



PERTURBAÇÃO POR ONDAS INFLUENCIA O PADRÃO DE RIQUEZA EM ROCHAS DA REGIÃO ENTREMARÉS

Débora Goedert

INTRODUÇÃO

O processo de sucessão ecológica se dá por colonização ou recolonização de uma determinada área, sendo caracterizado por adições e substituições de espécies (Townsend *et al.*, 2010). De modo geral, as espécies pioneiras, capazes de colonizar e estabelecer-se em uma área, possuem características tais quais uma boa capacidade de dispersão, alta fecundidade e crescimento rápido quando os recursos são abundantes. Essas espécies, porém, possuem baixa taxa de crescimento quando os recursos são escassos, resultando em uma baixa capacidade competitiva em comparação a espécies tardias, as quais podem crescer em situações de escassez de recursos. Por isso, no decorrer do processo sucessional, é possível que espécies tardias se sobressaiam e atuem de forma a excluir competitivamente as espécies pioneiras (Rees *et al.*, 2001).

Considerando que o processo sucessional dar-se-á através da substituição de espécies pioneiras por espécies tardias espera-se, então, que haja de início um aumento gradual na riqueza, seguido de um declínio causado pela exclusão competitiva das espécies pioneiras. Isso resultará em um padrão de riqueza no qual comunidades em estágios sucessionais intermediários apresentam mais espécies que aquelas em estágio inicial ou avançado de sucessão (Townsend *et al.*, 2010). No entanto, perturbações podem reiniciar o processo sucessional (Pickett & White, 1985), impedindo que a sucessão atinja a fase em que há exclusão competitiva (Townsend *et al.*, 2010) ou liberar espaço para que espécies com pior capacidade competitiva persistam na comunidade (Levinton, 1995).

Perturbações muito frequentes, de longa duração ou de alta intensidade podem remover um grande número de indivíduos, de forma que a comunidade se mantém em estágios iniciais de sucessão, com baixa riqueza de espécies (Levinton, 1995; Townsend *et al.*, 2010). Perturbações raras, de curta duração ou de baixa intensidade, entretanto, podem permitir o declínio na riqueza ao longo de estágios sucessionais mais avançados por exclusão

competitiva (Townsend *et al.*, 2010). Assim, deve-se esperar maior riqueza de espécies em locais sob condições intermediárias de perturbação, nas quais há estabelecimento de um número grande de espécies sem que haja exclusão competitiva. A maior riqueza em regiões com regime intermediário de perturbação em comparação a regiões em que a perturbação é intensa ou rara é a previsão da hipótese de perturbação intermediária (Connell, 1978).

Em costões rochosos, as ondas do mar são um fator de perturbação frequente para as comunidades incrustantes por seu potencial abrasivo. Além disso, as ondas podem causar perturbações de alta intensidade pela possibilidade de carregarem materiais, como toras ou pedras, que podem remover grande parte dos indivíduos que ali vivem (Sousa, 1984; Underwood & Denley, 1984; Levinton, 1995). No entanto, diferentes faces de uma rocha exposta a ondas podem não ser afetadas da mesma forma. A face frontal das rochas sofre ação direta das ondas e, conseqüentemente, maior intensidade e frequência de perturbações. A lateral da rocha, por sua vez, é uma região de perturbação intermediária, pois sofre ação indireta de ondas. Por fim, a face posterior da rocha fica mais protegida da ação de ondas, recebendo perturbação de menor intensidade e frequência. Assim, o objetivo deste trabalho foi testar se o padrão de riqueza de espécies em uma comunidade de organismos incrustantes de costão rochoso segue o padrão previsto pela hipótese de perturbação intermediária. A hipótese deste trabalho foi que a face lateral das rochas apresenta maior riqueza de espécies em comparação às faces lateral e posterior.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na praia do Guarauzinho, Estação Ecológica da Juréia-Itatins, localizada no litoral sul do estado de São Paulo (24°38'S - 47°01'O). A praia do Guarauzinho tem inúmeras rochas na

sua região entremarés, colonizadas por uma grande variedade de organismos incrustantes, tais quais as cracas *Chtamalus bisinuatus* e *Tetraclita stalactifera* (Crustacea, Cirripedia), os mexilhões *Brachidontes* spp. (Mollusca, Bivalvia), o poliqueta *Phragmatopoma lapidosa* (Annelida, Polychaeta) e o hidrozóário *Pinayuary ralphi* (Cnidaria, Hydrozoa) (Marques & Migotto, 2004).

