

Mapeamento de solos a partir de uma área de referência.

Alexandre ten Caten¹
Ricardo Simão Diniz Dalmolin²
Luiz Fernando Chimelo Ruiz³

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da UFSM, Professor do Instituto Federal Farroupilha Campus Júlio de Castilhos. São João do Barro Preto, s/n, Júlio de Castilhos, RS, Brasil, CEP: 98130-000, e-mail: acaten@yahoo.com.br

² Professor Adjunto do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CCR, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97105/900. Bolsista CNPq e-mail: dalmolinr@pq.cnpq.br

³Estudante do curso Superior em Tecnologia de Geoprocessamento, Colégio Politécnico da UFSM / Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97105/900 e-mail: ruiz.ch@gmail.com

Abstract. Aspects related to soil as erosion, water availability and fertility, need to be better studied specially regarding a scenario of climate change. Information about soil spatial distribution need to be readily available for modelers and scenarios studies. Assuming that soil maps contain the soil-landscape relationships of the mapped area, they could be used as reference sites. This study aims to perform a conventional soil survey and its subsequent extrapolation to nearby areas where the same soil-landscape relationships are valid. Two conventional soil surveys were conducted with aerial photography stereo pairs and field work. Both surveys were taken as reference area for training the predictive models. Generalized linear models were developed using nine terrain attributes as predictors and soil classes as dependent variables. The probability maps, of finding each soil class, are compatible with the soil-landscape relationships in the study area. The best results were obtained for the classes of Leptosols (Neossolos Litólicos), due to its extension coverage in the training area, as well as, due to the soil formation factor relief which has prevailed among the predictors. The predictive model reproduced the same class of the reference soils maps in more than 51% of the study area. The application of the reference area technique has the potential to supply the lack of information on geographical distribution of soil classes.

Palavras-chave: digital soil mapping, soil survey, pedology, mapeamento digital do solo, levantamento de solos, pedologia.

1. Introdução

Aspectos relacionados ao solo como erosão, disponibilidade de água e fertilidade, no que diz respeito a um cenário de mudanças climáticas, necessitam ser melhor estudados (IPCC, 2007). Para isso a informação a respeito da distribuição espacial do solo necessita ser prontamente disponível para que modelos e cenários possam ser testados (Sachs et al. 2010). Contudo, são poucos os municípios que contam com levantamentos de solos em escala semidetalhada ou maiores, fundamentais para estudos e planejamento de bacias hidrográficas, projetos de assentamentos e propriedades rurais (Dalmolin et al., 2004).

A grande demanda por informação a cerca da distribuição espacial de propriedades e classes de solos, tem impulsionado o estudo quantitativo das relações que governam a distribuição espacial do solo denominado Mapeamento Digital de Solos (MDS) (McBratney et al., 2003). A técnica e ciência do MDS busca criar e disponibilizar a informação espacial sobre o solo através de métodos de observação em campo e laboratoriais associados a sistemas de inferência (Lagacherie e McBratney, 2007), e tem potencial para responder as demandas em informação sobre o solo em quantidade, qualidade e prontidão (van Engelen, 2010).

Uma das estratégias utilizadas no MDS é a extrapolação das relações solo-paisagem de uma área mapeada, definida como área de referência, para regiões onde estas relações ainda sejam válidas. O método baseado na área de referência assume que é possível delimitar pequenas regiões naturais, as quais irão conter um finito número de classes de solos formando um padrão reconhecível e repetidamente distribuído. Conseqüentemente, uma representativa área de referência poderia ser suficiente para identificar todas as classes de solos em áreas maiores, e estabelecer suas relações espaciais (Lagacherie et al., 1995).

As regiões naturais são os locais onde é possível caracterizar o solo de regiões topográfica ou geologicamente identificáveis. O primeiro estágio consiste de um levantamento detalhado em uma pequena, mas representativa área da região natural, a qual é denominada de área de referência. Este processo define as principais classes de solos de toda a região e estabelece as regras (relações) do mapeamento. Este estágio acelera e facilita o passo seguinte de produzir novos levantamentos de solos na mesma região (Voltz et al., 1997).

