



# Navegar é preciso: o tamanho do gastrópode *Hastula cinerea* (Mollusca) determina seu comportamento de seleção de habitat?

Leonardo Lima Bergamini

**RESUMO:** Os organismos que ocorrem na zona de espraiamento de praias arenosas estão sujeitos a grandes flutuações das condições ambientais. Neste ambiente a mobilidade é uma adaptação crucial que permite aos animais se reposicionarem na zona de varrido que muda com a maré. O gastrópode *Hastula cinerea* apresenta o comportamento de usar o pé estendido como uma “vela” subaquática e se deslocar ao longo do mediolitoral com o arraste das ondas. Neste trabalho investiguei fatores que poderiam determinar a probabilidade de ocorrência e a intensidade desta resposta comportamental, utilizando ondas artificiais de intensidade controlada. Apesar do tamanho dos indivíduos não afetar sua propensão a estender o pé ou o tempo que passam com os pés estendidos, indivíduos maiores são arrastados por uma distância maior. Indivíduos em situação de dessecação mantêm o pé estendido por mais tempo, o que poderia resultar em maiores deslocamentos em direção ao mar. Portanto, comportamentos simples conferem a *H. cinerea* a habilidade de se posicionar eficientemente ao longo do mediolitoral.

**PALAVRAS-CHAVE:** entremarés, praias arenosas, seleção de habitat, *swash-riding*

## INTRODUÇÃO

Em praias arenosas expostas à ação das ondas, as condições ambientais variam muito ao longo do ciclo da maré (Knox, 2001). Além disso, a ação contínua das ondas e o substrato instável demandam da fauna que ocorre neste ambiente adaptações específicas como a capacidade de se enterrar rapidamente (MacLachlan & Brown, 2006) e uma grande mobilidade (Vanagt *et al.*, 2008).

Alguns crustáceos e moluscos que habitam a região entremarés de praias arenosas apresentam o comportamento de ‘velejar’ (*swash-riding, sail-effect*) permitindo que se movam com muita rapidez (MacLachlan & Brown, 2006). Em *Hastula cinerea*, um gastrópode da família Terebridae, o comportamento de se locomover utilizando a força de arraste das ondas consiste em se desenterrar ativamente e estender seu grande pé circular, que funciona como uma vela subaquática. Assim como outras espécies do gênero (Miller, 1979), *H. cinerea* vive na zona de varrido de praias arenosas, onde se alimenta de poliquetas desalojados dos espaços intersticiais pela turbulência gerada pelas ondas (Marcus & Marcus, 1960). Desta forma, *H. cinerea* depende da atuação das ondas para obter alimento e deve possuir mecanismos comportamentais que permitam aos indivíduos se manter em uma posição

favorável no mesolitoral. Além disso, dado que os indivíduos menores são mais suscetíveis ao dessecação (Castro & Huber, 2004), espera-se que estes indivíduos sejam menos propensos a apresentar o comportamento de estender o pé de modo a se locomoverem menos e correrem menor risco de serem levados para além da zona de varrido.

Assim, o objetivo deste trabalho é testar as seguintes hipóteses: i) indivíduos menores são menos propensos a se movimentar e, portanto, terão uma menor probabilidade de estender o pé e manterão o pé estendido por menos tempo ii) Indivíduos que estão mais tempo fora da água terão uma maior probabilidade de estender o pé e manterão o pé estendido por mais tempo, o que resultaria no reposicionamento em uma posição favorável no mediolitoral.

## MATERIAIS & MÉTODOS

### Coleta de dados

Coletei os indivíduos de *H. cinerea* na praia do Guaraú, localizada no Núcleo Arpoador da Estação Ecológica da Juréia-Itatins (24°17'35"S; 47°00'30"O), no município de Peruíbe, litoral sul do Estado de São Paulo. A praia do Guaraú é uma praia

dissipativa, com areia de granulometria fina, baixa declividade e uma faixa entremarés ampla (cerca de 80 m). *Hastula cinerea* é muito abundante na praia do Guaraú, assim como em outras praias dissipativas do litoral sul do Estado de São Paulo (Petracco, 2008).

