

Validação do modelo Arya-Paris para solos do Estado da Bahia⁽¹⁾.

Felipe Gomes Frederico da Silveira⁽²⁾; Luciano da Silva Souza⁽³⁾; Laércio Duarte Souza⁽⁴⁾; Carlos Manoel Pedro Vaz⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

⁽²⁾ Mestrando em Solos e Qualidade de Ecossistemas; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; felipegomes87@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; ⁽⁴⁾ Pesquisador; Embrapa Mandioca e Fruticultura; Cruz das Almas, Bahia; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Instrumentação Agropecuária; Bolsista do CNPq; São Carlos, São Paulo.

RESUMO: O conhecimento dos atributos do solo é fundamental para um manejo adequado, entre estes a curva de retenção (CR) de água no solo. A CR de água no solo permite a obtenção da umidade presente nesse meio poroso, a partir do conhecimento da tensão com que a água é retida pela matriz do solo. Este atributo é essencial para o estudo das relações solo-água, e pode ser estimada por diversos métodos, e alguns deles demandam maior tempo para a sua determinação. Assim, o objetivo desse trabalho foi a comparação da curva de retenção de água no solo, determinada pelos métodos de Arya & Paris e câmara de Richards. Foram coletadas amostras dos horizontes A, AB e, ou B e, ou C, num total de 26 solos, e 63 horizontes, as quais foram submetidas às análises físicas do solo. Os resultados obtidos pelo método de Arya & Paris não apresentaram correspondência com os obtidos pelo método de Richards, sendo observado baixa precisão dos modelos quando aplicados para determinação da umidade, o que se deve ao fato de as equações utilizadas terem sido construídas com solos representativos de outras localidades, promovendo baixa similaridade granulométrica e mineralógica com os solos utilizados para desenvolver tal modelo.

Termos de indexação: retenção de água no solo, modelagem, análise granulométrica.

INTRODUÇÃO

O conhecimento de atributos do solo e a busca de tecnologias de informações que contribuam para um adequado manejo do solo e uso da água se fazem cada vez mais necessários. Dentre esses atributos merece destaque a curva de retenção de água, pela importância que os seus resultados têm para a tomada de muitas decisões relativas à produção agrícola.

A capacidade de um solo em armazenar água para o crescimento e desenvolvimento das plantas está diretamente relacionada a vários atributos físicos dos solos, dentre eles a curva de retenção ou curva característica potencial-umidade (TORMENA et al., 1998).

O conhecimento das propriedades hídricas do solo é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, bem como de técnicas de irrigação e drenagem. Entretanto, a determinação convencional da curva de retenção da água no solo é trabalhosa e demorada, o que inviabiliza análises de numerosos conjuntos de amostras, requeridos pela agricultura de precisão para o manejo do solo.

Segundo Vaz et al. (2005), a curva de retenção de água no solo ou a curva de potencial mátrico por umidade expressa a capacidade do solo para armazenar água para o crescimento vegetal, que é uma propriedade do solo muito importante para irrigação e modelagem hidrológica.

Vários procedimentos laboratoriais são empregados para a determinação das curvas de retenção de água, mas eles podem ser agrupados basicamente em dois tipos: sucção (funil de placa porosa e mesa de tensão) e pressão (câmara de Richards). Os métodos tradicionais consistem no levantamento de certo número de pontos experimentais, normalmente selecionados de forma arbitrária, com os quais é traçada uma curva que relaciona a umidade volumétrica retida no solo a uma determinada tensão.

Em função das dificuldades experimentais e do longo tempo envolvido na determinação da curva de retenção de água, têm-se observado um crescente interesse por métodos indiretos de estimação dessa propriedade do solo, utilizando modelos matemáticos baseados em atributos de determinação rotineira (granulometria, densidade do solo, densidade de partículas, matéria orgânica e outros atributos básicos) (ARYA et al., 1999).

Arya & Paris (1981) descrevem um modelo que se baseia na semelhança entre a forma da distribuição do tamanho das partículas e a das curvas de retenção de água, e que utiliza a similaridade entre as funções que descrevem a distribuição de tamanho das partículas e a curva de retenção da água no solo para obter essa última função indiretamente.

O trabalho objetivou foi avaliar a curva característica de retenção de água com aplicação do modelo de Arya & Paris (1981) para solos representativos do Estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos com distintas características físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas foram amostrados em vários locais no Estado da Bahia. Foram coletadas amostras dos horizontes A, AB e, ou B e, ou C, num total de 26 solos, e 63 horizontes.

Todas as análises físicas consideradas no trabalho foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas-BA, de acordo com métodos descritos em Embrapa (1997), com exceção da análise granulométrica obtida por meio do analisador granulométrico (NAIME et al., 2001), que foi realizada na Embrapa Instrumentação Agropecuária, em São Carlos-SP.

