



# Influência do tamanho de gastrópodes sobre a seleção do tamanho de suas presas

Carolina Caiado Gomes

**RESUMO:** Os comportamentos de forrageio de predadores são baseados na maximização do ganho energético. Para gastrópodes predadores de bivalves da família Arcidae, o custo do forrageio é dado pela energia gasta na perfuração da concha do bivalve, pois quanto maior o comprimento da concha, maior sua espessura. O objetivo deste trabalho foi investigar a seleção de presas por gastrópodes de diferentes tamanhos. Hipotetizei que gastrópodes grandes predam conchas maiores e tamanhos de conchas mais variados do que gastrópodes pequenos. Encontrei que gastrópodes grandes predam conchas maiores, mas para ambos tamanhos de predador não há diferença na variação de tamanhos de conchas predadas. Os resultados sugerem que os tamanhos de presa em que a taxa de ganho energético é maximizada variam conforme o tamanho do predador e, em cada categoria de tamanho de predadores, há uma variação de magnitude semelhante em torno do tamanho ótimo de presa.

**PALAVRAS-CHAVE:** custos e benefícios, demanda conflitante, forrageamento ótimo, interação

## INTRODUÇÃO

A premissa fundamental da teoria do forrageamento ótimo é que os animais, através do processo de seleção natural, desenvolveram comportamentos de forrageio que tendem a maximizar o ganho energético (Campbell, 1987). Isso significa que os custos, em termos energéticos, envolvidos na busca, captura e manipulação da presa devem ser inferiores aos benefícios energéticos provenientes da alimentação (Shoener, 1987). Sendo assim, a seleção de presas pelos predadores deve ser baseada na relação do quanto o item alimentar proporciona de ganho energético por unidade de tempo gasto na sua manipulação (Begon *et al.*, 2007). Para predadores, há uma demanda conflitante entre escolher presas maiores que forneçam mais energia, mas que demandem maior tempo e, conseqüentemente, maior custo em sua manipulação, e escolher presas menores que, por sua vez, demandam menos tempo e, conseqüentemente, menos custos na manipulação, mas que fornecem menos energia ao predador (Krebs & Davies, 1996). Dessa forma, para um mesmo tipo de presa, os predadores tendem a selecionar as presas pelos tamanhos nos quais o retorno energético seja mais favorável (Krebs & Davies, 1996).

Um modelo frequentemente utilizado para o estudo das relações de custo-benefício do forrageamento a interação entre gastrópodes predadores e suas presas bivalves (e.g., Sugawara *et al.*, 2013). Nessa interação, os gastrópodes predam os bivalves perfurando as conchas utilizando a rádula e secreções salivares que dissolvem carbonato de cálcio (Ru-

ppert & Barnes, 1996). O custo para o predador é dado principalmente pelo gasto energético envolvido na perfuração da concha e o benefício é dado pelo ganho energético obtido ao consumir o bivalve. Ainda, é provável que à medida que aumenta o tempo gasto pelo predador na manipulação da presa, o risco desse predador perder a presa para um competidor ou mesmo de ser predado também aumenta. Em um estudo recente sobre a interação predador-presa entre gastrópodes e bivalves, Sugawara *et al.* (2013) encontraram que a proporção de indivíduos pequenos de uma espécie não-identificada da família Arcidae na população era menor do que a proporção de indivíduos pequenos predados. Os autores concluíram que a predação nas diferentes classes de tamanho não era fruto apenas da frequência de encontros entre presa-predador. Logo, na população de gastrópodes, haveria uma preferência alimentar por presas de menor tamanho.

