

Vegetação nativa inferida a partir dos solos em transição floresta-cerrado na Bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas, SP⁽¹⁾

Ana Carolina Cunha de Assis⁽²⁾; Ivan Carlos de Moraes Ferreira⁽³⁾; Ricardo Marques Coelho⁽⁴⁾; Samuel Fernando Adami⁽⁵⁾; Roseli Buzanelli Torres⁽⁴⁾; Luis Carlos Bernacci⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP e do FEHIDRO (SSRH-SP)

⁽²⁾ Doutoranda em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas, SP; E-mail: assisacc@gmail.com. ⁽³⁾ Professor, Secretaria da Educação do Estado de São Paulo; ⁽⁴⁾ Pesquisadores Científicos; Instituto Agrônomo; ⁽⁵⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal da Integração Latino-Americana.

RESUMO: O solo é parte do ambiente sobre o qual determinado tipo de vegetação se desenvolveu e seu conhecimento pode auxiliar na conservação e recuperação de áreas de vegetação nativa. O objetivo deste estudo é reconstituir a distribuição da vegetação original da bacia do ribeirão das Anhumas (Campinas, SP) inferida por meio do mapa pedológico da bacia em associação com os levantamentos de remanescentes de vegetação nativa. Para isso, foram utilizados dados de solos sob fragmentos de floresta, cerrado e mata paludícola da bacia e de unidades de mapeamento pedológico com ocorrência desses fragmentos. A análise dos componentes principais (PCA) foi usada para identificar variáveis de solo que melhor separavam as fitofisionomias de cerrado das de floresta. Maiores valores de saturação por Al^{3+} (m%) e menores valores de pH e de acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) estavam associados com os fragmentos de cerrado. Foram estabelecidos valores-limite de fisionomias para estas variáveis de solo que, juntamente com atributos e horizontes diagnósticos dos solos permitiram a inferência da distribuição da vegetação original na bacia do Anhumas. A fitofisionomia de maior ocorrência foi a de floresta (83,4%), seguida pelo cerrado (12,6%) e pela mata paludícola (4%). O estudo mostrou que o conhecimento das inter-relações solo-vegetação nativa é relevante quando as intervenções antrópicas resultam na fragmentação e alteração de ambientes naturais, permitindo reconstituir ambientes pretéritos, alterados pelo homem, o que pode auxiliar na conservação, regeneração e aproveitamento desses ecossistemas naturais com base científica.

Termos de indexação: associação solo-vegetação; acidez do solo; fitofisionomias em áreas de transição.

INTRODUÇÃO

O solo é o meio natural que serve para fixação, sustentação e manutenção da vegetação, regulando a disponibilidade de água e de nutrientes para as

plantas, sejam elas nativas ou cultivadas. As combinações de intensidade de manifestação dos fatores de formação do solo – material de origem, clima, organismos, relevo e tempo – resultam em uma grande diversidade de solos na paisagem, que apresentam natureza e comportamento diferenciados (Oliveira, 2005).

Estudar diferentes tipos de solos e seus atributos sob condições naturais e associá-los a informações referentes à vegetação nativa permite que seja conhecido o ambiente sobre o qual determinada fitofisionomia se desenvolveu. O entendimento dessas inter-relações pode auxiliar na conservação e recuperação de áreas com vegetação nativa caso sejam suspensas as perturbações antrópicas existentes.

Diversos estudos buscaram estabelecer relações entre a ocorrência de vegetação de cerrado e de floresta no estado de São Paulo e os atributos dos solos, tais como os de Ruggiero et al. (2002), Kotchetkoff-Henriques et al. (2005) e Rossi et al. (2005). No estudo de Ferreira et al. (2007), foi verificada uma estreita associação dos solos com a ocorrência de floresta estacional semidecidual ou de cerrado na região de Campinas, SP, e que fatores como saturação por Al trocável e retenção de água desempenham papel importante para alternância da ocorrência dessas duas formações vegetais no município.

O objetivo deste estudo é reconstituir a distribuição da vegetação nativa da bacia do ribeirão das Anhumas no passado recente, inferida por meio da distribuição conhecida dos solos na bacia (mapa pedológico) e de levantamentos de remanescentes de vegetação nativa do município de Campinas.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do ribeirão das Anhumas drena parte do município de Campinas e está circunscrita pelas coordenadas 22°45'01" a 22°56'11" S e 46°58'42" a 47°07'01" W, correspondendo a uma superfície de 150,2 km². A bacia do Anhumas tem a maior parte inserida no município de Campinas, onde o ribeirão traça todo o

seu percurso, uma pequena parte no município de Paulínia e apresenta 46% de sua área urbanizada (Torres et al., 2006). O clima regional é mesotérmico de inverno seco (Cwa), de acordo com a classificação de Köppen, e o regime hídrico dos solos bem drenados é údico, em que o solo fica seco (potencial matricial abaixo de -1.500 kPa) por menos de 90 dias cumulativos (Soil Survey Staff, 1999).

