



Alterações na curva característica de água no solo por ressaturação durante o procedimento analítico⁽¹⁾.

Alcione Guimarães Freire⁽²⁾; Ícaro Vasconcelos do Nascimento⁽³⁾; Thiago Leite de Alencar⁽²⁾; Carlos Levi Anastácio dos Santos⁽²⁾; Raimundo Nonato de Assis Júnior⁽⁴⁾; Jaedson Cláudio Anunciato Mota⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com apoio financeiro: FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

⁽²⁾ Estudante de doutorado; Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, Ceará; alcionegef@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal do Ceará; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal do Ceará;

RESUMO: O manejo de água para uma cultura deve priorizar sua melhor produção com o mínimo de prejuízo ao meio ambiente. Neste aspecto, a curva característica de água no solo se constitui importante ferramenta para este fim. Sabe-se, a priori, que a curva característica de água no solo não é constante, pois fatores como textura e estrutura influenciam no seu comportamento, principalmente a partir da formação e da quantidade de poros estruturais. É sabido da literatura que ciclos de umedecimento e secagem causam alterações na estrutura da amostra de solo. Saliente-se que este processo de umedecimento e secagem ocorre corriqueiramente durante a obtenção da curva característica de água no solo e, por isso, há quem considere esse método de obtenção da curva característica de água no solo altamente suspeito, por provocar subestimação de poros maiores por causa da consolidação do material, o que resulta, naturalmente, erros de interpretação. Então, considerando que o processo de ressaturação da amostra provoca alteração na curva característica de água no solo, e que estas alterações são mensuráveis a partir da distribuição de poros por tamanho, objetivou-se determinar a curva característica de água no solo a partir de amostras submetidas a ciclos de umedecimento e secagem em oposição àquelas não sujeitas a este processo, verificar a influência da textura do solo associada aos ciclos de umedecimento e secagem na obtenção da curva característica de água no solo e obter os coeficientes de ajuste da curva característica de água do solo e a distribuição de poros por tamanho.

Termos de indexação: Porosidade, metodologia.

INTRODUÇÃO

Práticas adequadas de manejo de água são imprescindíveis em cultivos irrigados. Neste sentido, torna-se necessário conhecer quando e quanto irrigar, daí a importância da curva de retenção de água no solo. Para Dexter & Bird (2001), a curva de retenção da água representa o estado físico atual do

solo. Entretanto, vários são os fatores que exercem influência, particularmente a textura e a estrutura (Amaro Filho et al., 2008). Logo, a premissa sugerida por Dexter & Bird (2001) é válida desde que a geometria porosa não varie com o tempo. Assim, a curva característica é única (Reichardt & Timm, 2012); todavia, na prática, esta condição dificilmente ocorre, uma vez que o arranjo das partículas do solo umas em relação às outras é de fácil alteração.

Durante o procedimento para obtenção da curva característica de água no solo, comumente as amostras são submetidas aos ciclos de umedecimento e secagem, os quais podem causar modificações na estrutura da amostra e especialmente na distribuição do tamanho de poros (Pires et al., 2011). Collis-George (2012) julga suspeito este modo de obtenção da curva característica de água no solo, devido subestimação ou superestimação de poros em diferentes estágios da curva, o que causa dúvida quanto à interpretação dos indicadores dela derivados.

Então, considerando que o processo de ressaturação da amostra provoca alteração na curva característica de água no solo, e que estas alterações são mensuráveis a partir da distribuição de poros por tamanho, objetivou-se determinar a curva característica de água no solo a partir de amostras submetidas a ciclos de umedecimento e secagem em oposição àquelas que não foram sujeitas a este processo, verificar a influência da textura do solo associada aos ciclos de umedecimento e secagem na obtenção da curva característica de água no solo e obter os coeficientes de ajuste da curva característica de água do solo e a distribuição de poros por tamanho.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram consideradas as texturas arenosa e argilosa. A análise granulométrica e argila dispersa em água foram realizadas pelo método da pipeta (Gee & Bauder, 1986) e a densidade das partículas pelo método do balão volumétrico (Blake & Hartge, 1986a). A densidade do solo foi determinada



segundo Blake & Hartge (1986b). A porosidade α ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) foi obtida pela equação $\alpha = 1 - (\rho_s/\rho_p)$, ρ_p e ρ_s a densidade de partículas e do solo (kg m^{-3}), respectivamente.

