



ABUNDÂNCIA, DENSIDADE E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES ARBUSTIVO - ARBÓREAS E VARIÁVEIS EDÁFICAS EM UM FRAGMENTO DE CERRADO SENSU STRICTO

Vinicius de Lima Dantas

Marco Antônio P. L. Batalha

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Brasil. Rod. Washington Luís, km.235. 13.565.905, São Carlos, SP, Brasil. Correio eletrônico: viniciusldantas@gmail.com

INTRODUÇÃO

Fatores ambientais, características populacionais intrínsecas e regimes de perturbação são de grande relevância na distribuição das espécies de plantas em diferentes escalas (Ettema & Wardle 2002). Dois processos são reconhecidos como os principais responsáveis por essa distribuição: a exclusão competitiva e os filtros ambientais (Webb *et al.*, 2002, Watkins & Wilson 2003).

Muitos estudos empíricos têm se focado na relação entre as variáveis do solo e a composição de espécies nas comunidades (Ettema & Wardle 2002, Schlesinger 1996). Características químicas e físicas do solo influenciam fortemente a distribuição de plantas em solos tropicais (Sollings 1998), atuando como um importante filtro ambiental.

Em áreas de cerrado, variações nas características físicas e químicas do solo, juntamente com o fogo, são responsáveis pela distribuição do cerrado e seu gradiente fisionômico. Assim, essas variações são geralmente acompanhadas de mudanças na composição florística, na estrutura e na produtividade das plantas (Coutinho 1990, Haridasan 2000).

Apesar de muitos estudos relacionando variáveis edáficas e vegetação de cerrado, a maioria está focada na relação entre as fisionomias e as características do solo (e.g., Ruggiero *et al.*, 2002). Tendo em vista que os componentes do solo variam muito a curtas distâncias, chegando a ser encontradas grandes variações em áreas não maiores que 1 m² (Downes & Beckwith 1951), é interessante conhecer a influência que as variáveis edáficas podem ter em escalas menores, como por exemplo, dentro das fisionomias de cerrado.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é responder às seguintes perguntas, em escala fina, em fisionomia de cerrado sensu stricto: solos mais férteis abrigam maiores densidade e diversidade de espécies do componente arbustivo - arbóreo? As variáveis

edáficas são importantes para explicar a abundância das espécies do componente arbustivo - arbóreo? Assumindo que o solo esteja entre os mais importantes filtros ambientais do cerrado, esperamos que solos mais férteis abrigassem uma maior diversidade já que haveria maior disponibilidade de recursos. Além disso, esperamos que cada espécie tenha adaptações para viver em diferentes solos, assim, a composição das espécies deve acompanhar este gradiente de solo e sua distribuição deve estar intimamente relacionada a este fator.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido em um fragmento de cerrado sensu stricto, protegido de visitação e localizado na Reserva Legal da Universidade Federal de São Carlos, no município de São Carlos, SP (22°00' - 30'S, 47°30' - 48°00'W). O solo da região é do tipo Latossolo Vermelho - Amarelo e a altitude média é de 850 m (Santos *et al.*, 1999). O clima é estacional e classificado como Cwa, temperado quente com inverno seco (Köppen 1931). De acordo com dados obtidos na estação meteorológica de São Carlos, de 1969 a 1998, a temperatura média anual da região é de 21,3°C e a precipitação média mensal é de 131,3 mm.

