvens. As taxas de variação da linha de costa da retrobarreira foram calculadas considerando somente o contato com o sistema lagunar, estabelecendo transectos a cada 500 metros no contato com as lagoas, onde foi calculada a taxa de variação medido a distância da linha mais antiga (1984) e da mais recente (2020), dividindo pelo tempo transcorrido. A partir disso, foram encontrados 4 tipos de respostas geomórficas adaptados

do estudo de McBride et al. (1995) que são: 1. Acreção/erosão por ação antrópica: resultado da interrupção do transporte longitudinal de sedimentos por uma obra costeira; 2. Equilíbrio dinâmico: tanto a linha de costa da retrobarreira quanto a linha de costa oceânica apresentam estabilidade a longo prazo; 3. Recuo: indica a retrogradação da linha de costa oceânica e estabilidade da linha de costa da retrobarreira; 4. Migração para o continente por overwash (transposição de ondas): movimentos da linha de costa da retrobarreira e oceânica em direção ao continente como resultado de processos de transposição, gerando leques de transposição. Neste trabalho, a linha de oceânica é entendida como o contato úmido/seco; e a linha de costa da retrobarreira é considerada como o contato com as lagoas costeiras. 2.4. Dados topográficos Para avaliar a evolução à curto prazo foram utilizados dados de perfis topográficos de praia. A partir das cotas altimétricas foi obtido o volume sedimentar seguindo a metodologia de Oliveira Filho et al. (2020) adaptada por sua vez dos princípios de Birkemeier (1984). Figura 1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

