

Utilização do Método Inverso para a Caracterização Hidrodinâmica de um Neossolo Flúvico

Antonio Celso Dantas Antonino; Willames de Albuquerque Soares; Edvane Borges da Silva; José Romualdo de Sousa Lima; André Maciel Netto; Carlos Alberto Brayner de Oliveira Lira

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear – UFPE – Recife/PE
acda@ufpe.br.

Claude Hammecker

Institut de Recherche pour le Développement - IRD - MSEM, 300 – Montpellier/France
Claude.Hammecker@mpl.ird.fr

Carlos Fuentes Ruiz

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac, - Progreso – Morelos/México
cfuentes@tlaloc.ima.mx.

Recebido: 15/03/04 revisado: 30/04/04 aceito: 01/09/04

RESUMO

Os parâmetros da curva de retenção da umidade do solo e da curva de condutividade hidráulica da camada superficial (5-17 cm) de um neossolo flúvico, de textura franco siltosa foram determinados utilizando o método inverso. As funções hidráulicas usados foram combinados formando os chamados modelos VGBC(B) (van Genuchten-Burdine / Brooks & Corey), VGBC(M) (van Genuchten-Mualem / Brooks & Corey). Numa parcela, localizada na Estação Experimental do Grupo de Física do Solo do DEN-UFPE, os dados de umidade e potencial matricial da água do solo foram obtidos de forma automatizada e armazenados em uma central de aquisição de dados a cada 30 minutos durante 72 horas, nas profundidades de 5, 11 e 17 cm. A implementação do método inverso foi realizada combinando o modelo hidráulico, que resolve a equação de Richards, com a sub-rotina DBCONF que minimiza uma função-objetivo usando o método quase-Newton. Os parâmetros α e n de $h(\theta)$ e K_s e c de $K(\theta)$ foram obtidos minimizando-se a soma dos quadrados dos desvios entre a umidade medida e a calculada na profundidade de 11 cm. O método inverso mostrou-se eficaz na determinação dos parâmetros de $h(\theta)$ e $K(\theta)$ para o solo estudado. Ambos os modelos apresentaram capacidades semelhantes em descrever os dados experimentais.

Palavras-chave: Método inverso, condutividade hidráulica, curva de retenção.

INTRODUÇÃO

A curva de condutividade hidráulica, $K(\theta)$, e a curva de retenção de água no solo, $h(\theta)$, são os principais dados de entrada de modelos numéricos de simulação do fluxo transitório de água e do transporte de contaminantes na zona não saturada. Normalmente, eles são determinados em experimentos de campo e de laboratório, sob condições inicial e de contorno restritivas, sendo que estas determinações são onerosas, principalmente no caso de $K(\theta)$, e consomem muito tempo.

Como uma forma alternativa de determinação destas curvas, tanto para dados de laboratório quanto de campo, vários pesquisadores vêm utilizando o método inverso (Zachman et al., 1981; Dane & Hruska, 1983; Russo & Jury, 1987; Carrera & Newman, 1986; Kool et al., 1987; Kool & Parker, 1988; Kuczera, 1990; Russo et al., 1991; Hopmans et al., 1992; van Dam et al., 1994; Simunek

& Van Genuchten, 1996; Antonino et al., 1998; Finsterle & Faybishenko, 1999; Kosugi et al. 2001; Zou et al., 2001; Abbaspour et al., 2001; Bohne e Salzmann, 2002; Ritter et al. 2003).

No método inverso, adotando-se funções particulares para as propriedades hidráulicas e para dadas condições iniciais, resolve-se a equação de Richards empregando métodos numéricos apropriados. Os parâmetros nestas funções hidráulicas são determinados minimizando uma função-objetivo adequada, obtendo-se assim um conjunto de parâmetros que produz no modelo uma representação fiel das medidas realizadas sobre o sistema estudado. Esta aproximação é atraente porque são impostas poucas restrições às condições experimentais, permitindo um arranjo experimental relativamente simples, quando comparado aos métodos baseados no estado estacionário (*steady-state*) e aos métodos que utilizam a saturação. O método inverso possui a vantagem de permitir qualquer combinação de

condições inicial e de contorno, e estimar simultaneamente os parâmetros da curva de retenção de água no solo e da curva de condutividade hidráulica (Kool *et al.*, 1987; Chen, *et al.* 1999).

