



ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE SOLO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM DIFERENTES FISIONOMIAS DE CERRADO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS, SP

A.C.C. Assis¹

R.M. Coelho¹, E.S. Pinheiro² & G. Durigan³

¹ Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Caixa Postal 28, CEP 13020 - 902, Campinas, SP, Brasil. Tel.: 55 19 3241 5893-ana.agrocarol@gmail.com ² Universidade Federal do Amazonas. Campus Universitário, CEP 69077 - 000, Manaus, AM, Brasil. ³ Instituto Florestal, Floresta Estadual de Assis, Caixa Postal 104, CEP 19800 - 000 Assis, SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

A vegetação de cerrado *lato sensu* caracteriza - se por um mosaico de fisionomias, que compreende campo limpo, campo sujo e campo rupestre (formações campestres); cerrado *stricto sensu* - dividido nas subclasses cerrado típico e cerrado denso, cerrado ralo e cerrado rupestre (formações savânicas); e cerradão, matas de galeria, matas ciliares e matas secas (formações florestais), segundo classificação de Ribeiro & Walter (1998).

Acredita - se que a ocorrência da peculiar vegetação de cerrado esteja associada a diversos fatores, como: longo período de seca, baixo teor de nutrientes, excesso de alumínio trocável, regime de fogo e flutuações climáticas do período Quaternário (Oliveira Filho & Ratter, 2002). O solo é considerado um dos determinantes de maior importância para a distribuição de espécies e para a variação florística no cerrado (Ratter & Dargie, 1992), pois não só é responsável pela fertilidade do solo, como também controla a disponibilidade de água para as plantas, agravando ou atenuando períodos de seca atmosférica.

Ruggiero *et al.*, (2006), tentando esclarecer as relações entre a vegetação e o solo em área de cerrado com base em análises multivariadas e em revisão de literatura, consideram que a hierarquia dos fatores condicionantes pode mudar entre locais e que fatores hidrológicos influenciam a estrutura e fisionomia da vegetação e, assim, colocam restrições sobre a importância dos aspectos nutricionais. Toppa (2004), também com o uso de técnicas de análise multivariada, indica que a capacidade de retenção de umidade do solo, relacionada com a granulometria, é o mais forte condicionante edáfico para as fisionomias e mesmo para a composição florística da vegetação de cerrado.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi verificar se diferentes fitofisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis e sua composição florística estão correlacionadas com características químicas e físicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Assis (EEcAssis), unidade de conservação de proteção integral, pertencente ao Instituto Florestal, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, localizada no município de Assis, SP, entre as coordenadas 22°33'65" e 22°36'68" S e 50°22'29" e 50°23'00" W. A região caracteriza - se pela transição climática entre os tipos Cwa e Cfa, segundo a classificação de Köppen, variando entre anos a duração do período seco. A Estação Ecológica de Assis possui 1.312 ha ocupados por vegetação nativa, compreendendo campo úmido, floresta paludícola, cerrado típico, cerrado denso, cerradão e ecótono cerrado/floresta estacional semidecidual (Durigan *et al.*, 1999).

De acordo com Rossi *et al.*, (2008), na EEcAssis predominam latossolos vermelhos de textura média (88 % da área) e argissolos vermelho - amarelos de textura arenosa/média (10 % da área), ambos distróficos. O restante da área (cerca de 2 %) é ocupado por gleissolos háplicos e neossolos quartzarênicos, ambos ditróficos.

2.2 - Estrutura, composição florística e dinâmica das diferentes fisionomias do cerrado

A amostragem da vegetação foi efetuada através do método de parcelas (Müller - Dombois & Ellenberg, 1974). Foram distribuídas aleatoriamente 30 parcelas de 20 x 50 m, sendo 10 parcelas para cada uma das fisionomias: parcelas 1, 6,

8, 9, 10, 14, 15, 16, 17 e 18 de cerrado denso; parcelas 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 19 e 20 de cerrado típico; e parcelas 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35 de cerradão. Os indivíduos arbóreos vivos e com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm foram identificados e numerados com etiqueta metálica e medidos com fita diamétrica. Das espécies que não puderam ser identificadas em campo foi coletado material botânico para comparação com exsiccatas depositadas na Coleção Botânica da Floresta Estadual de Assis, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

2.3 - Variáveis físicas e químicas de solos na diferenciação das fisionomias de cerrado

Em cada uma das 30 parcelas foram coletadas duas amostras compostas de solo, uma do horizonte superficial (A) de 0 a 20 cm e outra do horizonte subsuperficial (B) de 60 a 80 cm de profundidade. Cada uma dessas amostras por parcela foi composta por 10 sub - amostras, uma por sub - parcela experimental. Essas amostras foram analisadas para distribuição granulométrica (areia fina e grossa, silte e argila) de acordo com Camargo *et al.*, (1986) e química com fins de fertilidade (macronutrientes-Ca, Mg, K, Al, P; acidez potencial-H+Al; pH em CaCl₂; matéria orgânica e micronutrientes - B, Cu, Mn, Fe e Zn), de acordo com Raij *et al.*, (2001).