O objetivo desse trabalho foi investigar como se dá a seleção de presas da família Arcidae por gastrópodes de diferentes tamanhos. Considerando que (i) o tamanho do gastrópode está relacionado ao tamanho de sua rádula, (ii) quanto maior o tamanho da presa, maior é a espessura de sua concha, (iii) quanto mais espessa a concha, maior o tempo necessário para perfurá-la e que (iv) a relação entre o tempo que o predador leva para perfurar a concha e o tamanho da rádula do predador é negativa, levantei a seguinte hipótese: gastrópodes pequenos predam apenas bivalves pequenos e gastrópodes

grandes predam tanto bivalves grandes quanto pequenos. Minhas predições são que: (a) a média do comprimento de bivalves predados por gastrópodes grandes é maior do que a média do comprimento de bivalves predados por gastrópodes pequenos e (b) a variação nos comprimentos dos bivalves predados por gastrópodes grandes é maior do que a variação nos comprimentos dos bivalves predados por gastrópodes pequenos.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Área de coleta

Realizei o estudo na praia da Barra do Una, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Barra do Una, no litoral sul do estado de São Paulo. Em uma faixa de 10 m da região entre-marés da praia da Barra do Una, coletei conchas perfuradas de uma espécie não identificada de bivalve da família Arcidae. Utilizei também conchas de Arcidae coletadas na mesma praia por Fadil *et al.* (2013) e Sugawara *et al.* (2013).

### Coleta de dados

Considere para as análises apenas as conchas que tinham perfurações bem definidas e arredondadas, indicativo de predação por gastrópodes e não resultado de abrasão provocada por impacto de ondas e atrito com areia. Em laboratório, medi com paquímetro digital (i) o comprimento das conchas, dado pela distância transversal entre a extremidade do umbo, que é protuberância dorsal acima da linha da articulação das valvas, e a extremidade oposta da concha, (ii) a espessura das conchas e (iii) os diâmetros das perfurações produzidas pelo predador nas conchas. O diâmetro da perfuração foi o meu indicativo do tamanho do gastrópode predador. Calculei a média dos diâmetros de perfuração e classifiquei os gastrópodes em pequenos e grandes, de forma que os diâmetros de perfuração abaixo da média corresponderam a predadores pequenos e os diâmetros de perfuração acima da média corresponderam a predadores grandes. Para cada categoria de predador, calculei a média e o desvio padrão dos comprimentos das conchas predadas.

### Teste de premissa

Uma das premissas do trabalho era que a espessura da concha aumenta com o comprimento da concha. Para testar essa premissa, calculei o coeficiente angular da reta de regressão da espessura da concha em função do comprimento da concha. Criei um cenário nulo em que aleatorizei as espessuras das conchas entre os comprimentos e calculei

o coeficiente angular da reta de regressão dos dados aleatorizados. Repeti o processo de aleatorização 10.000 vezes e estimei a probabilidade de obter pelo cenário nulo um coeficiente angular maior ou igual ao observado. Essa probabilidade foi menor do que 0,001, confirmando que a espessura da concha aumentava com o comprimento da concha.

### Análises estatísticas

Para testar a predição de que a média de comprimento de bivalves predados por gastrópodes grandes é maior do que a média de comprimento de bivalves predados por gastrópodes pequenos, minha estatística de interesse foi a diferença entre a média de comprimento de conchas predadas por gastrópodes grandes e a média de comprimento de conchas predadas por gastrópodes pequenos.

Para testar a predição de que a variação nos comprimentos dos bivalves predados por gastrópodes grandes é maior do que a variação nos comprimentos dos bivalves predados por gastrópodes pequenos, calculei o coeficiente de variação (CV = desvio padrão dos comprimentos de conchas predadas / média dos comprimentos de conchas predadas) para cada categoria de tamanho de predador. Optei por utilizar o CV como medida de variação para eliminar o efeito do tamanho da média sobre a dispersão dos dados, gerando valores de variação para cada categoria de tamanho de predador comparáveis entre si (Gotelli & Ellison, 2004). Minha estatística de interesse foi a diferença entre o CV de gastrópodes grandes e o CV de gastrópodes pequenos.

