

Ausência de efeito de borda sobre a demografia e a diversidade funcional do banco de plântulas em uma área contínua de floresta amazônica

Ricardo Dobrovolski

Introdução

As florestas tropicais úmidas vêm sendo alvo de uma elevada taxa de destruição, perdendo 5.440.000 hectares por ano (Hansen *et al.* 2010). Essa perda pode ser agravada pelo tamanho reduzido e configuração espacial dos fragmentos remanescentes e pelo tipo de ambiente circundante. Com a fragmentação, novas áreas de floresta são expostas a condições diferentes daquelas encontradas no interior de florestas contínuas. As alterações nas condições da floresta próximas à borda, o chamado efeito de borda, caracteriza-se por mudanças abióticas, como o aumento da incidência de luz e de vento e a redução da umidade (Laurance *et al.* 1998, Laurance *et al.* 2002).

Além das mudanças abióticas, as comunidades também são alteradas em resposta à borda (revisado em Ries *et al.* 2004). As comunidades vegetais, especificamente, respondem às mudanças abióticas e ao aumento da

herbivoria, do acúmulo do folhicho e da mortalidade das árvores emergentes, e também à redução da abundância de vertebrados dispersores (Laurance *et al.* 1998, Silva & Tabarelli 2000, Laurance *et al.* 2002). Em consequência disso, as espécies de plantas pioneiras, adaptadas às condições da borda e dispersas pelo vento, são mais frequentes (Oliveira *et al.* 2004). Nessa mudança de composição, os bancos de plântulas cumprem um papel chave, pois as plantas de interior de floresta são suscetíveis ao efeito de borda nesse estágio do desenvolvimento vida e a dinâmica desses bancos determina as comunidades vegetais futuras (Sizer & Tanner 1999).

As mudanças nas comunidades decorrentes do efeito de borda podem ser avaliadas em pelo menos dois aspectos: os atributos demográficos e os atributos funcionais. Os atributos demográficos dizem respeito ao número de indivíduos presentes na comunidade, que é determinado pelas taxas de

natalidade e mortalidade das espécies. Essas taxas por sua vez, refletem aspectos da biologia dos organismos e da seleção imposta pelo ambiente. Em locais nos quais distúrbios imprevisíveis causadores de alta mortalidade são mais frequentes, organismos com alto esforço reprodutivo (r-seletivos) são favorecidos (Begon *et al.* 2006). Essa condição é compatível com as características do ambiente de borda. Já o interior da floresta é mais estável e organismos com baixo esforço reprodutivo e alta capacidade de competição (K-seletivos) devem ser mais comuns (Begon *et al.* 2006).

Os atributos funcionais, por sua vez, refletem aspectos como a habilidade competitiva e a capacidade de coexistência dos indivíduos e o funcionamento da comunidade (Petchey & Gaston 2002). A avaliação da diversidade funcional (DF) pode, portanto, trazer informações complementares às abordagens que utilizam medidas tradicionais de diversidade como a riqueza de espécies (Cianciaruso *et al.* 2009a). Devido às condições impostas pela borda, esse ambiente deve atuar como um filtro ambiental (Keddy 1992), reduzindo a DF das plantas presentes. Já no interior

da floresta, onde a competição é mais elevada, a pressão do efeito da similaridade limitante (McArthur & Levins 1967) atua de maneira mais intensa e nesses locais a DF é aumentada.

As minhas hipóteses são: 1) no ambiente de borda, onde distúrbios imprevisíveis são mais frequentes, plantas r-seletivas são mais comuns; 2) as condições ambientais da borda da floresta atuam como um filtro ambiental sobre a comunidade de plantas. Nesse sentido, minhas previsões são: a) o número de plântulas nas parcelas próximas à borda florestal será maior que nas parcelas do interior (hipótese 1); b) o tamanho médio das plântulas da borda será menor em relação ao interior (hipótese 1); c) a DF será menor na parcelas da borda florestal (hipótese 2).

Métodos

Área de estudo

Eu realizei este estudo na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Km 41 (2°24' S-59°44' O) pertencente ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF-INPA). Essa área está localizada no município de Rio Preto da Eva, a cerca de 80 km ao norte de

Manaus, AM, Brasil. A vegetação é composta de floresta ombrófila densa (Ribeiro *et al.* 1999).