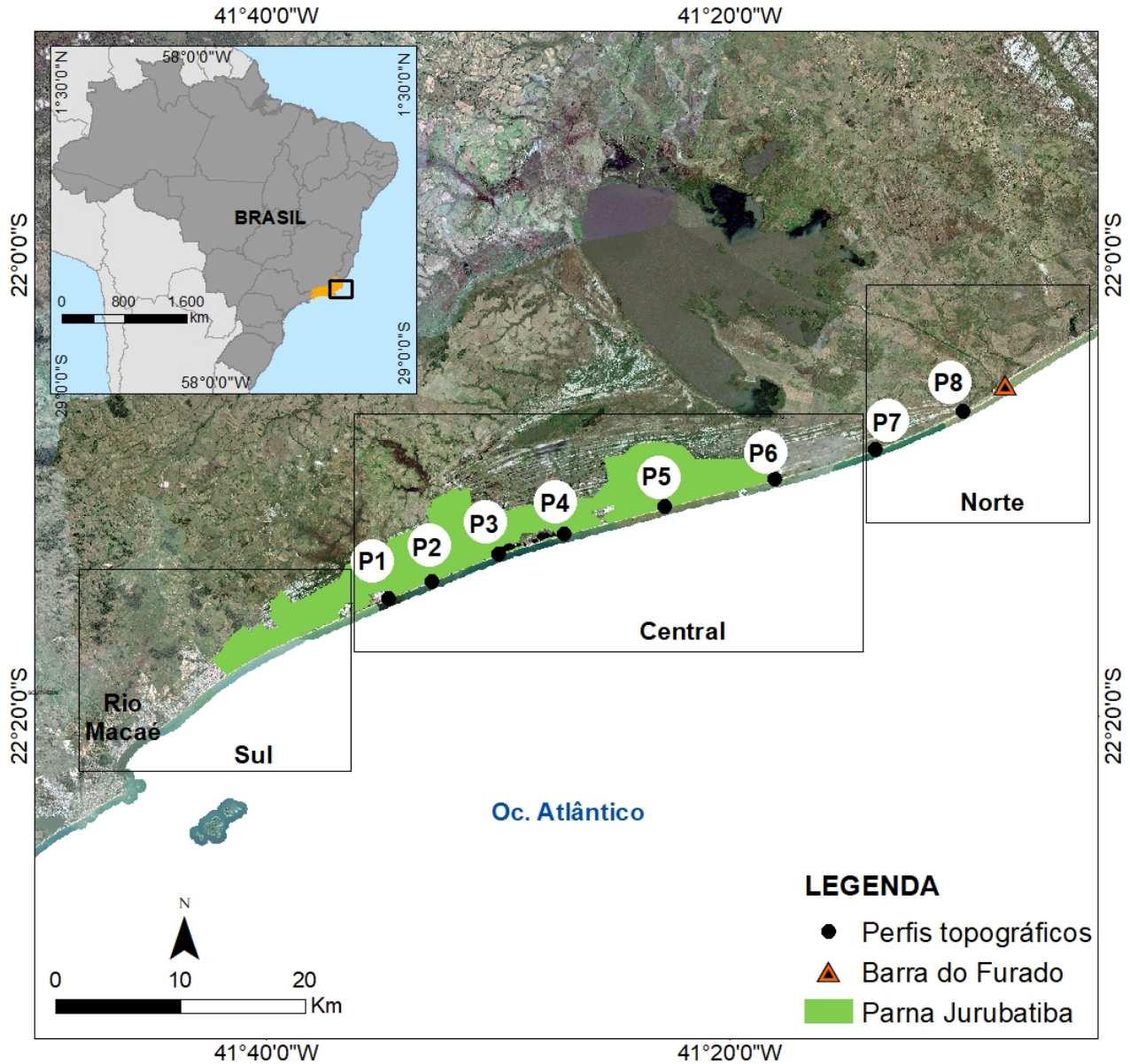
3. Resultados e discussões 3.1. Dinâmica da linha de costa e da retrobarreira A resposta geral da linha de costa da barreira no setor central mostra um evidente recuo em contato com as lagoas costeiras. Além dos resultados de 1984 a 2020 obtidos pelo CASSIE, as respostas geomórficas também indicaram retrogradação, tanto por recuo simples quanto por processos de overwash. No perfil 1, apesar da estabilidade da linha de costa na escala decadal (-0,38 m. ano⁻¹) e na análise do volume sedimentar (2010-2019), considerando a resposta geomórfica das duas linhas de costa existe uma migração por overwash. Neste trecho não há informação sobre a elevação da barreira, porém na área adjacente as alturas variam de 4,5 a 5 m. No perfil 2, os resultados da linha de costa apontaram para estabilidade (-0,45 m. ano⁻¹), e a análise topográfica indicou suave decréscimo. A migração da linha de costa para o continente também ocorre pelos processos de transposição, onde se formam leques de transposição. A elevação da barreira é de 4,5 m acima do nível do mar, então as ondas incidentes podem passar por ela e depositar sedimentos na retrobarreira. O perfil 3 apresentou equilíbrio em todas as análises, e considerando o período de 1984 a 2020, a linha de costa migrou a uma taxa de -0,40 m. ano⁻¹. A resposta geomórfica da barreira é de equilíbrio dinâmico, com variação das duas linhas de costa a taxas de 0,3 m. ano⁻¹. Nesse trecho, a elevação da barreira é de aproximadamente 6m, o que pode explicar o equilíbrio nessa área. Os perfis 4 e 5 são bastante instáveis e tendem a recuar. A resposta geomórfica neste trecho é de migração por overwash, com a linha de costa se movendo a uma taxa de -1,2 m. ano⁻¹ e linha da retrobarreira a -0,5 m. ano⁻¹. Nesta área a elevação da barreira varia de 4,6 a 5,3m, O perfil 6, na análise decadal, tem característica erosiva, migrando em direção ao continente a uma taxa de -0,67 m. ano⁻¹, assim como a