

TÉCNICAS DE MODELO DIGITAL DE SOLOS

Digital Technologies for Soil Model

Sandra Fernandes de Andrade¹

Resumo

Esta é uma nova área de conhecimento que está se abrindo no Brasil, mas já vem sendo estudada em diversas partes do mundo. Consiste essencialmente numa visão mais quantitativa, onde os fatores de formação dos solos são modelados assim como sua variabilidade e distribuição espacial. Existe uma necessidade crescente de informações sobre os solos, ao mesmo tempo em que existe a falta de dados e de organização dos dados existentes. Logo, este trabalho tem como objetivo apresentar uma breve introdução sobre algumas técnicas relacionadas ao Mapeamento Digital de Solos (MDS).

Palavras-chave: Mapeamento Digital; Predição; Variabilidade Espacial.

Abstract

This is a new field that is opening in Brazil, but has been studied in various parts of the world. It consists essentially in a more quantitative, where the factors of soil formation are modeled as well as its variability and spatial distribution. There is an increasing need for information on soil, while there is a lack of data and organizing the data. Therefore, this paper aims to present a brief introduction to some techniques related to Digital Soil Mapping (DSM).

Keywords: Digital Mapping, Prediction, Spatial Variability.

¹ Departamento de Geografia/ Polo Campos dos Goytacazes/ Universidade Federal Fluminense – UFF

Correspondência:

Sandra Andrade
Universidade Federal Fluminense –
Departamento de Geografia – Polo Campos dos Goytacazes - Rua José do Patrocínio, 71, Centro, Campos dos Goytacazes, CEP.: 28010-385 – RJ, Brasil.
Email: sandra_andrade@id.uff.br

Recebido em março de 2012
Aprovado em maio de 2012
Artigo disponível em
www.cadegeo.uff.br

INTRODUÇÃO

Com a grande explosão na computação e na informação tecnológica existem quantidades significativas de dados e ferramentas em todos os campos. A ciência de solo não é nenhuma exceção, com a criação de banco de dados regionais, nacionais, continentais e mundiais. O desafio de compreender estes grandes bancos de dados conduziu ao desenvolvimento de novas ferramentas no campo da estatística e de novas áreas de expansão tais como a apuração dos dados e a aprendizagem tecnológica (Hastie *et al.*, 2001 *apud* McBratney *et al.*, 2003). Além disto, na ciência de solo, o poder crescente das ferramentas tais como: sistemas de informação geográficos (SIG), GPS (*Global Positioning System*), os sensores remotos e dados fornecidos pelo modelo digital de elevação (DEM) estão inovando pesquisas neste campo. É evidente que isto vem ocorrendo em um momento em que existe um clamor global para obtenção de dados e informações de solo para modelagem e monitoração ambiental (McBratney *et al.*, 2003).

É no SIG que se estrutura o Mapeamento Digital de Solos (MDS) definido como um processo que utiliza técnicas da matemática, da estatística e de outras áreas do conhecimento para a produção de dados georreferenciados do solo (mapas digitais de solo), com o apoio de recursos computacionais, utilizando dados do solo e informações auxiliares (McBratney *et al.*, 2003).

Alguns cenários podem ser testados e riscos devem ser avaliados, a fim de orientar os estudos dos solos. Estas aplicações podem ser realizadas após a realização do MDS, técnicas podem ser usadas ao longo da pesquisa, que estão resumidas na figura 1. A principal limitação deste processo é a falta de dados adequados, harmonizadas sobre a escala adequada. As técnicas de MDS podem ajudar a desenvolver os dados em falta, numa base mais rentável.

Segundo Hudson (1992) o exame do solo é uma estratégia científica baseada nos conceitos dos fatores da formação do solo acoplados com a paisagem do solo. A predição de classes e propriedades de solos no mapeamento digital fundamenta-se nas relações existentes entre os fatores e processos de formação dos solos, que tem por base a equação de Jenny (1941) formulada a partir do conhecimento dos fatores de formação dos solos, em formulação mais quantitativa: $S = f(c, o, r, p, t)$. Onde: S = solo, c = clima, o = organismos, r = relevo, p = material originário e t = tempo.

McBratney *et al.*, (2003) formularam uma equação semelhante, cujo objetivo não foi o de explicar os processos de formação dos solos, mas o de descrever quantitativamente as relações empíricas entre o solo e os outros fatores ambientais, que são usados como funções espaciais de predição. Sete fatores são considerados nesse modelo denominado s.c.o.r.p.a.n. Onde: s = solo; c = clima; o = organismos; r = topografia; p = material originário; a = idade; n = localização espacial.

