



# ILHAS NA MATA: RELAÇÃO ENTRE ESPÉCIE-ÁREA E PADRÕES DE ANINHAMENTO EM MATAÇÕES

Débora Goedert, Joyce Barbosa, Maurício Santos, Miguel Loiola & Thaís Kubik

## INTRODUÇÃO

Comunidades são formadas por um conjunto de espécies que ocorrem juntas em um mesmo espaço e tempo, sendo caracterizadas, dentre outros fatores, pela composição de espécies (Begon *et al.* 2007). A composição de espécies, por sua vez, pode ser determinada por uma série de fatores, dentre os quais estão a riqueza e abundância de espécies colonizadoras potenciais (Begon *et al.*, 2007) e a maneira como estas colonizadoras chegam à comunidade. Dependendo desse processo de montagem, a distribuição desse conjunto regional de espécies entre as comunidades locais pode seguir alguns tipos de padrão, sendo que os mais comuns são o padrão modular, quando são reconhecíveis subconjuntos de espécies sendo que os subconjuntos são distintos entre si, e o padrão aninhado, quando são formados conjuntos seqüenciais de ocorrência de espécies (Gotelli & Graves, 1996; Lewinsohn *et al.*, 2006).

Um dos processos capazes de gerar um padrão aninhado é a heterogeneidade do habitat, quando áreas maiores tendem a ser mais heterogêneas, ou seja, têm mais habitats, comportando um maior subconjunto de espécies. O aninhamento também pode estar relacionado com a habilidade diferenciada de colonização das espécies e extinção seletiva. Tanto para a dispersão como para a extinção pode existir uma hierarquia entre as espécies, de forma que as espécies generalistas que apresentam maior habilidade dispersora e resistência à extinção colonizarão tanto áreas menores quanto áreas maiores, ao passo que as especialistas provavelmente colonizarão apenas as áreas grandes (Paterson & Atmar, 1986; Gotelli & Graves, 1996). Ambientes insulares geralmente apresentam um padrão de distribuição de espécies do tipo aninhado (Yiming *et al.*, 1998) e, assim, ilhas maiores abrigam um número maior de espécies, resultando em uma relação espécie-área positiva (Gotelli & Graves, 1996).

Dentro de uma mata os matacões, definidos como formações rochosas formadas por intemperismo, podem ser análogos a ambientes insulares, já que,

assim como as ilhas, são fragmentos rochosos circundados por uma matriz. No caso das ilhas a matriz é o próprio oceano, enquanto que os matacões estão imersos na matriz florestal, que é um substrato muito diferente da rocha nua. Portanto, é razoável supor que os organismos capazes de colonizar os matacões são geralmente diferentes daqueles que estão associados à matriz florestal. A partir da comparação de matacões de diferentes tamanhos podemos investigar se a composição dos subconjuntos de espécies de uma comunidade está associada ao tamanho da área e se estes subconjuntos estão aninhados. Portanto, matacões são bons modelos de estudo para padrões de organização da diversidade.

O objetivo deste trabalho foi testar se a organização de espécies nos matacões segue um padrão aninhado, testando se os morfotipos de plantas encontrados nos matacões menores são subconjuntos dos morfotipos observados em matacões de maior tamanho. Caso este padrão seja observado testaremos se existe relação espécie-área entre os matacões e os morfotipos de planta.

## MATERIAL & MÉTODOS

Realizamos o estudo na Trilha do Fundão, localizada no núcleo do Arpoador, Estação Ecológica Juréia-Itatins. Seleccionamos 17 pontos de amostragem ao longo da trilha, sendo cada ponto representado por um matacão ou por um agregado de matacões espaçados até 1 m entre si. Quando havia apenas um matacão no ponto de amostragem, consideramos somente esse matacão como unidade amostral. Quando encontrávamos um conjunto de matacões, consideramos o maior e o menor como unidades amostrais. Amostramos um total de 27 matacões.

Aproximamos a área de cada matacão medindo o comprimento, a largura, a altura e desconsiderando irregularidades da superfície para aproximar o matacão ao sólido regular mais semelhante, como paralelepípedo ou hemiesfera. Em cada matacão

registramos a presença de briófitas e líquens e coletamos folhas de um indivíduo de cada morfotipo. Não coletamos plântulas por não representarem indivíduos efetivamente estabelecidos nos matacões.

