



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

VALIDAÇÃO DE UNIDADE DE MAPEAMENTO DE SOLOS DA FOLHA SÃO PEDRO, SP

Cristiano Cassiano da Silva⁽¹⁾; Samuel Fernando Adami⁽²⁾; Stanley Robson Medeiros Oliveira⁽³⁾; Ricardo Marques Coelho⁽²⁾

⁽¹⁾ Mestrando, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Avenida Barão de Itapura, 1481, Jardim Guanabara, CEP 13012-970, Campinas-SP, ccsilva2@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Avenida Barão de Itapura, 1481, Jardim Guanabara, CEP 13012-970, Campinas-SP; ⁽³⁾ Pesquisador Científico, Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello n.º 209, CEP 13.083-886, Barão Geraldo, Campinas, SP.

Resumo - A validação em campo de um mapa pedológico é necessária para que este possua aplicabilidade. Esta pesquisa buscou aplicar a validação de unidades de mapas de solos tradicional e digital da folha São Pedro. Foram selecionadas unidades de mapeamento de acordo com sua representatividade na folha. Foram selecionados dois polígonos, cada um desses polígonos traçados dois transectos e plotados 25 pontos de amostragem em cada. Nesses pontos, por meio de tradagem, foram observados atributos morfológicos. A partir da coleta dos dados de campo, essas informações foram inseridas em SIG esses pontos foram comparados com o mapa digital da folha São Pedro e com o mapa tradicional, as análises foram feitas a partir de matriz de confusão. Em campo foram encontradas sete unidades distintas de solos, as exatidões globais calculadas foram elevadas para ambos os mapas, assim como os índices kappa. A fragmentação de unidades de mapeamento verificada no mapa digital foi parcialmente confirmada pela validação de campo. O baixo nível de detalhe do mapa tradicional, impediu predição de classes de solo identificadas em campo consideradas inclusões. Apesar do mapa digital apresentar maior exatidão global e maior exatidão condicional para duas unidades de mapeamento, ele não previu ocorrência de outras quatro unidades de mapeamento, sua acurácia foi baixa. O mapa tradicional previu ocorrência de quatro unidades de mapeamento e por isso obteve maior acurácia geral do mapeamento.

Palavras-Chave: Mapa tradicional; mapa digital; transectos.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento e detalhamento do espaço físico são fundamentais para subsidiar ações de planejamento e gestão territorial. Mapeamentos destinados a esse fim utilizam dados do meio físico para definir unidades com características homogêneas na paisagem. (Drohan, 2003).

Mapeamentos digitais surgiram através da elaboração de modelos preditivos da distribuição dos solos na paisagem, tornando esta atividade mais ágil. Esses modelos podem ser desenvolvidos, por exemplo, por meio de estudos de correlação entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa,

considerando-se os fatores de formação dos solos (Resende et al., 1995).

Entre as técnicas utilizadas para inferência dessas variações espaciais do solo, pode-se utilizar a mineração de dados, que é a principal etapa do processo de descoberta de conhecimento em banco de dados e tem como objetivo encontrar padrões em dados armazenados nesses bancos. (Han & Kamber, 2006).

Criveleni (2009) utilizou técnicas de mineração de dados chamadas árvores de decisão para estimar relações solo-paisagem e prever unidades de mapeamento em mapeamentos digitais de solos da folha São Pedro, escala 1:50.000, do estado de São Paulo porém encontrou alguns problemas como a generalização da legenda do mapa digital em relação ao mapa tradicional e também a alta fragmentação de unidades de mapeamento, problema que provoca uma descontinuidade de polígonos no mapa digital. Para que um mapa digital de solos possua aplicabilidade é necessário a realização de validação à campo, com a análise de morfologia do solo, caracterização laboratorial e classificação do solo com base em amostragens representativas (Silva, 2000).

O objetivo deste trabalho foi realizar validação de unidade de mapa de solos produzido por métodos tradicionais e digitais na folha São Pedro, SP (1:50000).

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da área de estudo é Aw, tropical com inverno seco com médias anuais de temperatura e precipitação de 22°C e 1.300 mm. A geologia é representada por formações paleozóicas, mesozóicas e cretáceas da bacia do Paraná. Assim, há ocorrência de arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, bem como de basalto da formação Serra Geral e arenitos da formação Itaqueri. Na folha São Pedro são encontradas formas de relevo representativas principalmente da Depressão Periférica, com pequena porção nos domínios de relevo das Cuestas Basálticas e do Planalto Ocidental Paulista.

A avaliação da pureza taxonômica e da acurácia dos mapas pedológicos digital e tradicional para a folha São Pedro se iniciou com a seleção de uma unidade de mapeamento representativa para os dois mapas e elevado grau de fragmentação dos polígonos no mapa digital (Criveleni, 2009) em relação ao mapa pedológico tradicional (Oliveira e Prado, 1989).