O sucesso na aplicação do método inverso está condicionado a: i) adoção de modelos que descrevam corretamente $h(\theta)$ e $K(\theta)$, e ii) problemas bem definidos. Três aspectos, geralmente, caracterizam um problema bem definido: existência, estabilidade e unicidade da solução (Russo *et al.*, 1991; Ritter *et al.* 2003).

O objetivo deste trabalho consistiu em determinar os parâmetros da curva de retenção de água no solo e da curva de condutividade hidráulica utilizando o método inverso, considerando: i) a função hidráulica (curva de retenção de água no solo) de van Genuchten (1980), sujeita aos modelos de Burdine (1953) e Mualem (1976), e ii) a função proposta por Brooks & Corey (1964) para a condutividade hidráulica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Modelo hidráulico - Transferência de água no solo

O modelo hidráulico que descreve as transferências de água no solo resulta da combinação das equações de conservação da massa e de transporte (equação de Darcy) em condições isotérmicas, conhecida como equação de Richards:

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} - K(\theta) \right] \quad (1)$$

com

$$C(h) = \frac{\partial \theta}{\partial h} \quad (\text{capacidade capilar}) \quad (2)$$

sendo, h o potencial matricial do solo (L), t o tempo (T), $K(\theta)$ a condutividade hidráulica do solo (LT^{-1}), θ a umidade volumétrica (L^3L^{-3}).

Para resolver esta equação é necessário conhecer: (i) a curva de retenção de água no solo $h(\theta)$, (ii) a condutividade hidráulica como função da umidade $K(\theta)$ ou potencial matricial $K(h)$; (iii) a distribuição inicial dos potenciais matriciais ou das umidades; (iv) as condições de fronteira nas extremidades superior e inferior de uma camada de solo.

A equação (1) foi resolvida pela técnica das diferenças finitas, com esquema implícito. A linearização dos coeficientes da equação foi efetuada extrapolando linearmente o potencial matricial no tempo, que é a variável dependente que descreve o fenômeno, e

dependente que descreve o fenômeno, e considerando espacialmente as médias geométricas destas variáveis.

No presente trabalho foram utilizadas as seguintes funções hidráulicas:

- Curva de retenção de van Genuchten (1980):

$$S_e = \frac{1}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \quad (3)$$

com

$$m = 1 - \frac{2}{n} \quad (\text{Burdine, 1953}), \quad m = 1 - \frac{1}{n} \quad (\text{Mualem, 1976})$$

e

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (\text{saturação efetiva})$$

- Curva de condutividade hidráulica de Brooks & Corey (1964):

$$K(S_e) = K_s S_e^c \quad (4)$$

sendo h o potencial matricial, θ_r e θ_s respectivamente a umidade volumétrica residual e na saturação; K_s a condutividade hidráulica na saturação, α , n e c parâmetros de ajuste.

As combinações das funções hidráulicas apresentadas serão identificadas como os seguintes modelos: VGBC (B) para van Genuchten-Burdine/Brooks & Corey e VGBC (M) para van Genuchten-Mualem/Brooks & Corey.

Método Inverso

No método inverso, os parâmetros das curvas $h(\theta)$ e $K(\theta)$ são determinados de forma otimizada, considerando como critério à minimização de uma função-objetivo. Uma das características principais deste método reside no fato de que a função-objetivo a ser minimizada considera as diferenças entre valores medidos e aqueles calculados pelo modelo.

A função-objetivo a ser utilizada tem a seguinte forma:

$$F(p) = \sum_{i=1}^N \left[X(t_i) - \hat{X}(\hat{t}_i, p) \right]^2 \quad (5)$$

Sendo $X(t_i)$ um conjunto de valores medidos em tempos específicos t_i ($i = 1, 2, \dots, N$), e $\hat{X}(\hat{t}_i, p)$ é o conjunto de valores calculados pelo modelo com a otimização de um vetor de valores de parâmetros $p = \{\alpha, n, K_s, c\}$.

A implementação do método inverso foi realizada combinando o modelo hidráulico descrito com a sub-rotina DBCONF da IMSL (IMSL, 1989) que minimiza uma função com N variáveis usando um método quase-Newton (Dennis & Schnabel, 1983).

