

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO NO BRASIL

Luciana Rossato¹, Regina C. S. Alvalá², Javier Tomasella³

Palavras Chave: Capacidade de Armazenamento de Água, Funções de Pedo-Transferência, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The determination of soil hydraulic properties is expensive and time consuming. Therefore, those properties can be estimated using functions that relate the hydraulic properties with basic soil data, (such particle size distribution, organic carbon or bulk density), known as Pedo-transfer Functions (PTF). In this study, a PTF was used to estimate field capacity and wilting point, that are necessary for the estimation of water holding capacity. Both basic soil data and water holding capacity were georeferenced in a Geographic Information System (GIS). The mapped soil data showed a relatively gross description of spatial variability, affecting the results in specific regions of the whole country.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de armazenamento de água no solo é uma importante variável no estudo da resposta da vegetação às condições de estresse-hídrico, bem como nos estudos de infiltração e de drenagem. Além disso, a capacidade de armazenamento de água no solo é determinante da evapotranspiração do solo e, portanto, afeta os processos de troca entre o solo e a atmosfera.

Cassel e Nielsen (1986) definem a capacidade de armazenamento como a diferença entre o conteúdo de água entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. Capacidade de campo é a água retida em um solo úmido, após a drenagem por gravidade, por um certo período de tempo. A capacidade de campo não é uma constante, mas geralmente assume-se que ela corresponde ao conteúdo de água no solo retido a um potencial matricial de -33 KPa. O ponto de murcha permanente é o ponto no qual as plantas não se recuperam, geralmente correspondente a um potencial matricial de -1500 KPa (Kern 1995a, 1995b). Considerando que a determinação direta, ou em laboratório, desta propriedade é dispendiosa e demanda tempo, os dados disponíveis sobre a capacidade de armazenamento limitam-se a informações pontuais, com escassa a nula resolução espacial. Por esta razão, procurou-se estabelecer relações entre a capacidade de armazenamento e as propriedades físicas do solo mais facilmente determinadas, tais com textura, estrutura, etc. Essas informações são obtidas em levantamentos de reconhecimento de solos, estando disponíveis para a totalidade do território brasileiro com uma razoável resolução espacial. As relações entre propriedades hídricas dos solos como retenção, capacidade de armazenamento, condutividade hidráulica, e outras, com propriedades físicas básicas dos solos, obtidas nos levantamentos pedológicos, são conhecidas como funções de pedo-transferência - PTFs (Tietje et al., 1993).

Assim sendo, é objetivo deste trabalho construir uma base de dados para todo o território brasileiro que contenha as propriedades físicas, tais como o percentual de areia, de silte, de argila, de cascalho e de matéria orgânica. Essa base de dados será utilizada para a obtenção da capacidade de armazenamento de água no solo, utilizando-se funções de pedo-transferência. A base de dados será georeferenciada de forma que permita ser representada mais realisticamente em modelos hidrológicos, climáticos e de previsão de tempo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados referentes às propriedades físicas dos solos do Brasil, considerados no presente trabalho, foram coletadas dos volumes da série Levantamentos de Recursos Naturais do Projeto RADAMBRASIL, e transferidos para uma planilha eletrônica. O projeto RADAMBRASIL (1973-

¹ Estudante do Curso de Física da UNESP-FEG, bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: rossato@cptec.inpe.br

² Divisão de Ciências Meteorológicas (DCM/INPE), São José dos Campos (SP). E-mail regina@met.inpe.br

³ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista, (SP). E-mail: javier@cptec.inpe.br

1984) mapeou extensivamente o território nacional considerando tanto interpretação de imagens de radar e de outros sensores, quanto apoio em trabalhos de campo. Os solos foram amostrados determinando-se a profundidade dos horizontes, os tipos de solos, de vegetação, de relevo, entre outras características. Para cada horizonte foram efetuadas análises físicas (textura, estrutura, etc) e químicas (tais como conteúdo de matéria orgânica, macro e micro nutrientes, carbono).

A base de dados desenvolvida contém informações obtidas dos 34 volumes do Projeto RADAMBRASIL, a qual inclui uma descrição da textura, da estrutura, da profundidade dos horizontes, da quantidade de carbono orgânico, entre outras informações, para diferentes perfis de solos do Brasil, conforme mostra o exemplo ilustrado na Tabela abaixo.