Coleta de dados

Eu avaliei todas as plântulas de espécies lenhosas com tamanho entre 10 e 50 cm dentro de 32 áreas medindo 1,5 x 1,5 m. As áreas sob influência da borda florestal estão próximas a uma estrada com cerca de 10 m de largura. A partir da estrada, eu adentrei 10 m na floresta e estabeleci 16 pontos de amostragem, distantes 100 m entre si e paralelos à estrada. As áreas controle (interior da floresta) estavam localizadas a uma distância entre 400 e 1500 m da borda da floresta e a 10 m de trilhas abertas na floresta. A partir de uma distância de 400 m da borda as plantas não sofrem influência do efeito de borda (Laurance *et al.* 2002). A fim de reduzir a variação ambiental entre as unidades amostrais, eu dispus todos os pontos de amostragem em áreas mais altas do terreno, planas e com predomínio de solos argilosos (platô) (Ribeiro *et al.* 1999).

Em cada unidade amostral, eu contei o número de plântulas e avaliei em cada indivíduo as seguintes características: i) altura; ii) forma da

folha - elíptica, ovada, obovada, folha de areceae, bifoliolada, composta não-bifoliolada, digitada, ou reniforme; iii) comprimento da maior folha; iv) largura da maior folha; v) presença de tricomas; vi) presença de látex; vii) presença de cutícula espessa (folha brilhosa); viii) presença de espinhos. Eu calculei ainda (ix) a razão comprimento/largura da maior folha, e (x) a área elíptica da maior folha ($3:4 \cdot \pi \cdot \text{comprimento} / 2 \cdot \text{largura} : 2$).

Para o teste da previsão *a*, eu comparei a abundância de plântulas entre as áreas da borda e as áreas do interior. No teste da previsão *b* eu comparei as alturas médias das plântulas da borda e do interior.

Para testar o efeito de borda sobre DF, eu utilizei o método proposto por Petchey & Gaston (2002), modificado por Cianciaruso *et al.* (2009b) com o objetivo de incluir a diversidade intra-específica. Eu calculei uma matriz de distância dos atributos funcionais entre os indivíduos amostrados, pelo método de Gower (Legendre & Legendre 1998), uma vez que os dados incluem variáveis quantitativas e categóricas. As características consideradas como atributos funcionais para essa análise

foram aquelas de número *ii* a *x*. Posteriormente, eu gerei uma análise de agrupamento pelo método UPGMA a partir da matriz de distância entre os indivíduos. Por fim, a partir do comprimento dos ramos da árvore gerada, e pela composição de cada ponto, eu calculei a DF de cada unidade amostral no programa R (R Development Core Team 2009), usando a rotina fornecida por Petchey & Gaston (2002). Os valores de DF das áreas de borda foram comparados àqueles das áreas do interior da floresta.

Resultados

Eu amostréi 606 plântulas nas 32 áreas avaliadas, sendo 317 na borda e 289 no interior da floresta. A abundância em cada área variou entre sete e 69 indivíduos na borda e entre quatro e 38 indivíduos no interior. A abundância não foi diferente entre os

dois ambientes ($F_{(1,30)}=0,12$; $p=0,73$; Figura 1A). Da mesma maneira, a altura média das plântulas nas áreas da borda foi semelhante à altura das plântulas das áreas do interior ($F_{(1,30)}=0,29$; $p=0,87$; Figura 1B).

A forma de folha mais comum na borda da floresta foi a bifoliolada (35%), enquanto no interior a forma mais comum de folha foi a composta não-bifoliolada (24%). A média da razão comprimento/área das folhas da borda foi de 1,6 enquanto no interior foi de 0,8. A área elíptica média das folhas na borda foi de 67,3 cm², enquanto no interior foi de 60,1cm². Apesar de eventuais diferenças nos traços funcionais específicos, a diversidade funcional, levando em consideração todos os atributos avaliados, não foi diferente entre as áreas de borda e as áreas do interior da floresta ($F_{(1,30)}=3,57$; $p=0,07$; Figura 1C).

