



# Influência da competição interespecífica sobre o tamanho dos indivíduos da craca *Chthamalus* sp. (Crustacea)

Carolina Caiado Gomes, Daniel Din Negri, Isabelly Narciso Alves Silva

Mauro Sugawara & Tiago Ribeiro

**RESUMO:** O local de estabelecimento é importante para o desenvolvimento dos organismos sésseis. Cracas da espécie *Chthamalus* sp. ocorrem no costão rochoso, na zona do supra- (SL) para o médio-litoral (ML). No SL, as cracas estão mais sujeitas ao desalojamento devido ao impacto de ondas. No ML, as cracas co-ocorrem com mexilhões do gênero *Brachidontes*, com os quais compete por espaço e alimento. Testamos se a média e variação na altura das cracas é afetada pela competição com mexilhões. Encontramos que cracas no ML são mais altas do que no SL e que cracas adjacentes aos mexilhões no ML são mais altas do que as não-adjacentes. Entretanto, as variações de altura são semelhantes entre todos os locais. Os resultados evidenciam que a diferença na altura das cracas não pode ser explicada apenas por fatores abióticos e que a competição interespecífica tem um papel importante na determinação da altura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brachidontes*, costão rochoso, heterogeneidade ambiental, plasticidade fenotípica, zonação

## INTRODUÇÃO

As características do ambiente desempenham papel importante no local de estabelecimento de um indivíduo e, posteriormente, na sua aptidão (Wiens, 1976; Ricklefs, 1996). Para organismos sésseis, o local de estabelecimento é de extrema importância, uma vez que os indivíduos não possuem capacidade de movimentação. Após fixado, uma forma do indivíduo lidar com condições ambientais desfavoráveis é alterar suas características morfológicas ou fisiológicas, o que pode amenizar os efeitos de estresse criados por fatores bióticos e abióticos do ambiente (Freitas *et al.*, 2012).

Costões rochosos são ambientes em que a heterogeneidade ambiental ocorre em gradientes de poucos metros, proporcionando o surgimento de faixas horizontais com fatores abióticos e bióticos bastante distintos – um padrão conhecido como zonação (Townsend *et al.*, 2010). No supra litoral, zona que fica acima da média das marés altas, os organismos ficam mais tempo expostos ao ar. Essa exposição intensifica a dessecação, a ação de ondas e reduz a disponibilidade de alimento. Porém, há menos indivíduos de diferentes espécies nessa zona, de modo que a competição interespecífica é reduzida. No médio litoral, os organismos ficam mais tempo submersos, têm maior disponibilidade de recurso alimentar, mas devem lidar com a maior intensidade de competição interespecífica e predação (Connell, 1972).

A craca *Chthamalus* sp. (Crustacea) é um organismo sésseil filtrador que por apresentar grande resistência ao calor e à dessecação, ocorre em zonas mais altas do costão, como o supra-litoral, e também em zonas intermediárias, como o médio-litoral (Castro & Huber, 2003). Na região médio-litorânea, *Chthamalus* sp. co-ocorre com mexilhões do gênero *Brachidontes* (Mollusca: Bivalvia), com os quais compete por espaço e alimento. Os mexilhões também são filtradores e apresentam maior altura do que as cracas. Quando na presença de mexilhões, as cracas deveriam aumentar seu tamanho para evitarem ser suprimidas e para conseguirem acessar o alimento. Onde a competição interespecífica não é tão intensa (i.e., no supra-litoral), o tamanho dos indivíduos deve ser influenciado por outros fatores como, por exemplo, o impacto de ondas. Indivíduos mais altos são mais susceptíveis à remoção por ondas e, portanto, indivíduos menores têm maior chance de sobrevivência (Denny, 1985).

Considerando apenas o médio-litoral, há agregados de cracas completamente circundados por mexilhões. Essa disposição dos indivíduos dentro da zona proporciona diferentes pressões de competição interespecífica de acordo com a proximidade com o competidor. Sob a mesma intensidade de competição interespecífica, as cracas devem apresentar alturas homogêneas, enquanto em regiões sem competição interespecífica, as alturas deveriam

apresentar maior variação. Comparando o médio-litoral e supra-litoral, podemos esperar que no médio-litoral a variação de alturas dos indivíduos seja maior, dado que há indivíduos sob diferentes intensidades de competição interespecífica. Por outro lado, no supra-litoral a baixa densidade de competidores interespecíficos não cria um gradiente de intensidade de competição e, portanto, esperamos que a variação na altura dos indivíduos seja menor.

