



# PADRÕES ESPACIAIS DE DIVERSIDADE DE FLORESTAS ATLÂNTICAS PERTURBADAS POR ATIVIDADES DE MINERAÇÃO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO DE MINAS GERAIS.

S. P. Paro<sup>1</sup>

J. A. A. Meira - Neto<sup>1</sup>; F.M. Coelho<sup>1</sup>

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Vegetal, Laboratório de Ecologia Vegetal, Campus universitário, 36570 - 000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Telefone: 31 3899 2651-soniellepereira@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A dinâmica das comunidades vegetais é algo que há muito desperta a curiosidade e o interesse de pesquisadores. Neste cenário, destacam - se as florestas tropicais, detentoras de alta diversidade biológica e importância ecológica (Begon, 2006; ODUM, 2007; Ricklefs, 1990; Dawkins, 1958). Dentre as várias tentativas de entender a estrutura e funcionamento das comunidades vegetais e de quantificar a diversidade florística presente nelas, tem - se a Relação Espécie-Área (SAR). A relação espécie - área consiste no número de espécies de uma região ser uma função positiva da área (Connor e McCoy, 2001). O padrão de aumento da riqueza de espécies com o aumento da área é tido como uma das poucas “leis” da ecologia de comunidades (Schoener, 1976) e tem sido comprovado por décadas (Fisher *et al.*, 1943; Preston, 1948, 1962; MacArthur & Wilson, 1967). A relação espécie - área é representada pela equação  $S = C.A^z$ , proposta por Arrhenius em 1921 e que ficou conhecida pelo modelo de Função Potência ou *Power - Law*. Nesta equação,  $S$  é a riqueza de espécies;  $A$  é a área amostral;  $C$  e  $z$  são as constantes intercepto e inclinação, respectivamente. A forma linearizada da equação é representada por  $\log S = \log C + z \log A$ , onde  $\log C$  representa a diversidade  $\alpha$  (alfa) e  $z$  a diversidade  $\beta$  (beta). Graficamente, a curva espécie - área resultante é representada pela riqueza de espécies no eixo das ordenadas e a área no eixo das abscissas.

A riqueza de espécies é adotada, pois é o caminho mais simples de descrever a diversidade local e regional (Magurran, 1988). Além da riqueza, os índices de diversidade apresentam - se como uma das ferramentas mais utilizadas, e aliados à teoria da relação espécie - área, proporcionam um avanço na compreensão das dinâmicas de comunidades. Tais índices permitem a comparação da biodiversidade de duas ou mais comunidades através dos parâmetros riqueza de espécies e distribuição de abundância.

A diversidade vegetal no Quadrilátero Ferrífero - MG é um interessante objeto de estudo, pois está em um contexto geo

- ambiental que tem como características uma topografia composta por depressões, vales encaixados, importantes extensões de mata densa, áreas de nascentes, concentração de reservas minerais e os melhores mananciais de abastecimento de água da região metropolitana de Belo Horizonte (Souza, 2006). Suas reservas atuais de minério de ferro estão em aproximadamente 29 bilhões de toneladas. Dessa forma, a influência das atividades da mineração nos recursos ambientais é bastante significativa (Prado Filho & Souza, 2004). Atualmente, existem ali mais de 50 minas a céu aberto em atividade (DNPM, 2006), resultando na completa alteração da paisagem, com enormes impactos nas biodiversidades local e regional (Bradshaw, 1997; Toy e Griffith, 2001; Teixeira e Lemos FILHO, 2002). Em se tratando da flora, a supressão de vegetação em extensas áreas e as queimadas são os principais impactos da implantação de atividades mineradoras. Dessa forma, torna - se necessário dimensionar e diagnosticar a diversidade que ainda resta nessa região, a fim de direcionar esforços para a conservação das comunidades florestais remanescentes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos (1) aplicar o modelo *Power - Law* da relação espécie - área em comunidades de Floresta Estacional Semidecidual do Quadrilátero Ferrífero - MG que estão sob influência de atividades exploradoras de recursos naturais; (2) obter estimativas de diversidade local e regional e compará - las às diversidades encontradas em comunidades florestais melhor conservadas. Os dois objetivos se relacionam com a hipótese de que é possível inferir sobre a qualidade do ambiente a partir dos padrões espaciais de riqueza (SAR).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho consistem de uma listagem de indivíduos arbóreos com Circunferência a Altura do Peito maior ou igual a 15 cm, identificados em espécies. São provenientes de cinco áreas onde foram realizados levantamentos referentes à consultorias prestadas para empresas de mineração para fins de licenciamento ambiental. As áreas amostradas estão situadas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, na fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual. O Quadrilátero ferrífero é uma região do estado de Minas Gerais, localizada poucos quilômetros a leste de Belo Horizonte e estende - se por aproximadamente 7200km<sup>2</sup>. Seus limites se dão ao norte, pelo alinhamento da Serra do Curral; ao sul, pela Serra de Ouro Branco; a oeste, pela Serra da Moeda e, a leste, pelo conjunto formado pela Serra do Caraça e pelo início da Serra do Espinhaço.

