



XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
2 a 6 de agosto 2009  
Juazeiro (BA)/Petrolina (PE)



## CURVA DE RETENÇÃO DA ÁGUA DO SOLO: CENTRIFUGAÇÃO VERSUS CÂMARA DE PRESSÃO DE RICHARDS

LUÍS F. STONE<sup>1</sup>; JOSÉ A. A. MOREIRA<sup>2</sup>; PEDRO M. DA SILVEIRA<sup>2</sup>; ALEXANDRE B. HEINEMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás - GO, Fone: (0XX62)3533.2151, stone@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás - GO.

Escrito para apresentação no  
XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
2 a 6 de agosto de 2009 - Juazeiro-BA/Petrolina-PE

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi comparar o método da câmara de pressão de Richards com o método da centrifugação na determinação da curva de retenção da água do solo. Foram retiradas oito amostras indeformadas da camada superficial de oito Latossolos Vermelhos de diferentes texturas. Foram aplicadas em quatro amostras de cada solo, durante 30 minutos, rotações de 570, 654, 735, 1336, 1801, 2325 e 9005 rpm, correspondentes às tensões médias de 5,91; 7,78; 9,82; 32,45; 58,98; 98,28 e 1474,38 kPa, para gerar curvas de retenção de água do solo. As outras quatro amostras de cada solo foram utilizadas para determinação da curva de retenção da água do solo pelo método da câmara de pressão de Richards. Para a grande maioria dos solos estudados, as curvas de retenção da água obtidas pelos dois métodos não diferiram significativamente, apesar do baixo nível de significância observado para os solos com teores mais altos ou mais baixos de argila. A maior diferença entre os métodos ocorreu na maior tensão de água, o que não afeta o seu uso no manejo da irrigação, visto que o intervalo entre a capacidade de campo e o momento de irrigar não contempla altos valores de tensão. A umidade do solo determinada nos dois métodos correlacionou-se positivamente com o teor de argila do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** umidade do solo, tensão da água do solo, teor de argila

### SOIL-WATER RETENTION CURVE: CENTRIFUGATION VERSUS RICHARDS' PRESSURE CHAMBER

**ABSTRACT:** The objective of this study was to compare Richards' pressure chamber method to centrifugation method in the soil-water retention curve determination. Eight undisturbed soil samples were taken from the surface layer of eight Red Latosols (Oxisol) with different textures. Rotations of 570, 654, 735, 1336, 1801, 2325, and 9005 rpm were applied in four samples of each soil during 30 minutes corresponding to average water tensions of 5,91; 7,78; 9,82; 32,45; 58,98; 98,28, and 1474,38 kPa to generate soil-water retention curves. The others four samples of each soil were used to determine soil-water retention curves by Richards' pressure chamber method. For the majority of the soils studied, the soil-water retention curves generated by the two methods were not significantly different, in spite of the low level of significance verified on the soils with the highest and the lowest clay content. The highest difference between the methods occurred at the highest soil-water tension, which does not affect its use in irrigation management since the interval between field capacity and the moment to irrigate does not include high levels of tension. The soil moisture determined in the two methods showed positive correlation to soil clay content.