O solo (s) pode ser considerado como um fator em si, porque pode ser predito a partir de suas propriedades, ou as propriedades podem ser preditas a partir das classes dos solos ou de outras propriedades. O modelo s.c.o.r.p.a.n pode ser representado como: $Sc = f(s.c.o.r.p.a.n)$ ou $Sa = f(s.c.o.r.p.a.n)$. Onde Sc é o modelo que utiliza as classe de solos e Sa, seus atributos. O fator s representa as informações de solos provenientes de um mapa existente, de sensores remotos ou através do conhecimento de especialistas. Estão implícitas as coordenadas espaciais x, y (localização geográfica) e uma coordenada aproximada de tempo, f(t). Esta coordenada de tempo pode ser expressa como "cerca de um tempo t". Cada fator será representado por um conjunto de uma ou mais variáveis contínuas ou categóricas, por exemplo, r por elevação, declividade ou outro atributo derivado do Modelo Digital de Terreno. As fontes de dados, os métodos para estimar f, assim como os passos para executar o s.c.o.r.p.a.n. Este método é especialmente importante para os recursos de solos locais onde a informação é limitada, são apresentados e discutidos na revisão feita por McBratney *et al.*, (2003).

Atualmente, métodos de predição de propriedades do solo podem variar desde o uso de uma regressão linear simples (Moore *et al.*, 1993) até métodos mais avançados como os de regressão não-linear, por exemplo, árvores de regressão (McKenzie & Ryan, 1999), e métodos geoestatísticos como a *co-krigagem* (Odeh *et al.*, 1995) ou métodos híbridos (*Regression-kriging* - McBratney *et al.*, 2000) e tais como a *krigagem* (Goovaerts, 1998 *apud* Bishop e McBratney, 2001). Logo, o presente texto tem como intuito apresentar alguns destes métodos que estão sendo utilizados por diversos pesquisadores.

Os modelos MDS podem cooperar para produzir mapa de solos de acordo com dados de entrada disponíveis e do objetivo do pesquisador. A seguir serão definidos os princípios básicos deste sistema espacial de inferência do solo. Em geral neste sistema são incorporados dois componentes (Dobos *et al.*, 2006):

a) Um banco de dados de solo georreferenciado com vários tipos de informações sobre o solo: descrição do perfil do solo, dados de laboratório, mapas de solos digitais, imagens das propriedades primárias do solo (conteúdo de argila, pH, etc) e imagens de propriedades do solo secundárias (capacidade de campo, necessidade de calagem, etc).

b) Um banco de dados auxiliar preditivo com co-variáveis (fatores de formação do solo) que estão disponíveis sobre a área de interesse. McBratney *et al.*, (2003) fornece informações detalhadas dessas variáveis, ou seja, "Os sete fatores scorpan" (s = solo; c = clima; o = organismos; r = topografia; p = material originário; a = idade; n = localização espacial).

