

MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS A PARTIR DE MAPA CONVENCIONAL DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE CRISTAL

STEFAN DOMINGUES NACHTIGALL¹; ELIANA APARECIDA CADONÁ²;
JÉFERSON DIEGO LEIDEMER³; ADÃO PAGANI JUNIOR⁴ BEATRIZ BRUNO DO
NASCIMENTO⁵; PABLO MIGUEL⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – stefan.tefo@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – cadona.eliana@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – jeferson.leidemer@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – jr.paganii@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – beatrizncmbruno@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – pablo.ufsm@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O solo é o principal palco para o desenvolvimento das ações humanas, constituindo-se como peça fundamental no entendimento dos ecossistemas (PADARIAN *et al.*, 2017). Os atributos físicos e químicos do solo fundamentam pesquisas e indagações sobre a espacialização das classes de solo na paisagem, estas por sua vez, são realizadas por pedólogos que fazem mensurações laboratoriais e observações das características morfológicas da região (AN *et al.*, 2018).

As pesquisas de mapeamento de solos fornecem uma base sólida para o ordenamento territorial e planejamento urbano, logo, novas tecnologias que possibilitem aperfeiçoar as técnicas de mapeamento de solos atuam diretamente nas relações entre os solos e a comunidade (GIASSON *et al.*, 2011).

As novas tendências apontam para o uso de métodos digitais para a estimativa de propriedades do solo, como por exemplo a espacialização de mapas de carbono (BHERING *et al.*, 2016) de argila (SINDAYIHEBURA *et al.*, 2017) e de classes de solo (PADARIAN *et al.*, 2019). Os métodos digitais de mapeamento de solos fornecem dados e estimativas baseadas em valores quantitativos da paisagem, podendo serem computados e reproduzidos com fidedignidade, com isso afasta-se o caráter especulativo e baseado em experiências e entendimentos pessoais das relações solo-paisagem.

Com base nessa tendência de pesquisa, o presente trabalho objetivou a elaboração de um mapa digital de solos com base em um mapeamento convencional como referência, visando incrementos em ordem de escala espacial e na ressignificação de dados passados.

2. METODOLOGIA

A área de estudos é delimitada pelo limite municipal de Cristal, localizado no estado do Rio Grande do Sul e possui uma área de 681,7 km², estando situado entre as coordenadas planas de 6.550.000 e 6.600.000 metros norte e 370.000 e 430.000 metros leste do fuso 22 no sistema de coordenadas SIRGAS 2000.

O município foi escolhido com base nos mapeamentos convencionais previamente existentes na região (CUNHA *et al.*, 2006). A partir da seleção da área de estudo, foi possível reunir o modelo digital de elevação (MDE) com resolução de 30m (FARR *et al.*, 2007). Com base no MDE foram geradas 15 covariáveis (Figura 1) associadas a capacidade preditiva do mapeamento digital de solos, estes planos de informação foram determinadas no SAGA GIS (OLAYA, 2004).

As covariáveis utilizadas foram processadas através do software R (R CORE TEAM, 2019) com os pacotes *raster* (HIJMANS *et al.*, 2019), *rgdal* (BIVAND *et al.*, 2019) e *caret* (KUHN *et al.*, 2019) utilizados para gerar o mapa de solos digital através do classificador *Randon Forest*. Neste sentido, os dados para treinamento do modelo preditivo foram adquiridos por meio de pontos localizados no centro das unidades de mapeamento do mapa convencional de solos.



Figura 1 - Covariáveis utilizadas para a estimativa das classes de solos pelo mapeamento digital de solos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de referência utilizado classifica 6 unidades de mapeamento em segundo nível categórico conforme (SANTOS *et al.*, 2018). O mapa digital de solos gerado foi capaz de reproduzir as mesmas 6 unidades de mapeamento encontradas (Figura 2), devido as condições da paisagem serem representativas para as classes utilizadas, contudo, foi observada que quanto menor a extensão territorial da classe, menor é sua capacidade de ser estimada com precisão e acurácia satisfatória.