Foi selecionada a unidade de mapeamento PA arenosa/média (Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa/média), esta unidade corresponde a 52 % do total da área da folha São Pedro, segundo mapa de Crivelenti (2009) e 45 % do total da área segundo o mapa produzido por Oliveira e Prado (1989). Nesta unidade de mapeamento foram selecionados dois polígonos e em cada um desses polígonos foram feitos dois transectos. Nesses transectos foram plotados no software ArcGis 9.2, 25 pontos de amostragem com distâncias de 200 metros entre si, totalizando 100 pontos para observação. Foi também georreferenciada, com a utilização do software Ilwis 3.7, uma imagem de satélite CCD-CBERS com a finalidade da observação do uso do solo para o planejamento da etapa de campo.

Nesses pontos, por meio de sondagens com trado, os solos foram caracterizados morfológicamente de acordo com Santos et al. (2005), além de outras informações gerais da paisagem, como posição e declividade. A partir dessas informações o solo foi classificado até o segundo nível de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2006). Foram coletadas amostras nos horizontes de superfície (horizonte A) e subsuperfície (horizonte B) de até quatro pontos por transecto, para verificação granulométrica e análises químicas com a finalidade de confirmar a classificação dos solos no terceiro nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

A partir da coleta dos dados de campo, essas informações foram inseridas em Sistema de Informação Geográfica (Ilwis 3.7) e esses pontos foram comparados com o mapa digital da folha São Pedro desenvolvido por Crivelenti (2009) e com o mapa tradicional de solos produzido por Oliveira e Prado (1989) fazendo-se uso de matrizes de confusão.

Os índices Kappa, que medem o quanto da concordância observada se aproxima da concordância perfeita retirando-se os efeitos do acaso, foram analisados segundo critério de Landis & Koch (1977) e Monserud & Leemans (1992). Também foram calculados os índices kappa condicionais, que são os índices kappas para cada unidade de mapeamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação de solos no campo (transectos) identificou sete classes distintas de solos, sendo que duas delas são de argissolos amarelos (PA) que diferem apenas pela classe textural, arenosa/média e média/argilosa, e outras duas, de argissolos amarelos textura arenosa/média, que diferem pela espessura do horizonte superficial arenoso (arênicos ou típicos), definição essa só analisada na comparação entre os pontos de campo e o mapa tradicional, pois o mapa digital possui legenda simplificada.

Do total das observações de campo, 86 % pertencem à classe de argissolos amarelos (PA) e o restante está dividido entre gleissolos háplicos, cambissolos háplicos, neossolos flúvicos e plintossolos

háplicos. (Tabela 1).

A partir desses dados foram calculados os índices de exatidão global, que indica a proporção de observações corretamente classificados em relação ao número total de observações. Esse valor foi de 83% no mapa digital.

Ainda considerando o mapa digital, seu índice kappa global - considera todas as classes identificadas - foi 0,28, indicando qualidade Razoável, segundo critério de Landis & Koch (1977). Neste mapa, foram obtidos índices kappa condicional de 0,64 para a classe PA arenosa/média, classe de qualidade Muito Boa (Landis & Koch, 1977). Obteve-se também o índice kappa condicional de 0,54 para a classe PVA média/argilosa (qualidade Boa; Landis & Koch, 1977). O índice kappa condicional representa, em linhas gerais, o total de acertos da unidade menos o total de acertos ao acaso.

Os altos índices kappa condicional encontrados para as unidades de Argissolo mostram o alto grau de concordância, isso significa que esta unidade de mapeamento representada no mapa de solos digital concorda com os dados reais (dados de campo), o que é esperado, já que os transectos foram locados em unidades de mapeamento de argissolos. Por outro lado, o índice kappa obtido considerando todas as classes de solo identificadas no campo (kappa= 0,28) foi apenas razoável, pois muitas delas não aparecem no mapa digital. As classes identificadas em campo e não presentes no mapa digital são: Cambissolos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos. Como o número de observações nessas classes equivale a 14% do total de observações em campo, estas podem ser consideradas inclusões de solos, pois este valor está bem abaixo dos 25% de observações de solos distintos admitidas como inclusões, critério utilizado para mapas em nível de semidetalhe (EMBRAPA, 1979). A não predição dessas classes de solo no mapa digital deve-se ao nível de detalhamento do mapa de onde foram extraídos os dados de treinamento (mapa tradicional), que não incluiu essas classes na área estudada por estas terem baixa representatividade espacial.

Também foi calculada a exatidão do produtor, que indica a proporção de uma unidade de mapeamento ter sido classificada corretamente, e a exatidão do usuário que indica a probabilidade de um ponto no mapa representar a verdade de campo.