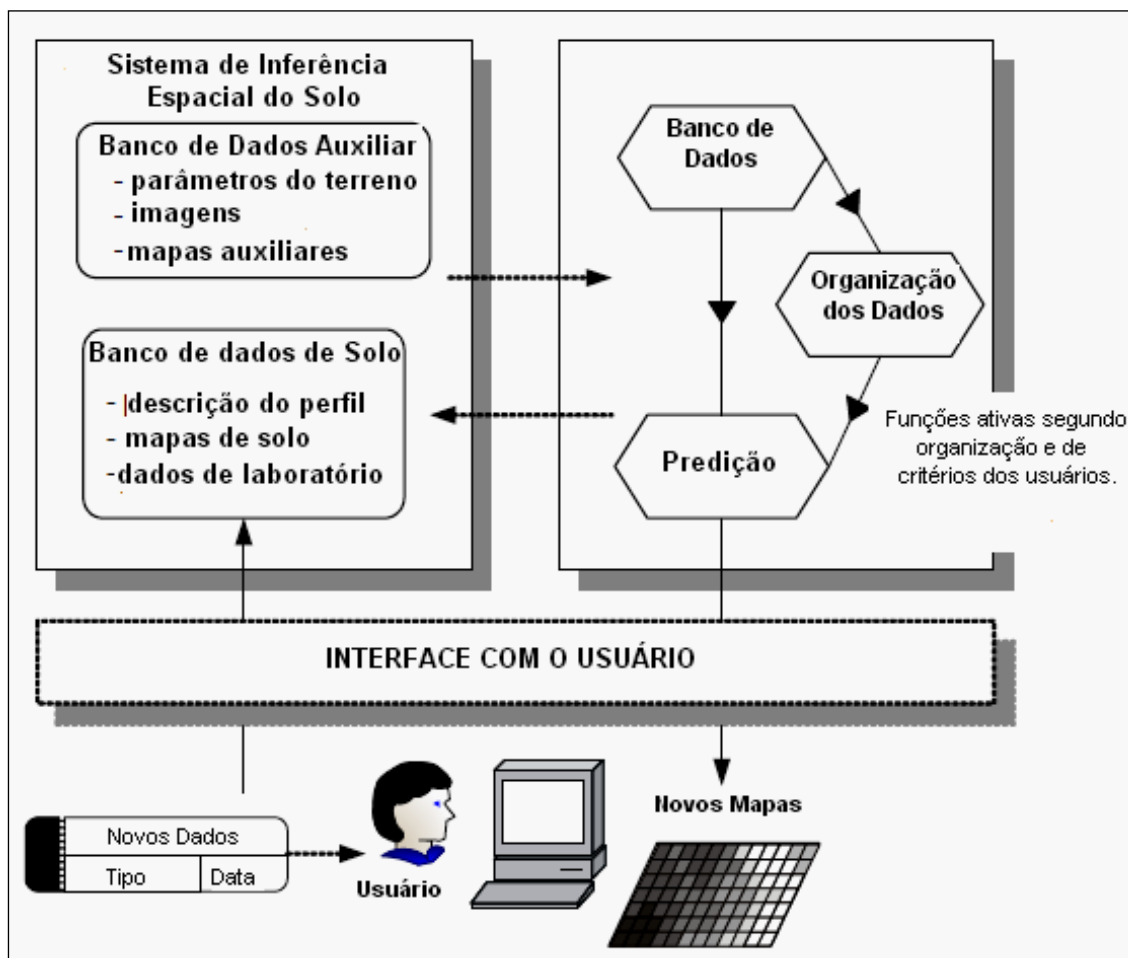


Figura 1. Sistema de Inferência espacial do solo e saída de mapeamento digital de solos. (Fonte: Dobos, *et al.* 2006.)

ALGUNS ESTUDOS REALIZADOS EM MODELO DIGITAL DE SOLOS

Sobre esse tema em particular, foi organizado no Rio de Janeiro pela Embrapa Solos com o apoio da *International Union of Soil Sciences* (IUSS) e da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), o 2nd *Global Workshop on Digital Soil Mapping* (GWDS), que reuniu 75 pesquisadores de 17 países, para apresentar e discutir os avanços em mapeamento digital de solos. Os resultados desse Workshop foram publicados em CD-ROM e uma seleção de artigos publicados pela Springer, em agosto de 2008, durante o 3rd GWDS, que se realizou em Utah (USA). Outro resultado desse Workshop foi o consenso de se formar um consórcio global de dados e informação sobre os solos do mundo. Este projeto de pesquisa envolve instituições de todo o mundo, com o objetivo de produzir um mapa digital global de propriedades dos solos, disponibilizando também um banco de dados global em solos via Internet e alguns resultados aplicados a áreas com problemas específicos, tais como degradação, contaminação e produtividade dos solos¹. A União Internacional de Ciência do Solo foi sensível a esses avanços e desde 2004 possui um Grupo de Trabalho permanente denominado *Working Group on Digital Soil Mapping*, ligado às Comissões de Geografia do Solo e Pedometria.

O método e as experiências de especialistas na área de MDS foram utilizados, provavelmente, pela primeira vez na cartografia digital de solo (Bell *et al.*, 1992; Bell *et al.*, 1994), onde classes de drenagem do solo foram relacionados à parâmetros da paisagem e onde foram utilizados os resultantes de funções discriminantes de predição espacial.

