

Preparação e Avaliação de Covariáveis Ambientais para o Mapeamento Digital de Atributos do Solo no Brasil⁽¹⁾.

Ricardo O. Dart⁽²⁾; Gustavo M. Vasques⁽³⁾; Luísa R. Mendonça⁽⁴⁾; Jesus F. M. Baca⁽³⁾; Maria de Lourdes M. S. Brefin⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa Solos

⁽²⁾ Analista; Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ; ricardo.dart@embrapa.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ; gustavo.vasques@embrapa.br; jesus.baca@embrapa.br; lourdes.mendonca@embrapa.br; ⁽⁴⁾ Bolsista; Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ; luisaromenca@hotmail.com.

RESUMO: Dados de covariáveis ambientais estão disponíveis para todo o planeta. Manipular extenso conjunto de dados espaciais é um problema computacional, principalmente quando o objetivo é mapear um país de dimensões continentais como o Brasil. Desta forma, o propósito deste trabalho é organizar e preparar covariáveis ambientais que representam os fatores de formação do solo para o Brasil. Com base no modelo fatorial *scorpan*, utilizado para mapeamento digital de solos (MDS), selecionamos como fatores as seguintes covariáveis ambientais: *s* – mapa de solos do Brasil; *c* – dados de precipitação e temperatura; *o* – imagens do satélite Landsat; *r* – modelo digital de elevação (MDE) da SRTM; *p* – mapa litológico no Brasil. Para o presente trabalho, comparamos os valores de elevação dos MDEs da SRTM (resolução de 90 m), GTOPO30 da USGS (1 km) e Topodata do INPE (30 m) com 438 pontos cotados em quatro cartas topográficas do IBGE na escala 1:250.000. O MDE da SRTM mostrou qualidade comparável aos MDEs Topodata de maior resolução (30 m) e melhor qualidade do que o MDE GTOPO30 (1 km), o que nos encoraja a utilizar o MDE da SRTM para elaboração de futuros mapas de atributos do solo do Brasil.

Termos de indexação: mapeamento digital de solos, fatores de formação do solo, modelo digital de elevação.

INTRODUÇÃO

Atualmente existe grande disponibilidade de covariáveis ambientais que representam os fatores de formação do solo (McBratney et al., 2003; Grinand et al., 2008; Schmidt et al., 2008), mas há ainda grande demanda por informação (mapas) de solos, que em muitos casos encontra-se dispersa e desorganizada.

Para atacar esse problema, o mapeamento digital de solos (MDS) propõe-se a utilizar covariáveis ambientais que representam os fatores de formação do solo como covariáveis em modelos de predição de atributos do solo, conforme preconizado pelo modelo *scorpan*, onde: *s*

representa solos, *c* clima, *o* organismos, *p* material parental, *a* tempo e *n* espaço (McBratney et al., 2003). Para tanto, a seleção e preparação dessas covariáveis ambientais é uma etapa muito importante em MDS e demanda muito tempo.

O MDS está sendo aplicado em diversos estudos no Brasil (por exemplo: Giasson et al., 2006; Mendonça-Santos et al., 2007; Chagas et al., 2010; Dart et al., 2010), mas até hoje não existe uma iniciativa de testar esta metodologia em todo o território brasileiro.

Portanto, o objetivo deste trabalho é organizar e preparar covariáveis ambientais que correspondem a cinco dos sete fatores preditivos do modelo *scorpan*, os quais possibilitarão aplicar técnicas de MDS para prever atributos do solo no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é todo o território brasileiro, com área de aproximadamente 8.515.767 km² (IBGE, 2013a).

Utilizamos ferramentas de geoprocessamento para criar um sistema de informações geográficas contendo as seguintes covariáveis ambientais:

- *s*: mapa de classes de solos do Brasil na escala 1:5.000.000 (Santos et al., 2011);
- *c*: dados climáticos (precipitação e temperatura) contínuos na resolução espacial de 1 km (Hijmans et al., 2005);
- *o*: bandas espectrais (2, 4 e 7) do satélite Landsat na resolução espacial de 30 m (NASA, 2013);
- *r*: modelo digital de elevação da SRTM versão 4.0 na resolução espacial de 90 m (Jarvis et al., 2008);
- *p*: mapa litológico do Brasil na escala 1:1.000.000 (CPRM, 2013).

Algumas dessas covariáveis foram processadas para construir camadas espaciais com recobrimento do Brasil, sendo os detalhes da metodologia apresentados nos próximos itens.

