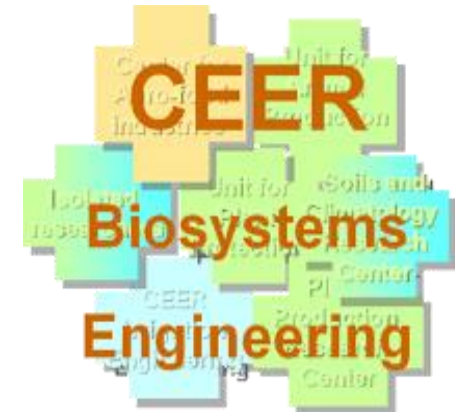


Comparação de diferentes funções de pedotransferência para estimar as propriedades hidráulicas dos solos em Portugal



Tiago B. Ramos¹, Maria C. Gonçalves², José C. Martins² e Luís S. Pereira¹

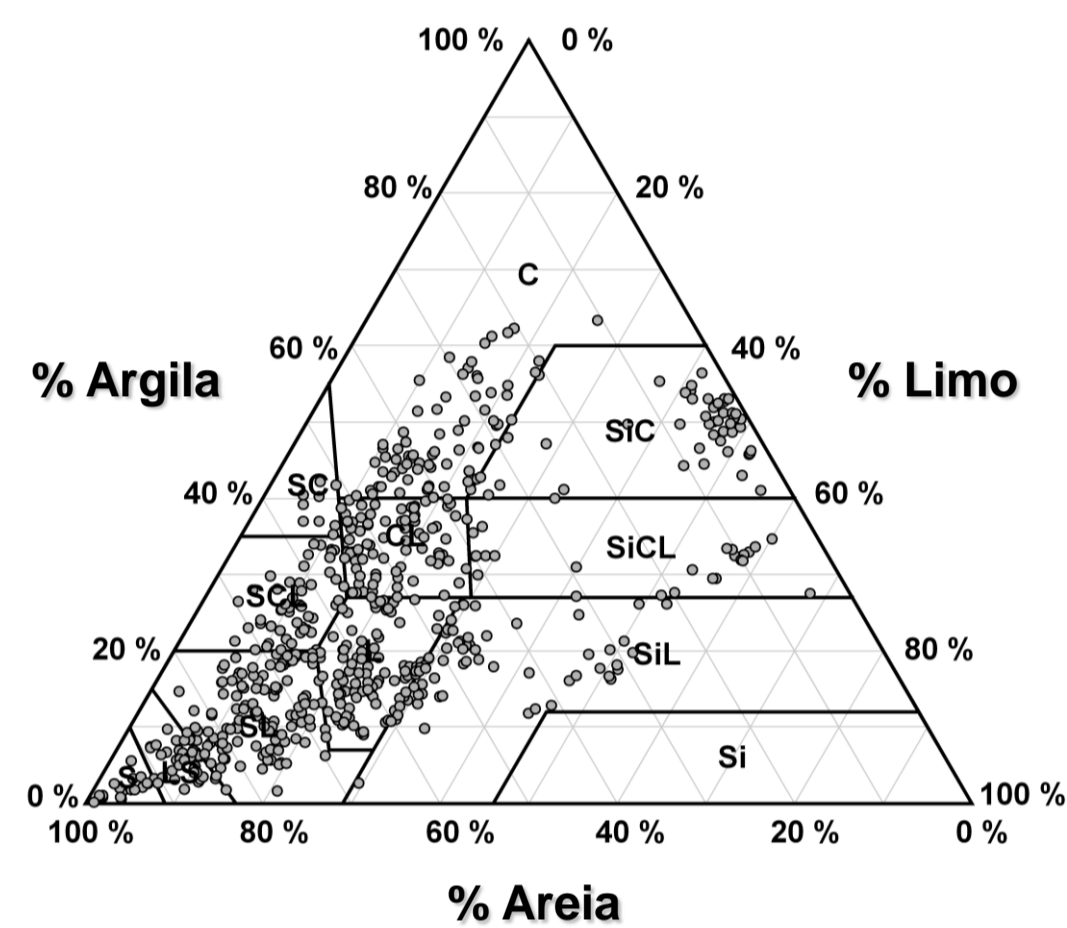
¹ CEER-Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa.

² Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Quinta do Marquês, Av. República, 2784-505 Oeiras.

