IMPACTOS DA EROSÃO EM POPULAÇÕES DE *Ocypode quadrata* (FABRICIUS, 1787) EM PRAIAS ARENOSAS DO LITORAL SUL DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Autores: Luana Bortoloti Rocha[1], Adriane Baudson do Nascimento[2], Roberta Kiel Pedra[1], Ilana Rosental Zalmon[2], Phillipe Mota Machado[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Departamento de Biologia, Espírito Santo, 29500-000, Brasil, luana.b.rocha@edu.ufes.br, phillipe.machado@ufes.br, roberta.pedra@edu.ufes.br

[2]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Ciências Ambientais, Rio de Janeiro, 28013-602, Brasil,adrianebaudson@gmail.com, ilana@uenf.br

Resumo

As praias arenosas apresentam diversos serviços ecossistêmicos, no entanto, esse ambiente vem sofrendo com o avanço da erosão costeira, que é intensificado pelo aumento das mudanças climáticas e de impactos antrópicos. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da tendência da costa à erosão na abundância, tamanho e profundidade das tocas do caranguejo *Ocypode quadrata* em praias arenosas do litoral sul do Espírito Santo. Três campanhas amostrais foram realizadas entre setembro de 2025 e julho de 2026, em cinco praias nos municípios de Itapemirim, Marataízes e Anchieta. Os resultados não indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de erosão, acreção e estabilidade das praias ($p > 0,05$), e os baixos valores de R^2 demonstraram reduzido poder explicativo da erosão/acreção sobre as variáveis avaliadas. Assim, a tendência à erosão costeira, isoladamente, não explicou os padrões populacionais de *O. quadrata*, indicando a necessidade de considerar outros fatores ambientais na avaliação da espécie como bioindicadora.

Palavras-chave: Ocypodidae. Bioindicador. Erosão Costeira. Impactos Antrópicos. Praias Arenosas.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas, Ecologia.

Introdução

As praias arenosas são ecossistemas dinâmicos amplamente utilizados para atividades humanas (Schlacher *et al.*, 2007; Defeo *et al.*, 2021) e fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, incluindo serviços de suporte, como áreas de nidificação para tartarugas e aves costeiras, e serviços de regulação, como a proteção da linha de costa contra a erosão (Harris & Defeo, 2022). Contudo, as mudanças climáticas têm ameaçado as praias, sobretudo devido à elevação do nível do mar associada à urbanização da linha de costa (Defeo *et al.*, 2021). Como consequência, observa-se um aumento na frequência de eventos climáticos extremos, como tempestades e ressacas, por exemplo, e a erosão de uma parte significativa das praias ao redor do mundo (Vousdoukas *et al.*, 2020), colocando em risco a biodiversidade do ecossistema (Machado et al., 2019; Corte *et al.*, 2022). Por outro lado, a vegetação costeira exerce papel fundamental na regulação, atuando na proteção contra a erosão costeira como um sistema natural de defesa (Gutierrez et. al., 2011; Gracia *et al.*, 2018).

Em escala global, observa-se um crescente processo de descaracterização da zona costeira, impulsionado principalmente pela sua ocupação desordenada associada ao turismo e ao aumento do número de novos moradores oriundos de outras regiões. Esse cenário, aliado à ausência de planejamento ambiental adequado, resulta em uma série de impactos negativos sobre os ecossistemas costeiros (Blankensteyn, 2006). Esses fatores também contribuem para alterações nas características morfológicas, bem como nos padrões ambientais e ecológicos de funcionamento desses ambientes (Machado *et al.*, 2019).

Um organismo que pode ser negativamente afetado pela erosão costeira é o caranguejo-fantasma *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787), espécie de fácil amostragem que já vem sendo utilizada como indicadora de impactos relacionados ao uso das praias há décadas (Lucrezi *et al.,* 2009; Machado *et al.*, 2019; Schlender *et al.*, 2023; Arcelino *et al.,* 2025; Nascimento *et al.*, 2026).

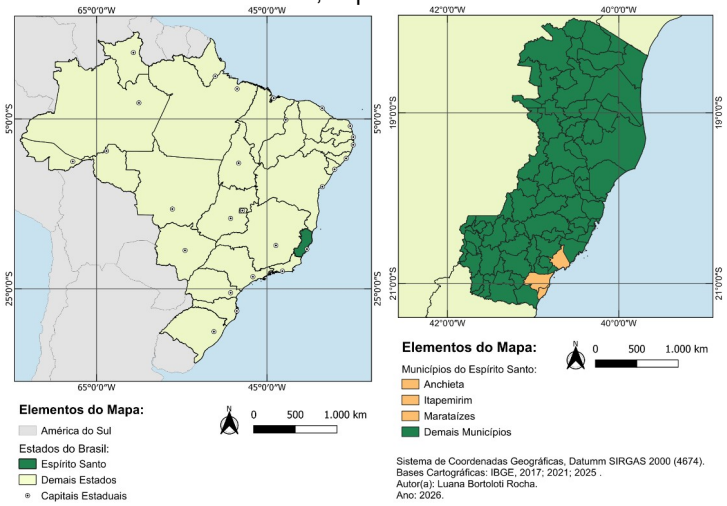
Em resposta a perturbações, o caranguejo-fantasma pode deslocar-se para porções superiores da praia, como dunas e áreas de restinga (Lucrezi e Schlacher, 2014), sendo que eventos extremos, como tempestades, induzem movimentos temporários para essas áreas, com posterior retorno ao supralitoral e mesolitoral (Gül e Griffen, 2019). Considerando que a erosão costeira configura-se como uma perturbação crescente nas praias do sul do Espírito Santo, especialmente em locais sem vegetação

costeira, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da erosão sobre populações de *O. quadrata* em praias do litoral sul do Espírito Santo. Os resultados podem subsidiar estratégias de gestão baseadas no monitoramento da espécie.

Metodologia

O estudo foi conduzido em cinco praias de três municípios (Marataízes, Itapemirim e Anchieta), litoral sul do Espírito Santo (Figura 1). Os setores foram classificados quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira, avaliando sua influência sobre as populações de *O. quadrata*. A fim de minimizar os efeitos das interferências antrópicas, as praias selecionadas para o estudo estão localizadas em áreas pouco urbanizadas.

Figura 1 - Mapa do Brasil com o estado do Espírito Santo em destaque e a localização geográfica dos municípios de Marataízes, Itapemirim e Anchieta.



Fonte: Produção do Próprio Autor (2026).

A média dos dados de deslocamento da linha de costa para as praias dos três municípios (tendência à erosão) foi calculada de acordo com Luijendijk *et al.* (2018) através do monitoramento das mudanças de longo prazo na linha costeira a cada 500 metros, em escala mundial, entre os anos de 1984 e 2016, fornecendo informações sobre as taxas de erosão e acreção da linha de costa. O esquema de classificação de erosão crônica de praia, proposto por Esteves e Finkl (1998) e adaptado por Luijendijk *et al.* (2018), foi utilizado como referência para a categorização das tendências da linha de costa. Neste estudo, valores negativos foram classificados como erosão, representando tendência de recuo da linha de costa; valores entre 0 e 0,5 m/ano foram classificados como estabilidade; e valores superiores a 0,5 m/ano, como acreção. Os dados de tendência de recuo da costa são disponibilizados através de *datasets*, e foram acessados de forma *online* e gratuita através do *website* https://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline. As amostragens foram realizadas entre setembro de 2025 e julho de 2026 em cinco praias, totalizando três campanhas amostrais. Em cada ponto de amostragem, a abundância, tamanho e profundidade das tocas do caranguejo *O. quadrata* foram investigadas utilizando cinco transectos contínuos e perpendiculares à linha d'água, desde o limite superior do espraiamento (mesolitoral) até o limite do supralitoral (Machado *et al.*, 2019). Cada transecto possui largura equivalente a três metros, espaço no qual foram contabilizadas e medidas as tocas abertas do caranguejo-fantasma. A medição do diâmetro das tocas foi realizada utilizando um paquímetro. A profundidade das tocas foi obtida através de um fio flexível com medição por uma fita métrica em seguida, permitindo maior flexibilidade ao seguir as curvaturas das tocas (Milne e Milne, 1946; Schlender, 2023). A contagem das tocas ocorreu pela manhã, até às 9:00 em condições de maré baixa, com amplitude de até 0.2 (https://tabuademares.com) (Costa et al., 2021).

