



Seleção de presas por predadores de *Brachidontes* sp. (Mollusca: Bivalvia)

Paula Elias Moraes

RESUMO: O benefício-custo do comportamento de forrageamento é influenciado pelos desafios impostos aos organismos pelo ambiente e por características do predador. A melhor presa para cada predador é aquela em que o ganho energético via consumo é maior do que o gasto necessário para a busca, captura e manipulação dessa presa para o consumo. Assim, testei duas hipóteses excludentes: (1) gastrópodes grandes e pequenos predam *Brachidontes* sp. grandes e (2) gastrópodes grandes predam *Brachidontes* sp. grandes e gastrópodes pequenos predam *Brachidontes* sp. pequenos. Coletei 60 valvas perfuradas de *Brachidontes* sp. na região do mediolitoral do costão rochoso e calculei um índice de preferência do predador. Os resultados sugerem que gastrópodes grandes e pequenos predam preferencialmente *Brachidontes* sp. grandes. Assim, gastrópodes são capazes de encontrar manchas de melhores presas e o risco imposto pelo batimento das ondas não interfere no forrageamento dos gastrópodes.

PALAVRAS-CHAVE: forrageamento ótimo, gastrópodes, interação presa-predador, preferência alimentar, relação benefício-custo.

INTRODUÇÃO

Animais gastam boa parte do seu tempo disponível forrageando, seja sementes (granívoros), plantas (herbívoros), animais vivos (carnívoros) ou mortos (decompositores) (Dugatkin, 2009). Os comportamentos de forrageamento dos animais emergem da necessidade de obter energia e recursos para o crescimento, desenvolvimento e reprodução (Brown, 2009). Devido a isso, os animais desenvolveram, por meio da seleção natural, comportamentos de forrageamento eficientes, que maximizam o ganho energético (Campbell, 1987). Em um comportamento de forrageamento eficiente, o custo energético para a obtenção e manipulação do alimento é inferior ao benefício energético proveniente do alimento a ser consumido (Schoener, 1987). Assim, um dos principais problemas de forrageamento enfrentado pelos animais é a decisão sobre qual item alimentar consumir e a quantidade a ser consumida (Dugatkin, 2009).

No âmbito da seleção de presas, a obtenção de energia pelos predadores implica em uma relação benefício-custo entre escolher presas maiores que fornecem mais energia, mas que demandam maior esforço para a sua obtenção, e presas menores que fornecem menos energia, mas que demandam menor esforço para a sua obtenção (Kamil et al., 1978). A tática de forrageamento adotada terá seu benefício-custo influenciado pelos desafios impostos aos organismos pelo ambiente, tais como obter e reter água suficiente, sobreviver em altas ou baixas temperaturas, obter quantidade suficien-

te de nutrientes para sobreviver e competir por alimento e espaço (Levin, 2009). Adicionalmente, variações individuais existentes entre predadores, como tamanho do corpo, podem implicar em maior ou menor sucesso de forrageamento na presença de determinados desafios impostos pelo ambiente (Magalhães, 1998 apud Freitas et al., 2012). Por exemplo, predadores menores podem estar mais vulneráveis à predação ou a perder a presa obtida para coespecíficos e heteroespecíficos competidores (Morris, 2009). Dessa forma, a melhor presa para cada predador é aquela em que a assimilação de energia via consumo é maior do que o gasto necessário para a busca, captura e manipulação dessa presa para o consumo (Kamil et al., 1978), já estando incorporados à relação benefício-custo os custos derivados dos desafios impostos pelo ambiente.

As relações benefício-custo na seleção de presas podem ser observadas em interações entre gastrópodes predadores (Mollusca: Prosobranchia) e presas bivalves *Brachidontes* sp. (Mollusca: Bivalvia) que vivem em costões rochosos. Indivíduos de *Brachidontes* sp. vivem na região do mediolitoral em costões rochosos, são sésseis na fase adulta e possuem corpo não segmentado constituído de manto, massa visceral e duas valvas de carbonato de cálcio (Ruppert & Barnes, 1996). Por serem animais sésseis e do mediolitoral, o investimento em maior espessura das valvas e aumento da produção de bisso (estrutura de fixação) é essencial para o sucesso de sobrevivência frente ao constante im-