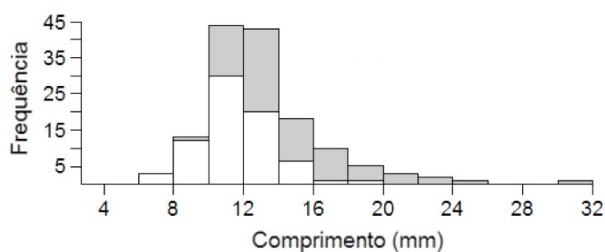
Para testar as duas predições, criei um cenário nulo em que aleatorizei 10.000 vezes os comprimentos das conchas predadas entre as duas categorias de tamanho de predador e calculei as diferenças das médias e de CVs por meio dados aleatorizados. Para os dois testes, estimei a probabilidade de obter pelo cenário nulo valores iguais ou maiores do que as estatísticas de interesse observadas. As hipóteses nulas de que as médias de tamanho e CVs de bivalves predados por gastrópodes grandes e pequenos são semelhantes foram rejeitadas quando os valores de probabilidade foram menores do que 5%.

## RESULTADOS

Um total de 143 conchas de Arcidae apresentaram perfurações bem definidas e foram utilizadas nas análises. A média ( $\pm$  DP) dos diâmetros das perfurações foi de  $1,50 \pm 0,22$  mm (min-max: 0,85-2,09 mm). Sendo assim, considere que as perfurações

com diâmetro menor ou igual a 1,50 mm foram feitas por gastrópodes pequenos e que as perfurações com diâmetro maior do que 1,50 mm foram feitas por gastrópodes grandes.

Os indivíduos de predados por gastrópodes grandes foram, em média, 1,29 vezes mais compridos do que os indivíduos predados por gastrópodes pequenos (gastrópodes grandes: média  $\pm$  DP = 14,97  $\pm$  4,05 mm; gastrópodes pequenos: média  $\pm$  DP = 11,63  $\pm$  2,20 mm;  $p < 0,001$ ). Diferente do esperado, o coeficiente de variação dos comprimentos de bivalves predados por gastrópodes grandes e pequenos foi semelhante (gastrópodes grandes: CV = 0,27; gastrópodes pequenos: CV = 0,18;  $p = 0,074$ ). O perfil dos comprimentos dos indivíduos predados por gastrópodes grandes e pequenos está representado na Figura 1.



**Figura 1.** Histograma da frequência de indivíduos de uma espécie não-identificada de bivalve da família Arcidae predados. Os indivíduos foram divididos em classes de comprimento das conchas. O preenchimento das barras em branco indica a proporção de indivíduos predados por gastrópodes pequenos e o preenchimento das barras em cinza indica a proporção de indivíduos predados por gastrópodes grandes.

## DISCUSSÃO

Os resultados corroboram a hipótese de que gastrópodes maiores predam indivíduos maiores, enquanto gastrópodes menores predam indivíduos menores. A diferença entre as médias de tamanhos de bivalves predados por gastrópodes pequenos e grandes indica que o tamanho ótimo da presa varia conforme o tamanho do predador. Gastrópodes grandes devem ter rádulas maiores, que perfuram maior espessura de concha por unidade de tempo do que gastrópodes pequenos. Sendo assim, para gastrópodes grandes existe a possibilidade de explorar uma maior amplitude de tamanhos de presas, mantendo positivo o balanço entre o custo para perfuração e o benefício proveniente da alimentação. Para gastrópodes pequenos, há algumas possíveis explicações para a menor média de tamanhos de presas em relação a gastrópodes grandes. Pode ser que o custo de perfuração para gastrópodes pequenos seja inferior ao benefício proveniente da alimentação apenas em uma faixa restrita de tamanhos de presas, ou mesmo que

suas rádulas não sejam eficientes na perfuração de conchas grandes e mais espessas. Para gastrópodes pequenos, é possível também que, mesmo que o benefício líquido da alimentação não seja restrito a uma faixa de tamanhos de presas menores, o tempo que esses predadores levam na perfuração de conchas maiores deve ser muito grande. Sendo assim, para predadores pequenos os riscos de serem predados ou sofrerem competição enquanto predam uma concha grande podem ser muito altos, o que faria esses predadores selecionarem preferencialmente conchas pequenas, em que estes riscos são menores.