Dispositivo experimental

Na Estação Experimental do Grupo de Física do Solo, localizada no Departamento de Energia Nuclear da UFPE, foi monitorada a dinâmica da água na camada superficial do solo (5-17 cm), após uma chuva. O solo do local é classificado como um neossolo flúvico, de textura franco siltosa. Em uma parcela de 1,15 x 0,60 m, foram instalados: i) dois sensores de umidade volumétrica (sensor do tipo time-domain-reflectometry-TDR, CS 615, Campbell scientific, USA) nas profundidades de 5 e 11 cm, e ii) três tensiômetros com vacuômetros (sensor de pressão à membrana do tipo diferencial, SKT 550, SDEC, França) nas profundidades de 5, 11 e 17 cm. Os sensores foram conectados a uma central de aquisição de dados da Campbell modelo CR 10x, e os dados foram armazenados a cada meia hora.

Estimativa dos Parâmetros Hidráulicos

O modelo hidráulico foi aplicado para a camada de solo de 12 cm de espessura, compreendida entre 5 e 17 cm de profundidade. A camada de solo foi discretizada em 12 compartimentos de 1 cm. O tempo de simulação foi de 72 horas. Os valores medidos do potencial matricial nestas profundidades foram utilizados como condição de fronteira superior e inferior respectivamente. A condição inicial considerada, $h(z, t=0)$, foram os valores do potencial matricial interpolados linearmente a partir dos valores medidos nas profundidades de 5, 11 e 17 cm.

Os parâmetros foram estimados para a profundidade de 11 cm, o método inverso foi aplicado para a evolução da umidade volumétrica considerando a seguinte função-objetivo:

$$F(p) = \sum_{i=1}^N \left[\left(\theta(t_i) - \hat{\theta}(t_i, p) \right)^2 \right] \quad (6)$$

com $N = 144$.

Os valores inicialmente adotados para os parâmetros α , K_s e c foram respectivamente $0,01 \text{ cm}^{-1}$, $1,0 \text{ cm.h}^{-1}$ e $10,0$. Os valores de n foram 2,5 e 1,5 para os modelos VGBC(B) e VGBC(M), respectivamente.

Desempenho dos modelos

Quatro critérios estatísticos foram utilizados para a análise dos dados calculados: o erro quadrático médio, EQM; a razão de desvios, RD; a eficiência da modelagem, EM e o coeficiente de massa residual, CMR (Loague & Green 1991).

$$EQM = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - M_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{100}{\bar{M}} \quad (7)$$

$$RD = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2}{\sum_{i=1}^N (T_i - \bar{M})^2} \quad (8)$$

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2 - \sum_{i=1}^N (T_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \quad (9)$$

$$CMR = \frac{\sum_{i=1}^N M_i - \sum_{i=1}^N T_i}{\sum_{i=1}^N M_i} \quad (10)$$

sendo T_i os valores calculados pelo modelo, M_i os valores experimentais, \bar{M} a média dos valores experimentais e N o número de determinações. Os valores ótimos de EQM, RD, EM e CRM são 0, 1, 1 e 0, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os parâmetros α , n , K_s e c após a aplicação do método inverso, para os dois modelos empregados encontram-se na Tabela 1. Os valores de θ_r e θ_s foram $0,000$ e $0,415 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Observa-se que os resultados encontrados para α e para a condutividade hidráulica saturada quando se emprega a hipótese de Mualem, são inferiores aos obtidos quando se emprega a hipótese de Burdrine. Os valores de K_s estão coerentes com valores reportados na literatura para um solo franco siltoso (Nemes et al., 1999).