TABELA 1: Descrição dos atributos dos solos considerados na base de dados.

Nº perf.	Lat.	Long.	Alt.	Tipo Solo	Refer.	Horiz	Prof. Inf.	Prof. Sup.	Calh.	Casc.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila nat.	Equiv Umid.	C
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	A1	0	13	0	2	49	7	8	36	18	18	1.74
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	A3	13	30	0	2	47	8	8	37	16	18	1.23
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B1	30	45	0	2	37	8	6	49	33	23	0.6
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B21	45	75	0	2	24	7	4	65	0	29	0.46
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B22	75	105	0	2	24	7	2	67	0	29	0.41
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B23	105	140	0	2	24	7	2	67	0	29	0.28
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B24	140	200	0	2	26	6	4	64	0	29	0.29
1	-16°24'	40°49'	70	LAa	R.34.242	B3	200	220	0	2	26	7	6	61	0	29	0.15

Posteriormente, os dados das propriedades básicas dos solos foram agrupados para cada Estado do território brasileiro e transferidos para um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a finalidade de serem geo-referenciados, isto é, representados numa projeção cartográfica.

Para a apresentação dos resultados fez-se necessário elaborar máscaras que descrevessem os contornos de cada Estado. Estas máscaras foram obtidas a partir de informações de uma home-page, cujo endereço é <http://ortelius.maproom.psu.edu/dcw>, importadas para o ARCINFO e, a seguir, exportadas para o IDRISI. Ambos são softwares utilizados para georeferenciar dados.

Para estimar a capacidade de campo e o ponto de murcha, ambos necessários para a obtenção da capacidade de armazenamento de água no solo, foram utilizadas funções de pedo-transferência. A função utilizada neste trabalho baseou-se na equação de retenção de van Genuchten (Tomasella et al., 1998), dada por:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha\psi)^n]^m} \quad (1)$$

onde ψ é o potencial mátrico (KPa); θ o conteúdo de água volumétrica; θ_s o conteúdo de água saturada; θ_r o conteúdo de água residual; α , n e m os parâmetros dimensionais relacionados com a homogeneidade da distribuição do tamanho dos poros. Van Genuchten assume que $m = 1 - 1/n$.

Para relacionar cada parâmetro da Equação 1 com os dados das propriedades básicas do solo, como textura, carbono orgânico, umidade equivalente e densidade global, utilizou-se técnica de regressão linear múltipla, considerando um polinômio de segunda ordem com coeficientes lineares, dado pela seguinte expressão:

$$X_i = a_{i,1} + a_{i,2}FS + a_{i,3}S + a_{i,4}C + a_{i,5}OC + a_{i,6}Me + a_{i,7}\rho + a_{i,8}CS.FS + \dots + a_{i,j}SC + a_{i,j+1}CS^2 + \dots + a_{i,n}C^2 \quad (2)$$

onde X_i é o valor do parâmetro da equação 1 ($i=1,4$ corresponde a α , n , θ_s e θ_r , respectivamente); ou ele é o logaritmo natural; CS , FS , S e C são, a porcentagem de areia grossa, areia fina, silte e argila respectivamente; OC é o percentual de carbono orgânico; Me é a umidade equivalente; ρ a densidade global e a_{ij} ($j=1..n$) são os coeficientes derivados da regressão linear múltipla.

Os dados básicos dos solos obtidos pelos levantamentos nem sempre contém informações tais como densidade global e umidade equivalente; logo, foram derivadas 4 equações para cada parâmetro de van Genuchten, dependendo da informação disponível. Assim, para um primeiro nível, tem-se todas as informações básicas; para um segundo nível, exclui-se a densidade global; para um terceiro nível, exclui-se a umidade equivalente; e para um quarto nível, exclui-se a densidade global e a umidade equivalente.

Os coeficientes lineares de cada parâmetro da Equação 1 correspondente a cada nível, obtidos por otimização (Tomasella et al., 1998), estão listados na Tabela.