Assumindo que os mapas de solos contêm as relações entre o solo e o ambiente da área mapeada e que podem ser utilizados como áreas de referência, este estudo teve como objetivo realizar um mapeamento de solos convencional e sua posterior extrapolação para áreas próximas onde as mesmas relações solo-paisagem sejam válidas.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo localiza-se no município de São Pedro do Sul, situado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, compreendido entre as coordenadas 29°46' a 29°26' de latitude sul e 54°30' a 53°56' de longitude oeste. A área abrange uma região transitória entre o Planalto Médio e Depressão Central do Estado (Figura 1) (Klamt et al., 2001).

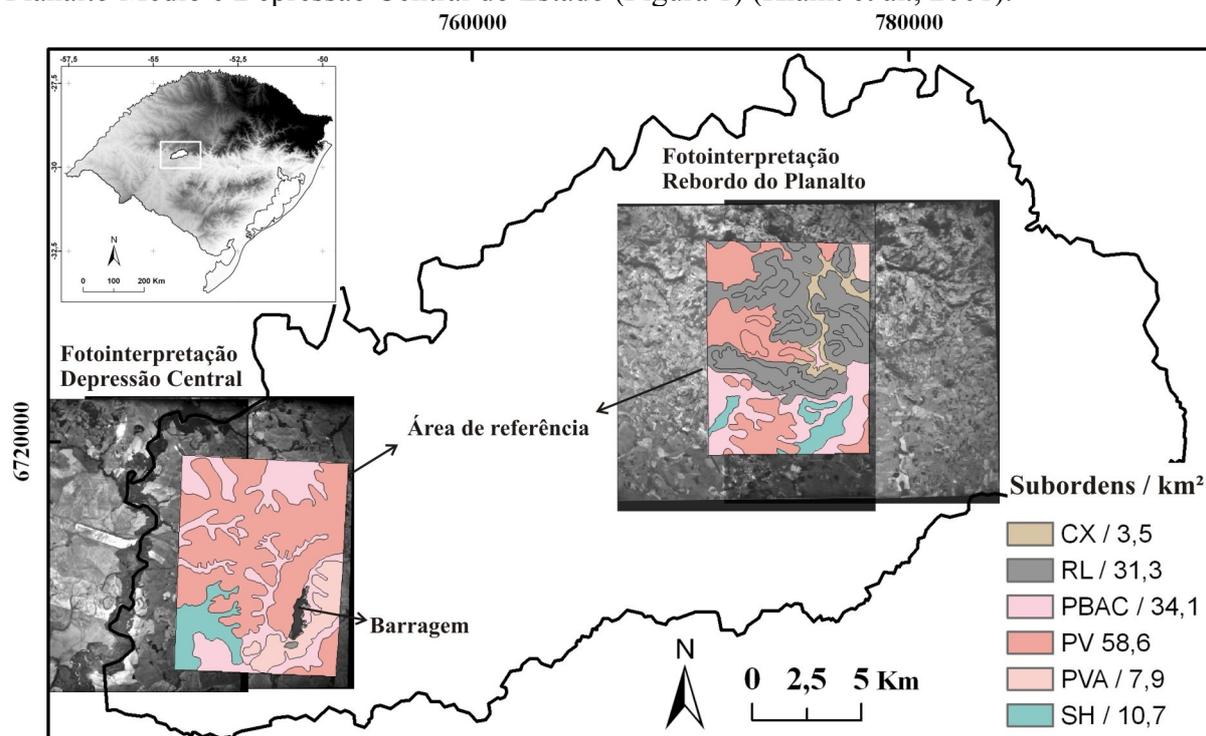


Figura 1: Localização do município de São Pedro do Sul do Estado do Rio Grande do Sul (imagem interna canto superior esquerdo). Localização dos levantamentos de solos realizados para gerar a área de referência. Coordenadas UTM Fuso 21 / SIRGAS2000. Cambissolo Háplico (CX), Argissolo Vermelho (PV), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Neossolo Litólico (RL), Argissolo Bruno-Acinzentado (PBAC) e Solo Hidromórfico (SH).

Como a área de estudo apresenta pelo menos duas superfícies geomórficas muito distintas quanto aos processos de formação do solo, uma ligada ao Rebordo do Planalto e outra a Depressão Central,

foi realizada a fotointerpretação em pares estereoscópicos e checagem a campo nestas duas áreas, ambas constituíram a área de referência para esse estudo (Figura 1). As classes de solos foram identificadas ao nível de subordem em escala semidetalhada de 1:50.000. Para a definição das classes de solos foram utilizadas informações extraídas do mapa em escala de semidetalhe produzido por Klamt et al. (2001).