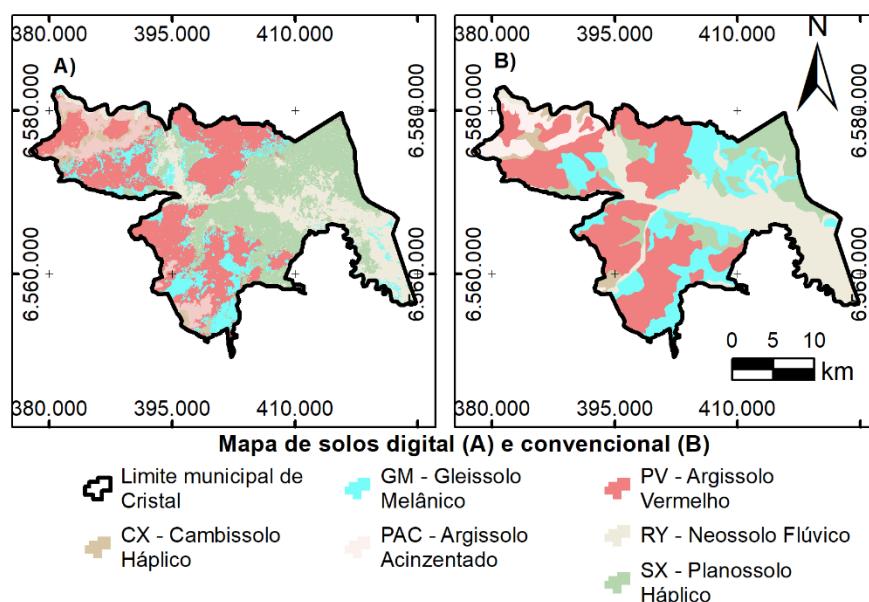


Figura 2 - Espacialização das classes de solos no mapa digital (A) e convencional (B).

A matriz de confusão (Tabela 1) gerada entre os dados de referência e dados estimados demonstra que os valores de acurácia individual de 77% na classe de Argissolos Vermelhos indica que grande parte destes solos encontrados no mapa de referência são encontrados também no mapa estimado e associada a acurácia do usuário de 69%, sugere que a capacidade de cada célula representar de fato um Argissolo Vermelho é igualmente satisfatória.

Tabela 1 - Matriz de confusão entre os dados de referência (MCS) e os dados estimados (MDS).

Matriz de confusão		MDS						Total de células	Acurácia do usuário
		CX	GM	PAC	PV	RY	SX		
MCS	CX	2458	1590	5695	4821	3590	624	18778	13%
	GM	1478	36790	36	33696	10587	65598	148185	25%
	PAC	4943	264	22441	12899	1446	409	42402	53%
	PV	8617	33997	20727	190738	5721	16011	275811	69%
	RY	347	11829	245	3233	111476	62213	189343	59%
	SX	0	5209	5	2963	7023	80090	95290	84%
	Total de células	17843	89679	49149	248350	139843	224945	769809	
Acurácia individual		14%	41%	46%	77%	38%	36%		
Acurácia geral		0,58			Índice Kappa			0,46	

De maneira análoga, a classe dos Cambissolos Háplicos apresentou um baixo valor de acurácia individual e de acurácia do usuário, inferindo que apenas 14% da totalidade de células do mapa de referência foram estimadas e que a probabilidade de estas células serem fidedignas à referência são de 13%. Essa situação é correlacionada condição de ocorrência dos Cambissolos Háplicos na paisagem e sua baixa representatividade espacial no mapa de referência, o que diminuiu significativamente as amostras utilizadas para o treinamento do modelo e consequentemente sua capacidade preditiva.

As classes de Planossolo Háplico e Gleissolo Melânico foram confundidas pelo modelo em diversas células, visto que sua ocorrência na paisagem é condicionada por variações ínfimas no relevo e na variação dos teores de argila do perfil de solo, logo, é natural que com resoluções espaciais de 30m² esta variação não seja estimada com precisão. Os Neossolos Flúvicos foram subestimados com base na referência, e podem ser associados a dificuldade em delimitar seus limites com as demais unidades de mapeamento em virtude de ocorrem ao longo das margens do rio Camaquã e suas matas ciliares atenuarem características do relevo que poderiam marcar estes limites.

O índice Kappa de 0,46 encontrado no estudo é considerado dentro da média nacional apontada por TEN CATEN et al. (2012) e classificado como satisfatório. O índice kappa também é 7% superior ao encontrado por SILVA et al. (2018) ao mapear digitalmente o município de São João do Polêsine com o classificador *Random Forest* e pontos de pseudo-amostragem digital.