2.4 - Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados em duas matrizes, uma de parâmetros físicos e químicos dos solos (matriz ambiental) e outra de espécies, e foram analisados por correspondência canônica (CCA). Para compor a matriz ambiental, que tem o número de variáveis limitado pelo número de linhas da matriz-no caso, o número de parcelas (30)-foi realizada uma análise dos componentes principais (PCA) com as 42 variáveis de solo, 21 para cada horizonte, visando eliminar variáveis complementares e altamente correlacionadas. A matriz de espécies foi composta pelos indivíduos presentes em número igual ou maior que três em pelo menos uma das 30 parcelas, sendo desconsideradas as espécies raras devido à pouca ou nenhuma influência que representam nos resultados da ordenação. Os valores de abundância (a) das espécies selecionadas foram transformados pela expressão $\ln(a + 1)$ para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados, de acordo com as recomendações de ter Braak (1995).

As espécies que atenderam ao critério estabelecido são: *Acosmium subelegans* (Mohlenbr.) Yakovlev, *Amaioua intermedia* Mart., *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg., *Annona crassiflora* Mart., *Byrsonima laxiflora* Griseb., *Byrsonima* sp2, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Daphnopsis fasciculata* (Meisn.) Nevl., *Dimorphandra mollis* Benth., *Eriotheca gracilipes* (K.Schum.) A.Robyns, *Eugenia aurata* O.Berg, *Eugenia pluriflora* DC., *Faramea montevidensis* (Cham. & Schldl) DC., *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera, *Mabea fistulifera* Mart., *Machaerum acutifolium* Vogel, *Maprounea guianensis* Aubl., *Maytenus robusta* Reissek, *Miconia ligustroides* (DC.) Naudin, *Myrcia bella* Cambess, *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC., *Myrcia lingua* (O. Berg) Mattos & D. Legrand, *Myrcia multiflora* (Lam.) DC., *Myrcia venulosa* DC., *Nectandra cuspidata* Nees & Mart., *Ocotea corymbosa* (Meisn.) Mez., *Ocotea veloziana* (Meisn.) Mez., *Ouratea spectabilis* (Mart. ex

Engl.) Engl., *Pera obovata* (Klotzsch) Baill., *Persea wildevonii* Kosterm., *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker, *Plathymenia reticulata* Benth., *Platypodium elegans* Vogel, *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Pseudolmedia laevigata* Trécul, *Qualea cordata* (Mart.) Spreng., *Qualea grandiflora* Mart., *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez., *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez., *Sclerolobium paniculatum* Vogel, *Siparuna guianensis* Aubl., *Stryphnodendron obovatum* Benth., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl, *Tapirira guianensis* Aubl., *Terminalia glabrescens* Mart., *Vochysia tucanorum* Mart., *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart..

As duas matrizes foram submetidas à análise prévia da CCA, a partir da qual foram selecionadas as variáveis de solo com correlação ponderada superior a 0,4 com ao menos um dos dois primeiros eixos (Oliveira - Filho *et al.*, 1994; Ferreira *et al.*, 2007). Estas variáveis foram: argila, matéria orgânica, pH, acidez trocável e saturação por bases do horizonte superficial (A) e argila, acidez trocável, alumínio trocável, saturação por bases e saturação por alumínio do horizonte subsuperficial (B). Após esta seleção, procedeu - se uma nova análise de correspondência canônica, na qual foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo para verificar a significância das correlações entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais na CCA final. Os dados foram analisados pelo programa Fitopac 1.6 (Shepherd, 2006).

RESULTADOS

Os resultados da análise de correspondência canônica foram visualizados em diagramas de ordenação ("biplots"). As variáveis edáficas que apresentam valores de correlação (entre parênteses) acima de 0,4, em ordem decrescente e por eixo, são: argila - A (0,85), argila - B (0,79) e matéria orgânica - A (0,48), no eixo 1; saturação por alumínio - B (- 0,72) e pH - A (0,48), no eixo 2; saturação por bases - B (- 0,58 e 0,62) e A (- 0,55 e 0,57) e acidez trocável - A (0,55 e - 0,49) e B (0,51 e - 0,48), nos eixos 1 e 2, respectivamente; e alumínio trocável - B no eixo 2 (- 0,56) e no eixo 3 (0,51).