Em uma grade de 50 m x 50 m, lançamos 100 parcelas contíguas de 5 m por 5 m, nas quais amostramos todos os indivíduos do componente arbustivo - arbóreo (mais de 3 cm de diâmetro no nível do solo; SMA 1997) e identificamos todos os indivíduos em nível específico, com uma chave de identificação baseada em caracteres vegetativos (Batalha & Mantovani 1999) ou por comparação com exsicatas depositadas nos herbários da Universidade Federal de São Carlos (Hufscar) e da Universidade Estadual de Campinas (UEC). Coletamos amostras da camada superficial (0 - 5 cm) para testar as relações do solo com a vegetação. Para cada parcela, coletamos uma amostra composta, obtida por meio de cinco subamostras, uma em cada um dos cantos da parcela e a última no centro. Acondicionamos as amostras

em sacos plásticos, devidamente identificados, e as enviamos para análises no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciências do Solo da Esalq - USP, onde foram feitas análises químicas e físicas do solo seguindo os protocolos de Raij *et al.*, (1987), Embrapa (1997), Silva (1999) e Raij *et al.*, (2001). As variáveis medidas na análise química foram: pH, matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), hidrogênio (H), concentração total de nitrogênio (N) e os íons trocáveis potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{+2}) e alumínio (Al^{+3}). Além disso, foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (T), saturação de base (V) e saturação de alumínio (saturação). Para a análise física, foi determinado o conteúdo de areia, silte e argila.

As amostras secas ao ar foram peneiradas (2,0 mm) e analisadas quanto à matéria orgânica total por espectrofotometria após oxidação com dicromato de sódio em presença de ácido sulfúrico e titração subsequente com sulfato ferroso amoníaco, o fósforo foi determinado por espectrofotometria após extração com resina de troca de ânions, o alumínio trocável e os cátions básicos (K, Ca, Mg) foram extraídos com KCl a 1 mol L⁻¹, resina de troca de cátions e SMP tampão, respectivamente, a capacidade de troca catiônica foi determinada pela soma K, Ca e Mg, a saturação por bases foi calculada como uma porcentagem da capacidade de troca catiônica total, a saturação por alumínio foi calculada com base na capacidade de troca de cátions efetiva a soma de base foi representada pela soma de Ca, Mg e K, e o pH do solo foi determinado em solução de $CaCl_2$ (0.01 M). A concentração total de nitrogênio foi obtida por meio de digestão com H_2SO_4 , seguida de destilação com NaOH. As análises granulométricas seguiram o método de Boyoucos, descrito por Camargo *et al.*, (1986), para determinar as porcentagens de areia, silte e argila.

Para realizar as análises estatísticas deste trabalho, usamos o pacote 'Vegan' para o aplicativo R (R Development Team 2008). Padronizamos as variáveis edáficas de acordo com sua amplitude antes de efetuar as análises. Realizamos uma análise de variância para testar a existência de diferença significativa entre as variáveis edáficas nas amostras. Calculamos a densidade de indivíduos por parcela, o índice de diversidade de Shannon e a equabilidade de Pielou e fizemos regressões múltiplas para cada um desses valores para a obtenção da correlação entre eles e as variáveis edáficas. Para testar a relação entre a abundância de espécies e as variáveis edáficas, fizemos uma análise de correspondência canônica parcial (ACC parcial), controlando a autocorrelação espacial. Após a escolha do melhor modelo de ACC pelo critério de informação de Akaike (AIC), repetimos a AAC parcial com as variáveis edáficas selecionadas no melhor modelo.

RESULTADOS

Amostramos 62 espécies de 27 famílias. As espécies mais abundantes foram *Myrsine umbellata* Mart., *Vochysia tucanorum* Mart., *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC., *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker e *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. As famílias

mais abundantes foram Fabaceae (com oito espécies), Myrtaceae (com seis espécies), Malpighiaceae e Melastomataceae (com quatro espécies cada), e Annonaceae, Erythroxylaceae e Rubiaceae (com três espécies cada), somando 50% do total de espécies amostradas. De uma forma geral, o solo na área estudada apresentou - se distrófico ($Ca < 0,4$ cmol_cKg⁻¹), alíco ($Al > 1,7$ cmol_cKg⁻¹) e ácido (pH < 4,5). As variáveis que apresentaram diferença significativa entre as amostras foram pH (p < 0,001), matéria orgânica (p < 0,001), P (p < 0,001), K (p < 0,001), Al (p = 0,048), V (p = 0,041) e N (p = 0,043).

