

## UMIDADE ATUAL E INSTANTÂNEA DO SOLO - MÉTODO DA DENSIDADE

L. N. Rodrigues<sup>1</sup>, E. H. C. dos Santos<sup>2</sup>, C. M. Rebouças<sup>3</sup>, A. R. Nery<sup>4</sup>

**RESUMO:** Determinou-se a umidade volumétrica ( $\theta$ ) do solo empregando-se dois métodos: o método padrão da estufa e um novo método, denominado método da densidade que poderá facilitar e baratear o manejo de irrigação. A pesquisa foi conduzida no IFPA campus Castanhal em um Latossolo Amarelo distrófico. Foram coletadas 40 amostras indeformadas. Cada amostra representou uma parcela. Das 40 amostras coletadas, 20 foram submetidas ao método padrão da estufa ( $\theta$  real) e à determinação da densidade aparente ( $d_s$ ), as 20 amostras restantes foram apenas pesadas logo após a coleta em balança de precisão (0,01 g), cujas massas úmidas foram relacionadas com 'V', obtendo-se a densidade do solo úmido ( $D_{su}$ ). De posse dos valores 'Ds' e 'Dsu' estimaram-se, as respectivas umidades volumétricas pela equação  $\theta$  estimada =  $D_{su} - D_s$ . As médias de ' $\theta$  real' e ' $\theta$  estimada' foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre a umidade estimada e a umidade real. Concluiu-se que a umidade atual do solo pode ser obtida em tempo real, com custo baixíssimo, bastando coletar amostras indeformadas, determinar a 'Dsu' e subtrair desta, a 'Ds'.

**PALAVRAS-CHAVE:** Umidade do solo, densidade do solo, manejo de irrigação

## CURRENT AND INSTANT SOIL MOISTURE - DENSITY METHOD

**ABSTRACT:** Volumetric soil moisture was determined using two methods: the standard stove method and a new method, here called the density method, wich can facilitate and reduce costs of irrigation management. The research was conducted at the Federal Institute of Pará (IFPA Campus Castanhal) in a Dystrophic Yellow Latosol. 40 undisturbed samples were collected. Each sample represented one plot. Of the 40 samples collected, 20 were submitted to the standard method ( $\theta$  real) and to the determination of the bulk density of soil ( $d_s$ ), the 20 samples remaining were weighed after the precision balance (0.01 g) and wet mass were related to 'V', obtaining the wet soil density ( $D_{su}$ ). Given the values 'Ds' and 'Dsu', the respective volumetric

<sup>1</sup> Doutor, professor do IFPA-Castanhal/IFCE-Crateús. Av. Geraldo Marques Barbosa, 567, Venâncios, Crateús-CE. 63700-000. Email: luis.lunero@gmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico de Agronomia do IFPA-Castanhal. Email: evertonsantos026@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Técnica em Agropecuária. Email: carolinereboucas09@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Doutora, professora do IFPA-Castanhal, Colaboradora do IFCE-Crato. Email: cydanery@gmail.com

moisture (estimated  $\theta$ ) was estimated by the equation  $\theta = dsu-ds$ . The means of 'Real  $\theta$ ' and 'Estimated  $\theta$ ' were compared by the Tukey test, at 5% probability. There was no significant difference between 'estimated moisture' and 'real moisture'. It was concluded that the current soil moisture can be obtained in real time, with very low cost, simply collect undisturbed samples, determine the wet soil density and subtract from this the bulk density.

**KEYWORDS:** Soil moisture, soil density, irrigation management.

## INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica que garante a aumenta o rendimento das culturas, a qual deve ser considerada com muito critério e sustentabilidade. O manejo racional da irrigação, ou seja, o momento de irrigar e a lâmina de irrigação definido corretamente possibilitam maximizar a produtividade levando a maior eficiência do uso da água. Por outro lado, reduz os custos de manutenção do sistema, conserva o solo e fornece à cultura, melhores condições fitossanitárias, enfim, reduz o impacto ambiental.

Segundo o CONAMA (1986) impacto Ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:- a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas;- a biota;- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e,- a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Christofidis (2002) existe uma tendência natural de aumento do uso da água no futuro, seja pelo aumento populacional, culminando numa maior necessidade por alimentos, seja pela disponibilidade de terras com aptidão para uso na agricultura irrigada estimadas em 470 milhões de hectares.

O manejo adequado da irrigação consiste em fornecer água ao solo no momento oportuno (quando irrigar) e na quantidade suficiente (quanto irrigar) para atender às necessidades hídricas da planta (Mantovani et al., 2009). Nesse contexto é conveniente relatar que cada mm de água aplicado além do ideal representa perda de 10.000 L de água por hectare. Quando se aplica água em excesso, além do recurso hídrico, perdem-se outros recursos como solo, fertilizantes e energia elétrica.

Conhecer a umidade do solo, que pode ser expressa em base gravimétrica ou umidade em base de massa seca ( $U_{ss}$ ) ou em base volumétrica ( $\theta$ ), é de suma importância, pois a mesma influencia diretamente no volume de água nele armazenado, assim como na sua resistência e na

compactação. Assim, deve ser conhecida a umidade do solo para estudos do movimento da água no solo, disponibilidade de água, erosão, época e quantidade de água a ser aplicada em irrigação (Bernardo et al., 2008).