Para representar as condições ambientais de formação do solo na área do estudo, foram utilizados atributos de terreno derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido a partir de dados de Sensoriamento Remoto do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Rabus et al., 2003). O MDE foi interpolado para uma resolução espacial de 50 metros utilizando a função Interpolar para Raster do programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008). Este mesmo programa foi utilizado para a geração do mapa de classes de solos.

Os nove atributos de terreno ELEV (Elevação), DECL (Declividade), DIST (Distância à Drenagem), CPLN (Curvatura Planar), CPRF (Curvatura de Perfil), RADI (Radiação relativa disponível), LNAC (Logaritmo natural da área de contribuição), IUT (Índice de umidade topográfica) e CTS (Capacidade de transporte de sedimento), foram gerados de acordo com o procedimento detalhado por Wilson e Gallant (2000).

O modelo estatístico utilizado para a extrapolação das classes de solos a partir das áreas mapeadas foi o de Regressão Logística Múltipla (RLM). De acordo com Chatterjee e Hadi (2006), a RLM não tem qualquer exigência para sua aplicação a respeito da distribuição das variáveis explicativas, não havendo necessidade de ter distribuição normal, correlação linear, medidas em mesma escala ou homogeneidade de variância. A aplicação de RLM para o mapeamento de solos já foi demonstrada por Hengl et al. (2007), Figueiredo et al. (2008) e ten Caten (2008).

A qualidade dos mapas gerados foi avaliada pelo índice Kappa, o qual mede a proporção de concordância entre os dados após as concordâncias devidas somente ao acaso serem removidas.

3. Resultados e Discussão

A aplicação dos modelos por RLM gerou arquivos raster de probabilidade, denominados mapas de probabilidades (Figura 2). Em cada mapa os pixels representam a probabilidade (entre 0 e 1) de se encontrar a classe de solo na a paisagem. Estes mapas de probabilidade têm uma boa relação visual com o que se esperava encontrar pela relação solo-paisagem para a região. As maiores probabilidades de encontrar os Solos Hidromórficos (Planossolos e Gleissolos) se deu nos locais mais baixos (relevo plano), onde a presença de água é um importante fator no processo de formação do solo. Nos topos dos morros e na encosta do Planalto (relevo forte ondulado a montanhoso) observaram-se as maiores probabilidades de encontrar as classes dos Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos, onde, especialmente para o primeiro, o processo de erosão não permite o desenvolvimento de horizontes mais espessos. Nas áreas de colinas (relevo suave ondulado a ondulado), intermediárias entre várzeas e encostas de morros, encontram-se as maiores probabilidades para os Argissolos (Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos-Amarelos e Argissolos Bruno-Acinzentados) que apresentam horizontes mais espessos e bem drenados.