Para testar o efeito do tamanho dos indivíduos no comportamento de velejar, realizei um experimento com ondas artificiais de mesma intensidade. Os experimentos foram realizados em uma bandeja de 26,5 x 31 cm forrada com uma camada de areia (ca. 1 cm) e uma lâmina de água (ca. 1 cm acima da areia). Coloquei um apoio de 4 cm de altura sob um dos lados da bandeja para criar uma inclinação. Eu posicionava então o indivíduo sobre a areia do lado levantado e, após o indivíduo enterrar completamente seu pé na areia, eu retirava o apoio, gerando uma onda artificial. Cronometrei em centésimos de segundo o tempo decorrido do momento do impacto até a resposta do indivíduo (tempo de resposta), assim como o tempo desde a resposta até o indivíduo se fixar na areia (duração do comportamento). Após o experimento, medi o comprimento da concha em milímetros. Mantive todos os indivíduos utilizados ( $n = 51$ ) em uma mesma bandeja com areia e uma lâmina de água (ca. 1 cm acima da areia) durante pelo menos 40 min antes do início do experimento. Para obter a relação entre comprimento e deslocamento, medi o comprimento de 13 indivíduos com comprimentos variando de 10 a 20 mm. Durante o fluxo de retorno de ondas naturais, soltei cada indivíduo e medi a distância percorrida a partir do ponto de soltura.

Para testar o efeito da dessecação realizei o mesmo procedimento com a bandeja inclinada. Desta vez, utilizei outro conjunto de indivíduos ( $n = 28$ ) mantidos durante 1,5 h em uma bandeja de mesmas dimensões apenas com areia úmida. Esta situação se aproxima daquela experimentada pelos indivíduos deixados para trás pela maré vazante, em que o intervalo entre uma onda e outra é maior.

### **Análise de dados**

Para testar o efeito do comprimento do indivíduo sobre sua probabilidade de estender o pé ajustei um modelo de regressão logística, com a ocorrência ou não do comportamento como variável de resposta binária e o comprimento do indivíduo como variável preditora. Se indivíduos menores possuem o comportamento de evitar os riscos da dessecação, estes deveriam ter uma menor probabilidade de estender o pé.

Para testar se o tempo de resposta, a duração do comportamento e a distância de deslocamento variam em função do tamanho, ajustei duas regressões lineares. A primeira tinha o tempo que o indivíduo

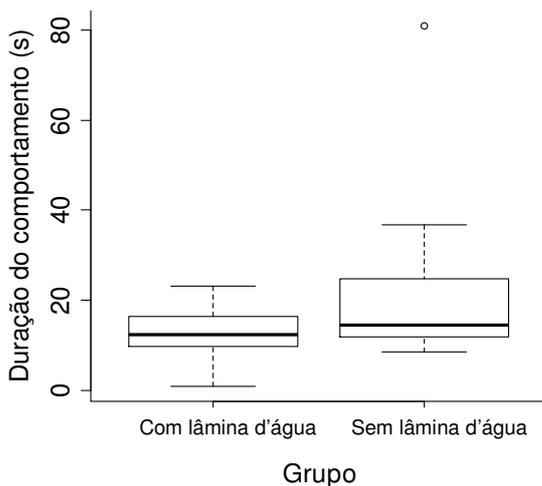
manteve o pé estendido como variável-resposta e o comprimento do indivíduo como variável preditora. A segunda regressão tinha como variável-resposta os logaritmos da distância percorrida e como variável preditora o logaritmo do comprimento da concha. Usei os logaritmos das variáveis, pois a inspeção visual dos dados indicou uma relação não-linear. Dado que o deslocamento total do indivíduo é uma função da duração do comportamento e do período da onda, indivíduos menores, que supostamente se movem menos, deveriam apresentar durações menores do comportamento de estender o pé e conseqüentemente uma menor distância percorrida.