resposta geomórfica nesta seção indicou recuo, com a migração da linha de costa oceânica a uma taxa de -1,1 m. ano⁻¹. A elevação da barreira oscila entre 3 e 5m. Nos perfis 7 e 8 foram encontradas as maiores taxas de avanço da linha de costa bem como as altas taxas de erosão (>-3 m. ano⁻¹). Nesta área não há contato com o sistema lagunar, mas há movimento da linha de costa devido à deriva litorânea, que compreende acreção à barlar e erosão à sotamar. No perfil 7, a altitude da barreira é maior, mas diminui no P8. Apesar do perfil mais baixo da barreira nesta área, ela apresenta um ganho contínuo de sedimentos e, conseqüentemente, acreção da linha de costa, devido aos guias-correntes. Estas obras costeiras transversais à costa interrompem a corrente de deriva litorânea, de modo que os sedimentos são depositados na direção da corrente, à barlar, e do outro lado há um déficit à sotamar (BUSH et al., 2010; ALFREDINI; ARASAKI, 2005). A retrogradação encontrada na barreira de Quissamã, especificamente nas áreas em contato com os sistemas lagunares é resultado dos processos de overwash. McBride et al. (1995) encontraram respostas geomórficas predominantes na análise sistemática de linhas de costa em barreiras na Louisiana, Mississippi, sul da Geórgia e norte da Flórida, EUA. Em Louisiana, as barreiras têm perfil baixo (aproximadamente 2,5 m) e são marcadas pela alta frequência de transposição de ondas, portanto, apresentam-se como uma resposta predominante o rompimento, recuo e migração em direção ao continente. Apesar das barreiras da Louisiana migrarem para o continente a taxas mais altas (-10 m.ano⁻¹), ela tem comportamento semelhante à barreira de Quissamã, pois esta última também é dominada por processos de overwash, além do baixo perfil, facilitando a ocorrência desses processos, especialmente entre os perfis 4 e 5, onde a elevação da barreira varia de 2,8 a 5,3m, e no P4 com altura de 5m, as ondas ultrapassam a altura e depositam os sedimentos na