Email: tiago_ramos@netcabo.pt

Introdução

Muitos dos métodos laboratoriais usados na determinação das propriedades hidráulicas do solo são bastante morosos, dispendiosos, trabalhosos e limitados ao tamanho das amostras, restringindo o seu uso devido à heterogeneidade do meio quando o objectivo é a caracterização de grandes áreas, nomeadamente áreas agrícolas ou bacias hidrográficas. Nesse sentido, as funções de pedotransferência (PTFs) permitem estimar indirectamente aquelas propriedades a partir de outras mais básicas, tais como a granulometria, a massa volúmica aparente, o teor de carbono orgânica, entre outras.



Distribuição textural dos 697 horizontes incluídos na PROPSOLO

Classes texturais ISSS

S, arenosa	SCL, franco-argilo-arenosa	SIC, argilo-limosa
LS, arenosa-franca	CL, argilo-limosa	SICL, franco-argilo-limosa
SL, franco-arenosa	SC, argilo-arenosa	SIL, franco-limosa
L, franca	C, argilosa	Si, limosa

Objectivos

Actualização das PTFs existentes (Gonçalves *et al.*, 1999; Paz *et al.*, 2009) e desenvolvimento de novas funções que permitam otimizar o seu uso em função dos dados de entrada e dos objectivos pretendidos.

Material e Métodos

As PTFs foram desenvolvidas a partir da informação contida na base de dados PROPSOLO (Ramos *et al.*, 2011), que reúne informação sobre as propriedades físicas e químicas determinadas em 697 camadas/horizontes de 330 perfis de solo localizados em Portugal continental. Foram realizadas 4 abordagens:

1 – PTFs por classes para estimar a porosidade total (ϕ), o teor de água retido no solo a -0.25, -1, -3.2, -6.3, -10, -33, -100, -250 e -1500 kPa e os parâmetros do modelo de van Genuchten (1980). Os dados foram agrupados primeiramente por classe textural, segundo a classificação da FAO e do sistema da Sociedade Internacional da Ciência do Solo (ISSS) e, em seguida, tendo em conta a profundidade de cada camada e a massa volúmica aparente. As PTFs desenvolvidas para cada classe de dados foram calculadas através da média aritmética dos teores médios de água no solo nos diferentes potenciais mátricos.

2 – PTFs pontuais para estimar ϕ , o teor de água retido no solo a -0.25, -1, -3.2, -6.3, -10, -33, -100, -250 e -1500 kPa e a condutividade hidráulica saturada do solo, medida laboratorialmente (K_{sm}), por análise de regressão múltipla.

3 – PTFs paramétricas para estimar os parâmetros do modelo de Mualem-van Genuchten (MvG; van Genuchten, 1980), por análise de regressão múltipla.

4 – PTFs pontuais para estimar o teor de água retido no solo a -33 e -1500 kPa. Foram desenvolvidos diagramas ternários, por interpolação dos teores de água medidos laboratorialmente, e tendo em conta a disposição das texturas correspondentes no diagrama textural. A continuidade espacial dos teores de água nos diferentes potenciais mátricos foi analisada através de um variograma experimental e a interpolação dos valores medidos foi realizada pelo método da Krigagem Normal.

Resultados e discussão

PTFs por classes

- classes textura FAO
- classes textura FAO + horizontes
- classes textura FAO + densidade aparente
- classes textura FAO + horizontes + densidade aparente
- classes textura ISSS
- classes textura ISSS + horizontes
- classes textura ISSS + densidade aparente