pacto das ondas nessa região (Carter, 1988). Esse grande investimento em defesa impõe maiores dificuldades a predadores, como gastrópodes, que ficam expostos por mais tempo à predação e ao risco de serem arrancados do costão pelo batimento das ondas. Os gastrópodes predadores perfuram a valva de *Brachidontes* sp. com o aparato radular e com a liberação de secreções salivares que dissolvem o carbonato de cálcio (Ruppert & Barnes, 1996). Assim, o custo para o predador corresponde ao gasto energético em perfurar a concha e ao tempo despendido para a manipulação da presa. Esses custos devem ser intensificados sob o estresse derivado da ação das ondas no costão rochoso.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar como ocorre a seleção de presas por predadores de *Brachidontes* sp. Para isso, formulei duas hipóteses. Dado que (i) bivalves grandes oferecem maior retorno energético, (ii) quanto mais espessa a concha do bivalve, maior o tempo para perfurá-la e (iii) a concha de *Brachidontes* sp. grandes é proporcionalmente mais fina que as de *Brachidontes* sp. pequenos (Vivot, 2015), logo, tanto gastrópodes grandes como gastrópodes pequenos devem preda preferencialmente *Brachidontes* sp. grandes. Além disso, dado que (i) quanto maior o bivalve, mais espessa é sua concha, (ii) quanto mais espessa a concha do bivalve, maior o tempo para perfurá-la e (iii) manipular presas grandes sob condições estressantes é mais custoso para predadores pequenos do que para predadores grandes, logo, gastrópodes grandes devem preda *Brachidontes* sp. grandes e gastrópodes pequenos devem ficar restritos a consumirem *Brachidontes* sp. pequenos.

MATERIAL & MÉTODOS

COLETA DE DADOS

Realizei o estudo na Praia do Una, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una (24°32'S; 47°15'O), localizada no município de Peruíbe, no litoral sul do estado de São Paulo. A Praia do Una é caracterizada pela vegetação de duna e restinga ao longo de sua extensão e pela presença de um costão rochoso (Souza & Capellari, 2004). Os organismos do costão rochoso distribuem-se em três zonas (supralitoral, mediolitoral e infralitoral) bem definidas e diferentes entre si por causa da variação de maré (Carter, 1988). Para este estudo, assumi que existe pouca variação na distribuição dos *Brachidontes* sp. ao longo da região mediolitoral do costão rochoso e que a variedade de bivalves disponíveis no costão é dada pela distribuição dos indivíduos de diferentes tamanhos coletados por

Vivot (2015). Assim, ao longo de 65 m do costão rochoso, na região do mediolitoral, fiz uma busca ativa por conchas contendo perfurações bem definidas e arredondadas, indicativo de predação por gastrópodes e não da abrasão provocada pelo batimento das ondas no bivalve *Brachidontes* sp.

Em laboratório, (i) medi com paquímetro digital (precisão de 0,001 mm) a espessura da valva na posição correspondente à perfuração, (ii) calculei o comprimento das valvas perfuradas, dado pela distância entre o umbo (local de fixação do bivalve ao solo) e a extremidade oposta da valva, e (iii) calculei o diâmetro da perfuração feita pelo predador. Como o tamanho da rádula está correlacionado ao tamanho do predador, parti da premissa de que o diâmetro da perfuração feita na concha corresponde ao tamanho do predador. Os cálculos do comprimento da concha e diâmetro da perfuração foram realizados no programa Image J.

Após as medições descritas acima, calculei um índice de preferência (IP) do predador como a diferença entre o benefício e custo das valvas perfuradas e o benefício e custo médio dos organismos disponíveis na área de estudo. O benefício-custo das valvas perfuradas foi calculado a partir da divisão entre o comprimento da valva perfurada e a espessura da valva na posição correspondente à perfuração. O comprimento da valva corresponde ao ganho energético adquirido pelo predador e esse ganho aumenta conforme aumenta o comprimento da valva. A espessura da valva perfurada corresponde ao custo energético do predador em conseguir perfurá-la e esse custo aumenta conforme aumenta a espessura da valva. A partir dos valores de comprimento da valva e espessura da valva na posição intermediária obtidos para os 235 indivíduos de *Brachidontes* sp. coletados por Vivot (2015) na mesma região de estudo, estimei o benefício-custo médio dos organismos disponíveis na área de estudo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para investigar a importância do diâmetro da perfuração na valva sobre o índice de preferência do predador usei modelos de regressão linear. Utilizei o índice de preferência do predador como variável dependente e o diâmetro da perfuração na valva como variável independente. Comparei essas regressões por seleção de modelos. Os modelos candidatos incluíram um modelo constante, ou seja, sem a variável independente e um modelo contendo a variável independente. Esses modelos foram comparados por análise de variância (Gotelli & Ellison, 2004) realizada no ambiente de programação R 3.1.3 (R Development Core Team, 2015).