As exatidões do produtor e do usuário para a classe PA arenosa/média se mantiveram extremamente elevadas (86,8 % e 97,5% respectivamente) e mostram que esta unidade de mapeamento teve um alto índice de pontos classificados corretamente no mapa digital (produtor) e que a probabilidade de que essa unidade representada no mapa realmente corresponda a verdade terrestre é bastante alta (usuário). Estes valores de concordância extremamente elevados para a classe PA arenosa/média são esperados já que os transectos de amostragem foram locados no mapa digital nesta classe. Além da existência de inclusões de solos dissimilares no campo, outro motivo para essa concordância apenas parcial entre solos identificados no campo e a unidade de mapeamento digital é a fragmentação das unidades de mapeamento produzida pelo mapa digital,

que fez com que os transectos locados, devido ao seu traçado aproximadamente retilíneo, embora tivessem como meta a unidade de mapeamento PA arenosa/média, atravessassem outras unidades de mapeamento, mais particularmente a unidade PA média/argilosa.

Por sua vez a classe PA média/argilosa obteve exatidão moderada a alta (44,4% e 80,0%, respectivamente). Apesar destes valores mostrarem que o grau de concordância entre o mapa pedológico digital e os pontos observados no campo dentro desta unidade não é bom, também mostram que existe uma alta confiabilidade que aquela unidade represente a verdade terrestre, pois de todos os pontos verificados no campo e classificados como PA média/argilosa, 80% coincidiram com o mapa. Assim, a verificação de campo mostrou que a unidade PA média/argilosa está altamente fragmentada por toda a folha São Pedro, como indica o mapa digital.

Como o detalhe da legenda do mapa tradicional é maior que o do mapa digital, além da textura dos argissolos pode ser verificado o critério espessura dos horizontes superficiais e com isso enquadrar os solos em típico ou arênico (textura arenosa da superfície do solo até um mínimo de 50 cm e máximo de 100 cm de profundidade), feição comum na área do estudo.

Analisando-se a matriz de confusão das classes de solo identificadas no mapa tradicional (Oliveira et al, 1989) e na validação de campo (tabela 2), pode-se constatar que a exatidão global se apresentou moderada, com um percentual de 66%, e o índice kappa global considerando todas as classes utilizadas na análise foi de 0,43, considerada de qualidade Boa (Landis & Koch, 1977).

Os valores da exatidão global e do índice kappa do mapa tradicional se apresentaram relativamente baixos, pois estes levam em consideração toda a matriz de confusão, incluindo as classes pouco representativas e consideradas inclusões. Ainda assim, estes valores foram bem superiores aos do mapa digital, pois o mapa tradicional previu ocorrência de quatro unidades de mapeamento e por isso obteve maior acurácia geral do mapeamento.

No mapa tradicional, foram obtidos índices kappa condicional de 0,36 (qualidade Razoável; Landis & Koch, 1977) para a classe PA arenosa/média. Obteve-se também o índice kappa condicional de 0,76 (qualidade Muito Boa) para a classe PA média/argilosa e índice kappa condicional de 0,73 (qualidade Muito Boa) para a classe PA arênico arenosa/média. Portanto, mesmo a unidade PA arenosa/media possuindo um número elevado de observações de campo que coincidem com o mapa pedológico tradicional, também possui um número elevado de observações que não coincidem, fato que não ocorre com as unidades PA média/argilosa e PA arenosa/média arênico e por isso essas duas últimas unidades possuem índices kappa tão elevados.

Na validação do mapa tradicional, a exatidão do

produtor e do usuário para a classe PA arenosa/média se apresentou também elevada (71,2 % e 73,7% respectivamente), esses valores mostram que esta unidade de mapeamento obteve alta proporção de pontos corretamente classificados e também que a probabilidade de que essa unidade do mapa realmente corresponda à verdade terrestre é bastante alta. A exatidão do produtor e do usuário para a classe PA arênico arenosa/média se apresentou também muito elevada: 86,4 % e 79,2%, respectivamente. Por sua vez a classe PA média/argilosa obteve exatidão de 25,0% (produtor) e 80,0% (usuário). Apesar destes valores mostrarem que o grau de concordância entre o mapa de solos e os pontos observados no campo para esta unidade é muito baixo, também mostram que existe uma alta probabilidade (confiabilidade) que aquela unidade represente a verdade terrestre, pois de todos os pontos verificados no campo e classificados como PA média/argilosa, 80% coincidiram com o mapa.

Esses valores de exatidão global mais baixos podem ser explicados pelo fato que os transectos de amostragens de campo foram locados baseados na unidade do mapa digital, enquanto o delineamento da maioria das classes no mapa tradicional difere daquele do mapa digital. A mesma explicação se dá para os índices kappa condicional e de exatidão mais elevados da unidade PA média/argilosa, unidade que obteve um número pequeno de acertos, porém no balanço entre erros e acertos obteve valores altos de exatidão.