RMSE	0.057
(cm ³ cm ⁻³)	0.056
	0.044
	0.043
	0.052
	0.049
	0.039

Exemplo: PTF classe textural FAO + densidade aparente

class-PTF*	N	Volumetric water content										van Genuchten's parameters						
		$\theta_{0.25}$	θ_{-1}	$\theta_{-3.2}$	$\theta_{-6.3}$	θ_{-10}	θ_{-33}	θ_{-100}	θ_{-250}	θ_{-1500}	θ_r	θ_s	α	n				
Very fine	162																	
Fine	21	0.589	0.580	0.562	0.535	0.507	0.467	0.435	0.380	0.345	0.281	0.045	0.585	0.071	1.129			
p<1.20	57	0.539	0.527	0.502	0.474	0.454	0.440	0.396	0.353	0.323	0.273	0.059	0.534	0.067	1.115			
1.20-2.00	52	0.471	0.459	0.442	0.421	0.408	0.398	0.366	0.330	0.303	0.262	0.041	0.465	0.060	1.095			
2.00-3.00	32	0.412	0.399	0.379	0.361	0.347	0.339	0.310	0.280	0.259	0.226	0.054	0.407	0.100	1.100			
Medium fine	36																	
p<1.20	11	0.383	0.370	0.347	0.316	0.296	0.284	0.242	0.211	0.184	0.154	0.031	0.362	0.012	1.242			
1.20-2.00	19	0.337	0.323	0.303	0.283	0.269	0.256	0.214	0.184	0.161	0.138	0.070	0.315	0.009	1.237			
2.00-3.00	6	0.394	0.388	0.367	0.354	0.347	0.343	0.314	0.250	0.200	0.138	0.039	0.376	0.006	1.276			
Medium	386																	
p<1.20	8	0.540	0.522	0.493	0.445	0.416	0.384	0.305	0.232	0.190	0.120	0.026	0.524	0.030	1.275			
1.20-2.00	59	0.485	0.464	0.435	0.397	0.371	0.352	0.290	0.220	0.192	0.133	0.033	0.474	0.039	1.231			
2.00-3.00	181	0.430	0.410	0.386	0.359	0.339	0.324	0.277	0.226	0.194	0.141	0.054	0.413	0.030	1.230			
1.40-2.00	119	0.373	0.357	0.335	0.311	0.296	0.284	0.250	0.214	0.189	0.150	0.064	0.362	0.049	1.188			
1.80-2.00	19	0.342	0.329	0.305	0.282	0.267	0.257	0.228	0.198	0.180	0.148	0.065	0.336	0.090	1.169			
Coarse	108																	
p<1.40	15	0.492	0.471	0.436	0.379	0.321	0.282	0.180	0.129	0.104	0.064	0.030	0.480	0.042	1.402			
1.40-2.00	41	0.409	0.383	0.349	0.299	0.256	0.228	0.161	0.119	0.099	0.062	0.019	0.396	0.067	1.315			
2.00-3.00	44	0.372	0.355	0.326	0.289	0.245	0.217	0.163	0.125	0.102	0.070	0.020	0.365	0.050	1.318			
1.80-2.00	8	0.303	0.289	0.271	0.249	0.232	0.220	0.180	0.141	0.118	0.083	0.028	0.291	0.032	1.252			

PTFs pontuais

$\phi = 0.874 + 6.80E^{-4} L + 1.04E^{-3} A - 0.309 \rho_b - 2.20E^{-4} Z$	0.031
$\theta_{-0.25 \text{ kPa}} = 0.828 + 7.20E^{-4} L + 1.27E^{-3} A - 0.299 \rho_b$	0.032
$\theta_{-1 \text{ kPa}} = 0.752 + 1.06E^{-3} L + 1.52E^{-3} A - 0.273 \rho_b$	0.032
$\theta_{-3.2 \text{ kPa}} = 0.673 + 1.21E^{-3} L + 1.55E^{-3} A - 0.237 \rho_b - 0.116 \text{ GPD}$	0.038
$\theta_{-6.3 \text{ kPa}} = 0.596 + 1.10E^{-3} L + 2.68E^{-3} A - 0.197 \rho_b - 0.282 \text{ GPD} + 2.31E^{-4} Z$	0.039
$\theta_{-10 \text{ kPa}} = 0.531 + 1.79E^{-3} L + 1.84E^{-3} A - 0.176 \rho_b - 0.263 \text{ GPD}$	0.041
$\theta_{-33 \text{ kPa}} = 0.294 + 2.18E^{-3} L + 2.75E^{-3} A - 0.086 \rho_b - 0.223 \text{ GPD} + 1.88E^{-2} \text{ CO} + 3.25E^{-4} Z$	0.040
$\theta_{-100 \text{ kPa}} = 0.072 + 2.80E^{-3} L + 4.10E^{-3} A + 2.70E^{-2} \text{ CO}$	0.037
$\theta_{-250 \text{ kPa}} = -0.012 + 3.00E^{-3} L + 3.74E^{-3} A + 2.13E^{-2} \text{ CO} + 5.10E^{-3} \text{ GSD} + 3.21E^{-4} Z$	0.034
$\theta_{-1500 \text{ kPa}} = -0.002 + 1.16E^{-3} L + 4.10E^{-3} A + 1.17E^{-2} \text{ CO} + 2.81E^{-3} \text{ GSD} + 1.82E^{-4} Z$	0.036
$\log(K_{sm}) = 2.867 + 3.414 \text{ GPD} - 0.963 \rho_b + 0.246 \text{ CO}$	0.680

Argumentos: textura do solo (AG, AF, L e A), média geométrica do diâmetro das partículas (GPD) e o seu desvio padrão (GSD) tal como definidos por Shirazi e Boersma (1984), a massa volúmica aparente (ρ_b), o teor de carbono orgânico (CO) e a profundidade média da camada de solo (Z).

