# A VIDA NOS COSTÕES ROCHOSOS: ZONAÇÃO, EXPOSIÇÃO AMBIENTAL E ESTRESSE TÉRMICO EM UBATUBA, SÃO PAULO

**Mariana Bernardo Gonçalves[1], Matheus Salgado de Oliveira[1], Sarah Lemes Freitas[2].**

[1]Universidade do Vale do Paraíba/Núcleo de Pesquisas em Animais Silvestres (NUPAS), Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, mariana.bergoncal@gmail.com, matheus.salgado@univap.br.
[2]Universidade Estadual Paulista/Centro de Monitoramento de Desastres Naturais, Av. Doutor Altino Bondesan, 500 - Distrito de Eugênio de Melo - 12247-016 - São José dos Campos/SP, Brasil, sarah.lemes@unesp.br.

**Resumo**
Os costões rochosos apresentam comunidades bentônicas distribuídas em diferentes zonas e submetidas a condições ambientais variáveis. Esta revisão teve como objetivo analisar a relação entre zonação e vulnerabilidade ao estresse térmico em comunidades bentônicas de costões rochosos, com enfoque em Ubatuba, São Paulo. Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, utilizando artigos científicos e publicações especializadas obtidos nas plataformas Google Acadêmico, SciELO e PubMed. Os estudos analisados demonstraram diferenças na composição das comunidades entre zonas do costão e ambientes com diferentes níveis de exposição. Também foram observadas variações nas condições térmicas associadas à posição vertical, ao tempo de emersão e às características do microhabitat. Conclui-se que a vulnerabilidade ao estresse térmico resulta da interação entre diferentes fatores ambientais e da tolerância dos organismos.
**Palavras-chave**: Ecologia. Entremarés. Microhabitat. Tolerância fisiológica. Variabilidade ambiental.

**Área do Conhecimento:** Ciências biológicas - Zoologia.

## Introdução

Os costões rochosos são ambientes costeiros caracterizados pela presença de substrato consolidado e por comunidades biológicas submetidas a condições ambientais altamente variáveis. Na região entremarés, a alternância entre períodos de imersão e emersão expõe os organismos a diferentes condições de temperatura, umidade, radiação solar e salinidade, tornando esses ambientes importantes sistemas para o estudo da distribuição e organização das comunidades bentônicas (Helmuth, 2002; Coutinho et al., 2016).

Uma das principais características das comunidades presentes em costões rochosos é a zonação vertical, caracterizada pela distribuição de diferentes organismos ao longo de faixas entre o ambiente terrestre e o marinho. Esse padrão resulta da interação entre fatores abióticos, como tempo de emersão, temperatura, ação das ondas, salinidade e características do substrato, e fatores bióticos, como competição, predação e herbivoria (Menge, 1976; Underwood, 1978; Menge; Branch, 2001; Coutinho et al., 2016). Assim, a distribuição dos organismos ao longo do costão está relacionada tanto às condições ambientais quanto à capacidade das espécies de tolerá-las.

Entre os fatores relacionados à zonação, a temperatura apresenta grande importância, visto que os organismos do entremarés podem experimentar condições térmicas muito diferentes daquelas observadas no ambiente marinho como um todo (Coutinho et al., 2016). Durante a emersão, ou seja, quando a maré recua e expõe o costão, a temperatura pode variar de acordo com a posição do organismo no substrato, também sendo influenciada pela radiação solar recebida, pela formação de poças de água e características próprias do microhabitat (Helmuth; Hofmann, 2001; Helmuth, 2002). Dessa forma, organismos submetidos a diferentes níveis de exposição podem apresentar diferentes níveis de estresse térmico, mesmo quando localizados em um mesmo costão.

