

III SEMANA DO CONHECIMENTO

Marque a opção do tipo de trabalho que está inscrevendo:

Resumo

Relato de Caso

GEOMETRIA FRACTAL EM FÍSICA DO SOLO: CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA

AUTOR PRINCIPAL: Felipe Guzzo

CO-AUTORES: Delcio Rudinei Bortolanza, André Guilherme Daubermann

ORIENTADOR: Vilson Antonio Klein

UNIVERSIDADE: Universidade De Passo Fundo

INTRODUÇÃO:

Na natureza não são encontrados fractais perfeitos também chamados determinísticos (esponja de Menger, carpete de Sierpinski, curva de Koch), mas sim fractais em um sentido "estatístico". Alguns objetos encontrados na natureza tem propriedades interessantes, onde tais propriedades seguem uma lei de potência da forma de $N(\epsilon) = C \epsilon^{-D}$ (Mandelbrot 1983), onde D é a dimensão fractal do objeto, $N(\epsilon)$ é o número de objetos fractais e C é uma constante.

Diferente dos fractais determinísticos, os fractais naturais ou pré-fractais somente apresentam comportamento fractal em uma determinada faixa, por isso $\epsilon_{\text{mim}} < \epsilon < \epsilon_{\text{max}}$ (Ghanbarian, 2014).

Segundo Klein (2014) é possível se aplicar um gradiente de tensões (h) a uma amostra de solo e em seguida medir o conteúdo de água (θ) para cada

III SEMANA DO CONHECIMENTO

tensão. Essa relação é conhecida como curva de retenção de água no solo $\theta(h)$.

Neste trabalho foram avaliados modelos que predizem a $\theta(h)$ baseados na teoria fractal.

DESENVOLVIMENTO:

Perfect (1999) apresentou um modelo para $\theta(h)$ baseado em uma esponja de Menger randomizada com os limites inferiores e superiores sendo respectivamente tensão de secagem (h_j) (notação original do autor) e valor de entrada de ar no solo (h_0), onde D controla o grau de curvatura, com a concavidade decrescendo a medida que D se aproxima de 3. Para pequenos conjuntos de h_s , e.g. $h_s \leq 1500$ kPa, o mesmo autor indica $h_j = 10^6$ kPa para boas estimativas de D.

Tyler & WheatCraft (1990), a partir de agora TW, através de uma abordagem fractal chegaram a um modelo similar ao derivado empiricamente por Brooks & Corey (1964) onde comparando-se os dois modelos o parâmetro λ se relaciona a D da seguinte forma, $\lambda = 3 - D$. O modelo de TW na verdade é um caso especial do modelo derivado por Rieu & Sposito (1991) (Ghanbarian, 2010).

Ajustaram-se os modelos de Perfect, TW e Rieu & Sposito (RS) a um conjunto de dados de $\theta(h)/\theta_s$ obtidos de um Latossolo Vermelho distrófico, desde a saturação do solo ($\theta_s = 1 - D_s/D_p$) até o ponto de murcha permanente (e.g. 1500 kPa), sendo o conjunto constituído de 10 pontos de $\theta(h)$.

Os modelos foram avaliados através da Raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE), coeficiente de determinação R^2 e do índice AIC. Os modelos foram ajustados aos dados através da minimização do somatório do

III SEMANA DO CONHECIMENTO

quadrado dos resíduos utilizando o software R 3.3.1 (R Development Core Team, 2016)

Os resultados obtidos para os índices propostos (tabela 1) foram muito semelhantes e satisfatórios para todos os modelos avaliados, o que significa que os modelos ajustaram muito bem ao conjunto de dados. Os valores obtidos para TW e RS foram ligeiramente melhores do que Perfect, provavelmente devido ao não conhecimento do valor real de h_j , portanto tendo que se usar o valor arbitrário de $h_j=10^6$ kPa. Como pode se observar na figura 1, todos os modelos estimam com precisão θ , principalmente na parte mais seca da $\theta(h)$, precisão essa que se reflete nos valores de RMSE (e.g. quanto menor o valor, mais preciso o modelo).

Os valores de D foram significativos para todos os modelos ($p<0.01$), variando entre 2.91 e 2.96, valores dentro da faixa teórica de 0 a 3. O maior valor estimado para D foi para Perfect ($2.96 \pm 7.23 \cdot 10^{-3}$), já para RS ($2.95 \pm 2.25 \cdot 10^{-3}$) e o menor valor para TW ($2.91 \pm 3.92 \cdot 10^{-2}$). As curvas geradas pelos modelos podem ser visualizadas na figura 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Todos os modelos avaliados obtiveram uma performance satisfatória tanto para a predição da $\theta(h)$ como do valor de D.

A $\theta(h)$ é usada em estudos de dinâmica de poluentes no solo e disponibilidade de água para as plantas, sua completa descrição matemática ainda não é possível, por isso abordagens como a fractal se tornam importantes, pois é possível derivá-la a partir de uma teoria física.