PTFs paramétricas

Sem teores de água no solo como argumento:

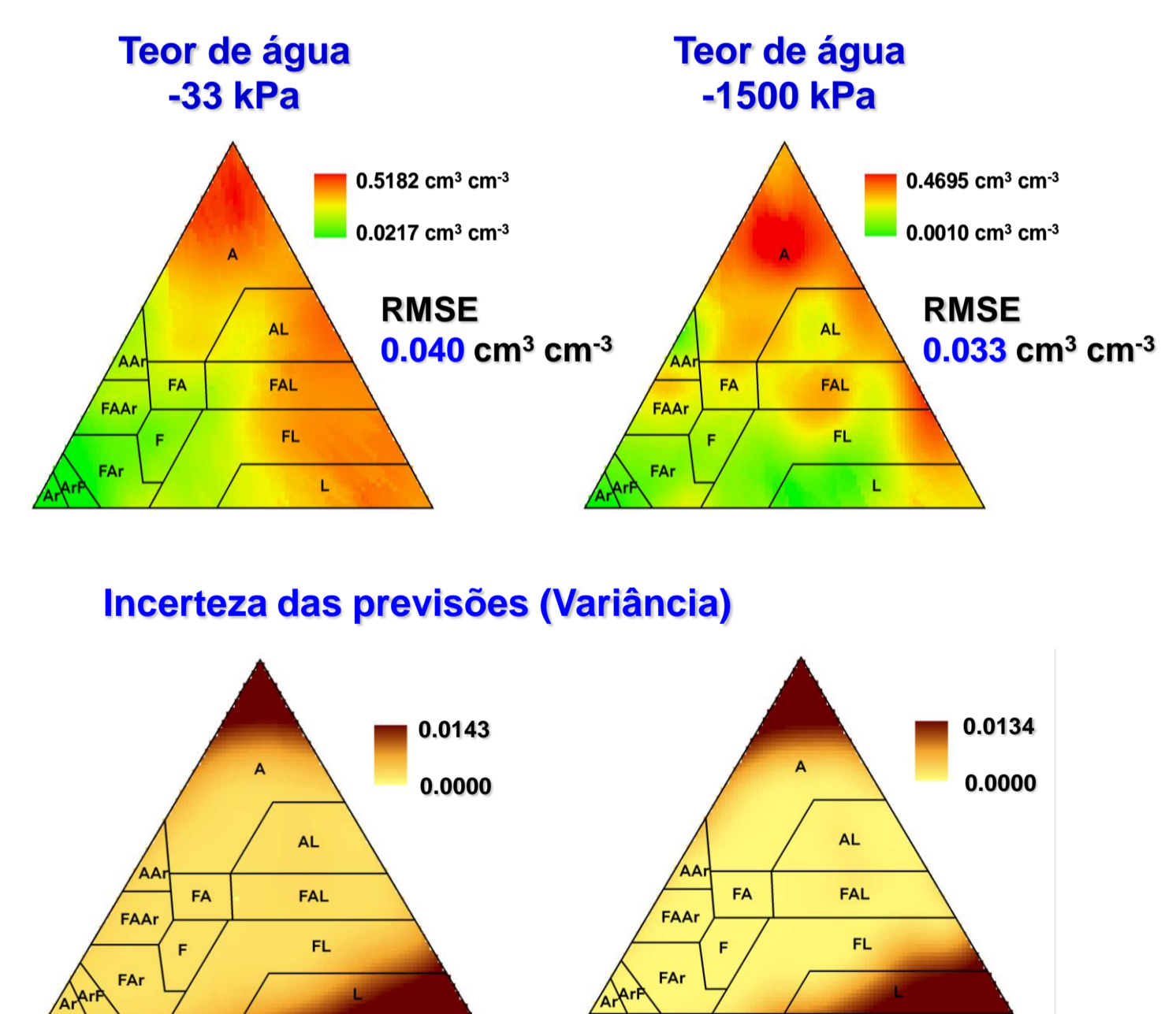
$$\begin{aligned} \theta_r &= 0.010 + 1.49E^{-3} A + 1.62E^{-3} \text{GSD} \\ \theta_s &= 0.883 + 1.46E^{-3} A - 0.319 \rho_b - 1.34E^{-4} Z \\ \log(\alpha) &= -0.018 - 8.55E^{-3} AF - 2.40E^{-3} L - 0.798 \text{GPD} - 0.310 \rho_b \\ \log(\eta) &= 0.146 - 7.50E^{-4} A + 0.316 \text{GPD} + 1.84E^{-3} \text{GSD} - 0.026 \rho_b \\ \ell &= 0.376 - 0.129 L - 0.073 A - 0.145 \text{GSD} \\ \log(K_s) &= 5.352 - 1.90E^{-2} AF - 1.54E^{-2} L - 9.11E^{-3} A - 3.22E^{-2} \text{GSD} - 1.411 \rho_b \end{aligned}$$