Na área Pedreira foram utilizadas 12 parcelas de 20x30m (600 m<sup>2</sup>) cada; na área Ipoema e Portaria foram 11 parcelas de 20x30m em cada uma; na área Linha de Transmissão foram selecionadas 24 parcelas de 10 x10m (100 m<sup>2</sup>) e por último, na área Maquiné foram 22 parcelas de 20x30m cada.

Os dados foram organizados de forma que possa ser calculada a diversidade para tamanhos gradualmente maiores de parcela. A metodologia de cálculo das curvas de rarefação espécie - área foi feita usando áreas de parcelas individuais e as agrupando em áreas maiores (de 2 em 2 parcelas, de 3 em 3, de 4 em 4...). Para os cálculos de rarefações espécie - área foram utilizados os procedimentos de Condit *et al.*, (1996).

A riqueza de espécies foi calculada para cada um dos agrupamentos, utilizando - se o software Mata Nativa 2.0 (Cientec, 2002). Posteriormente, para os valores de riqueza encontrados para cada parcela nas situações de agrupamento, foi feita a média da riqueza de espécies. Dessa forma, temos valores médios de aumento no número de espécies à medida que se aumenta o tamanho da parcela, que são plotados em um gráfico de dispersão, juntamente com uma linha de tendência que nos fornece o ajuste do modelo aos nossos dados através do R quadrático. Portanto, cada curva foi gerada pelo modelo *Power - Law*  $S = cA^z$  (Arrhenius, 1921). Outra maneira de se analisar os dados obtidos é plotando um gráfico do logaritmo das médias de riqueza de espécies e o logaritmo das respectivas áreas, de forma a linearizar e obter uma reta através da equação  $\log S = \log C + z \log A$ . Dessa forma,  $\log C$  é o intercepto no eixo y, onde a área é zero, o que expressa a diversidade pontual (diversidade  $\alpha$ ). A constante Z é a inclinação da reta, que estima o aumento do número de espécies à medida que se acrescenta área de amostragem (diversidade  $\beta$ ). Portanto, podemos fazer a comparação estatística dos interceptos C e das inclinações pelos seus desvios padrões. As regressões e respectivos testes F foram calculados segundo Bourg (2006).

## RESULTADOS

Foram amostrados 7989 indivíduos arbóreos em 81 parcelas lançadas, totalizando uma área de 3,66 ha. Para as cinco áreas amostrais, a riqueza de espécies aumenta em função

do tamanho da área de acordo com o modelo proposto ( $p < 0,01$ ).

A equação forneceu um ajuste considerado alto para todas as áreas amostradas, que pode ser observado pelo valor de R<sup>2</sup>. Este valor indica a variação da riqueza de espécies em torno da sua média que é explicada pela equação de Arrhenius. Foram encontrados valores de R<sup>2</sup> de 0,978 para a área Pedreira, 0,979 para a área Ipoema, 0,977 para a área Portaria, 0,977 para a área Linha de Transmissão e 0,994 para Maquiné.

A equação linearizada nos forneceu ainda a estimativa dos valores de diversidade  $\alpha$  (alfa) e  $\beta$  (beta) para as comunidades estudadas. A diversidade  $\alpha$  foi maior na área Portaria ( $\alpha = 0,3321$ ). As áreas Pedreira, Ipoema e Maquiné não apresentaram diferença quanto ao valor de  $\alpha$  ( $\alpha = 0,0676, 0,0398$  e  $0,0039$ , respectivamente) enquanto a área Linha de transmissão obteve o menor valor dentre todas ( $\alpha = - 0,137$ ).

A diversidade  $\beta$  foi claramente maior na área Linha de Transmissão ( $\beta = 0,6710$ ). As áreas Pedreira, Ipoema e Maquiné não apresentaram diferença quanto ao valor de  $\beta$  ( $\beta = 0,5820, 0,5666$  e  $0,5657$ , respectivamente). A área com menor estimativa de diversidade  $\beta$  foi Portaria (0,4823). Dessa forma, a área Portaria, que apresentou maior diversidade  $\alpha$ , apresentou também menor  $\beta$  e a área Linha de Transmissão, que apresentou menor diversidade  $\alpha$ , apresentou maior diversidade  $\beta$ .

Os valores de  $\alpha$  representam a densidade de espécies por metro quadrado encontrado na área de estudo. Dessa forma, na área Portaria, cujo  $\alpha$  foi o maior, tem - se 2,14 espécies por metro quadrado, e na área Linha de Transmissão, cujo  $\alpha$  foi o menor, tem - se 0,729 espécie por metro quadrado.