retaguarda formando os leques de transposição. Nave e Rebêlo (2021) no estudo sobre a evolução da linha de costa no sistema de barreiras transgressivas de Ria Formosa, Portugal encontraram resultados opostos à tendência de uma barreira transgressiva. O comportamento da linha de costa entre 1950 e 2015 apontou para um comportamento progradante da linha de costa em 54% da área de estudo, estando esta progradação fortemente relacionada às modificações na costa na forma de guias-correntes. Já a erosão foi identificada no centro do sistema de ilhas-barreiras, com taxas variando de $-1,3 \text{ m.ano}^{-1}$ em Armona e $-4,7 \text{ m.ano}^{-1}$ na Ilha de Tavira. Na barreira de Quissamã, as altas taxas de acreção verificadas na área norte também refletem a atuação de uma obra costeira e não correspondem ao comportamento de uma barreira transgressiva, especificamente nesta área, cujas taxas de acreção chegam a $2,3 \text{ m. ano}^{-1}$.

3.2. Perspectivas nas escalas de espaço e tempo

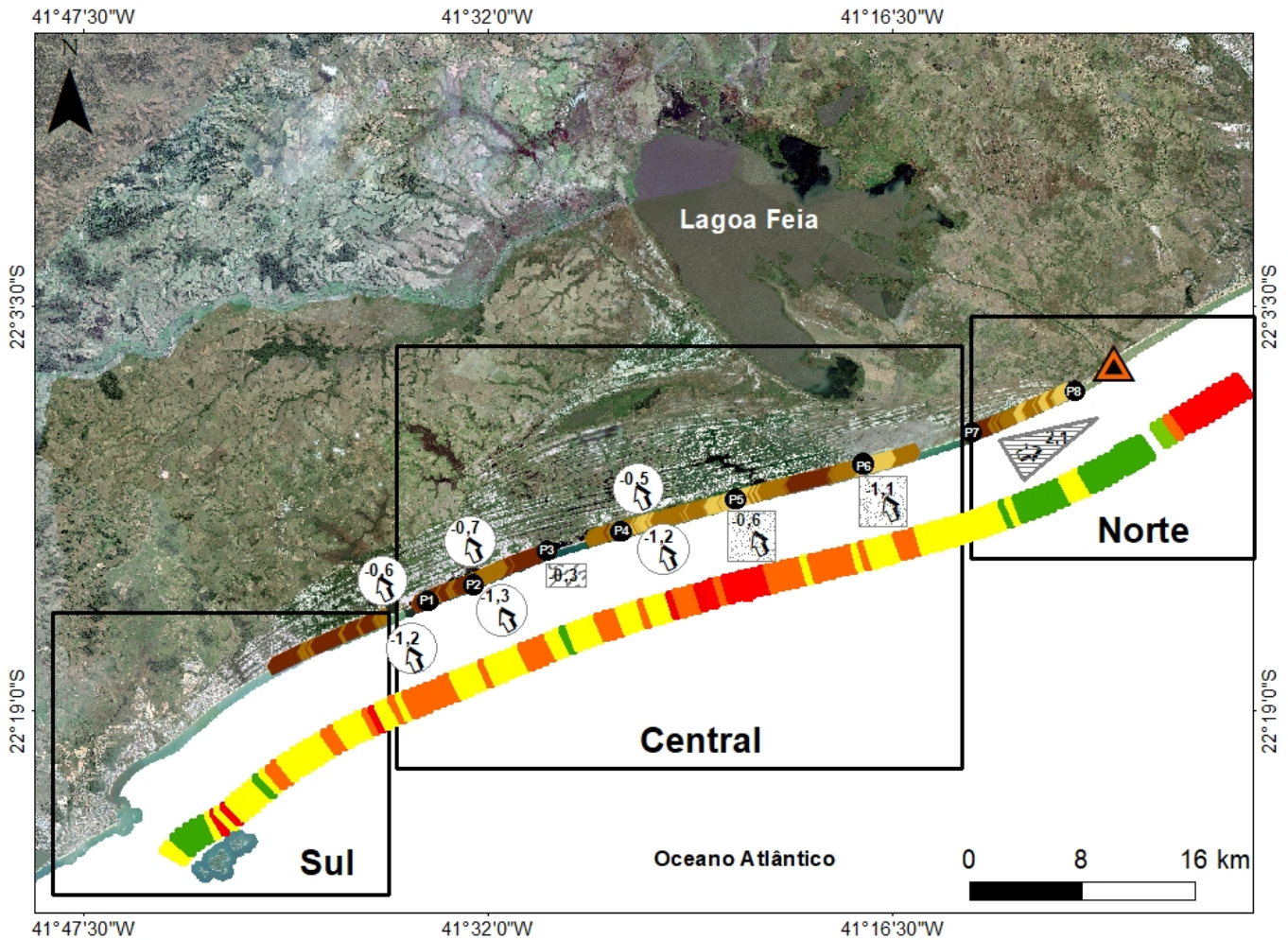
A evolução das barreiras costeiras depende de forçantes que atuam em diferentes escalas, como o comportamento do nível do mar no Holoceno, a taxa de aporte sedimentar, o clima de ondas e a frequência de eventos de alta energia (COOPER et al. 2018). Na escala geológica a barreira costeira investigada é caracterizada em termos morfoestratigráficos como transgressiva/retrogradante (ROY et al. 1994; DILLENBURG e HESP, 2009; OTVOS, 2004, 2012). Os resultados em meso-escala (interdecadal, interannual), por outro lado, mostraram que o comportamento de recuo da linha de costa e de migração por overwash da barreira não ocorreu de maneira generalizada. A estabilidade e o equilíbrio dinâmico também foram significativamente mapeados, além do comportamento de acreção, ainda que por causas antropogênicas. Essas diferenças provavelmente possuem relação com a morfologia da barreira que tendem a determinar, por exemplo, a ocorrência de processos de transposição de ondas (COOPER et al. 2018), que é considerado um mecanismo fundamental no processo de retrogradação da barreira transgressiva. Também foi possível observar que altitude da barreira varia entre 3,0m e 6,5m. No setor central, onde predomina o comportamento de recuo da linha de costa na escala decadal, a barreira possui mais trechos com altitude mais baixa, comparativamente ao setor sul. De acordo com Sallenger (2000), a transposição das ondas tende a ocorrer quando o alcance máximo de espriamento delas ultrapassa o topo da barreira. Especificamente no caso da barreira transgressiva do CDRPS, as forçantes que levam aos efeitos de recuo da linha de costa e da retrogradação da barreira, também possuem causas associadas a diferentes de escalas. Além do aumento do nível do mar iniciado no Holoceno, o aporte sedimentar também é considerado um fator. De acordo com Machado (2010), há um desajuste no perfil de equilíbrio praiar, uma vez que a antepraia é recoberta por sedimentos lamosos modernos, enquanto a praia é formada por areias grossas reliquiárias. De acordo com a autora, apenas o transporte longitudinal de sedimentos próximo à costa seria responsável pelo aporte sedimentar na dinâmica praiar (MACHADO, 2010; ROCHA et al. 2013). Dessa forma, a tendência geral para a barreira de Quissamã na mesoescala provavelmente é que o sistema se mova em direção ao continente onde há contato com o sistema lagunar, na maioria por recuo e migração por overwash. Esta tendência está ligada à falta de sedimentos e à ocorrência de eventos de tempestade, gerando leques de transposição. Especialmente, a migração por overwash como resposta geomórfica foi amplamente fundamentada e a causa associada é a frequência de tempestades (DOLAN; GODFREY, 1973; SCHWARTZ, 1975; COOPER et al., 2018). Além disso, de acordo com vários autores (SCHWARTZ, 1975; LEATHERMAN, 1979; MORTON; SALLENGER, 2003; TIMMONS et al., 2010), o processo de overwash é efetivamente o principal mecanismo de migração da barreira.