A curva de retenção foi obtida em duas etapas: a primeira (R), determinada em laboratório utilizando mesa de tensão e câmara de pressão de Richards; e a segunda (AP), estimada seguindo a metodologia de Arya e Paris (1981), adaptada por Vaz et al (2005).

O modelo de Arya & Paris (1981) baseia-se em dois princípios. O primeiro deles é a equação da capilaridade, que relaciona o potencial da água (Ψ), expresso pela altura da ascensão capilar, com o diâmetro do poro:

$$\psi = \frac{2\sigma \cos\Theta}{\rho_w g r_i} \quad (1)$$

onde σ ($0,0728 \text{ N m}^{-1}$) é a tensão superficial da água na interface água-ar, Θ é o ângulo de contato (igual a zero, ou seja, com o solo saturado, sendo $\cos \Theta = 1$, ρ_w (kg m^{-3}) é a densidade da água, g ($9,81 \text{ m s}^{-2}$) é a aceleração da gravidade e r_i (m) é o raio do poro, considerando o sistema internacional de unidades (SIU).

O segundo princípio é a distribuição do tamanho das partículas do solo e a contribuição de cada fração para a saturação de água no solo:

$$\theta_i = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_p} \sum_{i=1}^{i=n} w_i \quad (2)$$

onde i são as diversas frações das partículas do solo, ρ_s (kg m^{-3}) é a densidade do solo, ρ_p (kg m^{-3}) é a densidade das partículas do solo e w_i (g g^{-1}) é a fração de massa do solo, dada pela curva de distribuição de tamanho das partículas.

A conexão entre as equações (1) e (2) para a estimação da curva de retenção pelo modelo de Arya & Paris (1981) é feita associando-se o raio doporo (r_i) com raio da partícula (R_i) por meio da seguinte equação:

$$r_i = R_i \frac{\sqrt{4en_i^{(1-\alpha)}}}{6} \quad (3)$$

onde n_i é o número de partículas esféricas da i -ésima classe da massa do solo e e é a relação de vazios, e α é o fator de escalonamento obtidas por:

$$n_i = \frac{3w_i}{4\pi R_i^3 \rho_p} \quad (4) \quad e_i = \frac{\rho_p - \rho_s}{\rho_s} \quad (5)$$

O potencial mátrico do solo é calculado pela combinação das equações 1, 3, 4, e 5:

$$\psi_i = \frac{2\sigma}{\rho_w g R_i \sqrt{\frac{2(\rho_p - \rho_s)}{3\rho_s} \times \frac{3w_i}{4\pi R_i^3 \rho_p}}} \quad (6)$$

Para derivação do alfa utilizou a seguinte equação (VAZ et al., 2005):

$$\alpha = 0,947 + 0,427 \cdot \text{EXP}\left(\frac{-\theta v}{0,129}\right) \quad (7)$$

Foram utilizados gráficos 1:1 para avaliar a capacidade preditiva das equações de pedotransferência, comparando os dados medidos com os estimados. Dessa forma, os resultados foram interpretados com base em equações do 1º grau, onde o valor de b mais próximo de 1 foi considerado como a melhor estimativa.

Além da utilização de equações do 1º grau, considerando o valor de b, a análise da precisão das equações também foi feita considerando-se os erros médios produzidos em relação aos valores medidos, avaliando-se assim a dispersão dos pontos em torno da reta 1:1. Os erros foram calculados por meio da seguinte equação:

$$e (\%) = \frac{(V_{\text{medido}} - V_{\text{estimado}})}{V_{\text{medido}}} \cdot 100 \quad (8)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4 apresentam-se os erros obtidos pelos modelos quando comparadas as umidades geradas pela equação de van Genuchten original e a ajustada com os parâmetros estimados pelas equações. É possível observar a baixa precisão dos modelos quando aplicados para determinação da umidade, o que se deve ao fato de as equações utilizadas terem sido construídas com solos representativos de outras localidades.

Ainda com relação a esse aspecto, os gráficos das figuras 1 e 2 mostram o desempenho da equação de van Genuchten ajustada com base nas estimativas dos modelos dos parâmetros propostos por este trabalho, em comparação com os modelos medidos de cada solo amostrado, com ambos gerando um valor de umidade para cada tensão.

A distribuição do tamanho de partículas é a característica física mais importante de um solo, influenciando a maioria de seus atributos físicos. A divergência de dados verificada ao relacionar as metodologias de AP (Analisador ou Densímetro) e R pode ser atribuída às diferenças granulométricas e mineralógicas entre os solos utilizados por Vaz et al. (2005) e Arya & Paris (1981), durante a elaboração da função de pedotransferência que estima a curva de retenção pelo método AP, em relação aos solos utilizados no presente estudo.

Tabela 1 - Valores dos erros médios (%) produzidos pela comparação entre as estimativas de umidade, utilizando como metodologia o Analisador Granulométrico.

	Tensão (Kpa)						
	1	6	10	33	100	300	1500
A ¹	-1.83	5.04	3.21	-6.16	-16.85	-26.11	-35.67
Tm	39.90	36.47	24.67	14.22	13.54	13.53	13.26
Ag	33.49	25.89	14.44	7.38	7.17	8.31	10.04
Ma	26.23	13.75	5.83	-6.08	-12.07	-16.91	-24.99

¹A = Arenoso; Tm = Textura Média; Ag = Argiloso; Ma = Muito Argiloso

Nas correlações R x AP Analisador (Figura 1) é possível observar de maneira geral uma superestimação dos valores para solos arenosos. Os solos de textura média e textura argilosa apresentaram subestimação dos valores. Para os solos de textura muito argilosa observa-se que há subestimação dos valores na faixa mais úmida da curva, e superestimação na faixa mais seca.

Nas correlações R x AP Densímetro (Figura 2) é possível observar uma subestimação dos valores para solos de textura média e argilosa. O solo arenoso apresentou superestimação na faixa mais úmida da curva e subestimação na faixa mais seca. O inverso aconteceu para solos de textura muito argilosa, apresentando subestimação na faixa mais úmida e superestimação na faixa mais seca.

Com base nisso, vê-se que a eficiência dessas funções é dependente de vários fatores, que vão desde fatores pedogenéticos e mineralógicos do solo até questões metodológicas, e sua utilização

fica limitada para os solos para os quais elas foram geradas.

Tabela 2 - Valores dos erros médios (%) produzidos pela comparação entre as estimativas de umidade, utilizando como metodologia o densímetro de Bouyoucos.

	Tensão (Kpa)						
	1	6	10	33	100	300	1500
A ¹	-20.18	-25.74	-23.27	-12.35	0.20	10.65	20.18
Tm	30.59	36.12	28.61	26.61	29.64	31.49	32.41
Ag	29.69	28.34	18.78	14.28	14.04	13.37	11.44
Ma	19.14	7.57	0.24	-9.11	-11.68	-15.78	-25.25

¹A = Arenoso; Tm = Textura Média; Ag = Argiloso; Ma = Muito Argiloso

CONCLUSÕES

O modelo de Arya & Paris (1981) e adaptado por Vaz et al. (2005) não foi eficiente para os solos do Estado da Bahia avaliados, atribuindo-se à baixa similaridade granulométrica e mineralógica com os solos utilizados para desenvolver tal modelo.

REFERÊNCIAS

ARYA, L. M.; PARIS, J. F. A physicoempirical model to predict soil moisture characteristics from particle-size distribution and bulk density data. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 45:1023-1030, 1981.

ARYA, L. M. et al. Scaling parameter to predict the soil water characteristic from particle-size distribution data. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, 63: 1063-1070, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, Á. Automated soil particle analyzer based on gamma-ray attenuation. *Comput. Electron. Agr.*, 31:295-304, 2001.

TORMENA, C.A., SILVA, A.P. da & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581, 1998.

VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; NAIME, J. M.; SILVA, A. M. Validation of the Arya and Paris water retention model for Brazilian soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69:577-583, May/June, 2005.

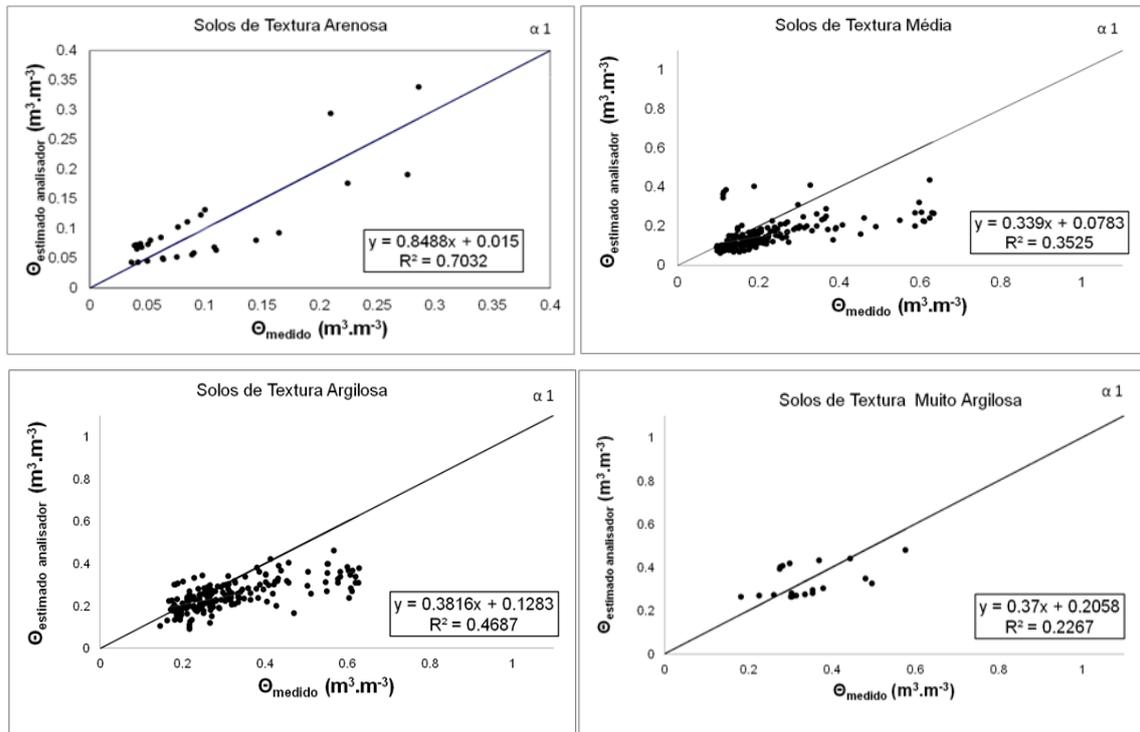


Figura 1 – Relação entre valores da Umidade Volumétrica medida (Θ_{medida}) x Umidade Volumétrica estimada ($\Theta_{estimada}$), para diferentes alfas, utilizando como metodologia o Analisador Granulométrico.

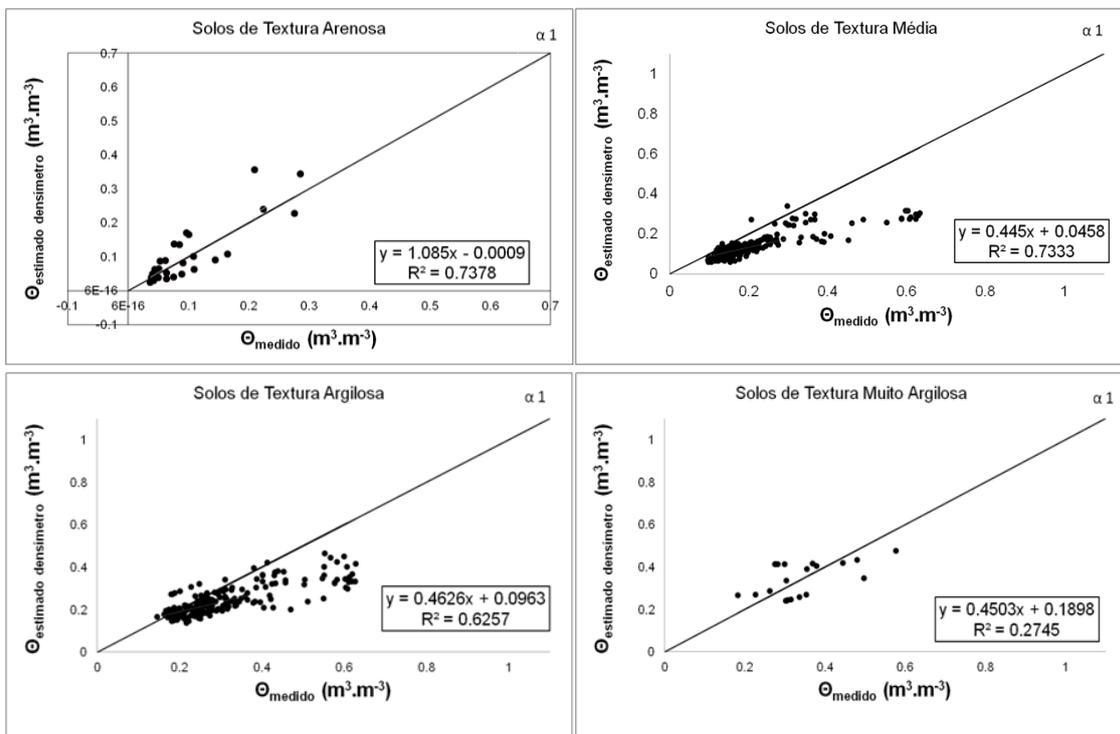


Figura 2 – Relação entre valores da Umidade Volumétrica medida (Θ_{medida}) x Umidade Volumétrica estimada ($\Theta_{estimada}$), para diferentes alfas, utilizando como metodologia o Densímetro de Bouycos.