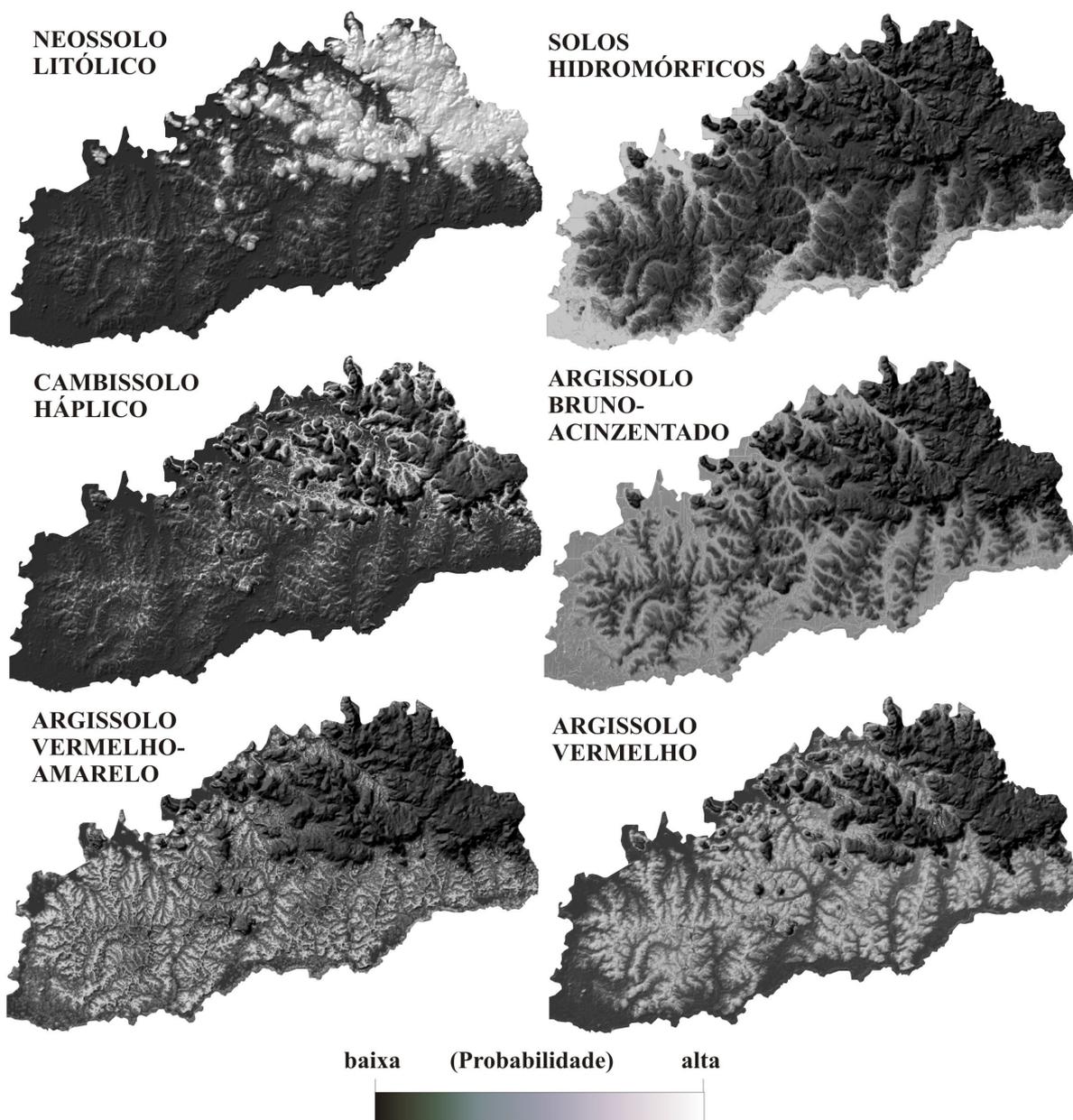


Figura 2: Mapas de probabilidade de ocorrência das classes de solos ao nível de subordem na área de estudo.

O potencial destes mapas de probabilidade precisa ser melhor explorado em futuros estudos. Essa informação, de pertinência de cada uma das classes de solos, poderá ser utilizada como um ponderador a cerca da relevância de determinado processo em uma classe de solo específica. A reunião de todos os mapas de probabilidade em um único Plano de Informação (PI), com apenas os maiores valores de probabilidade em cada pixel da imagem, possibilitou que fosse gerado o mapa de classes de solos ao nível de subordem (Figura 3).

As classes Solos Hidromórficos, Argissolos Bruno-Acinzentados, Argissolos Vermelhos e Neossolos Litólicos foram espacializadas, visualmente, de modo semelhante ao que se encontra nos mapas de referência (Figura 1) e, conseqüentemente, ao modelo mental desenvolvido pelo pedólogo durante o mapeamento da área de estudo. As classes de solos Argissolos Vermelhos-Amarelos e Cambissolos Hápticos, não foram preditas pelos modelos. Possivelmente devido a sua pequena representatividade na área do levantamento de solos convencional, com apenas 7,9 e 3,5 km², respectivamente. Para Debella-Gilo e Etzelmüller (2009) o mapeamento preditivo deve ser realizado a partir de uma representatividade mínima

de cada classe de solo, caso contrário, corre-se o risco de que os modelos não capturem toda a complexidade do ambiente de formação do solo da área a ser mapeada. Neste caso poder-se-ia optar por trabalhar com inclusões e associações de solos.