A curva característica da água no solo foi construída em dois estágios, I e II, a saber: o estágio I com pontos de baixas tensões (2, 4, 6, 8 e 10 kPa), e o estágio II com os pontos para as tensões mais elevadas (33, 100, 700 e 1500 kPa) (Klute, 1986). A saturação foi considerada como a porosidade total. O ajuste dos dados se deu pelo modelo de van Genuchten (1980),

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\Phi_m|)^n]^m}, \quad (1)$$

em que θ_r e θ_s são, respectivamente, os conteúdos de água residual e de saturação ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), Φ_m o potencial mátrico da água no solo (kPa), α (escalador do Φ_m), m e n (relacionados ao formato da curva).

Cada amostra foi utilizada para a construção de duas curvas características da água no solo que foram obtidas por meio de dois métodos. O primeiro método compreendeu uma única saturação da amostra, possibilitando, dessa forma, os conteúdos de água nas tensões do estágio I. No segundo método, a amostra foi sempre resaturada para a obtenção dos conteúdos de água nas tensões correspondentes ao estágio I. O estágio II foi comum para ambas as curvas, sendo obtido utilizando sempre o processo de resaturação. No ponto de inflexão, o módulo do potencial de água (h_i) foi obtido segundo Dexter & Czyz (2006) por

$$h_i = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{1}{m} \right]^{\frac{1}{n}}. \quad (2)$$

A umidade foi obtida aplicando o valor de h_i na equação de van Genuchten (1980) e o diâmetro do poro a partir da equação $d = 0,3/h_i$.

Os dados foram analisados em DIC, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 8$ (duas texturas – arenosa e argilosa; dois métodos de obtenção – com e sem resaturação; oito repetições). Foram aplicados a 5% os testes de Jarque-Bera para normalidade, o F para análise de variância e o de Tukey para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As partículas areia, silte e argila levaram os solos a serem classificados em textura arenosa e franco argiloarenosa. Os dados do Quadro 1 evidenciaram diferença entre os quantitativos inicial e final de argila total e dispersa em água, a partir do que se pode atestar que houve perda de argila em ambos

os solos durante a construção da curva característica de água.

Constatou-se para o solo arenoso que durante o processo de obtenção da curva característica de água houve perda na amostra de solo de 57% da argila total, aumento da argila dispersa em água, saindo de 14% no início para 20% no final do processo, evidenciando que, além de haver perda de argila, ocorre também a dispersão de material agregado, fazendo com que a argila, outrora floculada, fique livre em solução. Para a textura franco argiloarenosa, foram removidos da amostra de solo 14% da argila total, redução da argila dispersa em água, saindo de 19% no início para 2% no final do processo, indicando a remoção de quase toda a argila dispersa.

Conforme consta no Quadro 2, não houve diferença significativa para os parâmetros da equação de van Genuchten (1980) obtidos nos solos de textura arenosa e franco argiloarenosa por ambos os métodos (saturação e resaturação até a tensão de 10 kPa), o que explica não haver diferença nas curvas obtidas pelos dois procedimentos em cada textura de solo.

No Quadro 3 são apresentados os parâmetros da regressão linear entre tensões da água no solo desde a saturação até 10 kPa (em log neperiano, variável independente) e conteúdo volumétrico de água (variável dependente), considerando os procedimentos de saturação e resaturação de amostras de solos. Constatou-se não haver diferença significativa para ambos os coeficientes da regressão linear obtidos pelos dois procedimentos em cada situação de textura de solo – intercepto a e coeficiente angular b –, o que permite afirmar que a curva não se modifica nesta faixa de tensões consideradas independentemente do procedimento de sua obtenção. Verificou-se também que no ponto de inflexão da curva característica de água não houve diferença significativa para as variáveis estudadas, sejam as curvas obtidas por saturação ou resaturação da amostra de solo em sua parte mais úmida (Quadro 4).

CONCLUSÕES

Apesar de durante o processo de resaturação e secamento acontecer evidente perda de argila, o procedimento não provoca alterações significativas na curva característica de água no solo, inclusive na parte mais úmida, tampouco no ponto de inflexão, em ambas as texturas avaliadas. O solo de textura arenosa é mais sensível às alterações na distribuição de poros por tamanho quando



submetido ao procedimento de ressaturação para a construção da curva característica de água.

REFERÊNCIAS

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N. & MOTA, J.C.A. Física do solo: conceitos e aplicações. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. 290p.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986a. pt. 1, p. 363-375. (Agronomy Monography, 9).