O índice de diversidade de Shannon mostrou correlação positiva com P (p = 0,026). A equabilidade de Pielou correlacionou - se positivamente com pH (p = 0,045) e negativamente com matéria orgânica (p = 0,038) e com P (p = 0,003). A densidade de indivíduos por parcela, por sua vez, correlacionou - se positivamente com a matéria orgânica (p = 0,030).

O melhor modelo para a ACC de acordo com o valor mais baixo de AIC foi o que considerava apenas as variáveis pH, fósforo e alumínio. Apesar do modelo ser significativo (p = 0,005), os eixos 1 e 2 explicaram pouco a distribuição das abundâncias das espécies, apenas 2,2% e 1,7%, respectivamente.

O solo da área de estudo parece similar ao encontrado por outros autores em regiões de cerrado sensu stricto (e.g., Marimon Junior & Haridasan 2005). E seguem, de uma forma geral, o padrão encontrado para solos de cerrado (Queiroz - Neto 1982, Lopes 1984, Reatto *et al.*, 1998). Nem todas as variáveis edáficas demonstraram relação com os índices de diversidade, entretanto a disponibilidade de fósforo aumentou proporcionalmente em relação à diversidade. O fósforo é um nutriente importante para o metabolismo basal e a as sínteses das plantas, e a deficiência deste mineral nas angiospermas é reconhecida como sendo a perturbação do processo reprodutivo (retardamento da floração), além de gerar plantas com forma delgada e comprida, descoloração verde - escura e bronze violeta das folhas e caules (Larcher 2000). Além disso, baixa disponibilidade de fósforo aumenta significativamente a proporção de leguminosas (família Fabaceae) (Elisseou *et al.*, 1995 Janssens *et al.*, 1998), o que pode explicar a variação encontrada para o índice de diversidade já que essa foi a família mais abundante no fragmento. Quanto à equabilidade, sua relação positiva com pH e negativa com a matéria orgânica e P indicaram que a adaptação a solos ácidos deve ser um traço comum a várias espécies de cerrado, enquanto que a adaptação a solos deficientes em MO e P deve ser um traço restrito a algumas espécies.

Os resultados da análise de correspondência canônica apontaram para uma ausência de relação entre variáveis edáficas e a abundância das espécies na escala estudada. Isso sugere que, embora as variáveis edáficas-ou pelo menos algumas delas-sejam capazes de prever a densidade, a diversidade e a equabilidade na comunidade estudada, elas não prevêm a composição florística-ao menos, em pequena escala. É possível que outras variáveis ambientais ou interações interespecíficas determinem a composição florística nessa escala, mas é necessário testar também se essa composição é explicada por fatores estocásticos, como prevê a teoria

neutra de Hubbel (2001).

Outros trabalhos (Ruggiero *et al.*, 2002, Marimon Junior & Haridasan 2005) também têm demonstrado ausência de relação entre variáveis edáficas e vegetação de cerrado. Goodland & Pollard (1973) observaram uma separação florística evidente entre campo cerrado e cerrado, entretanto, esses autores também não encontraram uma variação correspondente nas variáveis edáficas. Por outro lado, outros autores (Batista 1988, Silva Júnior *et al.*, 1988) encontraram relação entre a vegetação de cerrado e os nutrientes do solo, o que demonstra que, apesar de muito já ter sido discutido sobre a relação solo - vegetação no cerrado, ainda existe certa incerteza sobre o assunto. Ademais, os resultados indicam que a relação entre a vegetação de cerrado e os nutrientes do solo são dependentes da escala estudada, não sendo as variáveis edáficas responsáveis pela abundâncias das espécies de cerrado em escalas mais finas.

CONCLUSÃO

Fomos capazes de responder com sucesso as perguntas traçadas, mas outras hipóteses devem ser testadas, notadamente a aplicabilidade da teoria neutra para prever a distribuição de espécies de cerrado em pequena escala.