Com teores de água no solo como argumento:

$$\begin{aligned} \theta_r &= 0.041 + 1.00E^{-3} \text{GSD} - 0.163 \theta_{-33 \text{ kPa}} + 0.467 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \\ \theta_s &= 0.754 + 5.60E^{-4} A + 0.179 \text{GPD} - 0.285 \rho_b + 0.216 \theta_{-33 \text{ kPa}} + 0.144 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \\ \log(\alpha) &= 1.660 + 1.99E^{-2} \text{GSD} - 1.317 \rho_b - 8.786 \theta_{-33 \text{ kPa}} + 8.049 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \\ \log(\eta) &= 0.073 + 6.27E^{-4} AF + 1.01E^{-3} L + 1.21E^{-3} A + 0.233 \text{GPD} - 0.425 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \\ \ell &= -0.166 - 0.062 L - 23.917 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \\ \log(K_s) &= 7.178 - 1.27E^{-2} AF - 3.52E^{-2} \text{GSD} - 2.138 \rho_b - 8.989 \theta_{-33 \text{ kPa}} + 6.699 \theta_{-1500 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

RMSE (sem θ)	0.033 - 0.086 cm³ cm⁻³	RMSE (com θ)	0.017 - 0.033 cm³ cm⁻³
$\theta(h)$:	0.033 - 0.086 cm³ cm⁻³	$\theta(h)$:	0.017 - 0.033 cm³ cm⁻³
K(h):	0.588	K(h):	0.533

PTFs por Krigagem



Diagramas ternários para os teores de água no solo a -33 e -1500 kPa.

Conclusões

As PTFs desenvolvidas permitem estimar as propriedades hidráulicas do solo a partir de várias propriedades físicas e químicas básicas e fáceis de determinar. Estas funções apresentam maior ou menor complexidade em função dos dados de entrada, sendo as mais simples, aquelas em que apenas é necessário o conhecimento da classe textural do solo, e as mais sofisticadas, em que o conhecimento de $\theta_{-33 \text{ kPa}}$ e $\theta_{-1500 \text{ kPa}}$ é essencial.

Apesar da diversidade de soluções, o erro de estimativa resultante pode ser comparável.

As PTFs podem assim ter inúmeras aplicações, que vão, por exemplo, desde a gestão da rega, ao mapeamento das propriedades hidráulicas do solo, ou à modelação da dinâmica da água e dos solutos no solo através de modelos de empíricos ou mecanísticos.

Bibliografia

- Gonçalves, M.C., Almeida, V.V., Pereira, L.S., 1999. Estimation of hydraulic parameters for Portuguese soils. In: van Genuchten, M. Th., Leij, F., Wu, L. (Eds.), Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media. Part 2, University of California Riverside: CA, USA, p 1199-1210.
- Paz, A.M., Cipriano, D., Gonçalves, M.C., Pereira, L.S., 2009. Funções de pedo-transferência para a curva de retenção da água no solo. Rev. Ciências Agrárias, 32: 337-343.
- Ramos, T.B., Gonçalves, M.C., Martins, J.C., Pires, F.P., Pereira, L.S., 2011. Propriedades hidráulicas dos solos para as diferentes classes texturais. Rev. Ciências Agrárias, 34(2): 252-264.
- Shirazi, M.A., Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 142-147.
- van Genuchten, M.Th., 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 892-898.