Área de estudo: *Figura 1*



Setorização da área de estudo, em sul, central e norte, com destaque para Parque Nacional de Jurubatiba (em verde) e a Barra do Furado.

Resultados: Figura 2



Legenda

Taxas de variação de LC

- █ Acreção (> 0,5 m/ano)
- █ Estabilidade (-0,5 a 0,5 m/ano)
- █ Erosão (-1 a 0,5 m/ano)
- █ Erosão intensa (<-1 m/ano)

Elevação da barreira (m)

- ◆ 2.8 - 4,5
- ◆ 4,6 - 5,3
- ◆ 5.4 - 6.5
- ▲ Barra do Furado

Resposta geomórfica da linha de costa

- ▵ Acreção/erosão por ação antrópica
- ▭ Equilíbrio dinâmico
- ▭ Recuo
- Migração por overwash

Tipos de resposta geomórfica da retrobarreira e da linha de costa identificados na barreira de Quissamã, com taxas de variação de linha de costa em m. ano⁻¹ e elevação da barreira em metros

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as escalas temporais e espaciais e os materiais adotados nesta investigação foi possível verificar a retrogradação da barreira costeira em determinadas escalas temporais e alguns locais específicos. Os dados da ferramenta CASSIE apontaram para estabilidade. Além disso, foram observados recuos em alguns pontos, principalmente em áreas da barreira de baixo perfil. As maiores taxas de avanço e recuo foram associadas à intervenção humana, os molhes da Barra do Furado, que interromperam a deriva litorânea. Recomenda-se para pesquisas futuras relacionar os dados de resposta geomorfológica da barreira com os dados de precipitação, além de aumentar a escala temporal, para se chegar a resultados mais precisos sobre a resposta da barreira. Das análises realizadas, destacamos a importância de estudos que abordem, juntamente com a avaliação do comportamento da linha de costa em sistemas de barreiras costeiras, o ambiente da

retrobarreira, com o intuito de compreender as diferentes tendências evolutivas, principalmente associando as diferentes escalas. Conforme argumentado por Cooper et al. (2018, 2020), a análise do comportamento das praias e das barreiras costeiras deve considerar os vários fatores a determinadas escalas de espaço e tempo, desde a geologia antecedente, à escala milenar, até aos eventos instantâneos, como a ação diária das ondas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. Obras e gestão de portos e costas - A técnica aliada ao enfoque ambiental. 2a ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.804p.

ALMEIDA, L.P.; OLIVEIRA, I.; LYRA, R.; DAZZI, R; MARTINS, V.; KLEIN, A.H. DA F. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): shoreline management module. *Environmental Modelling and Software*, v.140, n.3, p.1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105033>.

BIDEGAIN, P.; BIZERRIL, C.; SOFFIATI, A., 2002. Lagoas do Norte Fluminense, Perfil Ambiental. SEMADS, Rio de Janeiro, 148p.

BIRKEMEIER, W. A. Time Scales of Nearshore Profile Changes. *Proceedings of the Coastal Engineering Conference*, v. 2, p. 1507-1521, 1984.

BUSH, D.M.; PILKEY, O.H.; NEAL, W.J. Human impact on coastal topography. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, p.480-489, 2010. DOI:10.1016/B978-012374473-9.00078-3.

BURNINGHAM, H.; FERNANDEZ-NUNEZ, M. Shoreline change analysis. In: JACKSON, D; SHORT, A. (Eds.). *Sandy Beach Morphodynamics: Form and Process*. Leiden, The Netherlands: Elsevier, p. 439-460, 2020. DOI: 10.1016/B978-0-08-102927-5.00019-9.