A exposição às ondas constitui outro fator importante de estruturação das comunidades bentônicas. O hidrodinamismo pode influenciar a retenção de água, o transporte de propágulos (estruturas biológicas capazes de se dispersar e dar origem a um novo organismo) e a permanência dos organismos no substrato (Menge, 1976; Harley; Helmuth, 2003; Coutinho et al., 2016). Estudos demonstram que a importância relativa da exposição às ondas, da temperatura e da dessecação pode

variar entre diferentes condições ambientais (Harley; Helmuth, 2003). A interação entre hidrodinamismo, temperatura e tempo de emersão, portanto, contribui para a formação de diferentes condições ambientais ao longo do gradiente vertical dos costões.

No litoral norte de São Paulo, estudos realizados na cidade de Ubatuba evidenciam diferenças na estrutura das comunidades bentônicas associadas a diferentes condições de exposição. Foram observadas diferenças na composição e nos índices ecológicos das comunidades de macroalgas e macroinvertebrados entre um ambiente relativamente abrigado e outro mais exposto à ação das ondas (Falcai; Marchello, 2021). Além disso, estudos realizados na Praia de Itaguá, em Ubatuba, acompanharam alterações temporais na comunidade bentônica, demonstrando a relevância de abordagens espaciais e temporais para o estudo dos costões rochosos da região, através da zonação vertical (Melo, 2019).

Nesse contexto, compreender a relação entre a distribuição das comunidades bentônicas, as condições de exposição ambiental e a variabilidade térmica é fundamental para avaliar a sensibilidade dos organismos às condições ambientais do entremarés. Considerando a diversidade de ambientes presentes em Ubatuba e a influência de fatores como temperatura, hidrodinamismo, radiação solar e tempo de emersão, esta revisão busca reunir e discutir evidências sobre os principais fatores associados à organização dessas comunidades e sua relação com o estresse térmico. A análise integrada desses fatores pode contribuir para uma melhor compreensão dos padrões de distribuição dos organismos e dos diferentes níveis de vulnerabilidade ao longo dos costões rochosos.

## Metodologia

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa, a partir do levantamento de artigos científicos, dissertações, teses e publicações especializadas relacionadas à ecologia de costões rochosos, zonação vertical e comunidades bentônicas. A busca bibliográfica foi realizada nas bases Google Acadêmico, SciELO e PubMed, utilizando os termos “ecologia”, “costões rochosos”, “zonação”, “comunidades bentônicas” e “estresse térmico”.

Foram priorizadas publicações que abordassem a influência de fatores ambientais, especialmente temperatura, salinidade, tempo de emersão, radiação solar e exposição ao hidrodinamismo, sobre a distribuição e a estrutura das comunidades bentônicas em costões rochosos. Também foram considerados estudos relacionados à tolerância dos organismos às condições térmicas e às características dos microhabitats. Como recorte espacial, foram priorizados estudos realizados em Ubatuba e em outras localidades do litoral paulista, sendo incluídos trabalhos desenvolvidos em outras regiões do litoral brasileiro quando apresentavam informações relevantes para a comparação e contextualização dos padrões observados. Publicações dos últimos 20 anos foram priorizadas, sem excluir estudos anteriores considerados fundamentais para a fundamentação teórica da temática.

Após o levantamento, os estudos selecionados foram analisados qualitativamente e organizados de acordo com os principais fatores associados à estruturação das comunidades, com ênfase na zonação vertical, exposição às ondas, variabilidade térmica e características do microhabitat. A síntese das informações permitiu discutir a relação entre as condições ambientais e a distribuição dos organismos, bem como os diferentes níveis de sensibilidade ao estresse térmico ao longo dos costões rochosos.