Fator *o* do modelo *scorpan*

Foram utilizadas 42 imagens Landsat ETM com resolução espacial de 30 m (NASA, 2013), ortorretificadas, com contraste corrigido e contendo as bandas espectrais na faixa do verde, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente 2, 4 e 7. Essas imagens foram reprojatadas para coordenadas geográficas, reamostradas para resolução espacial de 90 m e mosaicadas.

Fator *r* do modelo *scorpan*

Foram utilizadas 48 imagens SRTM versão 4.0 (Jarvis et al., 2008) com resolução espacial de 90 m, nas quais foi realizado mosaico, remoção das depressões espúrias e substituição dos valores negativos por zero. A partir do MDE resultante, recobrando o Brasil, foram geradas as derivadas de relevo declividade, curvatura de perfil, curvatura planar e orientação da vertente.

Fator *p* do modelo *scorpan*

Foram utilizadas 45 cartas na escala de 1:1.000.000, em formato vetorial, correspondentes às folhas do projeto RADAM (CPRM, 2013). Estas cartas foram agregadas para recobrir o Brasil.

Comparação entre MDEs e pontos cotados

Para comparação entre valores de elevação, foram utilizados os seguintes produtos: MDE da SRTM na resolução de 90 m (Jarvis et al., 2008); MDE GTOPO30 na resolução de 1 km (GTOPO30, 2013); MDE Topodata na resolução de 30 m (Valeriano, 2008), nas versões não corrigida e corrigida através do preenchimento de depressões espúrias; e 438 pontos cotados em quatro cartas topográficas na escala 1:250.000 (IBGE, 2013b) (Figura 1).

Diferenças nos valores de elevação foram calculadas entre os MDEs e os pontos cotados do IBGE, considerando os últimos como verdade de campo. A média, o desvio padrão e a raiz da diferença quadrada média (RMSE) foram calculados como índices de qualidade dos MDEs.

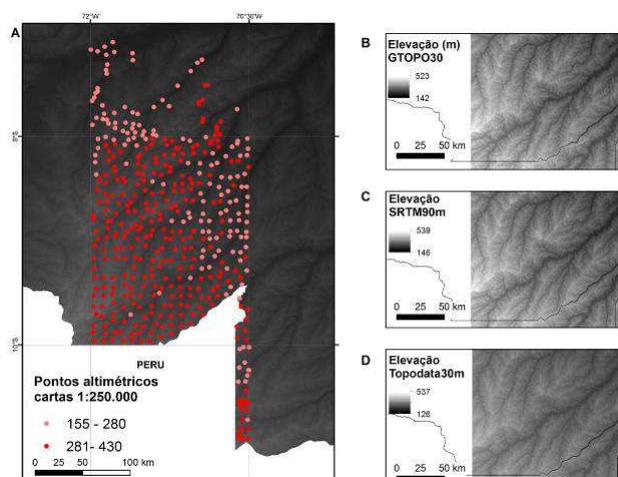


Figura 1 – Localização da área de comparação entre os 438 pontos cotados das cartas topográficas 1:250.000 (A) e os MDEs GTOPO30 (B), da SRTM (C) e Topodata (D).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mosaico das imagens Landsat (fator *o*) está apresentado com composição RGB 7,4,2 na Figura 2, enquanto o MDE da SRTM (fator *r*) mosaicado para o Brasil está apresentado na Figura 3.

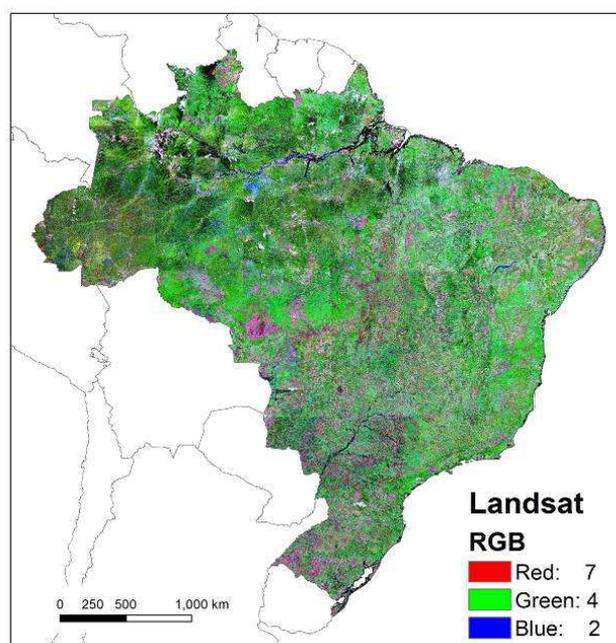


Figura 2 – Mosaico das imagens Landsat ETM (NASA, 2013) na resolução espacial de 90 m e composição RGB 7,4,2.