Para testar o efeito da exposição à dessecação sobre a probabilidade de estender o pé ajustei um modelo de regressão logística, com a ocorrência ou não do comportamento como variável de resposta binária e o tratamento de exposição à dessecação (bandeja com lâmina d'água vs bandeja sem lâmina d'água) como variável preditora. Testei o efeito da exposição à dessecação sobre o tempo que o pé foi mantido estendido usando um teste-t. Se os indivíduos utilizam o comportamento de velejar para se manter em uma posição ótima, os indivíduos mantidos na bandeja sem lâmina d'água deveriam ser mais propensos a apresentar o comportamento de velejar e deveriam ter durações maiores deste comportamento. Realizei todas as análises estatísticas com o pacote estatístico R (R Development Core Team, 2010).

## **RESULTADOS**

Dos 79 indivíduos testados, 57 (72,2%) reagiram ao estímulo da onda artificial se desenterrando e estendendo o pé. O tamanho dos indivíduos não teve efeito sobre a probabilidade do comportamento de estender o pé (coeficiente da regressão logística = -0,031;  $z = -0,383$ ;  $gl = 51$ ;  $p = 0,702$ ) ou o tempo que os indivíduos permaneceram com o pé estendido (coeficiente da regressão linear = -41,58;  $t = -0,899$ ;  $gl = 51$ ;  $p = 0,373$ ). Apesar disso, indivíduos maiores são arrastados por uma distância maior (coeficiente da regressão linear = 3,096;  $t = 6,569$ ;  $g.l. = 11$ ;  $p < 0,001$ ) e, como o coeficiente da regressão entre os logaritmos foi maior do que um, essa distância aumenta mais rápido do que o tamanho.

Os indivíduos expostos à dessecação não tiveram maior propensão a estender o pé (coeficiente da regressão logística = 0,890;  $z = 1,497$ ;  $g.l. = 28$ ;  $p = 0,134$ ). Porém, os indivíduos que estenderam o pé, o mantiveram estendido por um tempo em média 8,78 s maior do que os indivíduos mantidos com uma lâmina de água ( $t = 2,822$ ;  $g.l. = 28$ ;  $p = 0,007$ ; figura 1).



**Figura 1.** Duração do comportamento de estender o pé nos dois grupos experimentais: indivíduos mantidos com uma lâmina d'água e indivíduos mantidos sem lâmina d'água. As linhas horizontais representam as medianas, as caixas representam o primeiro e terceiro quartis, as linhas verticais os valores máximos e mínimos com exceção dos pontos extremos (*outliers*) e os pontos representam os pontos extremos.

## DISCUSSÃO

Não houve diferença no comportamento entre os indivíduos de diferentes tamanhos, sugerindo que os mecanismos comportamentais não devem mudar ao longo da ontogenia. Apesar disto, os indivíduos maiores são arrastados por distâncias maiores. O coeficiente da regressão linear entre os logaritmos da distância percorrida e os logaritmos do comprimento foi bem maior do que um, indicando uma relação não linear. Isto poderia ser causado por uma relação alométrica entre a área do pé e a massa corporal dos indivíduos de *H. cinerea*, o que levaria a uma superfície de contato com a água desproporcionalmente maior em indivíduos maiores. Relações alométricas entre área do pé e massa de gastrópodes são descritas na literatura (Tattersfield, 2008) e poderiam ser responsáveis pela distância de arraste desproporcionalmente maior dos indivíduos grandes.

Indivíduos que ficaram expostos à situação sem lâmina d'água mostraram uma resposta mais intensa ao estímulo de onda do que os indivíduos que estavam sob a água. Durante a vazante da maré os indivíduos que se encontram mais distantes da água são atingidos por ondas em intervalos cada vez maiores. Dado que o tempo total que uma onda gasta para retroceder após atingir a praia é maior do que o tempo de ida (Levinton, 1995), manter o pé estendido por mais tempo deve resultar em um

arraste em direção ao mar. Dessa forma, os indivíduos que se encontram na zona de varrido teriam uma maior probabilidade de se deslocar em direção ao mar. Por outro lado, quando submersos em profundidades maiores, os indivíduos de *H. cinerea* tendem a deslizar ativamente em direção à superfície (*obs. pess.* a partir dos indivíduos mantidos em laboratório). Belo *et al.* (2011) estudaram a distribuição espacial de *H. cinerea* durante a maré baixa de sizígia e encontraram um pico de abundância a uma distância intermediária da linha d'água. Isto sugere que com estes mecanismos comportamentais *H. cinerea* é capaz de manter sua posição relativa ao nível da água, o que seria necessário para seu forrageamento (Azevedo, 2011) e para evitar a exposição aos riscos de dessecação e sobreaquecimento (McLachlan & Brown, 2006).