Procedimento

Foram selecionadas rochas utilizando-se três critérios, com o objetivo de garantir três níveis de perturbação na comunidade de organismos incrustantes: alta, média e baixa perturbação. Em primeiro lugar, as rochas deveriam estar na região entremarés, de forma que fossem completamente expostas durante períodos de maré baixa e parcial ou totalmente submersas durante períodos de maré alta. Em segundo lugar, as rochas deveriam apresentar faces frontal, lateral e posterior distinguíveis. Essas faces foram definidas por seu posicionamento em relação ao mar, sendo a face frontal da rocha a região paralela e mais próxima à linha do mar, com ação direta das ondas; a face lateral a região perpendicular à linha do mar; e a face posterior a região paralela e mais distante da linha do mar. Por fim, as rochas não deveriam estar protegidas por outras rochas. Foi considerada no trabalho apenas a zona médio-litoral das rochas.

Foi conduzida uma amostragem prévia da região médio-litoral de duas faces de uma rocha a fim de determinar a proporção da área da rocha que deveria ser amostrada para que se alcançasse suficiência amostral da riqueza. Para isso, mediuse a área da zona médio-litoral da parte frontal e lateral de uma rocha, nas quais foram delimitadas parcelas de 10 x 10 cm ao longo de toda a face da rocha. Foi contabilizado o número de espécies das parcelas de forma cumulativa, até que a relação entre o número de espécies e a proporção da rocha amostrada estabilizasse, formando um platô (Figura 1a, b). O ponto em que se formou esse platô foi considerado como proporção ideal de amostragem (Townsend *et al.*, 2010). Para a face frontal, esse ponto foi obtido com a amostragem de 17% da área, enquanto para a face lateral esse ponto foi obtido com a amostragem de 15% da área. A partir disso, decidiu-se fazer uma amostragem de 25% da rocha.

As parcelas foram delimitadas com grades de 100 x 50 cm, divididas em 20 parcelas de 10 x 25 cm. As grades foram colocadas ao longo de toda a face da rocha. Foram sorteadas cinco parcelas de cada grade para a contagem de espécies, totalizando 25% da área da face amostrada. Esse procedimento foi

repetido para as faces frontal, lateral e posterior de cada rocha, desconsiderando-se as porções de borda das rochas, para garantir níveis discretos de perturbação. O lado das rochas a ser amostrado (direito ou esquerdo) era alternado de uma rocha para outra, exceto quando isso não fosse possível devido à presença de outra pedra muito próxima a um dos lados ou de buracos na areia.

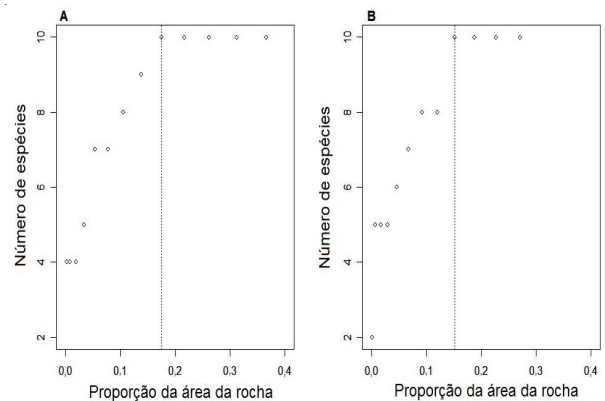


Figura 1. Número de espécies por proporção da área amostrada das faces frontal (A) e lateral (B) de uma rocha. Nota-se a formação de um platô para os valores aproximados de 17% e 15%, respectivamente, indicados pelas linhas tracejadas verticais.

