

UM NOVO MÉTODO DE CÁLCULO DA POROSIDADE DRENÁVEL

José Elenildo Queiroz¹

RESUMO

Um modo alternativo para cálculo da porosidade drenável a partir de medidas simultâneas de taxas de descarga (q) e altura do lençol freático acima do nível do dreno (h) é apresentado e discutido. A porosidade drenável foi calculada a partir de medidas feitas por Queiroz (1987) e de dados obtidos no campo experimental de drenagem da ESALQ/USP. O procedimento proposto permite que se estime a porosidade drenável com precisão e relativa facilidade, podendo ser aplicado em substituição ao procedimento gráfico utilizado na literatura de drenagem, em condições de regime variável.

Palavras-chave: porosidade drenável, descargas de drenos, drenagem

A NEW METHOD TO COMPUTE DRAINABLE POROSITY

ABSTRACT

An alternative way to compute the drainable porosity from measurements of drain discharge rates (q) and height of water table above drain axis (h) is presented and discussed. The drainable porosity was computed from measurements of field obtained by Queiroz (1987) and data obtained at experimental drainage field of the ESALQ/USP. The proposed procedure can be used to estimate the drainable porosity, with accuracy and relative facility, in substitution to the graphic procedure used in the drainage literature, to transient conditions.

Key words: drainable porosity, drain discharge rates, drainage

INTRODUÇÃO

A porosidade drenável (μ), também denominada macroporosidade ou porosidade efetiva, representa a proporção de macroporos responsáveis pela drenagem e aeração do solo (Kiehl, 1979). Pizarro (1978) e Beltran (1986) definem μ como uma fração da porosidade total na qual a água se move livremente, cujo valor equivale ao conteúdo de ar presente no solo na capacidade de campo. Para Skaggs et al. (1973) a porosidade drenável é uma fração do volume de solo drenado durante o processo de rebaixamento do lençol freático. Por esta definição, observa-se que o solo não deve, necessariamente, ter atingido a capacidade de campo. Neste caso, o valor de μ é dado pela razão entre o volume de água drenado livremente e o volume de solo envolvido.

Em condições de regime variável a porosidade drenável é utilizada, juntamente com a condutividade hidráulica do solo

saturado (K), para cálculo do espaçamento entre linhas de dreno. Sua determinação em laboratório é obtida pela diferença entre o conteúdo de água na saturação e na capacidade de campo (Pizarro, 1978; Coelho, 1985; Machado, 1988) ou através do ajuste da curva de retenção da água no solo, conforme proposto por Queiroz (1995a). O pouco volume de solo envolvido nesses procedimentos constitui um problema a ser considerado quando da definição de um valor representativo para dimensionamento do sistema de drenagem subterrânea.

A determinação da porosidade drenável em campos experimentais de drenagem ou em modelos reduzidos de laboratório pode ser feita através de medições simultâneas de descarga de drenos (q) e cargas hidráulicas (h). Os resultados obtidos por este procedimento são mais representativos das condições reais estudadas, por envolver um volume maior de solo nas determinações, o que contribui para a redução da variabilidade espacial dos dados; entretanto, a estimativa da μ

¹Eng. Agrícola, Dr., Prof. Adjunto., Departamento de Engenharia Florestal/Campus VII/UFPb, CP. 64, 58700-970, Patos, PB, fones: (083)421-3397 e 422-1520. Fax: (083)422-2352.

é feita, comumente, por trabalhosos procedimentos gráficos, mediante a aplicação da teoria de Glover-Dumm, desenvolvida para a condição de regime variável (Dieleman & Trafford, 1976; Queiroz, 1987; Millar, 1988) o que conduz a estimativas com mais possibilidades de erro que um procedimento matemático e estatístico.

No presente trabalho apresenta-se um modo alternativo de cálculo da porosidade drenável a partir de medidas de taxas de descarga e de cargas hidráulicas, sem necessidade de utilização de processos gráficos.

MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento da equação para cálculo da porosidade drenável, duas hipóteses básicas foram consideradas:

1ª) a taxa de descarga varia exponencialmente com o tempo, isto é, $q(t) = m \cdot e^{nt}$, em que $q(t)$ é a taxa de descarga unitária ($L^2 \cdot T^{-1}$), t o tempo (T) e m e n os parâmetros empíricos obtidos por regressão linear;

2ª) o rebaixamento do lençol freático no intervalo de tempo considerado ocorre de maneira uniforme e horizontalmente.