Os valores de  $\alpha$  encontrados para as cinco áreas variaram de - 0,137 a 0,3321. Meira - Neto (2009 inédito) encontrou 0,4118 para um fragmento florestal (área Capim) em melhor estado de conservação. É um valor significativamente superior ao maior valor encontrado neste estudo (0,3321).

Silva Jr. (2009) encontrou valores de diversidade  $\alpha$  menores que 0,3321 em fragmentos florestais de um parque estadual, mas maiores que todos os outros alfas encontrados para as áreas Pedreira, Ipoema, Linha de Transmissão e Maquiné. Isso mostra que o intercepto encontrado para a área Portaria é expressivamente alto. Em contrapartida, os valores das demais quatro áreas foram muito baixos, menores que os de Meira - Neto e Silva Jr.

Tomou - se a área Capim (Meira - Neto, 2009 inédito) como parâmetro de fragmento florestal bem conservado. Dessa forma, a área Portaria apresenta o valor do intercepto próximo ao valor da área Capim, enquanto a área Maquiné apresentou um valor de intercepto inferior aos das áreas Portaria e Capim.

Entretanto, a área Maquiné não sofreu perturbações da magnitude das ocorridas nas demais áreas desse estudo e, portanto, apresenta - se mais conservada, o que a torna mais similar à área Capim. Essa semelhança é ratificada pela baixa variância que as áreas Maquiné e Capim apresentaram em relação às demais áreas de estudo.

## CONCLUSÃO

Os resultados atestam que a variância das áreas Maquiné e Capim são menores. Portanto, o parâmetro associado com a conservação das florestas, neste caso, é a menor variância e não os maiores valores de diversidade  $\alpha$  ou  $\beta$ .

Além disso, a visão da densidade de espécies por área nos dá uma visão espacial da riqueza e distribuição das espécies, bem como uma noção mais realista do ambiente. As rarefações se mostram como um complemento aos índices de diversidade como o de Shannon - Weaver ( $H'$ ) e Simpson (D), pois são estimativas espaciais de diversidade local e regional.

## REFERÊNCIAS

- Arrhenius, O. Species and area. *Journal of Ecology*, 9: 95 - 99, 1921.
- Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. *Ecology*. 4 ed., 2006.
- Bourg, D. M. *Excel scientific and engineering cookbook*. Sebastopol: O'Reilly, 2006. 424p.
- Bradshaw, A. Restoration of mined lands-using natural processes. *Ecological Engineering*, 8: 255 - 269, 1997.
- Condit, R., Hubbell, S. P., Lafrankie, J. V, Sukumar, R., Manokaran, N., Foster, R. B. & Ashton, P. S. Species - area and species - individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50 ha plots. *Journal of Ecology*, 84: 549 - 562, 1996.
- Connor, E.F., McCoy, E. Species - Area Relationships. *Encyclopedia of Biodiversity*, 5: 397 - 411, 2001.
- Dawkins, H.C. *The management of natural tropical high-forest with especial reference to Uganda*. Oxford: Imperial Forestry Institute, 1958. 155 p.
- Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. *Sumário mineral*. Brasília: 2006. 122p.
- Fisher, R.A., Corbert, A.S., Williams, C.B. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12: 42 - 58, 1943.
- MacArthur, R.H., Wilson, E.O. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.
- Magurran, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179 p.
- Odum, E.P. *Ecologia*. Ed. Guanabara - Koogan, 2007. 623 p.
- Prado Filho, J. F. do & Souza, M. P.O Licenciamento Ambiental da Mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais-Uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAS/RIMAS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9: 343 - 349, 2004.
- Preston, F.W. The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 43: 185 - 215, 410 - 432, 1962.
- Preston, F.W. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254 - 283, 1948.
- Ricklefs, R.E. *Ecology*. New York: W.H. Freeman and Company, 1990.
- Schoener, T.W. The species - area relationship within archipelagoes: models and evidence from land birds. In: Ornithological Congress, 16, 1976, Canberra. **Proceedings...** Canberra: H.J. Frith & J.H. Calaby (Eds.), Australian Academy of Sciences, p.629 - 42, 1976.
- Silva - Júnior, W.M., Melo, F.R., Moreira, L.S., Barbosa, F.F., Meira - Neto, J.A.A. 2009. Structure of brazilian atlantic forests with occurrence of the woolly spider monkey (*Brachyteles hypoxanthus*). *Ecological Research*. In press.
- Souza, C.G. Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda-Quadrilátero Ferrífero/MG. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2006.
- Teixeira, W. A.; Lemos Filho, J. P. Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26: 25 - 33, 2002.
- Toy, T. J.; Griffith, J. J. Changing surface - mine reclamation practices in Minas Gerais, Brazil. *International Journal of Surfaces Mining, Reclamation and Environment*, 15: 33 - 51, 2001.