BROMMER, M.; BURGH, L. Sustainable Coastal Zone Management: A Concept for Forecasting Long-Term and Large-Scale Coastal Evolution. *Journal of Coastal Research*, v.25, p. 181-188, 2009. DOI: 10.2112/07-0909.1.

COOPER, A.; LOUREIRO, C. Geological constraints on mesoscale coastal barrier behavior. *Global and Planetary Change*, v.168, p.15-34. 2018. DOI: 10.1016/j.gloplach.2018.06.006.

COOPER, A.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A.; KELLEY, J.; PILKEY, O.; JACKSON, D. Sandy beaches can survive sea-level rise. *Nature Climate Change*, v.10, n.3, p.260-263, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31223/osf.io/4md6e>.

DIAS, G.T.M. O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). In: SUGUIOK.; DE MEIS, M.R.M.; TESSLER, M.G. (Org.) *Atlas IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Publicação Especial -2 (CTCQ/SBG)*, Rio de Janeiro, 1981, p.58-88.

COOPER, A.; MASSELINK, G.; COCO, G.; SHORT, A.; CASTELLE, B.; ROGERS, K.; ANTHONY, E.; GREEN, A.; KELLEY, J.; PILKEY, O.; JACKSON, D. Sandy beaches can survive sea-level rise. *Nature Climate Change*, v.10, n.3, p.260-263, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31223/osf.io/4md6e>.

COSTA, A.P.F. DA; ALMEIDA, K.C.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; DORNELLAS, T.DA. S; ROCHA, T.B.DA. Alterações de linha de costa, em escala multidecadal, no flanco norte do delta do rio paraíba do sul através da aplicação do NDWI na plataforma Google Earth Engine. In: *V Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro (JGEOTEC 2020)*, 2020, Evento virtual: <http://jgeotec.uff.br/> Anais... ISBN: 978-65-00-18327-6 09 a 12/11/2020 -.

DONNELLY, C., KRAUS, N. AND LARSON, M. State of knowledge on measurement and modeling of coastal overwash. *Journal of Coastal Research*, v. 22, n.4, 2006. DOI:10.2112/04-0431.1.

DIAS, G. T. M. O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). (S. K.; M. R. M. . DE MEIS,

M. G. (Org. TESSLER, Eds.) Atlas IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Publicação Especial -2 (CTCQ/SBG). Anais...Rio de Janeiro: 1981.

DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. (Eds.). Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Berlim: Springer, 2009. v. 1.380p.

DOLAN, R.; GODFREY, P., 1973. Effects of Hurricane Ginger on the barrier islands of North Carolina. Geological Society of America Bulletin, v.84, p.1329-1334.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. Journal of Coastal Research, SI 26, p.11-18 1998.

GORELICK, N, HANCHER, M; DIXON, M; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, v.22, p.18-27. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

GRACIA, F. J. ANFUSO, G.; BENAVENTE, J.; DEL RÍO, L.; DOMÍNGUEZ, L.; MARTÍNEZ, J.A. Monitoring coastal erosion at different temporal scales on sandy beaches: Application to the Spanish Gulf of Cadiz coast. Journal of Coastal Research, n. SPEC. ISSUE 49, p. 22-27, 2005.

<https://www.jstor.org/stable/i25737394>.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/paranajurubatiba/guia-do-visitante.html> >. Acesso em maio de 2019.

KLEMAS, V. Remote sensing techniques for studying coastal ecosystems: An overview. Journal of Coastal Research, v. 27, n. 1, p. 2-17, 2011.

LEATHERMAN, S.P. Migration of Assateague Island, Maryland, by inlet and overwash processes. Geology. v.7, 1979. DOI:10.1130/0091-7613(1979)7<104:MOAIM B>2.0. CO;2

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.

DOI:10.1038/s41598-018-24630-6.

LUIJENDIJK, A.; DE VRIES, S. Global beach database. In: JACKSON, D.W.T.; SHORT, A. D (eds). Sandy Beach Morphodynamics. Elsevier, 2020, p. 641-658. DOI:

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>.

MCBRIDE, R. A.; BYRNES, M. R.; HILAND, M. W. Geomorphic response-type model for barrier coastlines: a regional perspective. Marine Geology, v. 126, n. 1-4, p. 143-159, 1995.

MCFEETERS, S. K. 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.