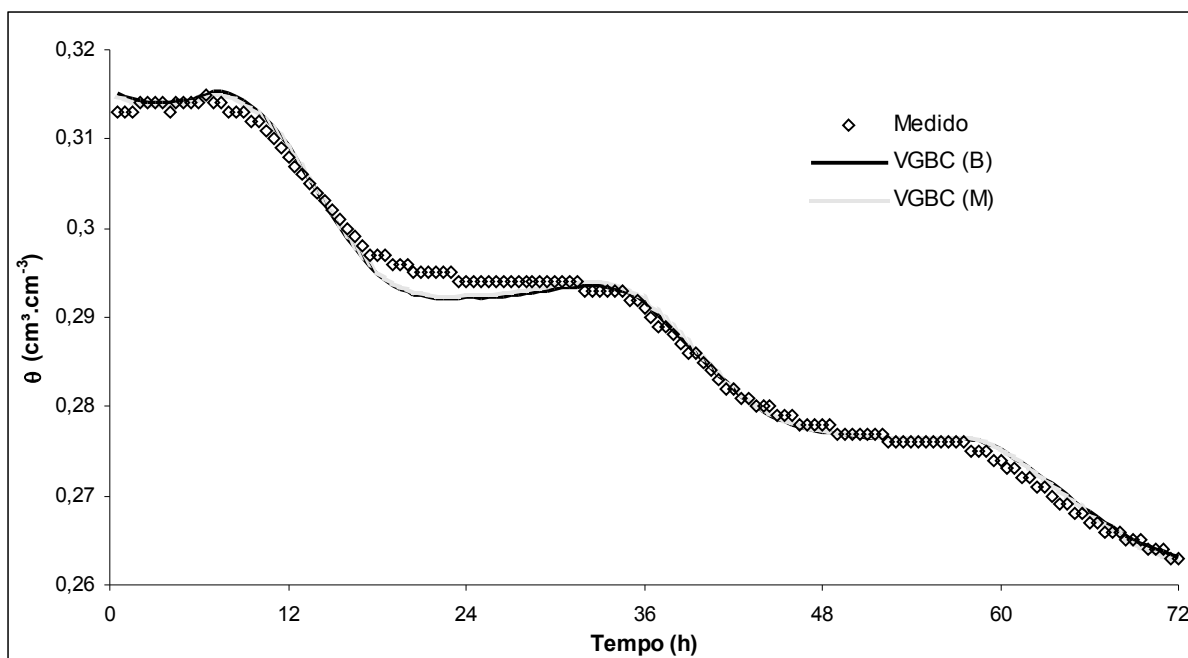


Figura 1 - Evolução da umidade volumétrica medida e calculada pelo método inverso com o tempo.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros do vetor {p} obtidos pelo método inverso.

	α (cm ⁻¹)	n	K_s (cm.h ⁻¹)	c
	Modelo VGBC (B)			
valor	0,02236	2,3184	0,110	8,77
desvio-padrão	0,00043	0,0046	0,019	0,57
	Modelo VGBC (M)			
valor	0,01362	1,4202	0,079	7,91
desvio-padrão	0,00028	0,0079	0,013	0,40

A Figura 1 apresenta, para cada modelo, as curvas medida e calculadas pelo método inverso da evolução da umidade volumétrica com o tempo. Para ambos os modelos, a evolução da umidade, obtida a partir dos parâmetros ajustados pela função-objetivo proposta (Eq. 8), ajustou-se adequadamente aos dados experimentais, apresentando um comportamento muito similar ao observado no campo.

A partir dos valores determinados para os parâmetros do vetor **p**, por intermédio da solução do problema inverso (Tabela 1), foi possível obter as curvas de retenção da água no solo e de condutividade hidráulica e da evolução do potencial matricial em função do tempo para os modelos utilizados (Figuras 2, 3 e 4).

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de retenção da água no solo medida e calculada utilizando os parâmetros α e n determinados com o método inverso, para os modelos VGBC(B) e VGBC(M). Como se pode observar, a solução inversa conseguiu representar perfeitamente a situação de campo, apresentando um ótimo ajuste aos dados experimentais, para ambos os modelos.

A Figura 3 apresenta as curvas de condutividade hidráulica obtidas utilizando os parâmetros K_s e c determinados com o método inverso, para os modelos VGBC(B) e VGBC(M). Pode-se observar que para o intervalo de umidade de 0,263 a 0,315, no qual a dinâmica da água foi monitorada, as curvas são praticamente idênticas.

Utilizando os valores de n ajustados pelo método inverso, pode-se calcular o parâmetro de forma da curva de condutividade hidráulica, c na equação (4), por (Fuentes et. al., 1992):

$$c = \frac{2}{\lambda} + 2 + p \quad (11)$$

sendo $\lambda = n \cdot m$, $p = 1$ para Burdine e $p = 1/2$ para Mualem.