Análises estatísticas

Para controlar possíveis efeitos da diferença no esforço amostral ou efeitos de relação espécie-área (Gotelli & Graves, 1996; Townsend *et al.*, 2010), foi calculada a densidade de espécies dividindo-se o número total de espécies pela área amostrada da rocha em decímetros quadrados. Para testar se havia diferença na proporção de espécies entre as três faces da rocha, usou-se um modelo linear de efeitos mistos sendo a identidade da rocha o fator aleatório (tipo II), e a face amostrada (frontal, lateral e posterior) o fator fixo (tipo I) (Crawley, 2007). O modelo linear foi gerado no programa R (R Development Core Team 2009), utilizando-se o pacote “nlme” (Pinheiro *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Houve diferença na densidade de espécies entre as regiões da rocha amostrada, sendo que a lateral da rocha apresentou um maior número de espécies ($p < 0,001$) que as faces frontal e posterior da rocha, as quais não diferiram uma da outra ($p = 0,112$; Figura 2). Nota-se, ainda, que em duas das 14 rochas amostradas (rochas “M” e “N”), a riqueza de espécies da face lateral aparenta ser menor que a riqueza das outras duas faces. Em outras duas rochas, a riqueza parece aumentar em direção

oposta ao aumento de perturbação (rochas “G” e “K”). Apesar de tal variação entre rochas, porém, a face lateral das rochas teve, em média, maior número de espécies por decímetro quadrado que as faces frontal e posterior.

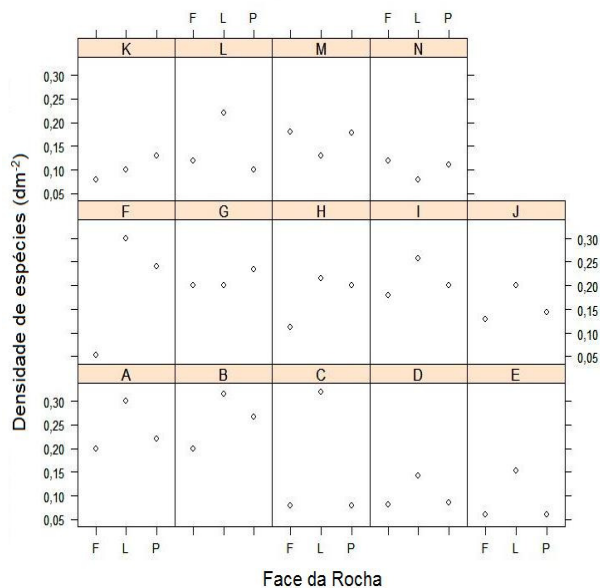


Figura 2. Densidade de espécies (dm⁻²) para as três faces (F: frontal; L: lateral; P: posterior) de cada uma das 14 rochas amostradas (nomeadas de “A” a “N”). Nota-se que na maioria das rochas a face lateral apresenta mais espécies por unidade de área que as faces frontal e posterior.

DISCUSSÃO

A riqueza de espécies da comunidade de organismos incrustantes estudada seguiu o padrão de riqueza previsto pela hipótese de perturbação intermediária. Nesse sistema, portanto, perturbações de intensidade intermediária permitem a coexistência de um maior número de espécies em comparação a perturbações com intensidade mais alta ou mais baixa.

O padrão obtido pode ser resultado da influência de perturbações sobre o processo de sucessão (Pickett & White, 1985; Townsend *et al.*, 2010). Nesse caso, perturbações muito intensas ou de pouca intensidade geram menor riqueza, enquanto perturbações intermediárias mantêm as comunidades em níveis intermediários de sucessão, apresentando maior riqueza (Townsend *et al.*, 2010). A maior riqueza na face lateral pode ser devida, também, ao fato de que perturbações intermediárias podem abrir espaço na forma de manchas que serão recolonizadas. Manchas formadas a mais tempo terão espécies de estágio sucessional tardio, enquanto manchas mais recentes apresentarão espécies pioneiras. A face lateral da rocha, assim, por estar sujeita a um nível

de perturbação intermediário, pode apresentar manchas de vários estágios sucessionais e, conseqüentemente, maior riqueza que as faces frontal e posterior (Begon *et al.*, 2007; p. 489).