TABELA 2: Coeficientes lineares de cada parâmetro da equação de van Genuchten

Variável (%)	Nível 1 [†]				Nível 2 [†]			
	$\ln \alpha$	N	θ_s	θ_r	$\ln \alpha$	n	θ_s	θ_r
$a_{i,l}$ [‡]	459.5631	187.2945	74.0267	-9.7190	33.4019	161.4658	36.3932	1.2141
FS [‡]	6.1019	-1.2297	0.0351	-0.0250	1.9994	-1.3285	0.0259	-0.0064
S [‡]	-2.3323	0.1395	0.0513	0.1702	-3.5923	0.2405	0.0623	0.2819
C [‡]	-2.8029	0.1793	0.0810	0.1521	-4.9435	0.1757	0.0785	0.1589
me [‡]	-214.4155	-95.7856	22.8896	52.9584	248.2351	-75.9436	55.6686	40.7555
bd [‡]	-348.2769	-14.9793	-24.5916	7.7179				
OC [‡]			1.1856				1.3484	
$CS.FS$ [‡]		-0.0101				-0.0208		
$CS.S$ [‡]	0.0118				0.0284			
$CS.C$ [‡]			-0.0043				-0.0046	
$FS.S$ [‡]	-0.0719				-0.0299			
$S.C$ [‡]			-0.0018				-0.0034	
$CS^{2‡}$		0.0128				0.0150		
$FS^{2‡}$	-0.0777	0.0226			-0.0439	0.0314		
$S^{2‡}$				-0.0056				-0.0066
$C^{2‡}$	0.0237				0.0385			

Variável (%)	Nível 3 [†]				Nível 4 [†]			
	$\ln \alpha$	N	θ_s	θ_r	$\ln \alpha$	n	θ_s	θ_r
$a_{i,l}$ [‡]	398.4447	149.0845	79.0516	0.7927	29.9968	199.0805	36.4956	0.5648
FS [‡]	5.5240	-2.2394	0.0493	-0.0266	2.7978	-1.7212	0.0241	0.0039
S [‡]	-3.8531	-0.2675	0.1397	0.4199	-2.7812	-0.6850	0.3735	0.4631
C [‡]	-3.6756	-0.1723	0.1538	0.3217	-4.2665	-0.3198	0.2836	0.3333
me [‡]								
bd [‡]	-298.8750	31.9994	-27.8022	0.8159				
OC [‡]			1.7763				3.2475	
$CS.FS$ [‡]		-0.0347				-0.0317		
$CS.S$ [‡]	0.1042				0.0420			
$CS.C$ [‡]			-0.0045				-0.0055	
$FS.S$ [‡]	-0.0559				-0.0164			
$S.C$ [‡]			-0.0022				-0.0059	
$CS^{2‡}$		0.0166				0.0118		
$FS^{2‡}$	-0.0720	0.0361			-0.0510	0.0293		
$S^{2‡}$				-0.0055				-0.0071
$C^{2‡}$	0.0274				0.0399			

[†] Nível 1 inclui todas as informações básicas; nível 2 exclui a densidade global.

[†] Nível 3 exclui a umidade equivalente; nível 4 exclui a umidade equivalente e a densidade global.

[‡] Valores multiplicados por 100.

A partir dos coeficientes obtidos na Tabela 2, estimou-se o armazenamento de água para o primeiro metro de solo, acumulando-se cada horizonte. Os resultados obtidos também foram transferidos para um Sistema de Informação Geográfica, isto é, foram transferidos para o software IDRISI (Idrisi, 1997).

3. RESULTADOS

A Figura 1 ilustra um exemplo com dados de solos transferidos para um SIG. O contorno incluído na figura representa o estado de Goiás. Cada ponto ilustrado na figura corresponde à descrição dos atributos do solo mencionados na Tabela 1.

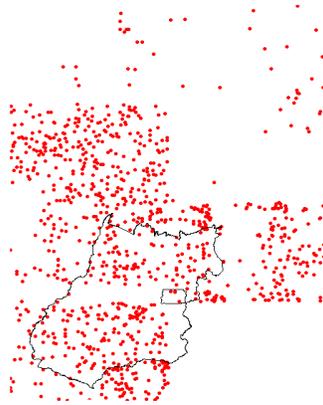


Fig.1: Atributos de solos para a região do Estado de Goiás e adjacências.