Os valores de c obtidos, pela equação (11), foram 9,28 e 7,26 respectivamente para os modelos VGBC(B) e VGBC(M). Estes valores se aproximam bastante dos valores de c , ajustados pelo método inverso (Tabela 1).

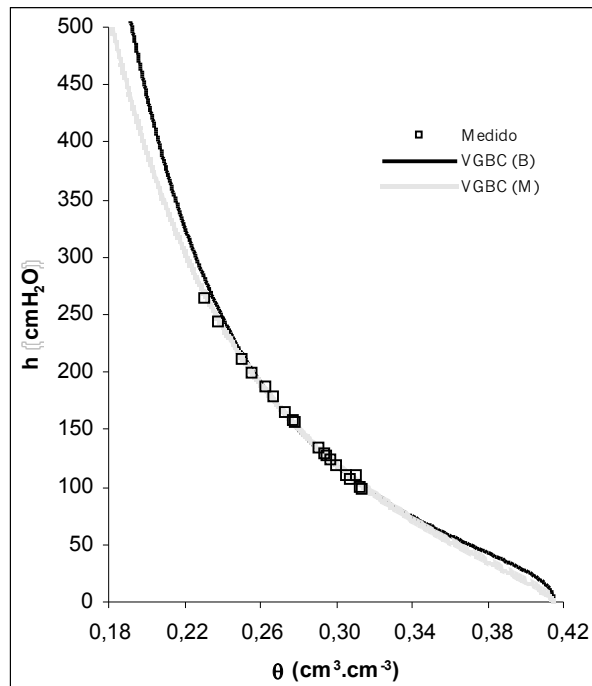


Figura 2 - Curvas de retenção de água no solo medida e calculada utilizando os parâmetros α e n determinados com o método inverso, para os modelos VGBC(B) e VGBC(M).

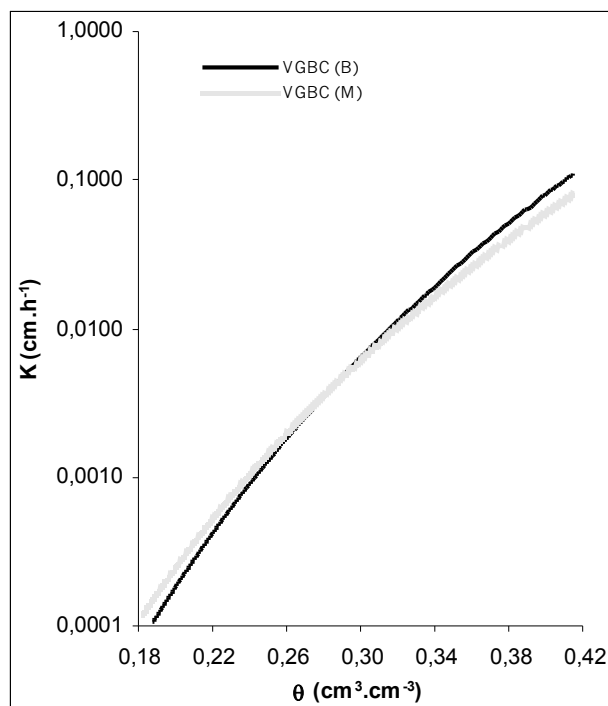


Figura 3 - Curvas de condutividade hidráulica obtidas utilizando os parâmetros K_s e c determinados com o método inverso, para modelos VGBC(B) e VGBC(M).

A Figura 4 apresenta as curvas (medida e calculada com os parâmetros da Tabela 2 para os dois modelos empregados) da evolução do potencial matricial com o tempo. As curvas de evolução do potencial matricial calculadas representaram adequadamente os dados experimentais do potencial matricial.