Nosso objetivo foi investigar como a heterogeneidade ambiental do costão rochoso influencia a morfologia das cracas. Especificamente, avaliamos avaliar se (1) a zona do costão em que a craca está posicionada influencia a altura e variabilidade de alturas dos indivíduos, (2) se dentro de uma mesma zona a competição com mexilhões influencia a altura e variabilidade de alturas das cracas e (3) se as melhores condições abióticas do médio-litoral afetam positivamente a altura das cracas. Para tanto, testamos as seguintes hipóteses: (1) no médio-litoral, as cracas serão mais altas e as alturas serão mais variadas do que as cracas do supra-litoral, (2) dentro da zona do médio-litoral, as cracas adjacentes aos mexilhões serão mais altas e as alturas serão menos variadas do que as cracas não adjacentes aos mexilhões e (3) as cracas não adjacentes aos mexilhões no médio-litoral serão mais altas do que as cracas do supra litoral.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Área de estudo

Realizamos este estudo em um costão rochoso da praia da Barra do Una, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Barra do Una, no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo.

### Hipótese 1

Estabelecemos um transecto de 3 m no médio-litoral (ML) e outro transecto de 3 m no supra-litoral (SL), sobre os quais amostramos cinco indivíduos de *Chthamalus* sp. a cada 10 cm de intervalo. A altura dos indivíduos foi medida com um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). Em seguida, calculamos a média de alturas de cada grupo de cinco indivíduos, que representou nossa unidade amostral ( $n = 30$ ). Para testar a predição de que as cracas do ML terão maior altura do que as do SL, usamos como estatística de interesse a diferença entre as médias de altura das cracas nas duas zonas. Para testar a predição de que a variação de alturas das cracas será maior no ML do que no SL,

usamos como estatística de interesse o coeficiente de variação (CV) para cada zona. Optamos por utilizar o CV como medida de variação porque ele elimina o efeito do valor da média sobre a dispersão dos dados, gerando valores de variação comparáveis entre si para cada zona. Para gerar uma distribuição nula das estatísticas de interesse em ambas as predições, aleatorizamos os dados observados para o ML e o SL e calculamos a diferença entre as médias de altura dos indivíduos e os CVs nas duas zonas. Esse procedimento foi repetido 5.000 vezes e o número de vezes que valores maiores ou iguais às estatísticas de interesse foi dividido pelo número total de aleatorizações a fim de calcular a probabilidade dos valores observados terem sido gerados pelo acaso.

### Hipótese 2

Selecionamos 20 manchas de cracas completamente circundadas por mexilhões na zona do ML. Em cada mancha, amostramos cinco cracas adjacentes aos mexilhões, presentes na borda da mancha, e cinco cracas não adjacentes aos mexilhões, presentes no centro da mancha. Medimos a altura de cada indivíduo com um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). Para testar a predição de que a altura das cracas varia em função da proximidade com os mexilhões, calculamos as médias de altura dos cinco indivíduos adjacentes aos mexilhões e dos cinco indivíduos não adjacentes em cada uma das manchas ( $n=20$ ). Calculamos a diferença entre as médias de altura para cada mancha e depois calculamos a média dessas diferenças, que foi nossa estatística de interesse. Para testar a predição de que cracas mais próximas dos mexilhões apresentam menor variação de altura do que as cracas mais distantes dos mexilhões, calculamos o CV de altura dos cinco indivíduos adjacentes aos mexilhões e dos cinco indivíduos não adjacentes em cada uma das manchas ( $n=20$ ). Calculamos a diferença entre os CVs para cada mancha e depois calculamos a média dessas diferenças, que foi nossa estatística de interesse. Para ambas as análises, construímos um cenário nulo gerado a partir de 5.000 aleatorizações em bloco (i.e., dentro de cada mancha). Calculamos a probabilidade dos valores observados terem sido gerados pelo acaso contando o número de vezes que valores maiores ou iguais às estatísticas de interesse ocorreram e dividindo pelo número total de aleatorizações.