Estas variáveis explicam um total de 72,28% da variância global dos dados nos três primeiros eixos, 47,3% no primeiro, 15,18% no segundo e 9,8 no terceiro eixo, e seus respectivos autovalores são 0,43; 0,14 e 0,09. O teste de Monte Carlo, a 5%, foi significativo para os eixos 1 (p <0,01), 2 (p <0,05) e 3 (p <0,02). O autovalor do eixo 1 aproxima - se do considerado alto-acima de 0,5 (ter Braak, 1995), indicando a existência de um gradiente forte, i.e., com muitas substituições de espécies entre os dois extremos. O segundo e terceiro autovalores, indicam gradiente curto, onde a maioria das espécies distribui - se entre os dois extremos, com algumas delas variando apenas quanto à densidade de espécies (Dalanesi *et al.*, 2004).

Esses resultados indicam que as variáveis edáficas utilizadas explicam parcialmente as variações florístico - estruturais das diferentes fisionomias de cerrado na EEcAssis. A considerável variância remanescente, esperada em dados ecológicos, pode estar associada a variáveis ambientais

não registradas, como proximidade de fontes de propágulos, retenção de água pelo solo, posição topográfica, entre outras (Oliveira - Filho *et al.*, 1994; Nappo *et al.*, 2000).

Os resultados da ordenação mostraram uma clara separação das fisionomias de cerrado denso e típico das fisionomias de cerradão, com exceção da parcela 35, que não apareceu associada a nenhuma das variáveis de solo estudadas. Isso pode ter ocorrido devido à sua localização em uma área de transição-ecótono. Apenas nesta parcela foram identificadas as espécies *Byrsonima* sp. e *Ocotea velloziana*. Observou-se que as parcelas 12 (cerrado típico), 16, 17 e 18 (cerrado denso) se distanciaram das demais fisionomias de mesma classificação em relação ao seu padrão de variação. Os resultados da análise de solo mostram que na parcela 12 o teor de matéria orgânica - A é maior em relação às outras fisionomias de cerrado típico e que os teores de matéria orgânica - A, argila - A e B, alumínio - B, saturação por alumínio - B e acidez trocável - A e B das parcelas 16, 17 e 18 são maiores em relação às demais fisionomias savânicas. Essas variáveis de solo influenciam a composição florística, ainda que todos os solos amostrados tenham caráter álico.

Para o primeiro eixo de ordenação, que explica maior parte da variância, as espécies *Mabea fistulifera*, *Nectandra cuspidata*, *Daphnopsis fasciculata*, *Persea wildenovii* e *Terminalia glabrescens* estão diretamente associadas ao aumento do teor de argila - A e B e de matéria orgânica - A e são encontradas apenas nas parcelas de cerradão, excetuando-se as três últimas, que estão presentes em número de um ou dois indivíduos, nas parcelas 16 e 18. Por outro lado, as espécies *Annona crassiflora*, *Dimorphandra mollis*, *Piptocarpha rotundifolia* e *Gochnatia polymorpha*, encontradas apenas em cerrado típico e/ou denso (um ou dois indivíduos desta última em algumas parcelas de cerradão), estão correlacionadas com o decréscimo daquelas variáveis de solo. Um aumento no teor de argila pode aumentar a capacidade de o solo reter água, favorecendo, em solos de textura média e arenosa, uma vegetação de maior porte. O maior teor de matéria orgânica nos solos sob cerradão, porém, pode ser consequência da vegetação mais densa e a sua correlação com a composição florística pode ser indireta.

A espécie *Rapanea ferruginea* aparece associada ao aumento do teor de acidez trocável - A e B e é encontrada em cerradão. A variável saturação por bases - A e B, também significativa no primeiro eixo, tem seu comportamento inversamente proporcional ao da acidez trocável, refletindo - se da mesma forma nas espécies. Valores de saturação por bases mais elevados foram encontrados em amostras de solos sob cerrado denso e típico e se mostram diretamente associados com as espécies *Acosmium subelegans*, *Eriotheca gracilipes*, *Eugenia aurata*, *Myrcia lingua* e *Ouratea spectabilis*.

Para o segundo eixo de ordenação, as espécies *Eugenia pluriflora* e *Maytenus robusta*, encontradas no cerradão, estão diretamente associadas ao aumento do pH - A do solo, ainda que o resultado das análises de solo mostre uma pequena variação no valor desta variável (3,8 a 4,1), tanto entre as parcelas de cerradão quanto entre estas parcelas e as de cerrado denso ou típico. As espécies *Byrsonima laxiflora* e *Xylopia aromatica* aparecem associadas ao aumento do teor de alumínio trocável - B, sendo que a primeira é encontrada em parcelas de cerradão e nas cerrado denso 16 e 17 e a

