

TEMPO DE EQUILIBRIO DA TENSÃO EM EXTRATORES PROVIDOS DE CÁPSULAS POROSAS E TRANSDUTORES DE PRESSÃO

S. N. DUARTE¹, C. J. G. S. LIMA²; N. S. DIAS³, F. A. OLIVEIRA², F. C. MENDONÇA⁴

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo determinar o tempo necessário entre a aplicação do vácuo até o momento da coleta da solução, utilizando extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4 x 4, totalizando 32 tratamentos, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por: dois solos de texturas diferentes, quatro intensidades de vácuos aplicadas aos extratores e quatro níveis de umidade em base peso. Os resultados evidenciaram que é possível, com auxílio de extratores e transdutores de pressão, monitorar com ótima precisão a variação de tensão em tempo real. O tempo necessário entre a aplicação do vácuo até o momento da coleta da solução aumentou em função da redução de umidade, bem como com o incremento do vácuo aplicado.

Palavras-chave: umidade de solo, cápsulas porosas, vácuo

BALANCING TIME OF TENSION IN EXTRACTORS POROUS CERAMIC CUPS AND PRESSURE TRANSDUCERS

SUMMARY: This work aimed to determine the time necessary between vacuum applications until the moment of collection of solution, using extractors provided of porous ceramic cups and pressure to transducers. The statistic delineation utilized was the entirely randomized in the factorial scheme was 2 x 4 x 4, 32 treatments at all, with three repetition. The treatments were composed of two soil different textures, four vacuum intensity applied to extractors and four levels of water content on weight base. The results showed that it's possible to monitor with high precision and also the tension variation in real time with the help of extractors and pressure to transducers. The necessary time between vacuum applications until the moment of collection of solution, increased with the reduction of water content in soil, and also due to increment in the applied vacuum.

keywords: soil moisture, ceramic cups, vacuum

INTRODUÇÃO

Cápsulas porosas de cerâmica vêm sendo utilizadas na extração de solução do solo, para avaliação da concentração de íons. Para obtenção de bons resultados, as cápsulas devem ser padronizadas quanto suas características físicas e químicas, tais como: condutância, borbulhamento, adsorção e/ou liberação de compostos que possam alterar as características da

¹ Prof. Associado, Departamento de Engenharia de Biossistemas, LEB/ESALQ/USP, Av Pádua Dias 11, CP 9, CEP 13418-900, Piracicaba - SP, snduarte@esalq.usp.br

² Engº Agrº, Pós-graduando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia de Biossistemas, LEB/ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

³ Prof. Doutor, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN.

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia de Biossistemas, LEB/ESALQ/USP, Piracicaba - SP

solução coletada. A principal vantagem do uso desses materiais é que a solução pode ser extraída sem a destruição da unidade experimental, permitindo a continuidade do estudo por longo período na mesma área, parcela ou mesmo vaso.

SAAD & LIBARDI (1994) relatam que há necessidade da transferência de certo volume de água entre a cápsula porosa e o solo. Essa quantidade de água necessita de certo tempo para a transferência, denominado tempo de resposta, o qual, segundo KLUTE & GARDNER (1962), está sujeito à sensibilidade do medidor de vácuo, à condutância da cápsula e à condutividade hidráulica do solo no qual o instrumento está instalado. Para CASSEL & KLUTE (1986) o tempo de resposta de um extrator é a medida de sua sensibilidade às mudanças de sucção da água no solo.

Com relação ao intervalo de tempo entre a aplicação do vácuo e a coleta da solução, é encontrada uma gama de valores: SILVA et al. (2005) realizaram coleta da solução após 2 horas, MOTA et al. (2006) utilizaram 14 horas após a sucção.

Objetivou-se com esta pesquisa, calibrar, avaliar o desempenho e monitorar o tempo necessário para realização da coleta de solução do solo após a aplicação do vácuo em extratores providos de cápsulas porosas instalados em dois tipos de solo de texturas contrastantes, quando submetidas a diferentes intensidades de vácuo e umidades no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Física do Solo e em um ambiente protegido (casa de vegetação) do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, no município de Piracicaba, SP, situada nas coordenadas geográficas de 22° 42’ de latitude sul e 47° 38’ de longitude oeste, a uma altitude de 540 m.

Utilizou-se dois materiais de solo coletados na profundidade de 0,30 m da camada agricultável do perfil, o primeiro classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura franco arenosa, e o segundo de textura franco argilosa, classificado como Terra Roxa Estruturada provenientes do campus da ESALQ.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, num arranjo fatorial de 2 x 4 x 4, constando de dois solos com texturas contrastantes (S_1 - Latossolo Vermelho Amarelo textura franco arenosa e S_2 - Terra Roxa Estruturada textura franco argilosa), quatro intensidades de vácuos aplicadas aos extratores (V_1 - 50, V_2 - 60, V_3 - 70, e V_4 - 80 kPa), e quatro níveis de umidade em base peso (100, 72, 61 e 43% no solo S_1 e 100, 79, 66 e 60% no solo S_2).