4. CONCLUSÕES

O mapeamento digital de solos pode se adaptar as informações disponíveis no mapa legado, identificando de forma satisfatória as unidades de mapeamentos presentes no município de Cristal, contudo as incertezas associadas ao mapeamento convencional podem ter se propagado para o modelo digital, subestimando os reais valores de precisão do método.

O modelo *Random Forest* foi eficaz como classificador das classes de solo, obtendo uma acurácia geral de 58% e índice Kappa de 46%, além de estimar os Argissolos Vermelhos com elevada acurácia (77%)

Estudos futuros ainda são necessários no município de Cristal para que as incertezas associadas a espacialização das classes de solos possam ser definidas e interpretadas a ponto de prover informações que levem a um aumento gradual das precisões e acuráncias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AN, Y.; YANG, L.; ZHU, A. X.; QIN, C.; SHI, J. J. Identification of representative samples from existing samples for digital soil mapping. **Geoderma**, v. 311, p. 109–119, 2018.
- BHERING, S. B.; CHAGAS, C. DA S.; JUNIOR, W. DE C.; PEREIRA, N. R.; CALDERANO FILHO, B.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento digital de areia, argila e carbono orgânico por modelos Random Forest sob diferentes resoluções espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1359–1370, 2016.
- BIVAND, R.; KEITT, T.; ROWLINGSON, B.; PEBESMA, E.; SUMNER, M.; HIJMANS, R.; ROUAULT, E.; WARMERDAM, F.; OOMS, J.; RUNDEL, C. **Package ‘rgdal’**, 2019. Disponível em: <<https://cloud.r-project.org/web/packages/rgdal/index.html>>. Acesso em: 14 set. 2019
- CATEN, A. TEN; DALMOLIN, R. S. D.; MENDONÇA-SANTOS, M. DE L.; GIASSON, E. Mapeamento digital de classes de solos: características da abordagem brasileira. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1989–1997, 2012.
- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. DA C.; SEVERO, C. R. S. **Circular Pelotas Embrapa Clima Temperado**, , 2006.
- FARR, T. G. *et al.* The Shuttle Radar Topography Mission. **Reviews of Geophysics**, v. 45, n. 2, 2007.
- GIASSON, E.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E.; FLORES, C. A.; HASENACK, H. Decision trees for digital soil mapping on subtropical basaltic steppes. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 167–174, 2011.
- HIJMANS, R. J. *et al.* **Package ‘raster’**, 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/raster/index.html>>. Acesso em: 13 set. 2019
- KUHN, M. *et al.* **Package ‘caret’**, 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/caret/index.html>>
- OLAYA, V. **A gentle introduction to SAGA GIS**, 2004. Disponível em: <http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiiize/SAGA/SagaManual.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019
- PADARIAN, J.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Chile and the Chilean soil grid: A contribution to GlobalSoilMap. **Geoderma Regional**, v. 9, p. 17–28, 2017.
- PADARIAN, J.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Using deep learning for digital soil mapping. v. 5, p. 79–89, 2019.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing.**, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 13 set. 2019
- SANTOS, H. G. DOS; KLINGER TITO JACOMINE, P.; HELENA CUNHA DOS ANJOS, L.; ÁLVARO DE OLIVEIRA, V.; FRANCISCO LUMBRERAS, J.; RIZZATO COELHO, M.; ANTONIO DE ALMEIDA, J.; COELHO DE ARAÚJO FILHO, J.; BERTOLDO DE OLIVEIRA, J.; JARBAS FERREIRA CUNHA, T. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.
- SILVA, D. V. R. DA; COSTA, J. R. DA; MICHEL-BUENO, J.; DALMOLIM, R. S. D.; MÜLLER, C. R.; BARBOSAL, B. W. Mapeamento Digital de Solo do município de São João do Polêsine-RS utilizando Floresta Aleatória em SIG. **XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, p. 3–6, 2018.
- SINDAYIHEBURA, A.; OTTOY, S.; DONDEYNÉ, S.; MEIRVENNE, M. VAN; ORSHOVEN, J. VAN. Comparing digital soil mapping techniques for organic carbon and clay content: Case study in Burundi’s central plateaus. **CATENA**, v. 156, p. 161–175, 1 set. 2017.