Para avaliar o efeito da tendência da costa à erosão sobre as métricas do *O. quadrata*, foram realizadas regressões lineares para abundância, diâmetro e profundidade das tocas. Adicionalmente, foi aplicada ANOVA, seguida do teste de Tukey, para comparar essas métricas entre os diferentes tratamentos

(erosão, estabilidade e acreção). As análises estatísticas serão realizadas com um intervalo de confiança de 95% (α = 0,05) utilizando o R Studio versão 2026.01.1+403, e o R versão 4.6.1.

Resultados

Um total de 574 tocas foi amostrado, sendo 166 tocas nas Falésias de Mãe-Bá, 150 tocas em Gamboa, 134 tocas na praia de Marataízes com Vegetação, 100 tocas na praia de Itaoca e 24 tocas nas Falésias de Marataízes. Os valores médios encontrados para o diâmetro foram os seguintes para cada setor amostrado: 26,60 mm para Marataízes com vegetação, 25,04 mm para Falésias de Marataízes, 24,90 mm para praia da Gamboa, 23,46 mm na praia de Itaoca e 19,28 mm nas Falésias de Mãe-Bá. As taxas de erosão da linha de costa variaram entre −0,38 e 0,58 m/ano nos cinco setores avaliados (Tabela 1). A classificação da erosão nos setores amostrados apontou valores de erosão para Falésias de Mãe-Bá (-0,01 m/ano) e para Falésias de Marataízes (-0,38 m/ano), valores de estabilidade para praia da Gamboa (0,39 m/ano) e praia de Marataízes Vegetação (0,19 m/ano), além de indicar um setor em acreção, a praia de Itaoca (0,58 m/ano).

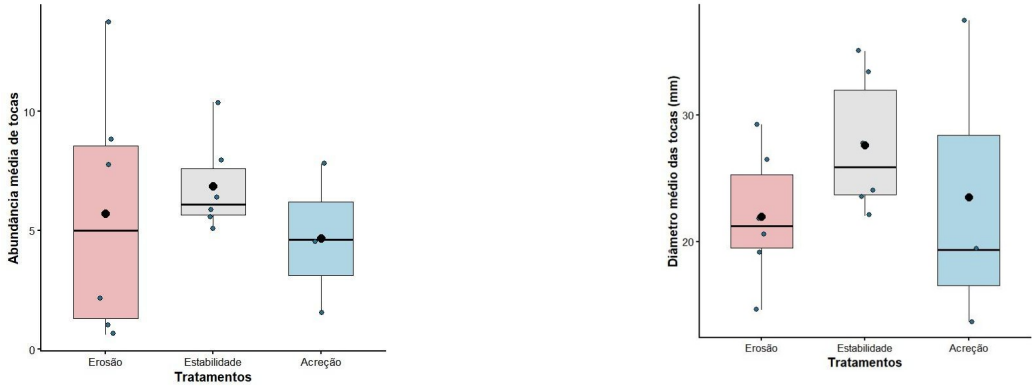
Tabela 1 - Classificação da erosão costeira nos cinco setores amostrados, nos municípios de Anchieta, Marataízes e Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.