III SEMANA DO REFERÊNCIAS: CONHECIMENTO

BROOKS, RH; COREY, AT. Hydraulic properties of porous media and their relation to drainage design. *Transactions of the ASAE*, v. 7, n. 1, p. 26-0028, 1964.

GHANBARIAN-ALAVIJEH, B. *Modeling physical and hydraulic properties of disordered porous media: Applications from percolation theory and fractal geometry*, 2014

GHANBARIAN-ALAVIJEH, B; MILLÁN, H; HUANG, G. A review of fractal, prefractal and pore-solid-fractal models for parameterizing the soil water retention curve. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 91, n. 1, p. 1-14, 2011.

KLEIN, VA. *Física do solo*. Ed. da UPF, 2014.

MANDELBROT, BB. *The fractal geometry of nature*. Macmillan, 1983.

PERFECT, E. Estimating soil mass fractal dimensions from water retention curves. *Geoderma*, v. 88, n. 3, p. 221-231, 1999.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. URL <https://www.R-project.org/>.

Rieu, M, Sposito G. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I Theory. II Applications. *Soil Science Society of America Journal* 55.5 (1991): 1231-1244.

TYLER, SW.; WHEATCRAFT, SW. Fractal processes in soil water retention. *Water Resources Research*, v. 26, n. 5, p. 1047-1054, 1990.

III SEMANA DO CONHECIMENTO

ANEXOS:

Universidade e comunidade em transformação

3 A 7 DE OUTUBRO DE 2016

Tabela 1. Valores calculados para RMSE, R^2 e AIC.

Tyler & Wheatcraft (1990)			Rieu & Sposito (1991)			Perfect (1999)		
RMSE	R^2	AIC	RMSE	R^2	AIC	RMSE	R^2	AIC
0.048	0.94	-317.33	0.049	0.98	-314.25	0.051	0.93	-306.306

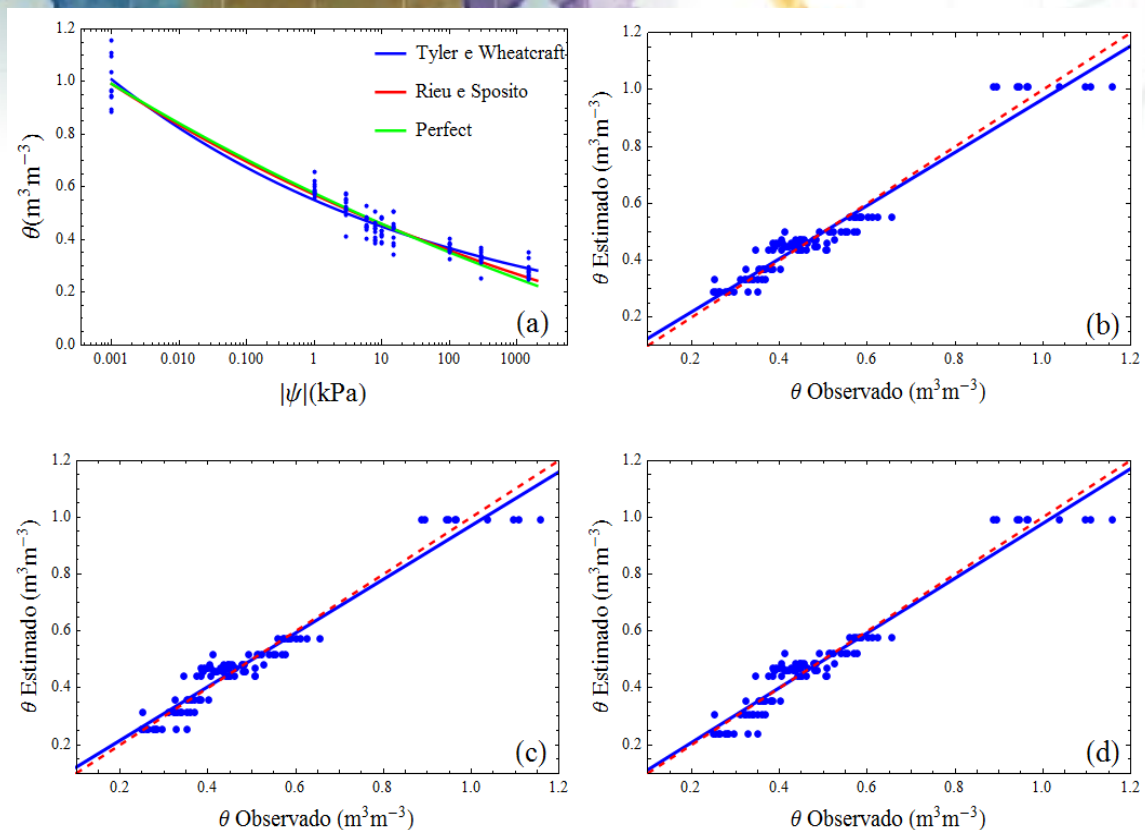


Figura 1. Curvas geradas pelos modelos (a). Valores observados e estimados para Tyler & Wheatcraft (b), Rieu & Sposito (c) e Perfect (d). A linha pontilhada refere-se a reta 1:1 e a linha azul contínua se refere a reta de regressão.