Além disso, um balanço entre a tolerância a perturbações e a capacidade competitiva por parte das espécies pode resultar no padrão encontrado (Lytle & Poff, 2004). Como ondas são perturbações frequentes, podem ser consideradas como fator de estresse, sendo possível que apenas as espécies mais tolerantes sejam mantidas na face frontal da rocha, mais exposta às ondas. Na face posterior da rocha que é protegida de perturbações, em contrapartida, as espécies cuja capacidade competitiva é superior podem excluir as espécies tolerantes, cuja capacidade competitiva é menor. Por fim, na face lateral, níveis intermediários de perturbação podem controlar as populações das espécies que são melhores competidoras, permitindo a coexistência (Pinto-Coelho, 2000).

Considerando-se que ondas são tanto um fator de estresse quanto representam formas de perturbação intensa para a comunidade, pode haver reforço do padrão de maior riqueza sob condições intermediárias de perturbação. Esse reforço seria resultado de uma combinação de espécies com estratégias de colonização, tolerância e competição.

É relevante ressaltar, por fim, que as rochas cujo padrão de riqueza aparentemente foi inverso (rochas “M” e “N”) são rochas que se localizam na desembocadura de um rio. Nessa região, os organismos estão sujeitos a uma variação bastante pronunciada na salinidade (Gunter, 1961; McLusky, 1971; Levinton, 1995). Esse efeito pode afetar de forma diferente as faces que recebem água doce com maior frequência, embora a rocha como um todo possa ficar submersa com a subida de maré. Dessa forma, a influência conjunta das perturbações causadas pela ação de ondas e do estresse causado pelas variações intensas de salinidade pode ser responsável pela aparente diferença no padrão de riqueza dessas rochas.

Assim, características da perturbação tais quais a frequência com que ocorrem, sua duração e sua extensão (Levinton, 1995; Shea *et al.*, 2004) podem afetar as comunidades de formas diferentes, resultando em um padrão de maior riqueza em condições intermediárias de perturbação. Estudos futuros podem fazer um levantamento da riqueza de espécies que ocorrem nas diferentes faces da rocha, na tentativa de identificar a importância relativa das estratégias de colonização, tolerância e competição no aumento de riqueza por perturbações intermediárias. Além disso, podem

investigar a importância da adição de fatores estressantes, tais quais a variação pronunciada de salinidade de regiões estuarinas.

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Editora Artmed, São Paulo.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- Crawley, M. J. 2007. *The R book*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Gotelli, N. J. & G.R. Graves. 1996. *Null models in Ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Gunter, G. 1961. Some relations of estuarine organisms to salinity. *Limnology and Oceanography*, 6: 182-190.
- Levinton, J.S. 1995. *Marine Biology: function, biodiversity and ecology*. Oxford University Press, New York.
- Lytle, D.A. & N.L. Poff. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 94 -100.
- Marques, A.C. & A.E. Migotto. 2004. Hidrozoários (Cnidaria) marinhos bentônicos da Estação Ecológica Juréia-Itatins, pp. 172-178. Em: *Estação ecológica Juréia-Itatins* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds). Holos Editora, São Paulo.
- McLusky, D.S. 1971. *Ecology of estuaries*. Heinemann Educational Books, London.
- Pickett, S.T.A. & P.S. White. 1985. *The ecology of natural disturbance as patch dynamics*. Academic Press, New York.
- Pinheiro, J.; D. Bates; S. DebRoy; D. Sarkar & R Development Core Team. 2009. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R. package version 3.1-96.
- Pinto-Coelho, R.M. 2000. *Fundamentos de ecologia*. Editora Artmed, São Paulo.
- R Development Core Team. 2009 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Rees, M.; R. Condit; M. Crawley; S. Pacala & D. Tilman. 2001. Long-term studies of vegetation dynamics. *Science*, 293: 650-655.
- Shea, K.; S.H. Roxburgh & E.S.J. Rauschert. 2004. Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, 7: 491–508.
- Sousa, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 353–391.
- Townsend, C.R.; M. Begon & J.L. Harper. 2010. *Fundamentos em ecologia*. Editora Artmed, São Paulo.
- Underwood, A.J. & E.J. Denley. 1984. Paradigms, explanations, and generalizations in models for the structure of intertidal communities on rocky shores, pp. 151-180. Em: *Ecological communities: conceptual issues and the evidence* (D.R. Strong Jr.; D. Simberloff, L.G. Abele & A.B. Thistle, eds). Princeton University Press, Princeton.