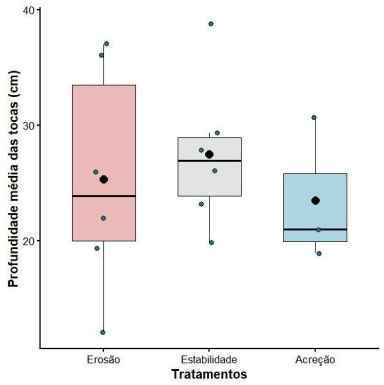
Praias	Classificação	Taxa ao ano (m)
Falésias de Marataízes	Erosão	-0,38 m
Marataízes Vegetação	Estabilidade	0,19 m
Itaoca	Acreção	0,58 m
Gamboa	Estabilidade	0,39 m
Falésias de Mãe-Bá	Erosão	-0,01 m

Fonte: Produção do Próprio Autor (2026).

Os gráficos indicaram algumas variações entre os tratamentos de erosão, estabilidade e acreção, com maior variabilidade da abundância e da profundidade sob erosão e maiores valores de diâmetro das tocas em condições de estabilidade (Gráfico 1). Entretanto, a ANOVA não apontou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para abundância (p = 0,714), diâmetro (p = 0,394) ou profundidade das tocas (p = 0,771). As comparações posteriores pelo teste de Tukey também não demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos (p > 0,05).

Gráfico 1 - Distribuição da abundância, do diâmetro e da profundidade das tocas de *Ocypode quadrata* entre os tratamentos de erosão, estabilidade e acreção.

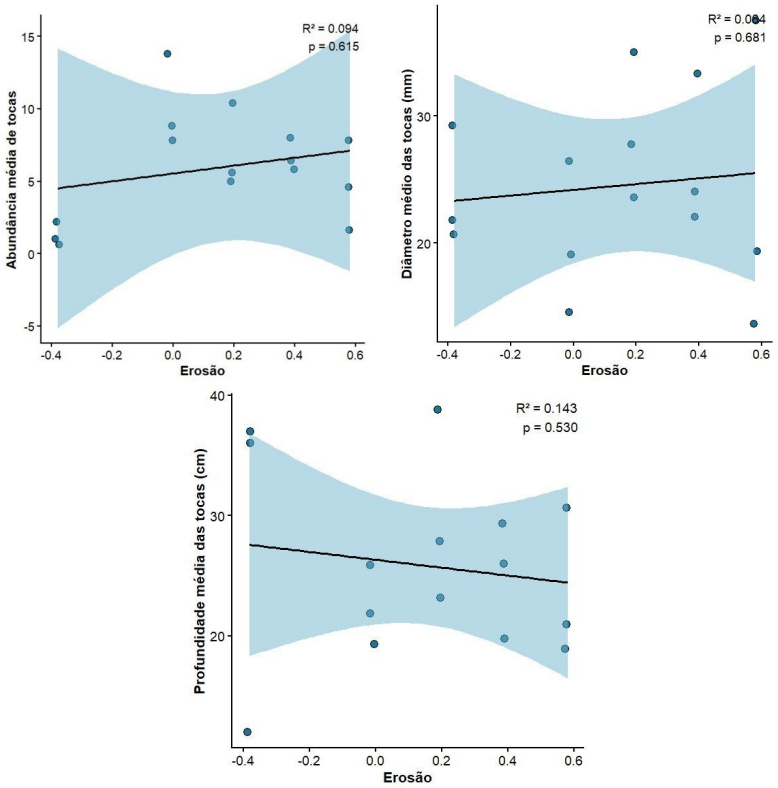




Fonte: Produção do Próprio Autor (2026).

A regressão linear simples não indicou relação significativa entre os valores de erosão/estabilidade/acreção e as variáveis biológicas avaliadas (Gráfico 2). Para a abundância de tocas, o modelo apresentou $R^2 = 0,094$, indicando que aproximadamente 9,4% da variação observada foi explicada pelos valores de erosão/estabilidade/acreção, sem diferença significativa ($p = 0,615$). Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas para o diâmetro ($R^2 = 0,064$; $p = 0,681$) e a profundidade das tocas do *O. quadrata* ($R^2 = 0,143$; $p = 0,530$).