O volume de água drenado (V_d) num intervalo de tempo entre dois instantes t_1 e t_2 , pode ser expresso como:

$$V_d = \ell \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt \quad (1)$$

sendo ℓ o comprimento ao longo da linha de dreno.

Da primeira hipótese e resolvendo-se a integral da equação (1), deduz-se que:

$$V_d = \frac{\ell m}{n} (e^{nt} - 1) \quad (2)$$

Como a relação entre o V_d e o volume de solo V é a porosidade drenável, resulta que:

$$\mu = \frac{\ell m}{Vn} (e^{nt} - 1) \quad (3)$$

Considerando-se a segunda hipótese, $V = A \ell = S \Delta h \ell$, sendo A a área seccional de solo drenado, Δh é a diferença de carga hidráulica no intervalo de tempo considerado e S o espaçamento entre drenos (experimental, isto é, para determinação da μ); assim, substituindo-se V por $S \Delta h \ell$ na equação (3) e se expressando μ em porcentagem, resulta:

$$\mu(\%) = \frac{100m}{nS\Delta h} (e^{nt} - 1) \quad (4)$$

Portanto, determinando-se os coeficientes m e n por análise de regressão e tendo-se os valores de S e de Δh , obtém-se μ . Para aplicação do procedimento proposto foram utilizados dados de campo obtidos por Queiroz (1987) e dados medidos no campo experimental de drenagem do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Dados de taxas de descargas e cargas hidráulicas acima do nível dos drenos

Queiroz (1987)			Campo experimental de drenagem da ESALQ/USP		
t_i (dias)	q_i ($m^2 \cdot dia^{-1}$)	h_i (m)	t_i (dias)	q_i ($m^2 \cdot dia^{-1}$)	h_i (m)
0,250	0,1355	0,473	0,000	0,1079	1,000
0,458	0,1119	0,403	0,333	0,0951	-
1,000	0,0668	0,285	1,000	0,0832	0,950
1,500	0,0495	0,216	1,292	0,0677	0,921
2,042	0,0345	0,212	2,333	0,0482	0,673
2,500	0,0288	0,188	3,291	0,0385	0,595
3,083	0,0208	0,174	4,000	0,0350	0,565
-	-	-	5,000	0,0310	0,540

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da análise de regressão, tipo exponencial, para taxas de descarga em função do tempo, isto é, $q = q(t)$, resultou um coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,983 para os dados obtidos por Queiroz (1987) e 0,965 para os dados do campo experimental de drenagem da ESALQ/USP (Figura 1) o que demonstra bom ajuste dos dados, confirmando que a primeira hipótese pode ser assumida.

Os coeficientes empíricos m e n para os dados obtidos por Queiroz (1987) foram 0,14373 e -0,65624, respectivamente. No caso dos dados do campo experimental da ESALQ/USP, esses coeficientes foram 0,10093 e -0,26250, respectivamente.

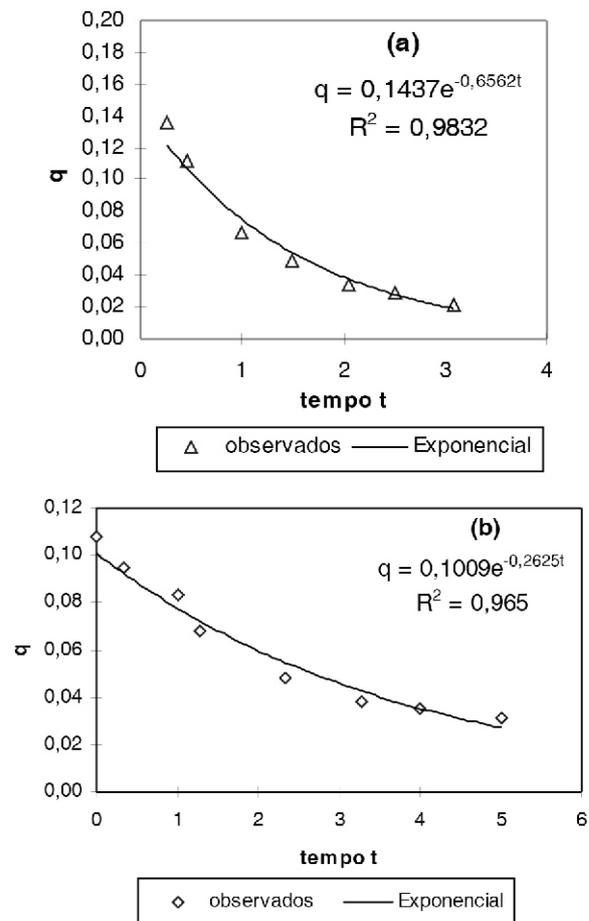


Figura 1. Taxas de descarga q ($m^2 \cdot dia^{-1}$) em função do tempo (dias) para os dois conjuntos de dados utilizados: (a) dados obtidos por Queiroz (1987) e (b) dados obtidos no campo experimental de drenagem da ESALQ/USP.