Na escala estudada, as variáveis edáficas influenciam características mais gerais de comunidade de cerrado *sensu stricto* como densidade, diversidade e equabilidade, mas não são importantes na determinação da abundância das espécies.

REFERÊNCIAS

Batista EA. 1988. Influência de fatores edáficos no cerrado da Reserva Biológica de Mogi - Guaçu, SP. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP.

Batalha MA. & Mantovani W. 1999. Chaves de identificação das espécies vegetais vasculares baseadas em caracteres vegetativos para a ARIE Cerrado Pé - de - Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). *Revista do Instituto Florestal* 11: 137 - 158.

Camargo OA de, Moniz AC, Jorge JA & Valadares JMOS. 1986. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do instituto agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas.

Coutinho LM. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. *Ecological Studies* 84: 82 - 105

Downes RG. & Beckwith RS. 1951. Studies in the variation of soil reaction. I. Field variation at Barooga, N.S.W. *Australian Journal of Agricultural Research* 2:60:72.

Elisseou, GC., Veresoglou, DS. & Mamolos, AP., 1995. Vegetation productivity and diversity of acid grasslands in northern Greece as influenced by winter rainfall and limiting nutrients. *Acta Oecologica* 16: 687 - 702.

Embrapa 1997. Manual de métodos de análise do solo. Embrapa, Rio de Janeiro.

Ettrema CH. & Wardle DA. 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 177 - 183.

Goodland R. & Pollard R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219 - 224

Haridasan M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12: 54 - 64.

Hubbel SP. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Janssens F, Peters A, Tallowin JRB, Bakker JP, Bekker RM, Fillat F & Oomes MJM. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant Soil* 202: 69 - 78.

Köppen W. 1931. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin, Gruyter.

Kumatiski A, Beard KH, Stevens JR & Cobbold SM. 2008. Plant - soil feedbacks: a meta - analytical review. *Ecology Letters* 11: 980 - 992.

Larcher W. 2000. A utilização dos elementos minerais. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, Rima, p. 183 - 230

Lopes AS. 1984. Solos sob "cerrado". Características, propriedades e manejo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato.

Marimon Junior BH & Haridasan M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sob solos distróficos no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 19(4): 913:926.

Queiroz - Neto JP. 1982 Solos da região do cerrado e suas interpretações (revisão de literatura). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 6: 1 - 12.

R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. Wien, R Foundation for Statistical Computing (<http://www.r-project.org>).

Raij B van, Quaggio JA, Cantarella H, Ferreira ME, Lopes AS & Bataglia OC. 1987. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill.

Raij B, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. 2001. Análise química para a avaliação de fertilidade de solos tropicais. Instituto agrônomo, Campinas.

Reatto A, Correia JR & Spera ST. 1998. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In Sano SM & Almeida SP. *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, Embrapa, p. 47 - 86.

Ruggiero PGC, Batalha MA, Pivello VR & Meirelles ST. 2002. Soil - vegetation relationships in cerrado (Brazilian savana) and semideciduous Forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160: 1 - 16.

Santos JE, Paese A & Pires JSR. 1999. Unidades de Paisagem (biótopos) do campus da Ufscar. São Carlos, Ufscar.

Schlesinger WH. 1996. On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems. *Ecology* 77: 364 - 374.

Silva FC. 1999 Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa, Brasília, BR.

Silva Jr MC. da, Barros MF. de & Cândido JF. 1987. Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 10:125 - 137

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1997. Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo. SMA, São Paulo.

Sollins P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain Forest: does soil matter? *Ecology* 79:23 - 30

Watkins AJ & Wilson JB. 2003. Local texture convergence:

a new approach to seeking assembly rules. *Oikos* 102: 525 - 532.

Webb CO, Ackerly DD, McPeck MA & Donoghue MJ. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 475 - 505.