Relacionamos a área do matacão e o número de morfotipos com uma análise de regressão linear utilizando os logaritmos dos valores de área de cada matacão e os logaritmos dos valores de número de morfotipos. Utilizamos os valores em logaritmo pois é descrito que a relação espécie-área segue a equação:  $\log S = \log c + z \log A$ , sendo que  $S$  é o número de espécies;  $c$  é um parâmetro que reflete a riqueza geral do sistema em estudo variando com o táxon, o clima e a região biogeográfica;  $A$  é a área; e  $z$  é a inclinação da reta ou coeficiente angular (Whittaker & Fernández-Palacios, 2007).

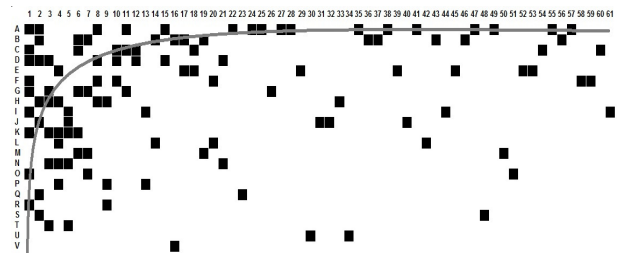
Para testar se a distribuição de morfotipos entre os matacões apresenta um padrão aninhado, construímos, inicialmente, uma matriz binária de presença e ausência de morfotipos em cada um dos matacões, em que as linhas representavam os morfotipos e as colunas representavam os matacões. A matriz foi organizada de forma que o matacão com maior número de espécies foi posicionado na primeira linha, e o morfotipo presente no maior número de matacões foi posicionado na coluna inicial à esquerda da matriz, sendo as próximas linhas e colunas ordenadas de forma decrescente para esses mesmos critérios.

Em seguida, utilizamos o programa ANINHADO (Guimarães & Guimarães 2006) para calcular a temperatura da matriz. A temperatura da matriz é uma métrica de aninhamento que quantifica se o arranjo obtido pela ordenação descrita acima se desvia do arranjo dado por um aninhamento perfeito, no qual cada linha é composta por um subconjunto de morfotipos da linha de maior riqueza (Almeida-Neto *et al.*, 2008). Os valores de temperatura de uma matriz podem variar de zero, indicando aninhamento perfeito, a um, indicando ausência completa de aninhamento (Atmar & Patterson, 1993). Ainda com o programa ANINHADO, geramos uma distribuição de 1000 valores de temperatura (estatística de interesse) por aleatorização dentro das linhas da matriz. Ao aleatorizar apenas os valores de cada linha permitimos que a composição de espécies variasse enquanto mantivemos constante o número de espécies encontradas para cada matacão retendo, portanto, uma eventual relação espécie-área. A partir dessa distribuição, então, foi calculada a probabilidade de se obter uma temperatura igual ou superior à encontrada caso o padrão de distribuição seja aleatório, pela proporção de

aleatorizações que geraram temperaturas maiores que a observada.

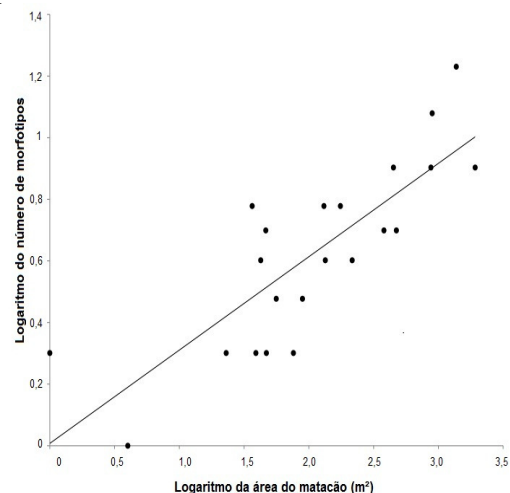
## RESULTADOS

Encontramos 61 morfotipos de plantas em 27 matacões. A matriz de presença e ausência de morfoespécies nos 27 matacões amostrados teve uma temperatura de 15,68 °C, o que foi significativamente diferente do esperado pelo modelo nulo ( $p < 0,001$ ; Figura 1).



**Figura 1.** Matriz de presença (quadrados preenchidos) e ausência (quadrados em branco) ordenada para maximizar aninhamento para morfotipos de plantas nas matacões. As linhas representam os matacões (ordenados de forma decrescente quanto ao número de morfotipos que contêm) e as colunas representam os morfotipos de plantas nos matacões (ordenadas de forma decrescente quanto ao número de matacões nas quais ocorrem). A linha cinza representa o limite do aninhamento perfeito. Figura obtida com o programa ANINHADO (Guimarães & Guimarães, 2006).