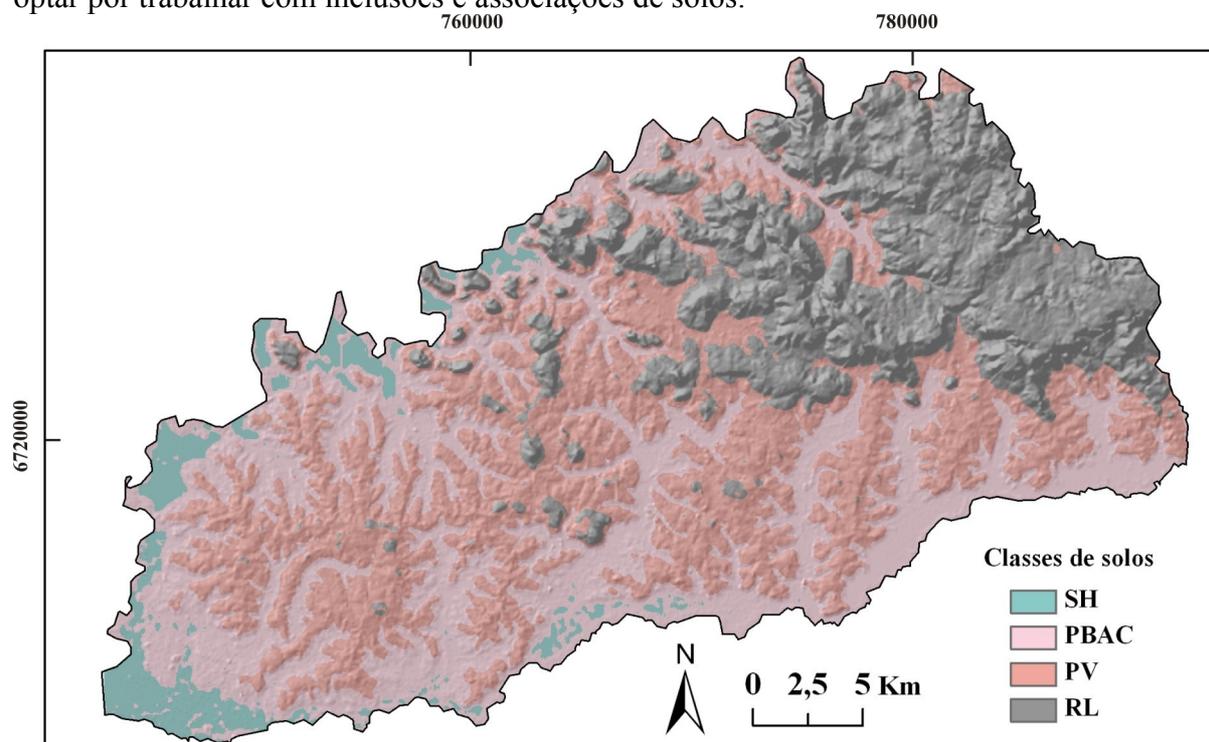


Figura 3: Mapa de solos gerado para o município de São Pedro do Sul. Coordenadas UTM Fuso 21 / SIRGAS2000. Argissolo Vermelho (PV), Neossolo Litólico (RL), Argissolo Bruno-Acinzentado (PBAC) e Solo Hidromórfico (SH).

A avaliação da qualidade dos mapas gerados demonstra que a classe dos Neossolos Litólicos obtiveram os maiores valores de Acurácia do Mapeador (AM), com um valor acima de 98%. Para essa classe de solos em apenas 2% dos locais onde Neossolos Litólicos são encontrados no campo, esses não se encontram no mapa predito. Esse dado está relacionado as nove covariáveis preditoras utilizadas para gerar os modelos serem ligadas ao fator de formação relevo. O relevo tem forte influência na formação dos Neossolos Litólicos, típicos de áreas de grande declividade onde a remoção constante do material intemperizado não permite que solos profundos sejam formados. Possivelmente as demais classes de solos teriam a sua inferência melhorada caso fossem utilizadas uma maior diversidade de variáveis preditoras como geologia e uso da terra, diversificando a representatividade dos demais fatores de formação do solo.

Quanto a capacidade do modelo preditivo em reproduzir o mapa da área de referência, verifica-se que em torno de 51,15% da área obteve-se a mesma classe de solo entre o mapa de referência e o predito. Este valor é superior ao reportado por Figueiredo et al. (2008) de 36,63%, os autores verificaram a capacidade de um modelo preditivo por RLM em reproduzir o mapa de solos dos municípios de Ibirubá e Quinze de Novembro no Rio Grande do Sul. De acordo com esses autores a principal dificuldade dos modelos preditivos estava em diferenciar as fases do relevo, e que naquele estudo eram determinantes para a definição das classes de solos.