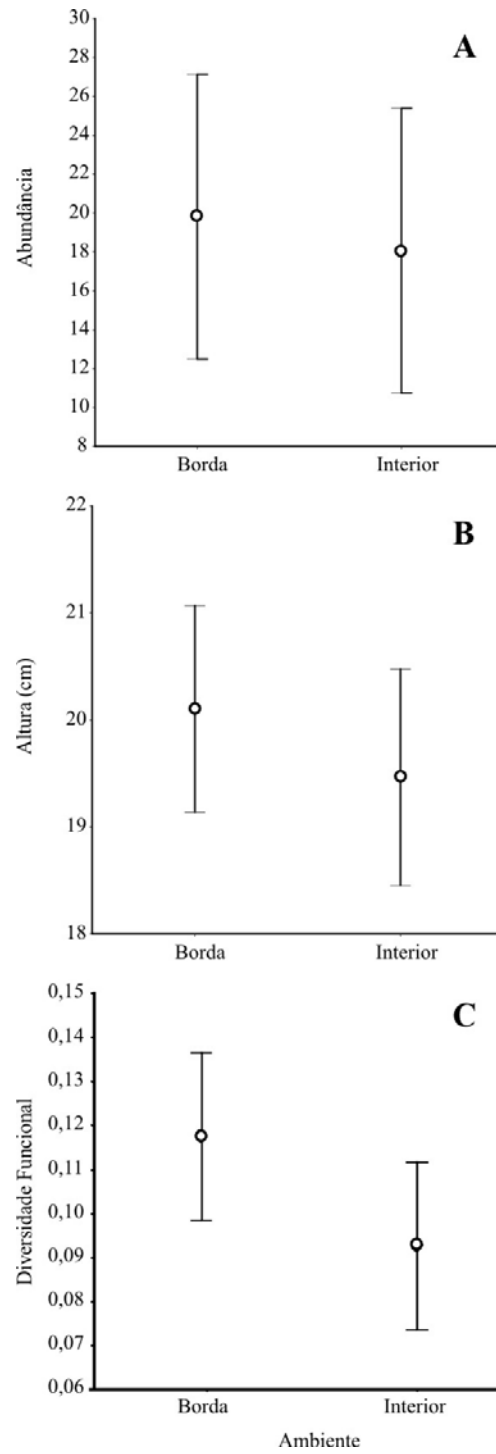


Figura 1: (A) Abundância, (B) altura e (C) diversidade funcional de plântulas de borda e interior da floresta em uma área da Amazônia Central. As barras verticais indicam o intervalo de confiança de 0,95.

Discussão

O fato de não haver diferença na abundância de plântulas entre as áreas da borda e do interior da floresta sugere que o recrutamento de plântulas na borda não foi maior que no interior. Esse resultado difere de trabalhos anteriores que mostraram uma maior taxa de recrutamento em resposta à formação de borda em uma área de floresta amazônica (Sizer & Tanner 1999). Da mesma maneira, os dados de abundância não suportam a hipótese de que a estratégia r-seletiva, na qual há um maior investimento em reprodução, e conseqüente aumento do número de indivíduos jovens, seja mais comum na borda.

A semelhança nas médias de alturas das plântulas, por sua vez, sugere que os indivíduos da borda possuem a mesma distribuição etária dos indivíduos do interior da floresta. Nesse caso, o maior dinamismo do ambiente de borda da floresta em relação ao interior (Laurance *et al.* 1998, Sizer & Tanner 1999, Silva & Tabarelli 2000, Laurance *et al.* 2002) não está expresso na estrutura demográfica (abundância e idade) das plântulas estudadas.

A semelhança na média dos valores de diversidade funcional entre as áreas da borda e do interior da floresta indica as espécies da borda não são funcionalmente diferentes das espécies que ocorrem no interior. Ao contrário do esperado, as condições da borda da floresta não atuam como um filtro ambiental sobre as plântulas. Neste caso, não ocorre seleção de indivíduos com características específicas que os permitam sobreviver à borda, e, portanto, não há redução da diversidade funcional dessa comunidade.

Os três conjuntos de dados apresentados nesse trabalho sugerem que a borda não representa um ambiente diferente do interior da floresta em termos de demografia e funcionalidade de plântulas. Tanto as características da borda quanto aquelas do interior da floresta estudada podem explicar essa semelhança. Áreas de interior de florestas contínuas têm sido, em geral, consideradas como um ambiente mais estável (Chazdon 2003). No entanto, florestas consideradas antigas estão sujeitas a perturbações importantes como dinâmica de clareiras causada pela morte de árvores senescentes, perturbações naturais intensas como