### Hipótese 3

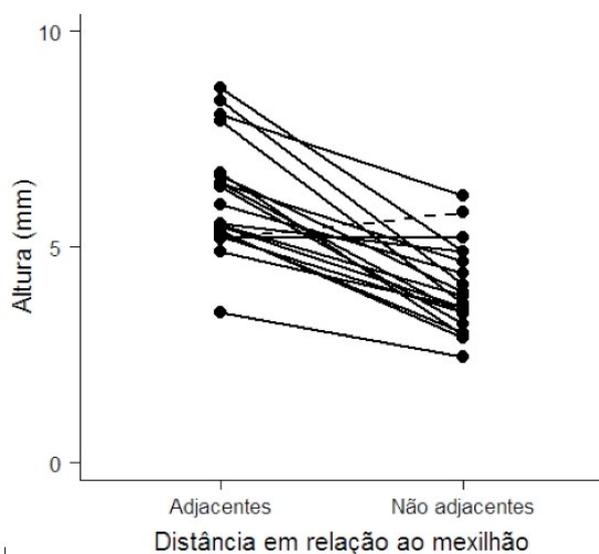
Para testar a predição de que as cracas não adjacentes aos mexilhões no ML serão mais altas do que as cracas do SL, utilizamos os dados de altura

de 30 indivíduos do SL e de 20 indivíduos não adjacentes a mexilhões do ML. Usamos a diferença entre as médias de altura do SL e do ML como nossa estatística de interesse. Para gerar uma distribuição nula da estatística de interesse, aleatorizamos os dados observados para as duas zonas do costão e calculamos a diferença entre as médias de altura dos indivíduos. Esse procedimento foi repetido 5.000 vezes e o número de vezes que valores maiores ou iguais ao da estatística de interesse foi dividido pelo número total de aleatorizações a fim de calcular a probabilidade do valor observado ter sido gerado pelo acaso.

## RESULTADOS

### Diferenças entre médias de altura das cracas

Cracas do ML foram, em média, duas vezes mais altas do que cracas do SL (média  $\pm$  DP: ML = 6,48  $\pm$  1,00 mm; SL = 3,06  $\pm$  2,96 mm;  $p < 0,001$ ). Cracas adjacentes aos mexilhões foram, em média, 50% mais altas do que cracas não adjacentes aos mexilhões (média  $\pm$  DP: Adjacentes = 6,15  $\pm$  1,31 mm; não adjacentes = 4,01  $\pm$  1,00 mm;  $p < 0,001$ ; Figura 1). Por fim, cracas do SL e cracas não adjacentes a mexilhões do ML não diferiram em relação à altura ( $p = 0,998$ ).



**Figura 1.** Altura dos indivíduos da craca *Chthamalus* sp. em diferentes distâncias dos mexilhões *Brachidontes* sp. no médio-litoral de um costão rochoso. As linhas conectam os valores encontrados para cada mancha. Linhas tracejadas indicam maiores alturas dos indivíduos não adjacentes aos mexilhões.

### Diferenças entre coeficientes de variação

As cracas do ML e do SL apresentaram coeficientes de variação semelhantes (média  $\pm$  DP: ML = 0,46  $\pm$  2,96; SL = 0,32  $\pm$  1,00;  $p = 0,105$ ). Resultados semelhantes foram observados na zona de ML, onde as

cracas não adjacentes aos mexilhões apresentaram CV médio ( $\pm$  DP) de 0,20  $\pm$  0,09, enquanto as cracas adjacentes aos mexilhões apresentaram CV médio ( $\pm$  DP) de 0,22  $\pm$  0,13 ( $p = 0,29$ ).

## DISCUSSÃO

Assim como esperado, as cracas do ML apresentaram maior altura do que as cracas do SL. Essa diferença pode ser explicada tanto pelo menor impacto das ondas e maior disponibilidade de alimento no ML em relação ao SL quanto pela maior intensidade de competição interespecífica no ML em relação ao SL. Entretanto, dado que encontramos que as cracas do SL e do ML não adjacentes aos mexilhões têm a mesma altura, concluímos que o impacto das ondas e a disponibilidade de alimento têm um papel menos relevante para explicar a diferença de alturas entre cracas do ML e SL. Nesse caso, a competição com mexilhões deve ser o principal mecanismo gerador da diferença de alturas entre os indivíduos de *Chthamalus* que crescem no SL e no ML. Nossos resultados de que cracas adjacentes aos mexilhões são mais altas do que cracas não adjacentes aos mexilhões reforçam a sugestão de que a competição interespecífica é o principal mecanismo responsável pela diferença de altura das cracas no costão.

No estudo clássico de Connell (1961) sobre competição em costões rochosos, cracas do gênero *Chthamalus* se mostraram competidores mais fracos que mexilhões. No experimento realizado pelo autor, foram selecionadas rochas no ML com indivíduos juvenis de cracas e mexilhões. Em algumas rochas, os mexilhões foram removidos, enquanto outras rochas não foram manipuladas. As cracas sobreviveram bem nas rochas em que os mexilhões haviam sido removidos. Já nas rochas onde os dois grupos de indivíduos cresceram juntos, os mexilhões, por serem indivíduos maiores e de crescimento mais rápido, suprimiram as cracas. Nossos resultados apontam que o crescimento em altura é uma forma que as cracas têm de tolerar a competição com mexilhões no ML. Ao crescerem em altura, as cracas provavelmente conseguem competir melhor por alimentos e também evitam que recrutas de mexilhões se estabeleçam sobre elas, privando-as do acesso ao alimento.