RESULTADOS

Coletei 60 valvas de *Brachidontes* sp. contendo perfurações. O diâmetro das perfurações variou de 0,2 a 4,4 mm, com média (\pm DP) de $1,281 \pm 0,931$ mm. Já as médias o comprimento e da espessura das valvas predadas foram de $12,133 \pm 2,485$ mm (min - max: 6,4 - 16,6 mm) e $0,245 \pm 0,138$ mm (min - max: 0,02 - 0,55 mm), respectivamente. A distribuição dos bivalves da população amostrada por Vivot (2015) fornece a disponibilidade natural de indivíduos grandes e pequenos (Figura 1). Os dois modelos candidatos explicaram de forma semelhante a variação dos dados. Por parcimônia, escolhi o modelo mais simples (teste de diferença na variação explicada: $F = 0,296$; $p = 0,589$; Figura 2). Pelo modelo mais simples, o índice de preferência dos gastrópodes foi positivo (IP = 80,698; Figura 2).

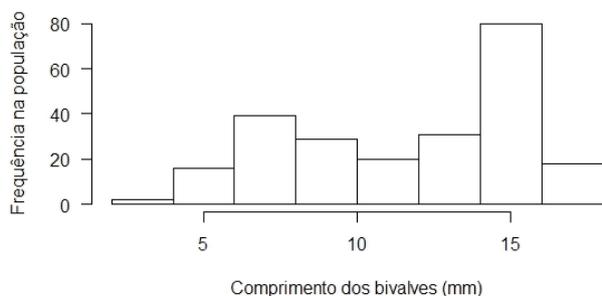


Figura 1. Histograma do comprimento dos *Brachidontes* sp. amostrados por Vivot (2015) na praia do Una, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una.

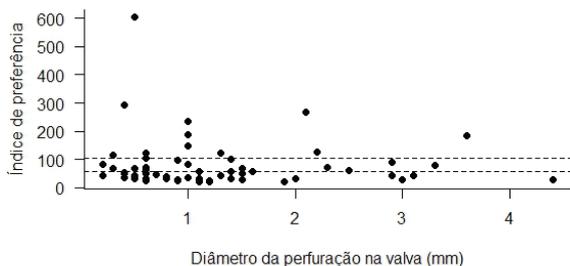


Figura 2. Modelo selecionado como o mais plausível para expressar a relação entre o índice de preferência e o diâmetro da perfuração na valva (mm). As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança (min - max = 57,321 - 104,074).

DISCUSSÃO

A hipótese de que gastrópodes grandes e pequenos predam preferencialmente *Brachidontes* sp. grandes foi corroborada. Por outro lado, foi refutada a hipótese de que gastrópodes grandes predariam preferencialmente *Brachidontes* sp. grandes e que gastrópodes pequenos ficariam restritos à predação de *Brachidontes* sp. pequenos. Apesar da disponibilidade de bivalves grandes e pequenos na

população amostrada (Figura 1), gastrópodes de qualquer tamanho consumiram preferencialmente bivalves grandes (Figura 2).