Encontramos uma relação positiva entre o logaritmo da área dos matacões e logaritmo do número de morfotipos de plantas amostrados ( $R^2 = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ; Figura 2). Obtivemos a relação entre as variáveis com a equação  $\log S = 0,301 \log A + \log 0,05$ , sendo que o valor de  $z = 0,301$  (intervalo de confiança a 95%: 0,201–0,405) representa o coeficiente angular da reta.



**Figura 2:** Relação entre os logaritmos de área dos matacões e os logaritmos da riqueza de morfotipos de plantas, registrados nos matacões. A linha representa a reta da equação:  $\log S = 0,301 \log A + \log 0,05$ , sendo que o intervalo de confiança de  $z$  vai de 0,201 a 0,405.

## DISCUSSÃO

O padrão de distribuição aninhado de espécies que encontramos pode ser explicado de duas formas. Em primeiro lugar, a heterogeneidade de habitat dentro dos matacões pode determinar o número de espécies potencialmente colonizadoras. Matacões maiores podem apresentar maior heterogeneidade espacial e proporcionar uma maior riqueza de morfotipos. Dado que a precipitação representa a principal fonte de água das plantas e que a ausência de solo impede que ocorra armazenamento de água, a ausência de sedimento torna a água um recurso limitante para comunidades vegetais sobre rochas (Larcher, 1986). Desta forma, a falta de água em matacões menores restringe o número de colonizadores potenciais dos matacões e aumentam as chances de matacões maiores apresentarem um maior número de morfotipos, à medida que acumulam sedimento.

A segunda explicação do padrão aninhado é a amostragem passiva, que é dependente da área dos matacões. Assumindo que há morfotipos que são mais abundantes que outros, e dado que cada matacão recebe uma chuva de propágulos, quanto maior a área do matacão, maior a chance de receber propágulos de diferentes espécies. Se as espécies diferem quanto à quantidade de propágulos, existirá, portanto, uma hierarquia de probabilidades de ocorrência em função da área.

O padrão de organização aninhado das espécies leva a uma relação espécie-área positiva. A relação espécie-área entre os morfotipos de plantas e a área dos matacões apresentou, de fato, um valor de inclinação da reta equivalente ao encontrado para ambientes insulares. Entretanto o intervalo de confiança deste coeficiente apresentou uma grande amplitude. Dessa forma não podemos associar os matacões às ilhas. No sistema de ilhas o oceano representa uma matriz que dificulta a dispersão das espécies. Provavelmente os matacões apresentam características de clareiras, formando uma meta-comunidade com espécies advindas do entorno. Os propágulos colonizadores estão presentes na matriz florestal e não se encontram a uma grande distância dos matacões. Observamos que os morfotipos colonizadores dos matacões geralmente são os mesmos associados aos troncos das árvores vizinhas a estas formações rochosas. Portanto, a matriz florestal não representa uma barreira à dispersão dos morfotipos.

## REFERÊNCIAS

- Almeida-Neto, M.; P.R. Guimarães Jr. & T.M. Lewinsohn. 2007. On nestedness analyses: rethinking matrix temperature and anti-nestedness. *Oikos*, 116:716-722.
- Almeida-Neto, M.; P. Guimarães; P.R. Guimarães Jr.; R.D. Loyola & W. Ulrich. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117:1227-1239.
- Atmar, W. & B.D. Patterson. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, 96: 373-382.
- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Editora Artmed, São Paulo.
- Gotelli, N.J. & G.R. Graves. 1996. *Null models in ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Guimarães, P.R. & P.R. Guimarães Jr. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environments Modelling Software*, 21:1512-1513.
- Larcher, W. 1986. *Ecofisiologia vegetal*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo.
- Lewinsohn, T.M.; R.D. Loyola & P.I.K.L. Prado. 2006. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. *Oecologia Brasiliensis*, 10: 90-104.
- Patterson, B.D. & A. Atmar. 1986. Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28: 65-82.
- Preston, F.W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: part I. *Ecology*, 43:185-215.
- Whittaker, R.J. & J.M. Fernández-Palacios. 2007. *Island biogeography: ecology, evolution and conservation*. Oxford University Press, Nova Iorque.

**Orientação:** Cinthia Brasileiro