Entre as causas desta distinção de aproximadamente 50% entre os dois mapas desse estudo, podem ser ressaltadas: (i) a pequena área de treinamento de algumas classes de solos, especialmente dos Cambissolos Háplicos e dos Argissolos Vermelhos-Amarelos; (ii) a abordagem de cada um dos mapeamentos, sendo que o pedológico é baseado em delineamentos pela percepção de cores e profundidade do pedólogo na fotointerpretação, e o

mapeamento digital o faz por uma abordagem quantitativa dos atributos de terreno; (iii) a o uso de atributos de terreno ligados quase que exclusivamente ao fator relevo; (iv) a dificuldade do modelo logístico em capturar toda a complexidade do ambiente de formação da área de referência.

4. Conclusões

Conclui-se que o Mapeamento Digital de Solos a partir de uma área de referência pode ser utilizado como alternativa ao mapeamento convencional para dimensões mais extensas da paisagem. O emprego desta metodologia poderá auxiliar no desenvolvimento de mapas de solos compatíveis com uma série de aplicações, e que hoje não estão disponíveis na escala desejada.

A seleção de áreas de referência representativas da paisagem a ser mapeada é uma fase crucial para a adequada extrapolação das relações solo-paisagem. Futuros estudos devem buscar avaliar a dimensão espacial da validade das extrapolações feitas a partir de uma área de referência.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado concedido ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento e Bolsa PQ concedida ao segundo autor.

Referências Bibliográficas

- Chatterjee, S.; Hadi, A. S. **Regression analysis by example**. John Willey & Sons, 4. ed., 2006. 375p.
- Dalmolin, R. S. D.; Klamt, E.; Pedron, F. de A.; Azevedo, A. C. de. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p.1479-1486, set-out. 2004.
- Debella-Gilo, M.; Eitzelmüller, B.; Spatial prediction of soil classes using digital terrain analysis and multinomial logistic regression modeling integrated in GIS: Examples from Vestfold County, Norway. **Catena**, v. 77, p.8-18, 2009.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands / Califórnia, 2008.
- Figueiredo, S. R.; Giasson, E.; Tornquist, C. G.; Nascimento, P. C. Uso de regressões logísticas múltiplas para mapeamento digital de solos no planalto médio do RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe., p.2779-2785, 2008.
- Hengl, T.; Toomanian, N.; Reuter, H. I.; Malakouti, M. J. Methods to interpolate soil categorical variables from profile observations: Lessons from Iran. **Geoderma**, v. 140, n. 4, p.417-427, 2007.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate changes: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries**. 68pg., 2007. Disponível em <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf> Acessado em 21 de outubro de 2010.
- Klamt, E.; Flores, C. A.; Cabral, D. R. **Solos do Município de São Pedro do Sul**. Departamento. de Solos/CCR/UFSM. Santa Maria, 2001, 96 p.
- Lagacherie, P.; Legros, J. P.; Burrough, P. A. A soil survey procedure using the knowledge of soil pattern established on a previously mapped reference area. **Geoderma**, v. 65, n. 3-4, p. 283-301, 1995.
- Lagacherie, P; McBratney, A. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. In: **Digital soil mapping: an introductory perspective**. (Org.) Lagacherie, P.; Mcbratney, A.B.; Voltz, M. Editora Elsevier, 2007. p. 3-22.

- McBratney, A. B.; Mendonça-Santos, M. L.; Minasny, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1-2, p. 3-52, 2003.
- Rabus, B.; Eineder, M.; Roth, A.; Bamler, R. The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, p. 241- 262, 2003.
- Sachs, J. et al. Monitoring the world's agriculture. **Nature**. v.466, p.558-560, 2010.
- ten Caten, A. Aplicação de componentes principais e regressões logísticas múltiplas em sistema de informações geográficas para a predição e o mapeamento digital de solos. 2008. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2008.
- van Engelen, V. Are global soil information systems adequate in forecasting impacts of global change? In: 19th World Congress of Soil Science; Soil Solutions for a Changing World. Gilkes R.J.; Prakongkep, N. (Org). **Anais...** Brisbane, Austrália, 2010, p.1-4. DVD, ISBN 978-0-646-53783-2. Disponível em <<http://www.iuss.org>> Acessado em 21 de outubro de 2010.
- Voltz, M.; Lagacherie, P.; Louchart, X. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area. **European Journal of Soil Science**, v.48, p.19-30, 1997.
- Wilson, J. P.; Gallant, J. C. Digital terrain analysis. In: _____ (Org.) **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000, Cap. 1, p. 1-27.