Gráfico 2 - Regressão linear simples das variáveis de abundância, diâmetro e profundidade das tocas, respectivamente, em função da erosão/acreção costeira nos setores amostrados.



Fonte: Produção do Próprio Autor (2026).

Discussão

Os resultados indicaram que os tratamentos de erosão, isoladamente, não são suficientes para explicar as variações de tocas do *O. quadrata* nos setores amostrados. Outros fatores ambientais influenciam essas variações. Alguns estudos apontam alta variabilidade temporal nas populações do caranguejo-

fantasma, influenciada por eventos estocásticos e sazonais, como tempestades e eventos de ressaca, que afetam a distribuição espacial das tocas (Lucrezi, 2015). Além disso, a abundância de tocas pode oscilar em resposta a variações ambientais de curta duração, como compactação do sedimento e regime de marés, alterando a detectabilidade e a ocupação das tocas sem necessariamente indicar mudanças estruturais permanentes na população (Costa e Zalmon, 2019; Costa *et al.*, 2021).
A ausência de diferenças significativas entre as categorias de tendência à erosão costeira indica que a taxa histórica de deslocamento da linha de costa, isoladamente, não foi suficiente para explicar a variação na abundância, no diâmetro e na profundidade das tocas de *Ocypode quadrata*. Esse resultado sugere que a resposta da espécie à dinâmica costeira pode ser condicionada pela atuação conjunta de diferentes características ambientais, além da tendência de erosão ou acreção. Em praias arenosas, fatores como granulometria, inclinação, largura da faixa arenosa e condições do sedimento podem influenciar a distribuição e as características das tocas de *O. quadrata* (Pombo *et al.,* 2023).
Ainda que não tenham sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos, verificou-se maior variabilidade na abundância e na profundidade das tocas em ambientes sob erosão, bem como maiores valores de diâmetro em praias estáveis. Esses padrões podem refletir o elevado dinamismo das praias arenosas e a atuação conjunta de diferentes fatores ambientais, o que pode dificultar a detecção de respostas associadas exclusivamente aos processos de erosão e acreção (Pombo *et al.*, 2013). Desse modo, os resultados sugerem que a resposta das populações de *O. quadrata* à dinâmica costeira pode depender também de outras características do habitat. Portanto, sua utilização como bioindicador deve considerar, além da erosão/acreção, as demais características ambientais das praias amostradas (Nascimento *et al.*, 2026). No entanto, novos esforços amostrais serão realizados, sendo esses valores resultados da amostragem realizada até o momento.

Conclusão
Os resultados indicam que a dinâmica de erosão, estabilidade e acreção das praias, quando considerada isoladamente, não foi suficiente para explicar a variação das métricas avaliadas do *O. quadrata*. Esses resultados sugerem que a dinâmica populacional da espécie pode estar associada à atuação conjunta de outros fatores ambientais e morfodinâmicos das praias arenosas. Dessa forma, o uso da espécie como bioindicadora de alterações em praias arenosas deve considerar a integração entre suas métricas populacionais e outras variáveis ambientais e morfodinâmicas. Estudos futuros que incorporem essas variáveis poderão contribuir para uma avaliação mais abrangente da resposta de *O. quadrata* às mudanças na dinâmica costeira.

Referências
ALBERTO, R. M. F.; FONTOURA, N. F. Distribuição e Estrutura Etária de *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em Praia Arenosa do Litoral Sul do Brasil, **Revista Brasileira de Biologia**, 59(1): 95-108, 1999.

ARCELINO, L.; DE MOURA BARBOZA, C. A.; MACHADO, P. M.; ARUEIRA, V. F.; ZALMON, I. R.; COSTA, L. L. Long-term Variation in ghost crab metapopulations: From Pre-Pandemic Degrading Scenario to Post-Pandemic Recovery with the Establishment of a Protected Area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 109345, 2025.