O Experimento foi realizado em vasos plásticos com capacidade para 12 L e providos de orifícios na parte inferior e contendo uma camada de 1 cm de brita nº recoberta com manta geotêxtil (BIDIM OP-30) e preenchidos por meio de quantificação da massa de solo por camadas a cada 5 cm e de volume conhecido, visando obter uma densidade conhecida e homogênea entre as parcelas. Simultaneamente foi conectado um transdutor de pressão ao extrator provido de cápsula porosa e em seguida instalado em cada vaso a 0,15 m de profundidade, e dispostos em bancadas na casa de vegetação.

Os níveis de umidade foram obtidos por secagem natural do solo, processos de secagem proporcionam maior teor de água disponível e uma reduzida presença do fenômeno da histerese (COSTA et al., 2008). O volume de solução foi calculado com base na capacidade de vaso para ambos os solos ($S_1 = 21,41 \text{ g g}^{-1}$ e $S_2 = 28,27 \text{ g g}^{-1}$), e aplicado por meio de microtubos conectados na parte inferior de vasos que continham o volume de água preestabelecido, sendo a taxa de aplicação variável devido a coluna de água no vaso apresentar variação no tempo; no entanto a vazão variava de 1,1 a 0,4 L h⁻¹, artifício esse usado para evitar movimento preferencial da água, tendo em vista que a medida que os poros do solo fossem sendo preenchidos, o fluxo mostrar-se-ia preferencial as paredes do vaso.

A aquisição de dados se deu por meio de datalogger CR10, com leituras a cada cinco segundos e uma média a cada dois minutos. A aquisição do sinal foi obtida em milivolt (mV); posteriormente essas leituras eram transformadas em tensão por meio das equações de calibrações geradas anteriormente, proveniente da calibração dos transdutores.

A aplicação das tensões de sucção foi realizada com auxílio de uma bomba à vácuo, e o momento da coleta da solução do solo foi determinado no instante em que o sinal do transdutor permanecia constante, ou seja, entendia-se que neste momento não estava mais ocorrendo fluxo de solução para o interior da cápsula.

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para verificação da ausência de normalidade, seguido de transformações caso fossem necessárias. Em seguida foram analisadas estatisticamente pelo teste de F, desdobrando-as sempre que a interação foi significativa. Os fatores quantitativos relativo aos níveis de umidade e de vácuo foram analisados estatisticamente por meio de regressão, para variável tempo realizou-se comparação de medias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os transdutores utilizados foram calibrados e ajustou-se um modelo linear com a seguinte equação: $V_{(kPa)} = 0,0448mV - 5,0673$ com $R^2 = 0,9998$, sendo o sinal emitido em milivolt (mV) e a variável resposta em Vácuo (kPa), apresentando valor médio aproximado de 113 mV referente ao sistema sem tensão, ou seja, no momento zero de vácuo. Verificou-se ainda uma repetibilidade de 99% e erro máximo, médio e mínimo de 0,86, 0,039 e 0,0014 kPa, respectivamente.

Os valores de condutância para as cápsulas novas variaram de 0,028 a 0,039 $mm^2 s^{-1}$, apresentando uma média de 0,034 $mm^2 s^{-1}$, valores esses bastante satisfatórios e superiores ao padrão de 0,003 $mm^2 s^{-1}$, recomendado por CASSEL & KLUTE (1986), além de não apresentar borbulhamento em pressão de 100 kPa.

Tabela 1. Valores médios do tempo (h) de equilíbrio entre o vácuo aplicado extratores providos de cápsulas porosas e o potencial de água nos solos Franco Arenoso e Franco Argiloso em diferentes umidades

Solo	Tensão (kPa)	U ₁ (%)	-----Vácuo (kPa) -----				Médias
			50	60	70	80	
Franco Arenoso	5,2	43	29,20 Db*	29,93 Cc	31,83 Bc	33,13 Ac	31,02
	8,6	61	2,50 Dd	2,63 Cd	4,57 Bd	4,87 Ad	3,64
	11,6	72	1,13 Ae	1,13 Ae	0,63Bf	0,53 Cf	0,86
	23,1	100	0,67 Af	0,67 Af	0,47 Bh	0,37 Cg	0,55
Franco Argiloso	6,3	60	62,97 Ca	62,97 Ca	64,17 Ba	64,40 Aa	63,63
	8,2	66	62,97 Aa	62,33 Bb	62,33 Bb	62,17 Cb	62,45
	12,8	79	2,80 Ac	2,63 Bd	2,63 Be	1,90 Ce	2,49
	16,5	100	0,67 Af	0,67 Af	0,50 Bg	0,37 Cg	0,55
Médias			20,37	20,37	20,89	20,96	
			CV(%) = 1,85		Média Geral		20,65

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade ¹Umidade em base peso

Analisando o comportamento do tempo necessário para atingir o equilíbrio entre o vácuo aplicado aos extratores e o potencial de água no solo (Tabela 1), verifica-se um aumento deste com o decréscimo nos níveis dos fatores vácuo e umidade, exceto nos dois menores níveis do fator umidade para o solo arenoso e no menor nível para o argiloso. O tempo aumentou com o incremento do vácuo, isso devido à baixa umidade dos solos nesses níveis, reduzindo o fluxo de solução para o interior da cápsula. O menor valor de tempo obtido foi de 0,37 horas para ambos os solos com vácuo de 80 kPa e na umidade de 100% e,

os maiores foram de 33,13 e 64,40 horas dentro do menor nível de umidade no solo arenoso e argiloso, respectivamente.