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986b. pt. 1, p. 377-382. (Agronomy Monography, 9).

COLLIS-GEORGE, N. A re-interpretation of the drainage moisture characteristic. Geoderma, 189-190: 87-90, 2012.

DEXTER, A.R. & BIRD, N.R.A. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil & Til. Res., 57: 203-212, 2001.

DEXTER, A.R. & CZYZ, E.A. Applications of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. Wiley Interscience, 2006.

GEE, G. W. & BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, pt. 1, p. 383-411, 1986. (Agronomy Monography, 9).

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p. 635-662. (Agronomy Monography, 9).

PIRES, L.F.; VILLANUEVA, F.C.A.; DIAS, N.M.P.; BACCHI, O.O.S. & REICHARDT, K. Chemical migration during soil water retention curve evaluation. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 83: 1097-1108, 2011.

REICHARD, K. & TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos e aplicações. 2 ed. Barueri: Manole, 2012. 500p.

VAN GENUCHTEN, M.TH. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. Journal, 44: 892-897, 1980.



Quadro 1. Conteúdo de argila total e dispersa em água, considerando o início e fim do experimento.

| Classe Textural | Situação | Argila total (g kg ⁻¹) | Argila dispersa em água (g kg ⁻¹) |
|----------------------|----------|------------------------------------|---|
| Arenosa | Inicial | 35 a | 5 a |
| | Final | 15 b | 3 b |
| Franco Argiloarenosa | Inicial | 253 a | 48 a |
| | Final | 218 b | 4 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada textura de solo, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 2. Parâmetros da equação de van Genuchten (1980), da saturação à tensão de 1500 kPa, considerando os métodos de saturação e ressaturação de amostras de solos.

| Textura do solo | Métodos | Parâmetros da equação de van Genuchten (1980) | | | | |
|----------------------|--------------|---|----------------|-------------------|----------|----------|
| | | θ_{sat} | θ_{res} | α | m | n |
| | | --- m ³ m ⁻³ --- | | kPa ⁻¹ | | |
| Arenosa | Saturando | 0,3792 a | 0,0175 | 0,5606 a | 0,3365 a | 2,6369 a |
| | Ressaturando | 0,3784 a | 0,0175 | 0,4542 a | 0,4426 a | 2,4162 a |
| | CV (%) | 3,70 | - | 27,08 | 58,77 | 44,88 |
| Franco Argiloarenosa | Saturando | 0,3390 a | 0,1199 | 0,1654 a | 2,4654 a | 0,6553 a |
| | Ressaturando | 0,3390 a | 0,1199 | 0,1959 a | 1,2944 a | 0,7581 a |
| | CV (%) | 5,79 | - | 140,05 | 85,92 | 37,52 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada textura de solo, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 3. Parâmetros da regressão linear entre tensão da água no solo, da saturação à tensão de 10 kPa (em log neperiano) e conteúdo volumétrico de água, considerando os métodos de saturação e ressaturação de amostras de solos.

| Textura do solo | Métodos | Parâmetros da regressão linear | |
|----------------------|--------------|--------------------------------|-----------|
| | | a | b |
| Arenosa | Saturando | 0,3807 a | -0,1286 a |
| | Ressaturando | 0,3870 a | -0,1292 a |
| | CV (%) | 10,79 | 3,85 |
| Franco Argiloarenosa | Saturando | 0,3291 a | -0,0460 a |
| | Ressaturando | 0,3323 a | -0,0476 a |
| | CV (%) | 35,12 | 5,24 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada textura de solo, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 4. Potencial mátrico, diâmetro equivalente do poro e umidade no ponto de inflexão da curva característica de água no solo, da saturação à tensão de 1500 kPa, considerando os métodos de saturação e ressaturação de amostras de solos.

| Textura do solo | Métodos | Parâmetros no ponto de inflexão | | |
|----------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | ψ_m (-kPa) | ϕ poro (μm) | Umidade (g g ⁻¹) |
| Arenosa | Saturando | 4,80 a | 69,27 a | 0,1094 a |
| | Ressaturando | 5,29 a | 57,73 a | 0,1028 a |
| | CV (%) | 27,37 | 25,09 | 12,21 |
| Franco Argiloarenosa | Saturando | 22,95 a | 15,15 a | 0,1170 a |
| | Ressaturando | 23,41 a | 14,85 a | 0,1171 a |
| | CV (%) | 40,04 | 43,28 | 4,10 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada textura de solo, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.