BARROS, F. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. **Biological Conservation**, v. 97, p. 399– 404, 2001.

BLANKENSTEYN, A. O uso do caranguejo maria-farinha Ocypode quadrata (Fabricius) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 870–876, set. 2006.

COSTA, L. L.; ZALMON, I. R. Multiple metrics of the ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) for impact assessments on sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 218, p. 237-245, 2019.

COSTA, L. L.; SOARES-GOMES, A.; ZALMON, I. R. Burrow occupation rates and spatial distribution within habitat of the ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787): Implications for impact assessments. **Regional Studies in Marine Science**, v. 44, 101699, 2021.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A.; ARMITAGE, D.; ELLIOTT, M.; PITTMAN, J. Sandy beach social–ecological systems at risk: regime shifts, collapses, and governance challenges. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 19, n. 10, p. 564-573, 2021.

GÜL, M. R.; GRIFFEN, B. D. Combined impacts of natural and anthropogenic disturbances on the bioindicator Ocypode quadrata (Fabricius, 1787). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 519, p. 151185, 2019.

HARRIS, L. R.; DEFEO, O. Sandy shore ecosystem services, ecological infrastructure, and bundles: New insights and perspectives. **Ecosystem Services**, v. 57, p. 101477, 2022.

LUCREZI, S.; SCHLACHER, T. A. The ecology of ghost crabs – a review. **Oceanography and Marine Biology**. Rev. 52, 201–256, 2014.

LUCREZI, S.; SCHLACHER, T. A.; ROBINSON, W. Human disturbance as a cause of bias in ecological indicators for sandy beaches: experimental evidence for the effects of human trampling on ghost crabs (Ocypode spp.). **Ecological Indicators**, v. 9, p. 913–921, 2009.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; FEDOR, B.; GENNADII, D.; STEFAN, A. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**, v. 8, n. 6641, p.1-11, 2018.

MACHADO, P. M.; TAVARES, D. C.; ZALMON, I. R. Synergistic effect of extreme climatic events and urbanization on population density of the ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787). **Marine Ecology**, v. 40, n. 2, e12525, 2019.

MILNE, L. J.; MILNE, M. J. Notes on the behavior of the ghost crab. T**he American Naturalist**, v. 80, n. 792, p. 362-380, 1946.

NASCIMENTO, A. B.; MACHADO, P. M.; BULHÕES, E. M. R.; COSTA, L. L.; FANINI, L.; ZALMON, I. R. Effects of coastal erosion control interventions on *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) populations on sandy beaches in southeastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 109627, 2026.

POMBO, M.; TURRA, A. Issues to be considered in counting burrows as a measure of Atlantic ghost crab populations, an important bioindicator of sandy beaches. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, e83792, 2013.

POMBO, M.; CORNWELL, T. O.; TURRA, A. Beach morphodynamics modulate the effects of multidirectional habitat loss on population density and size structure of the Atlantic ghost crab *Ocypode quadrata*. **Marine Environmental Research**, v. 190, p. 106107, 2023.

SCHLACHER, T. A.; DUGAN, J.; SCHOEMAN, D. S.; LASTRA, M.; JONES, A.; SCAPINI, F.; MCLACHLAN, A.; DEFEO, O. Sandy beaches at the brink. **Diversity and Distributions**, v. 13, n. 5, p. 556–560, 14 maio 2007.

SCHLENDER, K.; CORTE, G.; DURDALL, A.; HABTES, S.; GRIMES, K. W. Urbanization driving Ocypode quadrata burrow density, depth, and width across Caribbean beaches. **Ecological Indicators**, v. 153, p. 110396, 2023.

VOUSDOUKAS, M. I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T. A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A.; FEYEN, L. Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature climate change**, v. 10, n. 3, p. 260-263, 2020.