A região de Campinas e a bacia de estudo estão situadas na transição entre duas províncias geomorfológicas do estado de São Paulo, a Depressão Periférica e o Planalto Atlântico. No Planalto Atlântico, a geologia da área de estudo tem predomínio de rochas metamórficas (gnaisses, milonitos) e ígneas (granitos), ao passo que na Depressão Periférica predominam rochas sedimentares (arenitos, siltitos e diamictitos) associadas a intrusões de diabásio (Pereira & Pires Neto, 1993).

A região, localizada no bioma Mata Atlântica, tem predomínio da Floresta Estacional Semidecidual, mas apresenta manchas de Cerrado, mais especificamente de Cerrado Florestado (Cerradão), de modo que nas áreas de contato entre esses dois tipos de vegetação ocorre também uma transição na composição das espécies de plantas (Torres et al., 2006). Há também ocorrência de fragmentos de mata paludícola.

Para compilação dos dados analíticos de química e granulometria do solo e descritivos, foram utilizadas as coordenadas geográficas dos fragmentos de vegetação remanescente de floresta, de cerrado e de mata paludícola existentes em todo o município e identificados e descritos nos estudos de Santin (1999) e Ferreira (2007). Para os fragmentos sem caracterização dos solos *in situ*, suas coordenadas geográficas foram plotadas no Mapa de Solos da Bacia do Ribeirão das Anhumas (Coelho et al., 2006), o que permitiu considerar os solos da unidade de mapeamento como aqueles de ocorrência sob o fragmento. Feito isso, recorreu-se à base de dados analíticos dos solos dos fragmentos, de seus arredores e das unidades.

Após a organização das variáveis analíticas dos solos sob floresta e sob cerrado, procurou-se estabelecer os valores-limite dessas variáveis que permitissem separar as fisionomias, conforme descrito a seguir. A mata paludícola, diferentemente da floresta e do cerrado, se distribui exclusivamente em áreas com lençol freático raso ou superficial e, portanto, os dados analíticos deste tipo de vegetação foram desconsiderados na análise estatística.

Com base no estudo de Ferreira et al. (2007), foram selecionadas as variáveis da camada subsuperficial do solo disponíveis na base de dados e que teriam contribuído para a ocorrência de floresta e cerrado em Campinas: pH em H₂O, saturação por Al³⁺ (m%), acidez potencial (H⁺+Al³⁺),

Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, de química do solo; e argila, variável granulométrica que reflete maior ou menor retenção de água do solo.

A partir dessa seleção prévia, procedeu-se a seguinte sequência: 1) normalização das variáveis de solo, segundo o esquema sugerido por Menk & Nagai (1983) para dados de solo com distribuição não-normal; 2) análise dos componentes principais (PCA) com as variáveis de solo normalizadas, realizada no programa Fitopac (Shepherd, 2006); 3) seleção de variáveis que melhor separavam os fragmentos de floresta dos de cerrado, de acordo com a correlação das variáveis com os eixos da PCA; 4) realização de uma segunda PCA para agrupar os fragmentos em função das variáveis selecionadas na PCA anterior; 5) estabelecimento de valores-limite para cada fitofisionomia, representados pela média do valor máximo e mínimo para cada variável do solo, que separava a floresta do cerrado.

Foram calculadas as médias das variáveis de solo dos fragmentos agrupados por unidade de mapeamento do Mapa de Solos da Bacia do Ribeirão das Anhumas para que, de acordo com os valores-limite estabelecidos mais outros atributos descritivos de cada unidade, fosse feita a associação solo-vegetação.

A chave criada para classificação das fitofisionomias em função dos solos também empregou, em adição aos atributos quantitativos dos solos, a presença dos seguintes atributos e horizontes diagnósticos dos solos: caráter glei, caráter férrico, horizonte A húmico, caráter argissólico, caráter latossólico e contato lítico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira análise dos componentes principais (PCA) com as variáveis de solo normalizadas, que captou 80,93% da variância dos dados de solo nos três primeiros eixos da análise, indicou que as variáveis saturação por alumínio (m%), acidez potencial (H⁺+Al³⁺) e pH em água separavam mais nitidamente as fisionomias de floresta das de cerrado. Estes atributos refletem a menor ou maior acidez do solo, que foi uma característica efetiva na diferenciação de fitofisionomias no município de Campinas (Ferreira et al., 2007).

