

# UM MODO ALTERNATIVO PARA CALCULAR A POROSIDADE DRENÁVEL A PARTIR DE DADOS DE CAMPO

José Elenildo **QUEIROZ**<sup>1</sup>

**RESUMO:** Um modo alternativo para calcular a porosidade drenável a partir de medidas simultâneas de taxas de descargas ( $q$ ) e altura do lençol freático acima do nível do drenos ( $h$ ), 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 estimar a porosidade drenável com precisão e relativa facilidade, podendo ser utilizado em substituição ao procedimento gráfico utilizado na literatura de drenagem, em condições de regime variável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Porosidade drenável, descargas de drenos, drenagem

**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 field measurements obtained by Queiroz (1987) and data obtained at experimental drainage field of the ESALQ/USP. The proposed proceeding can be used to estimate the drainable porosity, with accuracy and relative facility, in substitution to graphic procedure used in the drainage literature, to transient conditions.

**KEYWORDS:** drainable porosity, drain discharge rates, drainage

**INTRODUÇÃO:** A porosidade drenável ( $\mu$ ) é utilizada juntamente com a condutividade hidráulica do solo saturado ( $K$ ), em condições de regime variável, para o cálculo do espaçamento entre linhas de drenos. Em condições de laboratório, seu valor é obtido pela diferença entre os conteúdos 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 (1995). Em condições de campo, sua determinação envolve medições simultâneas de descargas de drenos ( $q$ ) e cargas hidráulicas ( $h$ ), sendo comumente utilizados procedimentos gráficos trabalhosos para sua estimativa, mediante a aplicação da teoria de Glover-Dumm, desenvolvida para condição de regime variável (Dieleman & Trafford, 1976; Queiroz, 1987; Millar, 1988). Este procedimento conduz a estimativas com mais possibilidades de erro do que um procedimento matemático e estatístico. Este trabalho tem como objetivo apresentar um modo alternativo de cálculo da porosidade drenável, a partir de medidas de taxas de descargas e de cargas hidráulicas, sem necessidade de utilização de processos gráficos.

---

<sup>1</sup> Doutor em Irrigação e Drenagem, DEF-UFPB, Cx. Postal 64, 58.700-970, Patos-PB, Fone (083)421.3397, Fax (083)421. 4659, E-mail: cepfs@peasa.paqtc.rpp.br.

**MATERIAL E MÉTODOS:** No desenvolvimento da equação para cálculo da porosidade drenável, duas hipóteses básicas foram consideradas: 1<sup>a</sup>) a taxa de descarga varia exponencialmente com o tempo, isto é,  $q = m \cdot \text{Exp}(nt)$ , onde  $q$  é a taxa de descarga unitária ( $L^2 \cdot T^{-1}$ ),  $t$  o tempo ( $T$ ) e  $m$  e  $n$  parâmetros empíricos obtidos por regressão linear; 2<sup>a</sup>) 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 obtido pelo produto do comprimento ao longo da linha de dreno ( $\ell$ ) pela integral da função  $q(t)$ . Com isto, da definição de porosidade drenável e considerando a primeira hipótese, deduziu-se que  $\mu = (\ell m / Vn) \cdot [\text{Exp}(nt) - 1]$ , onde  $V$  é o volume de solo drenado ( $L^3$ ). Considerando a segunda hipótese,  $V = A \ell = S \Delta h \ell$ , onde  $A$  é a área seccional de solo drenado,  $\Delta h$  é a diferença de carga hidráulica no intervalo de tempo considerado e  $S$  o espaçamento entre drenos. Feitas estas considerações, deduziu-se a expressão final para cálculo da porosidade drenável, ou seja,  $\mu = (m/nA) \cdot [\text{Exp}(nt) - 1]$ . Portanto, determinando-se os coeficientes  $m$  e  $n$ , por análise de regressão, o passo seguinte consiste em calcular a área  $A$ . Para aplicação desse 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.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A análise de regressão, tipo exponencial, para taxas de descargas 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 um 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, estes coeficientes foram 0,10093 e -0,26250, respectivamente. Considerando o intervalo de tempo entre a primeira e última medidas, as diferenças de carga hidráulica foram  $\Delta h_1 = 0,2987$  m e  $\Delta h_2 = 0,46$  m. Para os espaçamentos de 16 m e 10 m, respectivamente, foram obtidas as áreas seccionais de solo drenado de 4,67 m<sup>2</sup> e 4,60 m<sup>2</sup>. Com estas áreas e os coeficientes empíricos ( $m$  e  $n$ ), utilizando a expressão desenvolvida, foram obtidos os valores de porosidade drenável  $\mu_1 = 3,87\%$  e  $\mu_2 = 6,10\%$ . Para o mesmo conjunto de dados, Queiroz (1987), utilizando os procedimentos gráficos sugeridos por Dieleman & Trafford (1976), obteve um valor de porosidade drenável igual a 5,2%, o que representa 34% acima do obtido pelo método aqui proposto. No caso do valor de  $\mu_2$ , Queiroz (1995), trabalhando na mesma área, obteve um valor médio igual a 6,413%, a partir de 84 determinações de laboratório. Neste caso, 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 maior volume de solo, o que diminui o efeito da variabilidade espacial. O método proposto, embora apresente erros de estimativa devido a análise de regressão envolvida ( $q = q(t)$ ), constitui uma 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 erros nas estimativas.