Ao contrário do esperado, a variação de tamanhos de presas predadas por predadores grandes não foi maior do que a variação de tamanhos de presas predadas por predadores pequenos. A semelhança encontrada entre o coeficiente de variação de gastrópodes grandes e pequenos indica que, para cada categoria de predadores, há uma variação de magnitude semelhante em torno do tamanho ótimo de presas. Provavelmente, para gastrópodes grandes, mesmo que o custo de perfurar uma concha pequena de bivalve seja mínimo, o benefício proveniente da alimentação é muito pequeno. Nesses casos, os indivíduos devem optar por economizar energia para investir, posteriormente, na predação de um bivalve maior que demande maior custo na perfuração da concha, mas que dê mais retorno energético. Para a população de Arcidae como um todo, Sugawara *et al.* (2013) encontraram que conchas a partir de 31 mm não eram mais predadas. Sendo assim, tanto para gastrópodes grandes quanto para gastrópodes pequenos, deve haver um limiar de tamanho de presa a partir do qual o custo para perfurar a concha é tão alto que extrapola o benefício proveniente da alimentação dessa presa.

Há ainda uma faixa de comprimentos de presas, entre 10 e 16 mm, que são predadas tanto por gastrópodes grandes quanto por gastrópodes pequenos. Essa sobreposição pode ser uma explicação para o padrão encontrado por Sugawara *et al.* (2013), em que a proporção de indivíduos pequenos na população de predados é maior do que a proporção de indivíduos pequenos na população como um todo. Esse resultado sugere que conchas com comprimentos entre 10 e 16 mm trazem um retorno energético favorável tanto para predadores grandes quanto para predadores pequenos. Estudos que identifiquem quais são, de fato, os gastrópodes predadores de Arcidae na praia da Barra do Una e que tracem um perfil de distribuição de tamanhos de gastrópodes na população são interessantes para que a relação entre o tamanho do predador e o tamanho dos indivíduos predados fique ainda mais clara.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Glauco, Paulo Inácio, Adriana, Renacho e Sara pelas sugestões para a realização do trabalho, aos grupos “La Conchita Perfurada” e “Dedinho Putrefato” pelas conchas cedidas, ao Renacho e à Ayana pelas sugestões para melhoria do manuscrito e ao Toshiba pela consultoria de gráficos no R e revisão do manuscrito. Agradeço também aos colegas, monitores e professores pela excelente convivência nesses 26 dias, ao Renacho pelos abraços nos momentos de estresse e pelo esforço em fazer sugestões e comentários gentis em manuscritos de qualidade duvidosa e, principalmente, ao Glauco por me salvar da boca do monstro. Esse curso não foi bom, foi bão demais da conta!

## REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, Porto Alegre.
- Campbell, D.B. 1987. A test of the energy maximization premise of optimal foraging theory, pp. 143-173. Em: *Foraging behaviour* (A.C. Kamil, J.R. Krebs & H.R. Pulliam, eds.). Plenum Press, New York.
- Fadil, J.P.R.; F. Librán; F.G. Carvalho & R. Vaz. 2013. O tamanho de um bivalve (Mollusca) modifica a estratégia de forrageio do seu predador. 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.
- Gotelli, N.J. & A.M. Ellison. 2004. *A primer of ecological statistics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Krebs, J.R. & N.B. Davies. 1996. *Introdução à ecologia comportamental*. Atheneu, São Paulo.
- Ruppert E.E. & R.D. Barnes. 1996. *Zoologia dos invertebrados*. Editora Rocca, São Paulo.
- Shoener, T.W. 1987. A brief history of optimal foraging ecology, pp. 1-5. Em: *Foraging behaviour* (A.C. Kamil; J.R. Krebs & H.R. Pulliam, eds.). Plenum Press, New York.
- Sugawara, M.; C. Zuluaga; D. Sartor & J. Correia. 2013. Tamanho é documento: predação diferencial de bivalves em função do tamanho. 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.