Análise Estatística

A análise estatística entre os valores das evoluções de umidade volumétrica $\theta(t)$, da curva de retenção $h(\theta)$ e da evolução do potencial matricial $h(t)$, obtidas com os modelos VGBC(B) e VGBC(M), e os valores experimentais, estão apresentadas na tabela 2. Os valores apresentaram um erro quadrático médio menor que 0,5%, para a evolução de umidade volumétrica e para a curva de retenção de água no solo e abaixo de 3% para a evolução do potencial matricial, sendo o conjunto VGBC(M) o que apresentou o menor EQM em todos os casos. A razão dos desvios RD aproximou-se bastante da unidade, à exceção do ajuste para a evolução do potencial matricial, onde ocorreu um desvio de aproximadamente 18%. Com relação aos valores da eficiência da modelagem (EM), nota-se que ocorreu uma excelente estimativa dos parâmetros hídricos uma vez que os valores tendem para 1,0. O coeficiente de massa residual (CRM), indica que ocorreu uma pequena superestimativa para a evolução da umidade volumétrica ($\text{CRM} < 0$), enquanto que para a curva de retenção de água no solo e para a evolução do potencial matricial houve uma pequena subestimativa ($\text{CRM} > 0$).

Globalmente, como mostram os resultados da análise estatística, não existem diferenças significativas na capacidade de descrever os dados experimentais a partir dos conjuntos VGBC(B) e VGBC(M).

Tabela 2 – Resultados da análise estatística entre os valores das evoluções de umidade volumétrica $\theta(t)$, da curva de retenção $h(\theta)$ e da evolução do potencial matricial $h(t)$, obtidas com os conjuntos VGBC(B) e VGBC(M), e os valores experimentais.

Modelos	EQM(%)	RD	EM	CMR
$\theta(t)$				
VGBC(B)	0,413	1,005	0,994	-1,09E-05
VGBC(M)	0,381	1,008	0,995	-6,67E-05
$h(\theta)$				
VGBC(B)	0,238	1,021	0,997	2,29E-04
VGBC(M)	0,173	0,992	0,998	1,43E-03
$h(t)$				
VGBC(B)	2,320	1,186	0,985	1,21E-02
VGBC(M)	2,189	1,181	0,986	9,77E-03