CONCLUSÕES

1. A fragmentação de unidades de mapeamento verificada no mapa digital foi parcialmente confirmada pela validação de campo.
2. O baixo nível de detalhe do mapa tradicional, usado para treinamento dos dados no modelo digital, impediu predição de classes de solo identificadas em campo consideradas inclusão de solos dissimilares.
3. Apesar de o mapa digital apresentar maior exatidão global, bem como maior exatidão condicional para duas unidades de mapeamento, como ele não previu ocorrência de outras quatro unidades de mapeamento, sua acurácia foi baixa (kappa = 0,28).
4. O mapa tradicional previu ocorrência de quatro unidades de mapeamento e por isso obteve maior acurácia geral do mapeamento (kappa = 0,43).

REFERÊNCIAS

- CRIVELANTI, R.C.; COELHO, R.M.; ADAMI, F.S.; OLIVEIRA, S.R.M. Mineração de dados para inferência de relações solo-paisagem em mapeamentos digitais de solo. *Pesq. Agrop. Brás.*, v.44, n.12, p.1707-1715, dez.2009
- DROHAN, P.J. ; CIOLKOSZ, E.J. ; PETERSEN, G.W. Soil survey mapping unit accuracy in forested field plots in Northern Pennsylvania. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.67, p.208-214, 2003.
- EMBRAPA. Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS, 1979. 83p.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- HAN, J.; KAMBER, M. Data Mining - Concepts and Techniques. 2a edição. Nova York: Morgan Kaufmann, 2006.

LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, p.159-174, 1977.

MONSERUD, R. A. & LEEMANS, R. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling*, v.62, p.275-293, 1992.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H.. Carta pedológica semidetalhada do estado de São Paulo: folha Piracicaba. Campinas: Instituto Agronômico, 1989. Mapa, escala 1:100.000.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.D.; CORRÊA, G.F. *Pedologia: Base para distinção de ambientes*. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.

SILVA, E.F. Mapas de solos produzidos em escalas e épocas distintas. Tese. Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 2000. 177 p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5ª Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92p.

Tabela 1. Matriz de confusão das classes de solo identificadas no mapa digital (Crivelenti, 2009) e na validação de campo

Classes	PVAare	PVAarg	CX	GX	RY	FX	Total	Exatidão do Usuário
PAare ⁽¹⁾	79	2	0	0	0	0	81	97,5
PAarg ⁽²⁾	1	4	0	0	0	0	5	80,0
CX ⁽³⁾	4	0	0	0	0	0	4	0
GX ⁽⁴⁾	5	3	0	0	0	0	8	0
RY ⁽⁵⁾	1	0	0	0	0	0	1	0
FX ⁽⁶⁾	1	0	0	0	0	0	1	0
Total	91	9	0	0	0	0	100	
Exatidão Do Produtor	86,8	44,4	0	0	0	0		

Exatidão Global=83%; Kappa=0,28; Kappa Condicional PVAare=0,69;

Kappa Condicional PVAarg=0,56

⁽¹⁾Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa/média; ⁽²⁾Argissolo Vermelho Amarelo textura média/argilosa; ⁽³⁾Cambissolo Háptico; ⁽⁴⁾Gleissolo Háptico; ⁽⁵⁾Neossolo Flúvico; ⁽⁶⁾Plintossolo Háptico

Tabela 2. Matriz de confusão das classes de solo identificadas no mapa tradicional (Oliveira et al, 1989) e na validação de campo

Classes	PVAare	PVAare-aren	PVAarg	CX	GX	RY	FX	Total	Exatidão do Usuário
PAare ⁽¹⁾	42	3	10	0	2	0	0	57	73,7
PAare-aren ⁽²⁾	5	19	0	0	0	0	0	24	79,2
PVAarg ⁽³⁾	1	0	4	0	0	0	0	5	80,0
CX ⁽⁴⁾	4	0	0	0	0	0	0	4	0
GX ⁽⁵⁾	5	0	2	0	1	0	0	8	12,5
RY ⁽⁶⁾	1	0	0	0	0	0	0	1	0
FX ⁽⁷⁾	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	59	22	16	0	3	0	0	100	
Exatidão Do Produtor	71,2	86,4	25,0	0	33,3	0	0		

Exatidão Global=66%; Kappa=0,43; Kappa Condicional PVAare=0,36; Kappa Condicional PVAarg=0,76; KappaCondic PVAare-aren=0,73

⁽¹⁾Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa/média; ⁽²⁾Argissolo Vermelho Amarelo arenico textura arenosa/média; ⁽³⁾Argissolo Vermelho Amarelo textura média/argilosa; ⁽⁴⁾Cambissolo Háptico; ⁽⁵⁾Gleissolo Háptico; ⁽⁶⁾Neossolo Flúvico; ⁽⁷⁾Plintossolo Háptico