**KEYWORDS:** soil moisture, soil-water tension, clay content



**INTRODUÇÃO:** A curva de retenção da água do solo é um dos parâmetros básicos requeridos no estudo dos processos de transferência da água no solo, sendo muito importante no manejo da irrigação. Usualmente ela é determinada pelo método da câmara de pressão de Richards (RICHARDS & FIREMAN, 1943), que requer períodos de, no mínimo, 24 horas para o equilíbrio. Embora a técnica da centrifugação de amostras de solo para determinar a relação entre o conteúdo de água e a tensão com que ela está retida no solo seja bem antiga, somente mais recentemente alguns laboratórios de física do solo a tem usado como rotina. Essa técnica tem a vantagem da rapidez na obtenção do equilíbrio da umidade do solo submetido à centrifugação, normalmente menos de seis horas. Destaca-se como desvantagem os possíveis erros causados pela compactação das amostras de solo durante o processo de centrifugação (FREITAS JÚNIOR & SILVA, 1984). O período de centrifugação necessário ao equilíbrio da umidade do solo, em dada rotação, é fator determinante da precisão da curva de retenção. SILVA & AZEVEDO (2002) concluíram que o período de centrifugação necessário para o equilíbrio da tensão da umidade solo deve ser superior a 80 minutos. Na Embrapa Arroz e Feijão é utilizada a técnica da centrifugação para determinação da curva de retenção da água do solo, considerando o período de 30 minutos para o equilíbrio em uma dada tensão. O objetivo deste trabalho foi comparar esse método com o da câmara de pressão de Richards, considerado como padrão, para verificar se o menor tempo de equilíbrio está introduzindo erros na determinação da curva de retenção da água do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram retiradas oito amostras indeformadas da camada superficial de oito Latossolos Vermelhos de diferente texturas, sendo dois muito argilosos, solos 1 (692 g argila kg<sup>-1</sup> solo) e 2 (690 g kg<sup>-1</sup>), quatro argilosos, solos 3 (532 g kg<sup>-1</sup>), 4 (492 g kg<sup>-1</sup>), 5 (472 g kg<sup>-1</sup>) e 6 (452 g kg<sup>-1</sup>) e dois franco-argilo-arenosos, solos 7 (372 g kg<sup>-1</sup>) e 8 (332 g kg<sup>-1</sup>), utilizando-se cilindros de 5 cm de altura e 100 cm<sup>3</sup> de volume. Foram aplicadas nessas amostras, durante 30 minutos, rotações de 570, 654, 735, 1336, 1801, 2325 e 9005 rpm, correspondentes às tensões médias de 5,91; 7,78; 9,82; 32,45; 58,98; 98,28 e 1474,38 kPa, utilizando quatro amostras (repetições) de cada solo estudado, para gerar curvas de retenção da água do solo. As outras quatro amostras de cada solo foram utilizadas para determinação da curva de retenção da água do solo pelo método da câmara de pressão de Richards (RICHARDS & FIREMAN, 1943). Os valores médios do conteúdo de umidade de quatro repetições foram utilizados no ajuste das curvas de retenção da água do solo obtidas para os diversos solos pelo modelo de VAN GENUCHTEN (1980), considerando-se a umidade de saturação igual ao valor da porosidade total e a umidade residual equivalente ao conteúdo de umidade na maior tensão do estudo. Para avaliar a diferença entre as curvas de retenção de um mesmo solo resultante dos dois métodos empregados adotou-se o teste da razão de verossimilhança (SOUZA, 1998), que consiste em comparar a diferença entre a soma de quadrados residuais de dois modelos ajustados, utilizando o teste F para definir o nível de significância da diferença observada. Para cada valor de tensão da água do solo, foi feita análise de correlação entre os valores de umidade do solo obtidos pelos métodos da centrífuga e da câmara de pressão de Richards. Determinou-se, ainda, o índice de concordância (d) (WILLMOTT et al., 1985), que expressa a exatidão das determinações feitas com a centrífuga em relação aos valores obtidos com a câmara de pressão, variando de zero, que indica nulidade, a 1, que indica perfeita exatidão, e o índice de desempenho (c), que é o produto do coeficiente de correlação (r) pelo índice de concordância.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O ajuste das curvas de retenção obtidas pelos dois métodos ao modelo de VAN GENUCHTEN (1980) foi significativo (P<0,01) para todos os solos. Para a maioria dos solos, a maior diferença entre as curvas ocorreu na maior tensão, em que o valor de umidade obtido com o método da centrifugação foi menor que o obtido com o método da câmara de pressão (Figura 1). Isto pode ser devido à compactação da amostra de solo em alta rotação da centrífuga. No caso do solo 1, de textura muito argilosa, os valores de umidade do solo obtidos com o método da centrífuga foram



sistematicamente menores que os obtidos com o método da câmara de pressão. Apesar dessas diferenças, apenas para o solo 1 as curvas ajustadas, obtidas por centrifugação e pela câmara de pressão, foram significativamente diferentes (Tabela 1). Verifica-se por essa tabela que as curvas obtidas pelos dois métodos foram mais semelhantes no caso dos solos 5 e 6. No caso dos demais solos, apesar de não haver diferença significativa, os níveis de significância foram baixos. Considerando-se cada valor de tensão da água do solo aplicada, verifica-se que houve alta correlação entre os valores de umidade do solo obtidos nos dois métodos (Tabela 2), havendo uma ligeira subestimativa da umidade pelo método da centrifugação em comparação com o da câmara de pressão, na tensão mais elevada. O índice de concordância ( $d$ ) foi elevado e o índice de desempenho do método da centrifugação, em todas as tensões da água do solo estudadas, foi considerado ótimo ( $c > 0,85$ ). A umidade do solo determinada nos dois métodos estudados correlacionou-se positivamente ( $P < 0,05$ ) com o teor de argila dos solos, em todas as tensões aplicadas. Somente no caso da tensão de 1474,38 kPa, as retas de ajuste divergiram, sendo os valores de umidade obtidos com a câmara de pressão superiores aos obtidos pela centrifugação.

TABELA 1. Valores da soma de quadrados residuais, de F e dos níveis de significância (NS).  $SQR_{cent}$ ,  $SQR_{cam}$  e  $SQR_{comb}$  são, respectivamente, a soma dos quadrados residuais da curva de retenção obtida pela centrifugação, pelo método da câmara de pressão de Richards e pelo ajuste com os dados obtidos com o uso da centrifugação combinados com os obtidos com o uso da câmara de pressão de Richards.