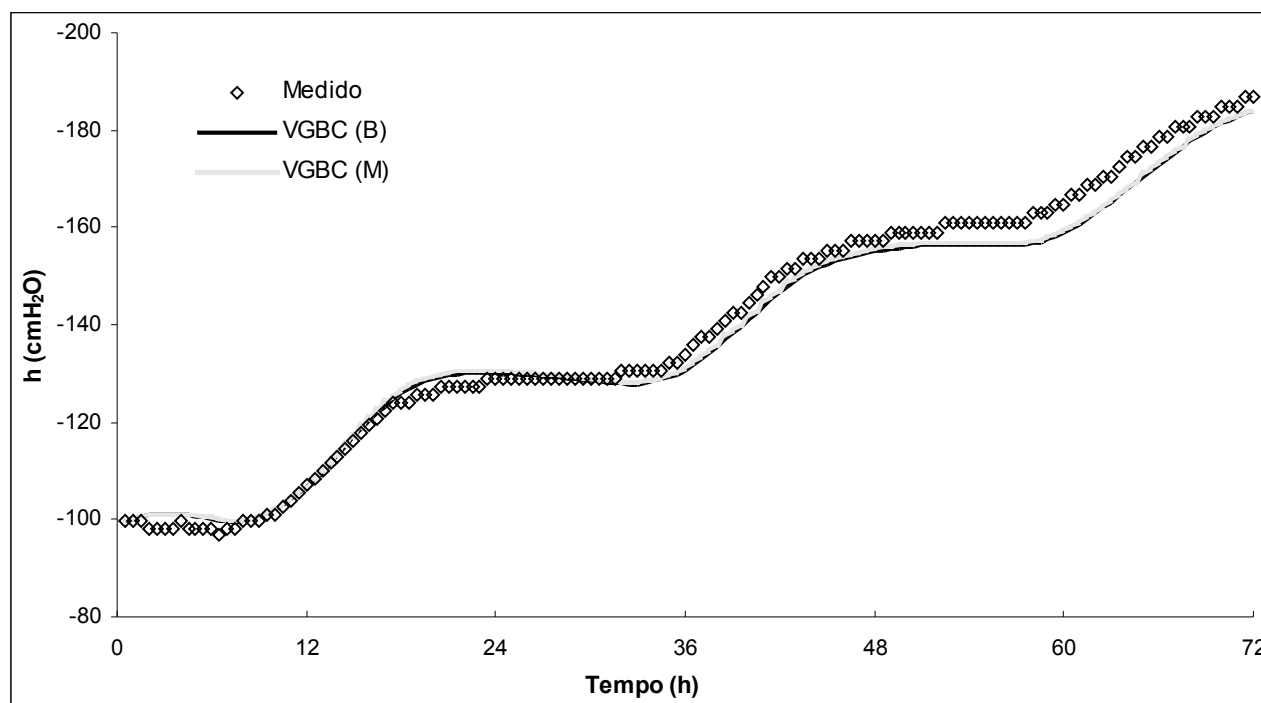


Figura 4 - Evolução dos potenciais matricial medido e calculado, usando os valores da Tabela 2, com o tempo.

CONCLUSÕES

A aplicação do método inverso minimizando a soma dos quadrados dos desvios entre as evoluções de umidade volumétrica medida e a calculada, utilizando os modelos VGBC(B) e VGBC(M), forneceu bons ajustes para as evoluções experimentais da umidade volumétrica e do potencial matricial, assim como para a curva de retenção de água no solo $h(\theta)$. Globalmente, como mostram os resultados da análise estatística, não existem diferenças significativas na capacidade de descrever os dados experimentais a partir dos dois modelos.

Os resultados obtidos comprovaram a eficácia do método inverso na determinação dos parâmetros das funções $h(\theta)$ e $K(\theta)$.

AGRADECIMENTOS

À CAPES-COFECUB (projeto No. 350/01) e ao CNPq (processos N° 55.0160/2002-7/CT-Hidro e N° 476637/2003-1/Universal) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABBASPOUR, K. C.; SCHULIN, R.; van GENUCHTEN, M. Th. Estimating unsaturated soil hydraulic parameters using ant colony optimization. *Advances in Water Resources*, v.24, 827-841, 2001.
- ANTONINO, A.C.D.; MELO, L.V.; COSTA, C.T.F.; CARNEIRO, C.J.G.; LIRA, C.A.B.O. Utilização do método inverso na caracterização hidráulica de solos não-saturados. In: V CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE NORDESTE, Fortaleza, 1998. Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, v. II, p.72-79, 1998.
- BOHNE, K.; SALZMANN, W. Inverse simulation of non-steady-state evaporation using non-equilibrium water retention data: a case study. *Geoderma*, v.110, p. 49-62, 2002.
- BROOKS, R.H.; COREY, A.T. Hydraulic properties of porous media. *Hydrology Papers* 3, Colorado State University, Fort Collins, p.1-27, 1964.
- BURDINE, N.T. Relative permeability calculations from pore size distribution data. *Petroleum Trans. Am. Inst. Mining Eng.*, v.198, p.71-78, 1953.
- CARRERA, J. & NEWMAN, S.P.. Estimation of aquifer parameters under transient and steady state conditions: I. Maximum likelihood method incorporating prior information. *Water Resource Research*, v.22, p.199-210, 1986.
- CHEN, J.; HOPMANS, J. W. & GRISMER, M. E. Parameter estimation of two-fluid capillary pressure-saturation