Vários organismos marinhos apresentam zonação por tamanho (Vermeij, 1972). Contudo os mecanismos que geram esse padrão não são bem compreendidos (Vermeij, 1972). Meus resultados mostram que há um efeito do tamanho do indivíduo na distância média percorrida, embora o comportamento não seja diferente entre indivíduos de tamanhos diferentes. É possível que esta relação alométrica seja vantajosa para os indivíduos maiores permitindo um acompanhamento mais eficiente da zona ótima. Os indivíduos maiores devem ser menos suscetíveis aos riscos relacionados à dessecação e sobreaquecimento e devem necessitar de mais tempo de forrageio para suprir suas demandas energéticas. Por exemplo, indivíduos maiores de *Olivella semistriata*, um gastrópode com comportamento muito similar, ganham mais tempo de forrageamento ao seguir com mais eficiência as variações no nível da maré (Vanagt, 2007).

Como a velocidade do ciclo da maré é variável, *H. cinerea* deve possuir outros mecanismos que permitam modular a resposta em função do tempo de exposição. Crustáceos frequentemente possuem um ciclo endógeno, que modula seu comportamento (McLachlan & Brown, 2006). Embora a existência deste tipo de ciclo em moluscos tenha sido comumente negada (McLachlan & Brown, 2006), há evidências de que *O. semistriata* possui um ciclo endógeno de migração (Vanagt *et al.*, 2008) o que poderia ser um mecanismo de modulação do comportamento em *H. cinerea* ou até mesmo em outros terebrídeos de comportamento similar. Experimentos sobre a resposta de *H. cinerea* aos estímulos de onda em situações sem pistas da maré poderiam elucidar o papel de um possível ciclo endógeno na atividade de gastrópodes que habitam a zona de varrido em praias arenosas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que se dedicaram à realização deste curso. Aos professores, monitores, colegas de curso e aos funcionários da E.E. Juréia-Itatins.

## REFERÊNCIAS

- Azevedo, T.N. 2011. Should I stay or should I go? A escolha do molusco *Hastula cinerea* em se deslocar ou não em busca de um ambiente com maior disponibilidade de alimento. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Belo, R.M.; L.F. Sgarbi; A.E. Carvalho & L.L. Bergamini. 2011. O tamanho do molusco *Hastula cinerea* (Gastropoda) influencia sua distribuição espacial na zona entremarés. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Castro, P. & M.E. Huber. 2003. *Marine biology*. The McGraw-Hill Company, New York.
- Knox, G.A. 2001. *The ecology of seashores*. CRC Press, Londres.
- Levinton, J.S. 1995. *Marine biology. Function, biodiversity, ecology*. Oxford University Press, New York.
- Marcus, E. & E. Marcus. 1960. On *Hastula cinerea*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, São Paulo (Zoologia)*, 23:25-66.
- McLachlan, A. & A.C. Brown. 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic Press, San Diego.
- Petracco, M. 2008. Produção secundária da macrofauna bentônica da zona entremarés no segmento norte da praia do Uma, litoral sul do estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 254 pp.
- R Development Core Team 2010. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.r-project.org>.
- Tattersfield, P. 2008. Variation in foot size and shape in some British land snails and its functional significance. *Biological Journal of the Linnean Society*, 36:365-376.
- Vanagt, T. 2007. The role of swash in the ecology of Ecuadorian sandy beach macrofauna, with special reference to the surfing gastropod *Olivella semistriata*. Tese de Doutorado, Universidade de Gent, Gent. 320pp.
- Vanagt, T.; M. Vincx & S. Degraer. 2008. Can sandy beach molluscs show an endogenously controlled circatidal migrating behaviour? Hints from a swash rig experiment. *Marine Ecology*, 29:118-125.
- Vermeij, G.J. 1972. Intraespecific shore-level size gradients in intertidal molluscs. *Ecology*, 53:693-700.