Não encontramos diferença na variação de altura entre as zonas do ML e SL. Esse resultado sugere que os processos que resultam em diferentes médias de alturas entre as zonas provocam uma variação semelhante em torno dessas médias. No ML, a variação em torno da média de alturas provavelmente é causada pela variação na intensidade

de competição dentro dessa zona. No SL, o impacto das ondas não deve ser homogêneo e, portanto, a seleção de tamanhos menores varia ao longo desta zona. Além disso, a competição entre cracas também poderia levar ao aumento da altura de alguns indivíduos, atuando de maneira similar, porém menos intensa que a competição interespecífica. Para testar essa hipótese, sugerimos a realização de um estudo em que cracas de SL encontradas isoladas e agrupadas com outras cracas fossem medidas. Esperaríamos que cracas agrupadas fossem mais altas do que cracas isoladas, ou seja, que a competição intraespecífica no SL desempenhasse papel semelhante ao que a competição interespecífica desempenha entre cracas do ML.

Encontramos variações semelhantes de altura na borda e no centro de manchas no ML. Novamente, processos distintos que atuam diferenciando as alturas entre indivíduos de borda e indivíduos de centro devem estar provocando variações de altura semelhantes. Na borda, a competição interespecífica seleciona apenas indivíduos altos, impedindo que haja grande variação de alturas de indivíduos nessa região. Sendo assim, constatamos que as alturas de indivíduos no centro das manchas também variam pouco. Uma explicação para uma baixa variação de altura dos indivíduos do centro da mancha é a existência de um tamanho ótimo. Ao alcançar determinado tamanho, as cracas passariam a investir energia em outros aspectos da história de vida como, por exemplo, em reprodução. Um estudo interessante para testar essa hipótese seria comparar o tamanho relativo das gônadas em relação ao corpo das cracas de borda e de centro. Esperaríamos que para as cracas da borda, a energia adquirida pela alimentação seria investida principalmente em crescimento para evitar exclusão dos indivíduos por meio da competição com mexilhões. Sendo assim, nessa região, a proporção das gônadas em relação ao corpo seria menor. Já os indivíduos que estão no centro da mancha, sob baixa intensidade de competição interespecífica, não investiriam tanta energia em aumento de altura. Portanto, poderiam alocar mais energia para a reprodução, resultando em uma maior proporção das gônadas em relação ao corpo.

Concluimos que a heterogeneidade ambiental do costão rochoso influencia a altura das cracas e que a competição interespecífica atua direcionando as alterações de tamanho dos indivíduos. Estudos futuros, como os sugeridos acima, podem ser interessantes para que os demais mecanismos que provocam alterações de altura nos indivíduos sejam melhor compreendidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Gustavo Dias pela orientação, ajuda no campo, discussões e sugestões para o manuscrito, agradecemos ao Glauco Machado e ao Mathias Mistretta (Treta) pelas discussões e à Camila Castanho pelas valiosas sugestões para melhoria no manuscrito. Por fim, agradecemos também aos colegas e professores pelos comentários e sugestões feitos após a apresentação para melhorar o trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Townsend, C.R.; M. Begon & J.L. Harper. 2010. *Fundamentos em ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Castro, P. & M.E. Huber. 2003. *Marine biology*. The McGraw-Hill Companies.
- Connell, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors in the distribution of the barnacle *Chthamalus stelatus*. *Ecology*, 42:710-723.
- Denny, M.W. 1985. Wave forces on intertidal organisms: a case study. *Limnology and Oceanography*, 30:1171-1187.
- Denny, M.W. 1999. Are there mechanical limits to size in wave-swept organisms? *The Journal of Experimental Biology*, 202:3463-3467.
- Freitas, M.S.; J.L. Vendrami; S.R. Mortara & J.N.C. Francisco. 2012. Distribuição de tamanhos de caramujo *Nodilitorina lineolata* (Mollusca: Gastropoda) em um mosaico de heterogeneidade espacial no costão rochoso. Em: Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica" (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.M.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ricklefs, R.E. 1996. *A economia da natureza*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro.
- Wiens, J.A. 1976. Population responses to patchy environments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7:81-120.

**Orientação:** Gustavo M. Dias