Figura 3 – Modelo digital de elevação da SRTM versão 4.0 (Jarvis et al., 2008) mosaicado para o Brasil na resolução espacial de 90m.

As diferenças médias entre os valores de elevação dos MDEs e os 438 pontos cotados variaram entre 15 e 26 m (**Tabela 1**). Os MDEs da SRTM e Topodata tiveram diferenças médias em torno de 15 m, concordando com os valores observados por Barros & Cruz (2007), enquanto o MDE GTOPO30 obteve o pior resultado.

Observa-se que a correção através do preenchimento de depressões espúrias melhorou a qualidade do MDE Topodata, mas essa melhora foi muito pequena.

Tabela 1 – Média, desvio padrão e RMSE das diferenças de elevação entre os MDEs e pontos cotados.

Estadística (m)	SRTM	GTOPO30	Topodata não corrigido	Topodata corrigido
Média	15,4	26,3	16,1	15,7
Desvio padrão	16,2	23,9	15,7	16,0
RMSE	22,4	35,5	22,5	22,4

CONCLUSÕES

O MDE da SRTM (90 m) possui qualidade comparável aos MDEs de maior resolução (30 m) e melhor qualidade do que o MDE GTOPO30 (1 km).

Por isso, o maior gasto computacional no processamento do MDE Topodata de 30 m talvez

não se justifique. Entretanto, uma avaliação mais rigorosa deve ser feita, principalmente considerando as covariáveis de relevo geradas a partir dos MDEs.

REFERÊNCIAS

BARROS, R. S. & CRUZ, C. B. M. Avaliação da altimetria do modelo digital de elevação do SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis, 2007. Anais. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1243-1250.

CHAGAS, C. S.; FILHO, E. I. F.; VIEIRA, C. A. O. et al. Atributos topográficos e dados do Landsat 7 no mapeamento digital de solos com uso de redes neurais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45:497-507, 2010.

CPRM. Mapas litológicos na escala 1:1.000.000. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>. Acesso em 1 mai. 2013.

DART, R. O.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; COELHO, M. R. et al. Digital soil mapping at Parque Estadual da Mata Seca, MG, Brazil: applying regression tree to predict soil classes. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON DIGITAL SOIL MAPPING, 4., Roma, Itália, 2010. Anais. Roma: IUSS, 2010.

GIASSON, E.; CLARKE, R. T.; INDA JUNIOR, A. V. et al. Digital soil mapping using multiple logistic regression on terrain parameters in Southern Brazil. Scientia Agrícola, 63:262-268, 2006.

IBGE. Área territorial brasileira. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/def_ault_territ_area.shtm>. Acesso em 1 mai. 2013a.

IBGE. Base vetorial contínua na escala 1:250.000. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em 1 mai. 2013b.

GRINAND, C.; ARROUAYS, D.; LAROCHE, B. et al. Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map: sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. Geoderma, 143:180-190, 2008.

GTOPO30. Global 30 arc second elevation data set. Disponível em: <<http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/gtopo30/gtopo30.html>>. Acesso em 1 mai. 2013.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 25:1965-1978, 2005.

JARVIS, A.; REUTER, H. I.; NELSON, A. et al. Hole-filled seamless SRTM data V4. Palmira, Colômbia: CIAT, 2008.



MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117:3-52, 2003.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G.; DART, R. O. et al. Modelagem e mapeamento digital de estoque de carbono orgânico na camada superficial dos solos (0-10 cm) do estado do Rio de Janeiro. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 120, 2007.

NASA. Landsat GeoCover mosaics. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>. Acesso em 1 mai. 2013.

SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W; DART, R. O. et al. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67p. (Documentos, 130)

SCHMIDT, K; BEHRENS, T.; SCHOLTEN, T. Instance selection and classification tree analysis for large spatial datasets in digital soil mapping. *Geoderma*, 146:138-146, 2008.

VALERIANO, M. M. Topodata: guia para utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. 72p.