Com a redução das variáveis de solo, na segunda PCA foram analisados somente com os dados de m%, H+Al e pH do solo, captando 95,86% da variância desses atributos nos dois primeiros eixos da análise e as fitofisionomias foram mais bem agrupadas. Como os valores desses atributos apresentaram alguma sobreposição entre as duas fisionomias, os limites foram estabelecidos no valor médio entre o máximo e o mínimo pertinentes à faixa de sobreposição. Assim, no caso de m%, foi

calculada a média do valor máximo da fisionomia de floresta com o valor mínimo de cerrado; para as variáveis H+Al e pH, foi determinada a média dos valores mínimos da fisionomia de floresta com o valor máximo do cerrado.

Partindo desse ponto, definiu-se que se determinada unidade de mapeamento do mapa de solos apresentasse concomitantemente $m \geq 29\%$, $H+Al \leq 3,9 \text{ cmol}_e/\text{kg}$ e $pH < 4,8$ a unidade corresponderia à fisionomia de cerrado. Portanto, se este critério não atendesse a uma determinada unidade de mapeamento, ela estaria associada à fisionomia de floresta. Estes valores-limite foram utilizados na chave criada para classificação das fitofisionomias em função dos solos juntamente com atributos e horizontes diagnósticos dos solos. A mata paludícola, que não foi considerada na análise dos componentes principais, foi exclusivamente associada a solos com características hidromórficas (Gleissolos).

A principal ordem de solo mapeada na bacia do ribeirão das Anhumas foi a dos Latossolos, seguida pelos Argissolos, Gleissolos, Nitossolos e Cambissolos (Coelho et al., 2006). A representação espacial das fitofisionomias resultou no mapa de vegetação nativa da bacia do Ribeirão das Anhumas em função dos tipos de solos do município de Campinas, sendo que a fisionomia de maior ocorrência na bacia foi a de floresta (83,4%), seguida pelo cerrado (12,6%) e pela mata paludícola (4%) (Figura 1).

As matas paludícolas são constituídas por espécies selecionadas pela ocorrência de excesso de água no solo, fator que condiciona os principais atributos dos solos limitantes ao desenvolvimento vegetal nesses ambientes. Por outro lado, a escassez de água associada a fatores do solo favorece ocorrência de espécies adaptadas a essa condição, características da fisionomia de cerrado. Essas associações concordam com os estudos de Kotchetkoff-Henriques et al. (2005) e Ferreira et al. (2007).

A escassez de água no solo em uma região de mesmo clima atmosférico pode ser devida: a atributos físicos do solo que determinam a retenção hídrica e a drenabilidade (textura, estrutura e porosidade); às características químicas do solo, já que o alumínio em excesso forma uma barreira que impede a penetração das raízes em profundidade; e devido a um impedimento físico, como o contato lítico, os dois últimos fatores reduzindo o aproveitamento da água do volume solo (Oliveira, 2005; Rossi et al., 2005).

Ferreira et al. (2007) sugerem que a ocorrência da fisionomia de cerrado na região é consequência tanto da baixa fertilidade do solo associada ao excesso de alumínio quanto do comportamento hídrico do solo (menor retenção de água). A presença de horizontes superficiais de solo bem

drenados, espessos e ricos em matéria orgânica, conhecidos como horizonte A húmico, sugere a ocorrência de queimadas no passado, o que também indica a ocorrência de vegetação de cerrado na região (Calegari, 2008).