MORTON, R.; SALLENGER, A.H. Morphological impacts of extreme storms on sandy beaches and barriers. Journal of Coastal Research. 19. 560-573.2003.

NAVE, S.; REBÊLO, L. Coastline evolution of the Portuguese southeastern coast: a high-resolution approach in a 65 years' time window. Journal of Coastal Conservation, v. 25, n. 1, 2021.

DOI:10.1007/s11852-020-00791-3.

OLIVEIRA FILHO, S. R.; SANTOS, R. A.; FERNANDEZ, G. B. Erosão E Recuperação De Praias Refletivas De Alta Energia Impactadas Por Ondas De Tempestade Geradas Por Ciclone Tropical. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1455>.

OTVOS, E.G. Beach Aggradation Following Hurricane Landfall: Impact Comparisons from Two Contrasting Hurricanes, Northern Gulf of Mexico. Journal of Coastal Research. v. 20 n.1 p.326-339.2004.

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

QUADRADO, G. P.; DILLENBURG, S.R.; GOULART, L.S.; BARBOZA E.G. Historical and geological assessment of shoreline changes at an urbanized embayed sandy system in Garopaba, Southern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, v. 42, p. 101622, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101622>.

ROCHA, T. B. da., FERNANDEZ, G.B.; PEIXOTO, M.N.de O., RODRIGUES, A. Arquitetura deposicional e datação absoluta das cristas de praia pleistocênicas no complexo deltaico do Paraíba do Sul (RJ). *Brazilian Journal of Geology*, v. 43, n. 4, p. 711-724, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5327/Z2317-488920130004000010>.

ROY, P. S.; COWELL, M. A.; THOM, B. G. Wave Dominated Coasts. In: CARTER, R. W. .; WOODROFFE, C. D. (Eds.). *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. 1. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 1994. p. 121-186.

SILVA, C.G. Estudo da evolução geológica e geomorfológica da região da Lagoa Feia, RJ. Dissertação (Mestrado em Geologia)., Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1987. 116p.

SCHWARTZ, R. Nature and genesis of some storm washover deposits. 69p. 1975. DOI: 10.13140/RG.2.1.2216.9449.

STÉPHAN, P.; BLAISE, E.; SUANEZ, S.; FICHAUT, B.; AUTRET, R.; FLOC'H, F.; CUQ, V.; LE DANTEC, N.; AMMANN, J.; DAVID, L.; JAUD, M.; DELACOURT, C. Long, Medium, and Short-term Shoreline Dynamics of the Brittany Coast (Western France). *Journal of Coastal Research*, v. 88, 2019. DOI: 10.2112/SI88-008.1.

STIVE, M. J. F.; AARNINKHOF, S. G.J.; HAMM, L.; HANSON, H.; LARSONS, M.; WIJNBERG, K.M.; NICHOLLS, R.J.; CAPOBIANCO, M. Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, v. 47, n. 2, p. 211-235, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(02)00126-6).

SHAW, J.B.; WOLINSKY, M.A.; PAOLA, C.; VOLLER, V.R. An image-based method for shoreline mapping on complex coasts. *Geophysical Research Letters*, v.35112405, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1029/2008GL033963>.

TIMMONS, E.A.; RODRIGUEZ, A.B.; MATTHEUS, C.R.; DEWITT, R. Transition of a regressive to a transgressive barrier island due to back-barrier erosion, increased storminess, and low sediment supply: Bogue Banks, North Carolina, USA. *Marine Geology*, v.278, n.1-4, p.100-114. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2010.09.006>.

VITOUSEK, S., BARNARD, P., FLETCHER, C., FLETCHER, C.H., ERIKSON, L., STORLAZZI, C.D. Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. *Sci Rep*, v.7, n.1399. 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-01362-7.

VOS, K.; SPLINTER, K. D.; HARLEY, M.D.; SIMMONS, J. A.; TURNER, I.L.. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, v. 122, n. September, p. 104528, 2019. DOI:10.1016/j.envsoft.2019.104528.

VOUSDOKAS, M.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L. PLOMARITIS; T., ATHANASIOU, P. LUIJENDIJK, A.; FEYEN, L. Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change*, v.10, p.260-263. 2020. DOI:10.1038/s41558-020-0697-0. DOI:10.1038/s41558-020-0697-0.