No artigo "Em Mapeamento Digital de Solos" elaborado por McBratney *et al.*, 2003, foram analisadas diversas abordagens recentes em mapas digitais de solo baseadas em sistemas de informação geográfica (SIG). Neste texto são discutidos vários métodos que foram ou poderiam ser utilizados, para a montagem quantitativa das relações entre propriedades do solo e/ou classes de solo e seus ambientes. Estes incluem modelos lineares generalizados, classificação e regressão por árvores, redes neurais e geoestatística. Diversas camadas de dados podem ser utilizadas também para descrever o ambiente. Atributos das derivadas de terreno dos modelos digital de elevação, bandas de reflectância espectral e imagens de satélites, são os parâmetros mais comumente utilizados. O estudo mostra que existe ainda um grande potencial para utilização de novos dados.

Em Novembro de 2008, uma concessão \$ 18 milhões, foi obtida a partir da Fundação *Bill & Melinda Gates* e a Aliança para uma Revolução Verde na África (AGRA) para coletar dados disponíveis e mapear mais regiões da África Sub-Sahariana. Existem também fundos para coordenar os esforços globais e para o estabelecimento de um consórcio global. Várias instituições têm assumido um papel de liderança neste esforço.

A avaliação dos atributos topográficos é importante para a caracterização de unidades de paisagem por possibilitar o entendimento dos padrões de distribuição de solos e no auxílio dos levantamentos de solo. Ippoliti *et al.*, (2005) identificaram unidades preliminares de solos pelas geofomas e pedofomas obtidas em uma bacia hidrográfica por meio dos atributos topográficos (elevação, declividade e curvatura), comparando-as com avaliação de campo. O principal mérito do método apontado pelos autores é uma maior eficiência obtida no trabalho de campo, após a realização de uma classificação digital preliminar, em virtude de um modelo de ocorrência de solos previamente conhecidos.

¹ (<http://www.globalsoilmap.net/>)

CONCLUSÃO

Através desta pesquisa, podemos concluir que o MDS é uma ferramenta importante que pode ser utilizada para informar aos gestores públicos da relevância de continuar investindo na pesquisa básica e aplicada em ciência do solo. E que a utilização de tecnologias, como o Sistema de Informação Geográfica (SIG), é extremamente eficaz no que diz respeito aos estudos ambientais, tais como solo. Esta técnica nos possibilita, dentre inúmeros recursos, inserir e integrar dados, demonstrar resultados de simulações de cenários de ações antrópicas no ambiente, sendo uma ferramenta importante para os tomadores de decisão quanto às ações a serem tomadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, J. C.; CUNNINGHAM, R. L.; HAVENS, M. W. Calibration and validation of a soil –landscape model for predicting soil drainage class. *Soil Science Society of America Journal* v. 56, p.1860–1866. 1992.
- BELL, J. C.; CUNNINGHAM, R.L.; HAVENS, M.W. Soil drainage probability mapping using a soil – landscape model. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, p. 464– 470, 1994.
- BISHOP, T.; MCBRATNEY, A. B. A comparison of prediction methods for the creation of field maps of the extent of soil property. *Geoderma*, v. 103, p. 149-160, 2001.
- DOBOS E, CARRE F, HENGL T, REUTER H, TOTH G. Digital soil mapping as a support to production of functional maps. Office for official publications of the European Communities, Luxemborg. EUR 22123 EN, p. 68, 2006.
- GOOVAERTS, P. Ordinary Cokriging Revisited. *Mathematical Geology*, v. 30, n. 1, p. 21-42, 1998.
- HASTIE, T., TIBSHIRANI, R. & FRIEDMAN, J. *The Elements of Statistical Learning; Data mining, Inference and Prediction*, Springer Verlag, New York, 2001.
- HUDSON, B. D. The soil survey as paradigm-based science. *Soil Science Society of American Journal*, v.56, p.836-841. 1992.
- IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R.; SOUZA, E. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedofomas em microbacia na região de "Mar de Morros" (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29, p. 267-276, 2005.
- JENNY, H. *Factors of soil formation*: New York: McGraw-Hill, 281 p.1941.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, v.117, p.3-52, 2003.
- MCBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- MCKENZIE, N.J, RYAN, P.J. Spatial Prediction of Soil Properties Using Environmental Correlation. *Geoderma*. n.89, p.67-94, 1999.

MOORE, I. D., GESSLER, P. E., NIELSEN, G. A., PETERSON, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, v. 57, p. 443-452, 1993.

ODEH, I. O. A.; McBRATNEY, A. B.; CHITTLEBOROUGH, D. J. Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: heterotopic cokriging and regression kriging. *Geoderma*, Amsterdam, v. 67, p. 215-225, 1995.