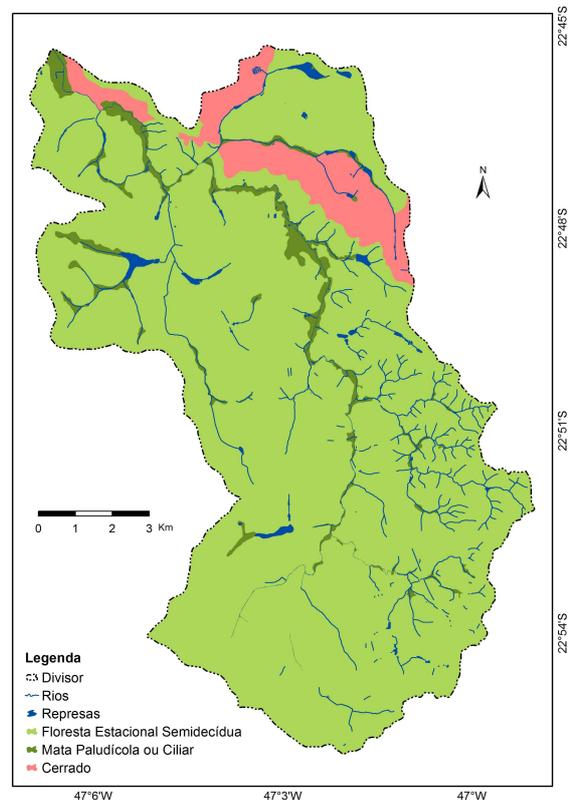


Figura 1 - Mapa de vegetação da Bacia do Ribeirão das Anhumas em função dos tipos de solos.

As florestas apresentaram solos quimicamente mais férteis (menor Al^{3+} e maiores saturação por bases e pH), o que favorece esta vegetação de maior porte e corrobora alguns estudos realizados em outros municípios paulistas (Ruggiero et al., 2002; Kotchetkoff-Henriques et al., 2005; Rossi et al., 2005). A contribuição de rochas básicas, como o diabásio, aos materiais do solo, promove maior fertilidade, neutralizando carências nutricionais em macro e micronutrientes para as plantas. Solos com maior teor de argila e bem estruturados, como os Nitossolos, também propiciaram uma condição favorável à formação da fisionomia de floresta, pois aumentam a capacidade do solo em reter água (Ferreira et al., 2007).

Apesar das evidências de ocorrência das fisionomias vegetais associadas aos tipos de solo e das associações solo-vegetação consideradas neste estudo, há limitações nesta abordagem referente à escala do mapa pedológico disponível. A vegetação foi inferida a partir da distribuição dos solos expressa em mapa pedológico em nível de semidetalhe (escala 1:25.000), que possui variações

e inclusões de solos não representadas em função do nível de detalhe. Assim, pequenos fragmentos com fitofisionomia de vegetação nativa distinta daquela associada aos solos predominantes, como a vegetação associada aos solos componentes secundários de unidades de mapeamento e aos solos das inclusões, não puderam ser representados.

CONCLUSÕES

O estudo realizado mostra que o conhecimento das inter-relações solo-vegetação nativa é de grande relevância quando as intervenções antrópicas resultam na fragmentação e alteração de ambientes naturais, pois permite reconstituir ambientes pretéritos, alterados pelo homem, o que pode auxiliar na conservação, regeneração e aproveitamento desses ecossistemas naturais com base científica.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa concedida aos dois primeiros autores.

REFERÊNCIAS

CALEGARI, M.R. Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos. (Tese de Doutorado). Piracicaba: ESALQ/USP. 2008

COELHO, R.M. et al. Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas – Mapa de Solos. 2006. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/ProjetoAnhumas/mapas.htm>. Acesso em 31 mar. 2013

FERREIRA, I.C.M. Associações entre solos e remanescentes de vegetação nativa em Campinas, SP. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo: Campinas, SP, 2007. 123p.

FERREIRA, I.C.M. et al. Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42(9): 1319-1327, 2007.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O.; JOLY, C.A.; BERNACCI, L.C. Relação entre o solo e a composição florística de remanescentes de vegetação natural no Município de Ribeirão Preto, SP. Revista Brasileira de Botânica, 28(3):541-562, 2005.

MENK, J.R.F.; NAGAI, V. Estratégia para caracterizar a variabilidade de dados de solos com distribuição não-normal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7: 311-316, 1983.

OLIVEIRA, J.B. Pedologia Aplicada. 2.ed. Piracicaba, SP, 2005. 574 p.

PEREIRA, S.Y.; PIRES NETO, A.G. (Coord.). Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP). São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1993. 217p. (Relatório técnico e mapas na escala 1:50.000).

ROSSI, M. et al. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. Revista do Instituto Florestal, v.17, p.45-61, 2005.

RUGGIERO, P.G.C. et al. Vegetation-soil relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. Plant Ecology, 160:1-16, 2002.

SANTIN, D.A. A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas: Campinas, SP, 1999. 502 p.

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

SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2.ed. Washington, DC: USDA-NRCS, 1999. 869p.

TORRES, R.B. et al. (Coord.). Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas, SP. Relatório de Pesquisa, 2006. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/ProjetoAnhumas/relatorio.htm>. Acesso em 31 mar. 2013