Considerando-se o intervalo de tempo entre as primeira e última medidas, as diferenças de carga hidráulica foram: $\Delta h_1 = 0,2987$ m e $\Delta h_2 = 0,46$ m. Com estes valores e os espaçamentos experimentais $S_1 = 16$ m (sistema-piloto de drenagem instalado no Município de Sumé, Estado da Paraíba) e $S_2 = 10$ m (sistema instalado no campo experimental da ESALQ/USP, Município de Piracicaba, Estado de São Paulo), respectivamente, utilizando-se a equação (4), foram obtidos os seguintes valores de porosidade drenável: $\mu_1 = 3,87\%$ e $\mu_2 = 6,10\%$.

Na área-piloto do Município de Sumé, Queiroz (1987) utilizando os procedimentos gráficos sugeridos por Dieleman & Trafford (1976) obteve porosidade drenável de 5,2%, o que representa 34% acima do valor de μ_1 obtido pelo método aqui proposto. Essa diferença se deve, provavelmente, a erros de aproximações gráficas no método utilizado por Queiroz (1987). No caso dos dados do campo experimental de drenagem da ESALQ/USP, Queiroz (1995b) obteve valor médio igual a 6,413%, a partir de 84 determinações de laboratório o que corresponde a uma diferença de 5%, aproximadamente, acima do valor de μ_2 . Vale ressaltar que no método de laboratório, o pequeno volume amostral é um fator que contribui para aumentar a variância dos dados, sendo preferível, para fins de drenagem subterrânea, o uso dos métodos de campo, os quais são representativos de um volume maior de solo, o que diminui o efeito da variabilidade espacial.

O método proposto, embora apresente erros de estimativa devido à análise de regressão envolvida, $q = q(t)$, constitui alternativa para o cálculo da porosidade drenável a partir de medidas de q e de h , podendo-se utilizá-lo em substituição ao método gráfico convencional, que apresenta maiores possibilidades de erro nas estimativas.

CONCLUSÕES

O procedimento proposto constitui alternativa para estimativa da porosidade drenável, a partir de medidas de descarga e cargas hidráulicas acima do nível dos drenos, com maior precisão e facilidade de cálculos em relação ao procedimento gráfico utilizado nos manuais de drenagem agrícola, em condições de regime variável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRAN, J.M. **Drenaje agrícola**. Madrid:Iryda, 1986. v.1, 239p.
- COELHO, E.F. **Desempenho de algumas equações de drenagem e dos drenos abertos e cobertos em condições de campo**. Viçosa: UFV, 1984. 80 p. (Dissertação de Mestrado).
- DIELEMAN, P.J. & TRAFFORD, B.D. **Ensayos de drenaje**. Rome: FAO, 1976. 140 p. (Estudios FAO: Riego y Drenaje, nº 28).
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- MACHADO, R.V. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos em uma hidrosequência de solos bem a mal drenados**. Lavras: ESAL, 1994. 88p. (Dissertação de Mestrado).
- MILLAR, A.A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo: Editerra, 1988. 306p.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Espanhola, 1978. 525p.
- QUEIROZ, J.E. **Avaliação do desempenho hidráulico de dois sistemas-piloto de drenagem subterrânea usando-se manilhas de barro, no perímetro irrigado de Sumé, PB**. Campina Grande: UFPB, 1987. 98p. (Dissertação de mestrado).
- QUEIROZ, J.E. Estimativa da porosidade drenável de um solo de várzea em função da tensão da água no solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.469-475, Set.Dez. 1995a.
- QUEIROZ, J.E. **Parâmetros hidrodinâmicos de um solo de várzea para fins de drenagem subterrânea**. Piracicaba: ESALQ, 1995b. 167p. (Tese de Doutorado).
- SKAGGS, R.W. ; KRIZ, G.J.; BERNAL, R.F. Field evaluation of transient drain spacing equations. **Transactions of the ASAE**, v.16, n.3, p.590-595, 1973.