O índice de preferência positivo apresentado pelos gastrópodes mostra que, apesar da distribuição heterogênea de *Brachidontes* sp. ao longo do costão rochoso, os gastrópodes são capazes de localizar as presas que lhes confirmam uma melhor relação benefício-custo. Esse resultado é ainda mais relevante tendo-se em vista que gastrópodes apresentam baixa taxa de locomoção (Ruppert & Barnes, 1996), de modo que, eventualmente, como ocorre em *Stramonita haemastoma*, podem apresentar especialização individual por substratos ou presas, deixando de se deslocar até mesmo para locais que apresentem presas mais adequadas para seu consumo (Barros, 2009). Assim, no contexto do presente estudo, para gastrópodes que se encontram em áreas do costão rochoso com bivalves pequenos, deslocar-se e procurar áreas com bivalves grandes pode ser muito custoso, dado que sua locomoção restrita pode intensificar os riscos de predação ou de serem arrancados do costão pelas ondas. Dessa forma, a despeito de a locomoção ser custosa, inclusive no que se refere ao tempo despendido na tarefa, gastrópodes predadores são capazes de encontrar os agregados de *Brachidontes* sp. grandes em meio aos gastrópodes pequenos.

Contra minha expectativa, gastrópodes de diferentes tamanhos não apresentaram diferenças nos índices de preferência. O fato de bivalves grandes serem igualmente predados por gastrópodes de diferentes tamanhos indica que as condições de risco impostas pelas ondas não implicam em custos de manipulação maiores para gastrópodes pequenos. Adicionalmente, como as conchas de bivalves grandes são menos espessas (em termos relativos) que as de bivalves pequenos (Vivot, 2015), gastrópodes pequenos parecem estar igualmente aptos a consumir presas grandes, mesmo apresentando uma rádula menor para perfurar a valva de sua presa. Assim, o risco resultante da incidência de ondas no mediolitoral não interfere no forrageamento dos gastrópodes, de modo que o índice de preferência entre os predadores não difere.

Dessa forma, estudos futuros a serem realizados em ambiente natural podem investigar como se dá a distribuição dos *Brachidontes* sp. ao longo do costão rochoso. O tamanho, densidade populacional e distribuição espacial dos bivalves podem esclarecer melhor os padrões de distribuição de gastrópodes predadores e ser importantes na determinação da intensidade do custo energético que gastrópodes teriam ao procurar as presas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Paulo Inácio e Gallo pela orientação, ao Glauco pelas sugestões e ajuda na busca pelas conchas furadas, ao Renacho e Ogro pela grande contribuição com as revisões, ao Lucas e Carol pela ótima companhia durante a busca minuciosa das conchas em campo e durante toda a discussão dos nossos projetos com bivalves. Agradeço também aos professores, monitores e colegas de curso pela convivência durante os 26 dias de muito trabalho e aprendizado!

REFERÊNCIAS

- Barros, F.M. 2009. Padrões de deslocamento de indivíduos do caramujo *Stramonita haemastoma* (Mollusca: Gastropoda). Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Brown, J.S. 2006. Foraging behavior, pp. 51-58. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- Carter, R.W.G. 1988. *Coastal environments*. Academic Press, San Diego.
- Campbell, D.B. 1987. A test of the energy maximization premise of optimal foraging theory, pp. 143-171. Em: *Foraging behavior* (A.C. Kamil; J.R. Krebs & H.R. Pulliam, eds.). Plenum Press, New York.
- Dugatkin, L.A. 2009. *Principles of animal behavior*. Norton, New York.
- Frey, G. 2011. Variação na riqueza de espécies entre e dentro de zonas em ambiente de costão rochoso. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gotelli, N.J. & A.M. Ellison. 2004. *A Primer of ecological statistics*. Sinauer, Sunderland.
- Kamil, A.C.; J.R. Krebs & H.R. Pulliam. 1978. *Foraging behavior*. Plenum Press, New York.
- Levin, S.A. 2009. *The Princeton guide to ecology*. Princeton University Press, New Jersey.
- Morris, W.F. 2009. Life history, pp-72-78. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- 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. 5-67. Em: *Foraging behavior* (A.C. Kamil; J.R. Krebs & H.R. Pulliam, eds.). Plenum Press, New York.
- Souza, V.C. & L. Capellari. 2004. A vegetação das dunas e restingas da Estação Ecológica Juréia-Itatins, pp. 103-114. Em: *Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente físico, flora e fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Holos, Ribeirão Preto.
- Suchanek, T.H. 1981. *Oecologia*, pp. 143-152. Em: *Coastal environments* (R.W.G. Carter, ed.). Academic Press, San Diego.
- Vivot, L.M. 2015. Efeito do crescimento hipoalométrico na espessura da concha em moluscos bivalves. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.