**CONCLUSÕES:** O procedimento proposto constitui uma alternativa para estimativa da porosidade drenável a partir de medidas de descargas 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:**

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, n° 28).

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 pilotos de drenagem subterrânea usando manilhas de barro, no perímetro irrigado de Sumé-PB.** Campina Grande: UFPb, 1987. 98p. Dissertação de mestrado.

QUEIROZ, J.E. **Parâmetros hidrodinâmicos de um solo de várzea para fins de drenagem subterrânea.** Piracicaba: ESALQ, 1995. 167p. Tese de Doutorado.

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 (dias)	q (m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	h <sub>i</sub> (m)	t (dias)	q (m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	h <sub>i</sub> (m)
0,250	0,1355	0,473	0	0,1079	1,000
0,458	0,1119	0,403	0,333	0,0951	-
1,000	0,0668	0,285	1,000	0,0832	0,95
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

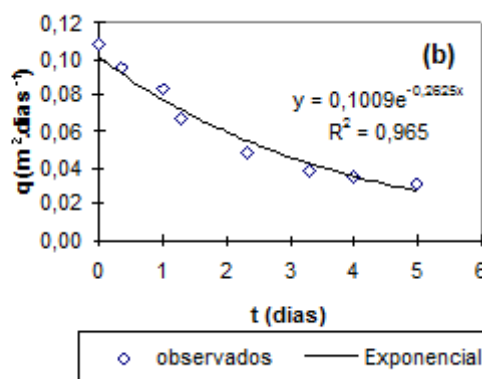
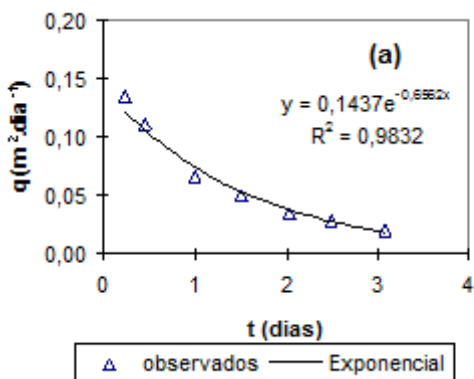


FIGURA 1 - Taxas de descargas ( $q$ ) em função do tempo ( $t$ ) para os dois conjunto de dados utilizados: **(a)** dados obtidos por Queiroz (1987) e **(b)** dados obtidos no campo experimental de drenagem da ESALQ/USP.