Avaliando a variável tempo entre os dois materiais de solos, verifica-se que a mesma não diferiu para o maior nível do fator umidade, sendo que para os demais níveis de umidade e em todos os níveis do fator vácuo o solo argiloso apresentou valores de tempo estatisticamente superiores pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A média da variável tempo para ambos os solos apresentou um aumento de 3% com o incremento do vácuo; já as médias para cada solo apresentaram um aumento de 98 e 99% à medida que a umidade decresceu da máxima para 43 e 60% nos solos arenoso e argiloso, respectivamente.

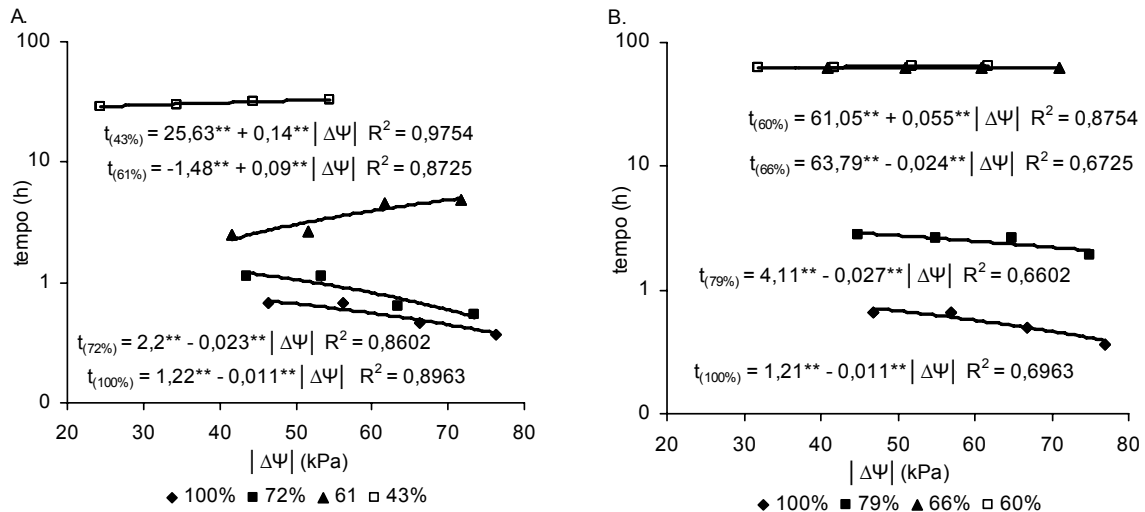


Figura 1. Tempo de equilíbrio (t) em função da diferença dos potenciais $|\Delta\Psi|$ de vácuo e da água nos solos Franco Arenoso (A) e Franco Argiloso (B) em diferentes umidades

Na Figura 1 estão expostas as equações que descrevem o comportamento do tempo de equilíbrio em função da diferença de potencial entre o vácuo aplicado nos extratores e a tensão de água em ambos os solos. Verifica-se um ajuste linear ($p < 0,01$) e decrescente para todas as umidades com o incremento da diferença de potencial em ambos os solos, exceto para os dois menores níveis de umidade no solo arenoso (Figura 1A) e no menor nível no solo argiloso (Figura 1B); a resposta foi linear ($p < 0,01$) e crescente, no entanto menos expressiva.

CONCLUSÕES

É possível, com auxílio de extratores de solução e transdutores de pressão monitorar a variação de tensão em tempo real.

O tempo de equilíbrio entre a aplicação do vácuo aos extratores até o momento da coleta da solução aumenta em função da redução de umidade, bem como com o incremento do vácuo aplicado aos extratores para ambos os solos nos menores níveis de umidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASSEL, D. K.; KLUTE, A. Water potential: tensiometry. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1986. p. 563-596.

COSTA, W.A.; OLIVEIRA, C.A.S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um Latossolo-vermelho-amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v. 32, n. 2, p. 515-523, 2008.

KLUTE, A; GARDNER, W.R. Tensiometer response time. Soil Science, Baltimore, v. 93, n. 1, p. 204-207, 1962.

MOTA, P.R.A.; VILLAS BOAS, R.L.; SOUSA, V.F. Concentração de sais da solução avaliada pela condutividade elétrica na zona radicular do crisântemo sob irrigação por gotejamento. Irriga, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 532-542, 2006.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetros de faixas. São Paulo: IPT, 1994. 15 p. (IPT, Comunicação Técnica).

SILVA, T.S.M.; PAZ, V.P.S.; COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SANTANA, G.S. Condutividade elétrica da solução de solo em função da condutividade elétrica aparente e da umidade do solo sob aplicação de cloreto de potássio com uso da reflectometria do domínio do tempo. Irriga, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 174-183, 2005.