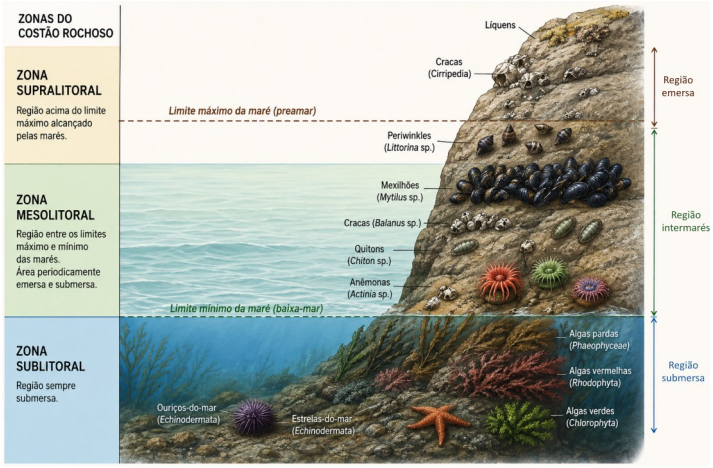
## Resultados

A literatura analisada apresentou estudos sobre comunidades bentônicas de costões rochosos em diferentes localidades e abordou principalmente a influência de fatores como tempo de emersão, temperatura, exposição às ondas, características do substrato e interações biológicas das comunidades (Agostini; Ozorio, 2011; Coutinho et al., 2016). Estudos mais recentes também identificaram variações espaciais e temporais nas comunidades entremarés.

Os estudos analisados demonstraram diferenças na composição e na distribuição dos organismos ao longo do gradiente vertical dos costões. Na Praia do Meio, em Torres (RS), foram registradas 35 espécies de macroinvertebrados distribuídas entre as zonas supralitoral, mesolitoral e sublitoral, com maior riqueza nas zonas mesolitoral e sublitoral (Agostini; Ozorio, 2011). Já em Arraial

do Cabo, estudos também observaram diferenças entre as zonas do entremarés: a zona superior apresentou cobertura frequentemente dominada por invertebrados, enquanto as zonas média e inferior foram predominantemente ocupadas por macroalgas (De Paula et al., 2020). A representação das principais zonas de um costão rochoso pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Representação das zonas verticais de um costão rochoso e dos principais organismos bentônicos associados.




Fonte: elaborado pela autora (2026), com auxílio de ferramenta de inteligência artificial.

Os estudos analisados identificaram diferenças na estrutura das comunidades entre ambientes submetidos a diferentes condições de exposição às ondas. No costão da Praia do Caramborê, em Peruíbe (SP), foram observadas variações na ocorrência e na diversidade dos organismos entre áreas submetidas a diferentes intensidades de ação das ondas (Lourenço et al., 2017). Em Ubatuba, foram encontradas diferenças na composição e nos índices ecológicos das comunidades entre o costão relativamente abrigado da Praia do Lázaro e o costão mais exposto da Praia de Sununga (Falcai; Marchello, 2021). Na Praia de Itaguá, também em Ubatuba (SP), os estudos demonstraram variações na estrutura das comunidades entre diferentes zonas, localidades e condições de exposição, junto com alterações temporais na composição e na cobertura da comunidade bentônica do costão (Melo, 2019).

De maneira geral, os estudos revisados indicam que a distribuição e a estrutura das comunidades bentônicas estão associadas à combinação entre condições térmicas, hidrodinamismo, tempo de emersão, características do substrato e interações biológicas. Os resultados também apontam diferenças nas condições ambientais e na composição das comunidades entre diferentes setores de um mesmo costão e entre localidades distintas.

## Discussão

A distribuição dos organismos nos costões rochosos apresenta um determinado padrão de zonação vertical, no qual diferentes espécies e grupos ocupam faixas também diferentes, ao longo de um mesmo gradiente, transitando entre o ambiente marinho e o terrestre. Esse padrão resulta da interação entre fatores físicos e biológicos, como disponibilidade de água, tempo de emersão, temperatura e interações entre os organismos (Moreno; Rocha, 2012; Coutinho et al., 2016). Dessa forma, a zonação não deve ser compreendida como consequência da atuação isolada de um único fator ambiental, mas como resultado da combinação de diferentes condições às quais as comunidades estão submetidas. As diferenças de riqueza observadas entre as zonas do costão também podem estar relacionadas às características físicas do ambiente (Agostini; Ozorio, 2011), indicando que a estrutura do substrato pode modificar a disponibilidade de espaço e de condições favoráveis à ocupação dos organismos.