- and permeability functions. *Advances in Water Resources*, v. 22, n. 5, p. 479-493, 1999.
- DANE, J.H.; HRUSKA, S. In situ determination of soil hydraulic properties during drainage. *Soil Science Society of America Journal*, v.47, p.619-624, 1983.
- DENNIS, J.E.; SCHNABEL, R. B. Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations. New Jersey, Prentice-Hall, 1983.
- FINSTERLE, S.; FAYBISHENKO, B. Inverse modeling of a radial multistep outflow experiment for determining unsaturated hydraulic properties. *Advances in water Resources*, v.22, p. 431-444, 1999.
- FUENTES, C.; HAVERKAMP, R.; PARLANGE, J-Y. Parameter constraints on closed-form soil water relationships. *Journal of hydrology*, v.134, p.117-142, 1992.
- HOPMANS, J.W.; VOGEL, T. & KOBLIK, P.D. X-ray topography of soil water distribution in one-step outflow experiments. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.355-362, 1992.
- IMSL. IMSL math/library; User manual. IMSL, Houston, TX. 1989.
- KOOL, J.B.; PARKER, J.C.; VAN GENUCHTEN, M. TH. Parameter estimation for unsaturated flow and transport models: a review. *Journal of hydrology*, v.91, p.255-293, 1987.
- KOOL, J.B.; PARKER, J.C. Analysis of the inverse problem for transient unsaturated flow. *Water Resources Research*, v.23, no.6, p.817-830, 1998.
- KOSUGI, K.; MORE, K.; YASUDA, H. An inverse model approach for the characterization of unsaturated water flow in an organic forest floor. *Journal of hydrology*, v. 246, p. 96 – 108, 2001.
- KUCZERA, G. Assessing hydrological non-linearity using response surface plots. *Journal of Hydrology*, v.118, p.143-161, 1990.
- LOAGUE, K. M.; GREEN, R. E. Statistical and graphical methods for solute transport models. *Journal of Contaminant Hydrology*, v. 7, p. 51-73, 1991.
- NEMES, A.; WÖSTEN, J.H.M.; LILLY, A.; OUDEVOSHAAR, J.H. Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility with soil databases. *Geoderma*, v.90, p.187–202, 1999.
- MUALEM, Y.A. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, v.12, p.513-522, 1976.
- RITTER, A.; HUPET, F.; MUÑOZ-CARPENA, R.; LAMBOT, S.; VANCLOOSTER, M. Using inverse methods for estimating soil hydraulic properties from field data as an alternative to direct methods. *Agricultural Water Management*, v.59, p. 77-96, 2003.
- RUSSO, D., AND JURY, W.A.. A theoretical study of the estimation of the correlation scale in spatially variable fields. 2. Nonstationary Fields. *Water Resources. Research*, v.23, no.7, p.1269-1279, 1987.
- RUSSO, D.; BRESLER, E.; SHANI, U. & PARKER, J. Analysis of infiltration events in relation to determining soil hydraulic properties by inverse problem methodology. *Water Resource Research*, v.27, p.1361-1373, 1991.
- SIMUNEK, J.; VAN GENUCHTEN, M.T. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from tension disc infiltrometer data by numerical inversion. *Water Resources Research*, v.32, no.9, p.2683-2696, 1996.
- VAN DAM, J.C. ; STRICKER, J.N.M. & DROOGERS, P. Inverse method to determine soil hydraulic functions from multistep outflow experiments. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.647-652, 1994.
- VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.892-892, 1980.
- ZACHMANN, D.W.; DUCHATEAU, P.C; KLUTE, A. The calibration of the Richards flow equation for draining column by parameter identification. *Soil Science Society of America Journal*, v.45, p.1012-1015, 1981.
- ZOU, Z.-Y.; TONHG, M. H.; WIERENGA, P. J. Estimation of depth averaged unsaturated soil hydraulic properties from infiltration experiments. *Journal de hydrology*, v. 242, p. 26-46, 2001.

Use of the Inverse Method to Characterize the Hydrodynamics of a Fluvial Soil

ABSTRACT

The parameters of the soil-water retention curve and the hydraulic conductivity curve of the superficial layer (5-17 cm) of a Fluvial soil, with a loamy sand texture, were determined by using the inverse method. The hydraulic functions used were combined, thus forming the so-called VGBC(B) (van Genuchten-Burdine/Brooks&Corey) and VGBC(M) (van Genuchten-Mualem/Brooks&Corey) models. On a surface plot, located in the Experimental Station of the Group of Soil Physics of DEN-UFPE, the water content data and the matric potential of the water in the soil were obtained automatically and stored in a datalogger every 30 minutes for 72 hours, at the depths of 5, 11 and 17 cm. The implementation of the inverse method was accomplished by combining the hydraulic model, which solves the equation of Richards, with the subroutine DBCONF that minimizes an objective function by using the quasi-Newton method. The parameters α and n of $h(\theta)$ and K_r , and c of $K(\theta)$ were obtained by minimizing the sum of the squares of the deviations between the measured and the calculated water content at the depth of 11 cm. The inverse method was shown to be effective in determining the parameters of $h(\theta)$ and $K(\theta)$. Both models showed the same ability to describe the experimental data.

Key words: Inverse method, hydraulic conductivity, retention curve