última em todas as fisionomias da EECAssis, principalmente nas de cerradão e cerrado denso 16, 17 e 18. Já as espécies *Miconia ligustroides* e *Myrcia guianensis* se correlacionam com o aumento da saturação por alumínio, sendo que esta ocorre nas três fitofisionomias e aquela não ocorre em cerrado típico. Espécies como *Myrcia bella*, *Ouratea spectabilis*, *Platypodium elegans* e *Vochysia tucanorum*, além das que ocorrem apenas na parcela 35, não apresentam correlação com as variáveis edáficas estudadas. *Copaifera langsdorffii* e *Ocotea corymbosa* foram encontradas em todas as parcelas. Rossi *et al.*, (2005), constataram que vegetação de maior porte (floresta e cerradão) ocorre associada aos teores mais elevados de matéria orgânica e nutrientes em superfície e de argila em todo o perfil. Ferreira *et al.*, (2007), utilizando - se de CCA, identificaram no município de Campinas, SP, variáveis indicativas de retenção de água e fertilidade do solo como as mais significativas na diferenciação da fisionomia de cerrado daquela de floresta estacional, fisionomia predominante na região estudada. O presente estudo corrobora a importância da granulometria e da matéria orgânica na diferenciação de fitofisionomias.

CONCLUSÃO

As fisionomias savânicas são floristicamente distintas da fisionomia florestal (cerradão) e essas diferenças estão associadas às características edáficas.

Todas as parcelas estão sobre solos álicos, sugerindo que a distribuição das espécies é pouco ou não é limitada pelas variáveis químicas do solo, mas sim pela granulometria ao longo do perfil, que reporta a prováveis diferenças na capacidade de retenção de umidade do solo, que precisam ser estudadas.

A vegetação de cerradão está associada a teores mais elevados de matéria orgânica no horizonte superficial. Porém, não é possível estabelecer relação de causa e consequência para esta variável.

Maiores teores de argila favorecem vegetação de maior porte.

Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora, e ao CNPq, pela Bolsa Produtividade concedida à terceira autora.

REFERÊNCIAS

- Camargo, O.A. de; Moniz, A.C.; Jorge, J.A.; Valadares, J.M.A.S. 1986. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- Dalanesi, P.E.; Oliveira - Filho, A.T.; Fontes, M.A.L. 2004. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. Acta Botanica Brasílica, v.18, p.737 - 757.
- Durigan, G.; Bacic, M.C.; Franco, G.A.D.C. & Siqueira, M.F. 1999. Inventário florístico do cerrado na

Estação Ecológica de Assis, SP. *Hoehnea*, v. 26, n.2, p.59 - 77.

Ferreira, I.C.M.; Coelho, R.M.; Torres, R.B.; Bernacci, L.C. 2007. Solos e vegetação nativa remanescente no município de Campinas, SP. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.42, n.9, p.1319 - 1327.

Müller - Dombois, D.; Ellenberg. 1974. H. Aims and methods in vegetation ecology. New York, John Wiley and Sons. 547 p.

Nappo, M.E.; Oliveira Filho, A.T.; Martins, S.V. 2000. A estrutura do sub - bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Ciência Florestal*, v.10, p.17 - 29.

Oliveira Filho, A.T.; Almeida, R.J.; Mello, J.M.; Gavilanes, M.L. 1994. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, v.17, p.67 - 85.

Oliveira Filho, A.T. & Ratter, J. A. 2002. Vegetation physiologies and woody flora of the cerrado Biome. In the cerrados of Brazil - Ecology and natural history of neotropical savanna. (P.S. Oliveira & R. J. Marquis, orgs) Columbia University Press, New York. p.91 - 120.

Raij, B. Van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A (Edit.). 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo. 284 p.

Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of

the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinburg Journal of Botany* 49:235 - 250.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina-DF. EMBRAPA - CPAC. p. 89 - 106.

Rossi, M.; Mattos, I.F.A.; Coelho, R.M.; Menk, J.R.F.; Rocha, F.T.; Pfeifer, R.M.; Maria, I.C. de. 2005. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, v.17, p.45 - 61.

Rossi, M.; Coelho, R.M.; Mattos, I.F.A. 2008. Os Solos das Unidades de Conservação de Assis, SP. São Paulo: Instituto Florestal. 18 p. (Relatório de Pesquisa)

Ruggiero, P.G.C.; Pivello, V.R.; Sparovek, G.; Teramoto, E.; Pires Neto, A.G. 2006. Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? *Acta Botanica Brasilica*, v.20, p.383 - 394.

Shepherd, G.J. 2006. Fitopac 1.6: Manual do usuário. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 64 p.

ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. In *Data analysis in community and landscape ecology* (R.H.G.Jongman, C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, p.91 - 173.

Toppa, R. H. 2004. Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Tese (Doutorado).