tempestades de vento e ainda ocupações humanas pré-históricas que podem ter alterado a dinâmica florestal, reduzindo essa estabilidade (Rebertus *et al.* 1997, Tanaka & Nakashizuka 1997, Chazdon 2003) . Essas perturbações afetam as áreas do interior da floresta e tornam esse ambiente mais dinâmico e com características mais próximas àquelas encontradas na borda. O efeito de borda, por sua vez, vem sendo avaliado em áreas de abertura de fronteira agrícola, onde as características da matriz são muito mais severas e os fragmentos remanescentes geralmente são pequenos (hiperfragmentação) (Laurance *et al.* 1998, Silva & Tabarelli 2000). A borda que avaliei é formada por uma estrada que corta uma extensa área de floresta contínua. Essa área é fonte de propágulos de árvores do interior da floresta para áreas de borda. Desta maneira, a intensidade das alterações ambientais causadas pela borda pode ser menor no sistema que avaliei.

Agradecimentos

Eu agradeço aos coordenadores do EFA 2010, Paulo E. C. Peixoto e Paulo E. Bobrowiec, às monitoras Cláudia Paz e Daniele Kasper pelo empenho em concretizar a idéia de

aprendermos juntos a fazer ciência na floresta por 30 dias. Os professores convidados tiveram um papel especial nessa empreitada, compartilhando suas experiências com a única motivação de debater hipóteses ecológicas. A equipe do PDBFF foi fundamental, eficiente e atenciosa. P.E.C. Peixoto teve ainda uma importante contribuição na tabulação dos dados, assim como Bruno B. L. Cintra e D. Kasper. Gláucia M.A. Oliveira foi uma ótima companheira de campo e deu a maior mão na coleta dos dados. Marcelo Tabarelli contribuiu para o desenho do projeto e criou o “*Amazon Forest Woody Seedlings Functional Diversity Drivers Project*”. Marcus Cianciaruso inspirou o trabalho com DF e ajudou na proposta desse projeto ainda na fase de inscrição. Os colegas do EFA 2010, em especial a *The Roof Club*, que proporcionaram momentos inesquecíveis na Amazônia Central.

Referências

- Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Oxford: Blackwell Publishing.
- Chazdon, R.L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact

- and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6:51-71.
- Cianciaruso, M.V., I.A. Silva & M.A. Batalha. 2009a. Phylogenetic and functional diversities: new approaches to community Ecology. *Biota Neotropica*. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?article+bn01309032009>.
- Cianciaruso, M.V., M.A. Batalha, K.J. Gaston & O.L. Petchey. 2009b. Including intraspecific variability in functional diversity. *Ecology*, 90:81-89.
- Hansen M.C., S.V. Stehman & P.V. Potapov. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (no prelo).
- Keddy, P.A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 3:157-164.
- Laurance, W.F., L.V. Ferreira, J. Rankin-de-Merona, & S.G. Laurance. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, 69: 2032-2040.
- Laurance, W.F., T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Didham, P.C. Stouffer, C. Gascon, R.O. Bierregaard, S.G. Laurance & E. Sampaio. 2002. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. *Conservation Biology*, 16:605-618.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier.
- MacArthur, R. & R. Levins. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *American Naturalist*, 101:377-385.
- Oliveira, M.A., A.S. Grillo & M. Tabarelli. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx*, 38:389-394.
- Petchey, O.L. & K.J. Gaston. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5:402-411.
- R Development Core Team. 2009 R: A language and environment for statistical computing, ver. 2.8.1. Vienna: R Foundation for

- Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org>. Acessado em outubro de 2009.
- Rebertus, A.J., T. Kitzberger, T.T. Veblen & L.M. Roovers. 1997. Blowdown history and landscape patterns in the Andes of Tierra del Fuego, Argentina. *Ecology*, 78: 678-692.
- Ribeiro, J.E.L.S., M.J.G. Hopkins, A. Vicentini, C.A. Sothers, M.A. Costa, J.M. Brito, M.A.D. Souza, L.H.P. Martins, L.G. Lohmann, P.A.C.L. Assunção, E.C. Pereira, C.F. Silva, M.R. Mesquita, L.C. Procópio. 1999. Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA.
- Ries, L., R.J. Fletcher Jr., J. Battin & T.D. Sisk. 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability Explained. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35:491-522.
- Silva, J.M.C. & M. Tabarelli. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. *Nature*, 404:72-74.
- Sizer, N. & E.V.J. Tanner. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation*, 91:135-142.
- Tanaka, H. & T. Nakashizuka. 1997. Fifteen years of canopy dynamics analyzed by aerial photographs in a temperate deciduous forest, Japan. *Ecology*, 78:612-620.