Além de representar um padrão de distribuição espacial, a zonação pode refletir diferentes níveis de tolerância e exposição às condições impostas pelo ambiente aos organismos. Indivíduos

localizados em níveis superiores permanecem mais tempo expostos ao ar e à radiação solar, consequentemente estando sujeitos a maior variação térmica, além do risco de dessecação, enquanto aqueles presentes em níveis inferiores apresentam maior disponibilidade de água devido ao maior tempo de imersão (Moreno; Rocha, 2012; Coutinho et al., 2016). Essa relação torna a zonação relevante para a compreensão da vulnerabilidade de organismos bentônicos ao estresse térmico.

A exposição às ondas e aos borrifos causados por elas constituem um fator importante de variação na estruturação das comunidades bentônicas, pois o hidrodinamismo pode interferir tanto na permanência dos organismos no substrato quanto na disponibilidade de água durante os períodos de emersão (Moreno; Rocha, 2012; Coutinho et al., 2016). Dessa maneira, seus efeitos não estão necessariamente restritos à força mecânica exercida sobre os organismos, podendo também modificar as condições de dessecação e, consequentemente, o ambiente térmico experimentado durante a exposição.

Os estudos realizados em Ubatuba e Peruíbe reforçam essa interpretação ao demonstrarem diferenças na estrutura das comunidades entre ambientes submetidos a diferentes níveis de exposição às ondas (Lourenço et al., 2017; Falcai; Marchello, 2021). A presença de organismos capazes de resistir em áreas mais turbulentas sugere que o hidrodinamismo pode atuar como um filtro ambiental, favorecendo organismos com características que permitem sua permanência sob essas condições. Ao mesmo tempo, a influência desse fator pode variar conforme as características físicas de cada costão, de modo que ambientes geograficamente próximos podem apresentar condições ambientais diferentes.

A temperatura constitui um dos principais fatores relacionados à vulnerabilidade dos organismos da zona entremarés, já que os períodos de emersão podem submetê-los a condições térmicas muito diferentes daquelas observadas no ambiente marinho. A temperatura corporal não depende apenas da temperatura do ar, mas também da posição ocupada no costão, da incidência de radiação solar, da duração da exposição e das características do microhabitat (Helmuth; Hofmann, 2001; Helmuth, 2002). Nesse sentido, organismos presentes em diferentes microhabitats (posição que ocupam no costão) podem experimentar condições térmicas diferentes mesmo quando estão submetidos às mesmas condições atmosféricas. Estudos mais recentes reforçam essa heterogeneidade térmica, demonstrando que diferenças espaciais e características locais do ambiente podem influenciar a temperatura experimentada pelos organismos (Wang et al., 2020).

Nesse sentido, para compreender a vulnerabilidade ao estresse térmico, é necessário considerar não apenas a posição vertical dos organismos, mas também a interação entre temperatura, hidrodinamismo, microhabitat, duração da exposição e características fisiológicas das espécies. Essa abordagem permite compreender por que organismos presentes em diferentes setores de um mesmo costão podem experimentar condições térmicas distintas e apresentar diferentes níveis de vulnerabilidade. Diante das mudanças ambientais e climáticas, a identificação desses gradientes de exposição pode contribuir para compreender possíveis alterações na distribuição e na estrutura das comunidades bentônicas.

## Conclusão

A organização das comunidades bentônicas em costões rochosos resulta da interação entre zonação, exposição às ondas, temperatura, tempo de emersão e características do microhabitat. Em Ubatuba, as diferenças nas condições ambientais estão associadas a mudanças na composição e estrutura dessas comunidades. A exposição térmica também varia ao longo do costão, indicando diferentes níveis de vulnerabilidade entre os organismos. Assim, compreender a interação entre fatores físicos e biológicos é fundamental para avaliar a resposta das comunidades bentônicas às variações ambientais e às mudanças climáticas.

## Referências

AGOSTINI, Vanessa Ochi; OZORIO, Carla Penna. **Zonação dos macroinvertebrados bentônicos em costão rochoso, Praia do Meio, Torres, RS, Brasil**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 14., 2011, Balneário Camboriú. Anais *[...]*. Balneário Camboriú: Associação Latino-Americana de Investigadores em Ciências do Mar; Associação Brasileira de Oceanografia, 2011.