A capacidade de armazenamento de água para o primeiro metro do solo, considerando o Estado de Goiás e adjacências, pode ser visto na Figura 2. As áreas esverdeadas indicam uma maior capacidade de armazenamento, enquanto que as áreas mais azuis são indicativas de solos mais rasos (rochosos) e/ou arenosos, com menor potencial para reter água.

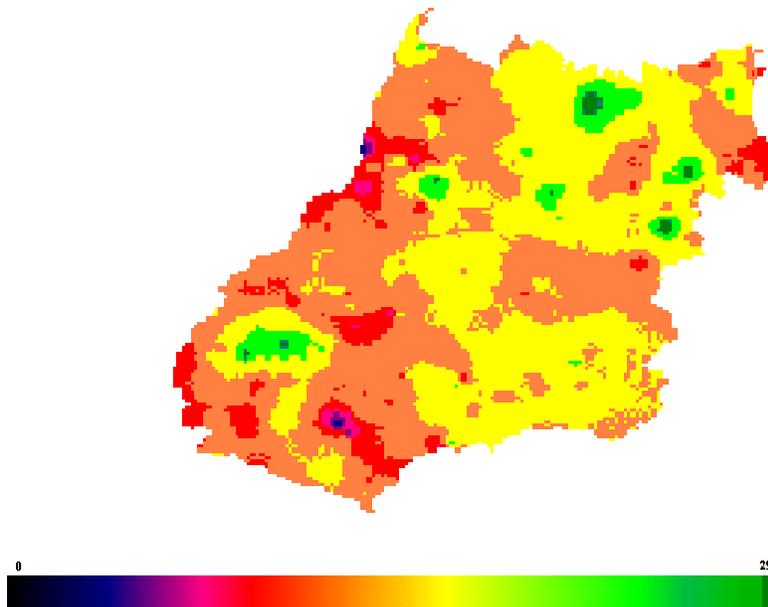


Fig.2: Capacidade de armazenamento, em mm, para o primeiro metro do solo para o Estado de Goiás

Mapas semelhantes ao da Figura 2 foram obtidos para outros Estados do território brasileiro.

4. CONCLUSÃO

Analisando-se os resultados, verificou-se que a base de dados de solo, desenvolvida a partir dos dados do Projeto RADAMBRASIL e transferida para um Sistema de Informações Geográficas, possibilitou que se descrevesse de forma relativamente grosseira a variabilidade espacial dos solos. Levando-se em conta a dimensão territorial dos Estados brasileiros, pode-se concluir que a quantidade de informações por unidade de superfície é pequena e insuficiente para uma modelagem com maior nível de detalhe. Isto tornou-se mais evidente naqueles Estados não descritos pelo Projeto RADAMBRASIL (São Paulo e Santa Catarina), centro do Estado de Minas Gerais, norte dos Estados de Santa Catarina e Paraná, e naquelas regiões onde a densidade de amostragem é consideravelmente pequena (como, por exemplo, no norte da Região Nordeste).

Finalmente, ressalta-se a necessidade de se considerar um conjunto mais completo com informações sobre as propriedades físicas dos solos brasileiros, principalmente para aqueles estados não completamente descritos pelo Projeto RADAMBRASIL.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cassel, D.K.; D.R. Nielsen, 1986. Field capacity and available water capacity. p. 901-926. In: A.L. Page (ed) Methods on soil analysis. Part 2. Agron. Monog. 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
- Idrisi, 1997. Clark University Graduate School of Geography. Version 2.
- Kern, J. S., 1995a. Geographic Patterns of Soil Water-Holding Capacity in the Contiguous United States. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, **59**: 1126-1133.
- Kern, J. S., 1995b. Evaluation of Soil Water Retention Models Based on Basic Soil Physical Properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, **59**: 1134-1141.
- RadamBrasil, 1976-1984. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 1-34. IBGE. Rio de Janeiro.
- Tietje, O.; Tapkenhinrichs, M., 1993. Evaluation of Pedo-Transfer Functions. **Soil Sci. Am. J.**, **57**:1088-1095.
- Tomasella, J., Hodnett, M.; Rossato, L., 1998. Pedo-Transfer Functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. Submitted to the Soil Science American Journal.

6. AGRADECIMENTO

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC.