

MODELOS DE CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

**ROBERTO FILGUEIRAS¹; VINICIUS MENDES RODRIGUES DE OLIVEIRA²;
FERNANDO FRANÇA DA CUNHA³; EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI³ E
EPITÁCIO JOSE DE SOUZA⁴**

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Email: roberto.f.filgueiras@ufv.br

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG

³ Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG

⁴ Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP. Ilha Solteira, SP.

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar a umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente obtida com os modelos de obtenção da curva de retenção de água no solo de van Genuchten e potencial e ainda comparar os valores de capacidade de campo obtidos com a tensão de 6 e 33 kPa. Para isto ajustaram-se os modelos van Genuchten e potencial para as tensões de 10, 30, 50, 100, 500 e 1500 kPa, através da câmara de Richards. Posteriormente, encontrou-se os valores de umidade para as tensões na capacidade de campo (6 e 33 kPa) e ponto de murcha permanente (1500 kPa). Ambos os modelos predisseram a umidade na capacidade de campo a 33 kPa e o ponto de murcha permanente com alta precisão, exatidão e concordância, quando comparado os dois métodos.

Palavras-chave: van Genuchten, potencial, capacidade de campo.

**FILGUEIRAS R.; DE OLIVEIRA V. M. R.; CUNHA F. F. DA; MANTOVANI E. C.; E.
J. DE SOUZA.**

WATER RETENTION CURVE MODELS IN THE SOIL

2 ABSTRACT

The objective of this study was to compare the moisture at field capacity and permanent wilting point obtained by the models and potential for obtaining the soil water retention curve by van Genuchten, also comparing the field capacity values with the tension of 6 and 33 kPa. Thus, it adjusted the van Genuchten model and potential for voltages of 10, 30, 50, 100, 500 and 1500 kPa through Richards chamber, subsequently finding the moisture values for the voltages at field capacity (6 and 33 kPa) and permanent wilting point (1500 kPa). Both models predicted moisture at field capacity at 33 kPa and the permanent wilting point with high precision, accuracy and harmony, when the two methods are compared.

Keywords: van Genuchten , potential, field capacity.

3 INTRODUÇÃO

Para irrigação é importante a determinação da curva de retenção de água (CRA) no solo, que determina a energia com que a água está retida no solo, o que está diretamente relacionado com a quantidade de água no solo, sendo também influenciado pelas características físicas e químicas do solo. A partir desta curva é possível determinar a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP).

Segundo SOUZA et al. (2012) a capacidade de campo é um conceito arbitrário e não uma propriedade física do solo. Dessa forma, existe divergência entre pesquisadores sobre a tensão em que é determinada a CC. BERNARDO et al. (2008) consideram que os valores de tensão de água no solo, no que se refere a CC, variam de 33 kPa para solo de textura fina e 10 kPa para solos de textura grossa. Já FERREIRA e MARCOS (1983) propuseram que a tensão de 6 kPa seria recomendada para a determinação da CC, visto que essa se trata do ponto de inflexão da curva de retenção de água no solo.

O método padrão de determinação do PMP é o fisiológico, porém, o comumente empregado e utilizado nas literaturas é o que correlaciona a tensão de 1500 kPa com a umidade do solo (COELHO et al., 2014).

A determinação da curva de retenção de água no solo pode ser feita através de vários modelos, dentre estes, existem dois modelos com uso mais difundido, o modelo de van Genuchten (van GENUCHTEN, 1980) e o potencial. O primeiro é modelo mais utilizado para determinação da CRA, porém, esse é dependente de coeficientes que são gerados durante a aplicação do mesmo e que são utilizados na equação de determinação da umidade, o que faz com que a aplicação desse seja mais árdua em alguns casos. Já o modelo potencial é simplesmente a geração de uma equação potencial, onde no eixo “x” estão as tensões, ou seja as variáveis independentes e no eixo “y” as umidades do solo, as variáveis dependentes.

Com isto o objetivo deste trabalho foi comparar a umidade na CC e PMP obtida com os modelos de obtenção da CRA de van Genuchten e potencial e ainda comparar os valores de CC obtidos com a tensão de 6 e 33 kPa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O solo foi coletado na área experimental do campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, situada em Chapadão do Sul-MS, com latitude de 18°47'39" Sul, longitude 18°47'39" Oeste e altitude de 820 m, o sistema de referência de coordenadas adotado foi o WGS-84. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de acordo com EMBRAPA (1997).

Para determinação da CRA foram utilizados dois tipos de amostras diferentes, amostra deformada e amostra indeformada, sendo que estas amostras foram submetidas a tensões diferentes de duas formas, uma amostra por tensão e uma amostra para várias tensões. Quando utilizado uma amostra por tensão, as mesmas foram inicialmente saturadas e cada uma delas foi submetida a uma tensão diferente, e assim obtida a umidade em cada tensão. Já a amostra deformada única e a indeformada única foi submetida a tensões crescentes e determinada a umidade em cada mudança de tensão, de acordo com metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Todas as amostras foram submetidas às tensões de 10, 30, 50, 100, 500 e 1500 kPa, utilizando o extrator de Richards conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997). Os testes foram realizados considerando duas metodologias de determinação da curva de retenção

de água, o modelo de van Genuchten (van GENUCHTEN, 1980) e o modelo potencial (OLIVEIRA et al. 2004), em duas camadas de solo, 0 a 20 cm e 20 a 40 cm.

Após a determinação das equações pelos dois modelos propostos, foi encontrado o valor de umidade do solo para duas tensões na CC, adotando o valor proposto por BERNARDO et al. (2008) de 33 kPa (CC1), e a tensão proposta por FERREIRA & MARCOS (1983) de 6 kPa (CC2), e também o valor de tensão para determinação do PMP de 1500 kPa (BERNARDO et al., 2008; FERREIRA & MARCOS, 1983). Com os valores de CC e PMP obtidos com os dois modelos, foram ajustadas as curvas de regressão e assim obtidos os coeficiente de determinação, sendo o eixo “x”, variável independente, composto por valores de umidade encontrados pela equação potencial e os valores do eixo “y”, variável dependente, composto por valores de umidade encontrados pela equação de van Genuchten, e ainda procedeu-se com a comparação entre os valores de umidade obtidos com as tensões de 6 e 33 kPa através da equação de van Genuchten.

Utilizando o índice de exatidão de WILLMOTT (1981), foi feito o estudo comparativo entre os valores de CC1, CC2 e PMP, obtidos pelos dois modelos. Outro parâmetro estatístico utilizado para analisar as comparações, foi o índice de desempenho “c”, adotado por CAMARGO & SENTELHAS (1997), que indica o desempenho dos métodos, utilizando os índices de precisão “r” determinados pela correlação de Pearson, e o índice de exatidão “d”. O índice “c” foi interpretado de acordo com os critérios propostos por CAMARGO & SENTELHAS (1997). O índice de correlação (r) foi classificado conforme HOPKINS (2014), que propôs a classificação de acordo com sua amplitude. Foi ainda calculado o erro padrão de estimativa (EPE) comparando os valores de CC1, CC2 e PMP obtidos pelos dois modelos analisados, assim como, a comparação entre CC1 e CC2 obtidas pelo modelo de van Genuchten.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os índices estatísticos para os parâmetros calculados CC1, CC2, PMP e a comparação entre os valores de CC obtidos com as tensões de 6 e 33 kPa. Os resultados do índice de concordância (d), que indica a exatidão entre os dois valores correlacionados, para todos parâmetros analisados se aproximou de 1. O que demonstra boa exatidão entre os dois modelos da CRA. Com isto, ambos os modelos podem ser utilizados para a determinação das umidades na CC e PMP. MELLO et al. (2005) trabalhando com estimativa dos parâmetros da equação de van Genuchten, obtiveram coeficientes de determinação e exatidão próximos ao valor unitário e baixos valores de EPE.

Tabela 1. Índice de exatidão (d), índice de concordância (c) e sua classificação, índice de Pearson (r) e sua classificação, e erro padrão de estimativa (EPE), para as umidades obtidas nos dois modelos

Parâmetro	D	C	Classificação *	r	Classificação **	EPE (%)
CC1	0.999	0.959	Ótimo	0.960	Quase Perfeita	0.475
CC2	0.992	0.484	Mau	0.488	Alta	2.217
PMP	1.000	0.988	Ótimo	0.988	Quase Perfeita	0.702
CC1 x CC2	0.967	0.444	Mau	0.459	Alta	3.571

* CAMARGO & SENTELHAS (1997); ** HOPKINS (2014).

Para a comparação entre os valores de CC1 e CC2, o índice de exatidão também se apresentou próximo ao valor unitário, mostrando que a umidade na capacidade de campo pode

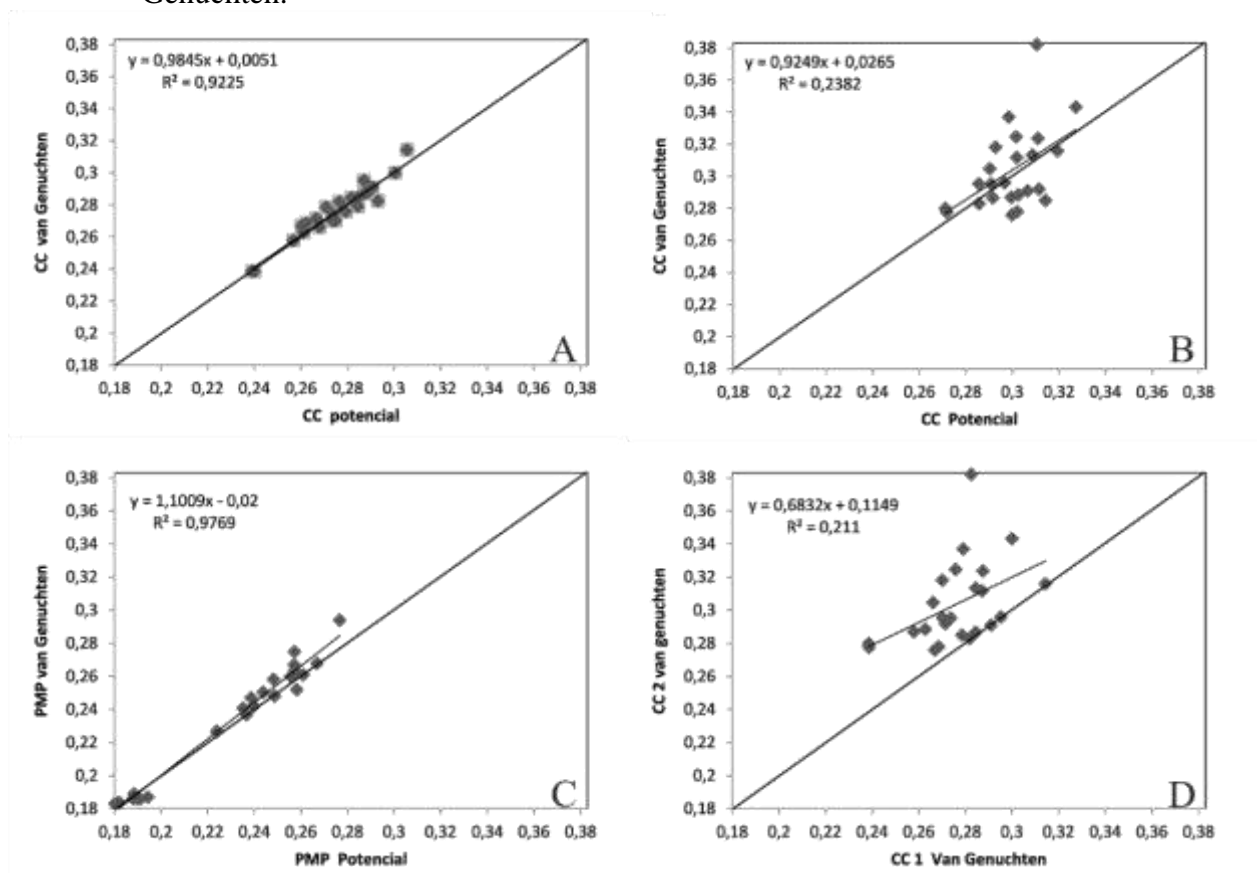
ser determinada com exatidão para ambos valores de tensão, porém, analisando o índice de concordância (c) conforme CAMARGO e SENTELHAS (1997), tal índice se apresenta na classificação como “Mau”, apresentando baixa concordância entre os valores obtidos na tensão de 6 e 33 kPa, sendo o mesmo confirmado pelo índice de correlação de Pearson (r) com valor de 0,459, classificado como “Alta”. O EPE para esta comparação apresentou valor de 3,571 %, sendo este valor o maior erro dentre as comparações.

O índice de concordância (c) apresentou valores próximos a 1 para as comparações entre as umidades encontradas, nos dois modelos, CC1 e PMP, já para valores de CC2, na tensão de 6 kPa, essa concordância foi baixa e classificada como “Mau”, também para esta umidade o índice de correlação de Pearson (r) apresentou valores baixos (0,488) e sua classificação foi “Alta”, assim como o EPE foi de 2,217 %.

Contudo, as umidades CC1 e PMP apresentaram boa correlação entre os dois modelos testados para determinação da CRA, isto se deve ao fato de que as tensões usadas para determinar a CRA abrangeram valores próximos a 33 kPa, começando com valores mínimos de 10 kPa. Como o ponto de 6 kPa não abrange a faixa testada, a utilização nas equações obtidas para estimar a umidade nessa pressão apresentaram grande variação.

Estão apresentadas na Figura 1 as regressões lineares entre os modelos de van Genuchten e potencial (A, B e C) e a comparação entre os valores de umidade obtidos com as tensões de 33 kPa (CC1) e 6 kPa (CC2).

Figura 1. Regressões lineares entre os modelos de van Genuchten e Potencial para A - CC1, B - CC2, C – PMP; D - comparação entre CC1 e CC2 obtidas com o modelo de van Genuchten.



As regressões A e C apresentaram elevados coeficientes de determinação (R^2), mostrando que a variável do eixo “x” prediz 92,25 e 97,69 %, A e C respectivamente, a variável do eixo “y”, enquanto as regressões de B e D não obtiveram R^2 alto, com valores de 23,82 e 21,10% para B e D, respectivamente. Isto mostra que a tensão de 33 kPa, para a CC, e 1500 kPa, para o PMP, pode ser utilizado em ambos os modelos, visto que as diferenças entre os valores de umidade, tanto para CC, como para PMP, variaram relativamente pouco, de acordo com os parâmetros estatísticos analisados. As relações de umidade e tensão foram geradas com valores de tensões de 10 a 1500 kPa, conforme EMBRAPA (1997), não abrangendo assim, o valor de 6 kPa. Dessa forma, não se deve analisar a umidade correspondente a CC levando em consideração essa tensão, esse fato também, pode explicar a baixa correlação entre os modelos na CC2.

6 CONCLUSÕES

Para a tensão de 33 kPa (CC) e 1500 kPa (PMP), os modelos de van Genuchten e potencial encontram a umidade com concordância, exatidão e precisão comparando os dois modelos. Na tensão de 6 kPa (CC) os modelos não encontraram valores próximos, devido as curvas não serem geradas abrangendo esta tensão.

7 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.
- COELHO, J.B.M.; BARROS, M.F.C.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E.R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.708-713, 2014.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA,. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, M. M.; MARCOS, Z. Z. Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade. **Ciência e Prática**, v.7, p.96-101, 1983
- HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient**. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: 11 abr. 2016.
- MELLO, C.R.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F.; LIMA, J.M.; LOPES, D. Modelos para determinação dos parâmetros de equação de van Genuchten para um cambissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.23-29, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; REZENDE, L.S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

SOUZA, E. R. DE; FREIRE, M. B. G. DOS S.; CUNHA, K. P. V. DA; NASCIMENTO, C. W. A. DO; RUIZ, H. A.; LINS, C. M. T. Biomass, anatomical change and osmotic potential in *Atriplex numulária* L. cultivated in sodic saline soil under water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.82, p.20-27, 2012.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Delaware, v. 2, n. 2, p. 184-94, 1981.