COUTINHO, Ricardo et al. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 64, n. especial 2, p. 27–36, 2016. DOI: 10.1590/S1679-875920161015064sp2.

DE PAULA, J. C.; CORAÇÃO, A. C. S.; LOPES-FILHO, E. A. P.; SILVA, R. P.; SANTOS, L. N.; CARVALHO, W. F. Diversity and turnover in a rocky shore intertidal community of an upwelling region (Arraial do Cabo, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, e20181096, 2020. DOI: 10.1590/0001-3765202020181096.

FALCAI, Bruno Rafael; MARCHELLO, Adriano Evandir. Diferenças nas comunidades de entremarés de costões rochosos em Ubatuba, SP, Brasil. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 27, n. 1, p. 29–41, 2021.

HARLEY, Christopher D. G.; HELMUTH, Brian S. T. Local- and regional-scale effects of wave exposure, thermal stress, and absolute versus effective shore level on patterns of intertidal zonation. **Limnology and Oceanography**, v. 48, n. 4, p. 1498–1508, 2003. DOI: 10.4319/lo.2003.48.4.1498.

HELMUTH, Brian. How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, n. 4, p. 837–845, 2002. DOI: 10.1093/icb/42.4.837.

HELMUTH, Brian S. T.; HOFMANN, Gretchen E. Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone. **The Biological Bulletin**, v. 201, n. 3, p. 374–384, 2001. DOI: 10.2307/1543615.

HELMUTH, Brian et al. Climate change and latitudinal patterns of intertidal thermal stress. **Science**, v. 298, n. 5595, p. 1015–1017, 2002. DOI: 10.1126/science.1076814.

LOURENÇO, Barbara Faria et al. Identificação da biodiversidade encontrada no costão rochoso da praia do Caramborê, Peruíbe, São Paulo, Brasil. **Unisanta BioScience**, Santos, v. 6, n. 2, p. 112–119, 2017.

MENGE, B. A. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition, and environmental heterogeneity. **Ecological Monographs**, v. 46, n. 4, p. 355–393, 1976. DOI: 10.2307/1942563.

MENGE, B. A.; BRANCH, G. M. Rocky intertidal communities. In: BERTNESS, M. D.; GAINES, S. D.; HAY, M. E. (ed.). **Marine community ecology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2001. p. 221–251.

MELO, Mariana Sousa. **Comparação espaço-temporal de comunidade bentônica e estabelecimento de uma estação de monitoramento de longo prazo na Baía de Ubatuba, São Paulo, SP.** 2019. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. DOI: 10.11606/D.41.2019.tde-08052019-082622.

MINUZZI, Rosandro Boligon; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; COSTA, José Maria Nogueira da; VIANELLO, Rubens Leite. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 5–19, 2006. DOI: 10.5433/2447-1747.2006v15n2p5.

MORENO, Tatiane Regina; ROCHA, Rosana Moreira da. Ecologia de costões rochosos. **Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade**, Curitiba, v. 34, n. 83, p. 191–201, 2012. DOI: 10.7213/estud.biol.7332.

POSSAMAI, Bianca. **Variabilidade de longo-prazo na estrutura trófica em zonas rasas estuarinas e suas relações com fatores ambientais e eventos El Niño**. 2019. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019.

UNDERWOOD, A. J. An experimental evaluation of competition between three species of intertidal prosobranch gastropods. **Oecologia**, Berlin, v. 33, p. 185–202, 1978. DOI: 10.1007/BF00344837.

WANG, H.-Y.; TSANG, L. M.; LIMA, F. P.; SEABRA, R.; GANMANEE, M.; WILLIAMS, G. A.; CHAN, B. K. K. Spatial variation in thermal stress experienced by barnacles on rocky shores: the interplay between geographic variation, tidal cycles and microhabitat temperatures. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, art. 553, 2020. DOI: 10.3389/fmars.2020.00553.