Solo	$SQR_{cent}$	$SQR_{cam}$	$SQR_{comb}$	F	NS (%)
1	0,000673	0,000196	0,002841	9,0771	0,875
2	0,000544	0,000167	0,001392	3,8312	6,806
3	0,000581	0,000038	0,001155	3,4636	8,250
4	0,000646	0,000312	0,001410	1,8873	21,310
5	0,000600	0,000156	0,000875	0,6296	55,726
6	0,000694	0,000074	0,000905	0,7135	51,862
7	0,000598	0,000153	0,001319	3,0253	10,510
8	0,000551	0,000178	0,001359	3,4568	8,280

TABELA 2. Equações de regressão entre a umidade do solo obtida no método da centrifugação ( $\theta_{cent}$ ) e a obtida no método da câmara de pressão de Richards ( $\theta_{cam}$ ), coeficientes de correlação ( $r$ ), índices de concordância ( $d$ ) e índices de desempenho ( $c$ ), em diferentes tensões.

Tensão (kPa)	Equação	$r$	$d$	$c$
5,91	$\theta_{cent} = 1,0052\theta_{cam}$	0,953	0,979	0,933
7,78	$\theta_{cent} = 0,9924\theta_{cam}$	0,982	0,990	0,972
9,82	$\theta_{cent} = 0,9988\theta_{cam}$	0,976	0,988	0,964
32,45	$\theta_{cent} = 1,0044\theta_{cam}$	0,973	0,987	0,960
58,98	$\theta_{cent} = 1,0007\theta_{cam}$	0,970	0,985	0,955
98,28	$\theta_{cent} = 1,0013\theta_{cam}$	0,957	0,978	0,936
1474,38	$\theta_{cent} = 0,9269\theta_{cam}$	0,956	0,928	0,887

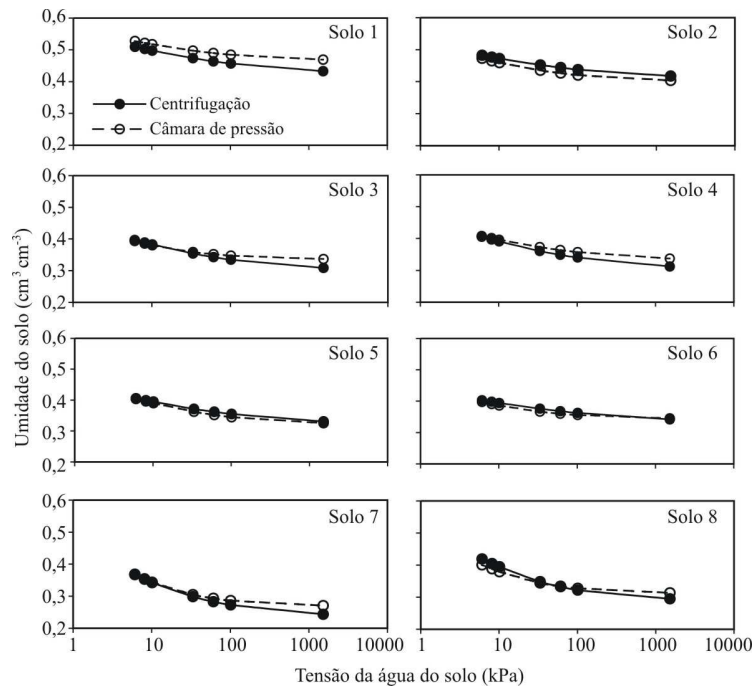


FIGURA 1. Curvas de retenção da água do solo ajustadas aos dados obtidos pelos métodos da centrifugação e da câmara de pressão de Richards.

**CONCLUSÕES:** Para a grande maioria dos solos estudados, as curvas de retenção da água obtidas pelos dois métodos não diferiram significativamente, apesar do baixo nível de significância observado para os solos com teores mais altos ou mais baixos de argila. A maior diferença entre os métodos ocorreu na maior tensão de água, o que não afeta o seu uso no manejo da irrigação, visto que o intervalo entre a capacidade de campo e o momento de irrigar não contempla altos valores de tensão. A umidade do solo determinada nos dois métodos correlacionou-se positivamente com o teor de argila do solo.

## REFERÊNCIAS

- FREITAS JÚNIOR, E. de; SILVA, E.M. da. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.11, p.1423-1428, 1984.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- SILVA, E.M. da; AZEVEDO, J.A. de. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.10, p.1487-1494, 2002.
- SOUZA, G. da S. e. *Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear*. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-SEA, 1998. 505p.
- VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.5, p.892-898, 1980.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.