A água é essencial no sistema solo-planta pois funciona como solvente dos nutrientes e como meio de transporte no interior dos vegetais. A água do solo é oriunda das chuvas ou das irrigações, onde é retirada pelas plantas principalmente pelas raízes, sendo que entre 30 a 70% da água oriunda das chuvas penetram no solo sendo armazenada nos horizontes superficiais enquanto parte escorre pela superfície (Kiehl, 1985).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa determinar a umidade volumétrica do solo em tempo real a partir da densidade do solo, compará-la com o método padrão da estufa e propor um novo método de manejo de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no IFPA campus Castanhal-PA, situado à margem da BR 316, Km 63, com as coordenadas geográficas: 1° 17' 46" S e 47° 55' 28" W. O solo do campus Castanhal é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, o qual apresenta-se com adensamento natural no subsolo (0,20 m - 0,40m) com densidade em torno de 1,70 g cm<sup>-3</sup> (Ferreira, 2004).

Para determinação direta da umidade em volume, coletaram-se amostras de solo indeformadas utilizando-se de anel ou cilindro volumétrico. Por definição, a umidade volumétrica ( $\theta$ ) é a relação entre o volume de água ( $V_a$ ) e o volume total ( $V_t$ ), representada pela Equação 1.

$$\theta = \frac{V_a}{V_t} \quad (1)$$

Considerando-se a densidade da água igual a 1 g cm<sup>-3</sup>, ou seja, cada 1 g de água ocupando 1 cm<sup>3</sup>, na Equação 1 pode-se substituir o volume de água ( $V_a$ ) pela massa de água ( $M_a$ ) conforme a Equação 2.

$$\theta = \frac{M_a}{V_t} \quad (2)$$

A massa de água ( $M_a$ ) é obtida por diferença entre as massas úmida ( $M_{su}$ ) e seca ( $M_{ss}$ ), gerando a Equação 3.

$$\theta = \frac{M_{su} - M_{ss}}{V_t} \quad (3)$$

Decompondo-se a Equação 3, obtém-se a Equação 4.

$$\theta = \frac{M_{su}}{V_t} - \frac{M_{ss}}{V_t} \quad (4)$$

Na Equação 4 constam duas densidades, relações de massa e volume. A primeira define a densidade do solo quando úmido ( $D_{su}$ ) e, a segunda define a densidade global ou densidade aparente do solo ( $D_s$ ), atributo característico do solo. Portanto, ao se coletar uma amostra de solo indeformada do qual já se conhece a respectiva densidade global ( $D_s$ ), a umidade volumétrica atual ( $\theta$ ) pode ser facilmente obtida em tempo real pela Equação 5.

$$\theta = D_{su} - D_s \quad (5)$$

Em que, nas equações enumeradas de 1 a 5 tem-se:

$\theta$  - umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

$V_a$  - volume de água ( $\text{cm}^3$ );

$V_t$  - volume total do solo ( $\text{cm}^3$ );

$M_a$  - massa de água (g);

$M_{su}$  - massa de solo úmido (g);

$M_{ss}$  - massa de solo seco (g);

$D_{su}$  - densidade do solo úmido ( $\text{g cm}^{-3}$ );

$D_s$  - densidade global do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ).

#### **Determinação da densidade global do solo ( $D_s$ )**

Para determinação da densidade foi utilizado o método do anel volumétrico (anel de Kopecky), cujo volume total  $V_t = 98,175 \text{ cm}^3$ . As amostras foram submetidas à secagem em estufa por 24 horas à temperatura de  $105 \text{ °C} \sim 110 \text{ °C}$ . A densidade de cada amostra foi calculada por meio da relação  $M_{ss}/V_t$ , segundo termo da Equação 4.

Inicialmente foi determinada a densidade média do solo ( $D_s$ ) da área experimental na profundidade de 0 a 10 cm. Foram retiradas 20 amostras de uma área delimitada (2m x 2m) com a superfície do solo previamente limpa. A  $D_s$  média obtida ( $1,53 \text{ g cm}^{-3}$ ) foi utilizada na Equação 5. Não foi determinada a umidade dessas amostras.

#### **Determinação da densidade do solo úmido ( $D_{su}$ )**

Para a coleta das amostras, adotou-se o mesmo procedimento utilizado para a determinação da  $D_s$ . A  $D_{su}$  foi obtida logo após a coleta das amostras e calculada por meio da

relação  $M_{su}/V_t$ , primeiro termo da Equação 4. Nesse caso, a umidade volumétrica das amostras foi determinada pelo método padrão da estufa. Essa umidade foi denominada de umidade atual real ( $\theta_{real}$ ) ou método padrão. A umidade das amostras também foi calculada pela Equação 5, a qual foi denominada de umidade estimada ( $\theta_{estimada}$ ) ou método estimado. Nesta etapa as amostras foram coletadas da mesma área delimitada anteriormente.

### **Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos aos procedimentos de Análise de Variância (Teste F) e à comparação de médias (Teste de Tukey), ambos a 5% de probabilidade. Foi utilizado o aplicativo SISVAR (Ferreira, 2003).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com os resultados obtidos e resumidos na Tabela 1 e Figura, verificou-se que não houve efeito significativo. Desta forma, a umidade volumétrica estimada pela equação 5 ( $\theta_{estimada} = 23,77\%$ ) não diferiu significativamente da umidade determinada pelo método padrão da estufa ( $\theta_{real} = 25,81\%$ ).

Existem vários métodos de determinação de umidade, uns mais precisos como o método padrão de estufa, porém demora em fornecer o resultado (24 horas), outros métodos são caros como o uso de sensores, TDR, sonda de nêutrons.

Também existem métodos alternativos, a exemplo do método das pesagens que embora rápido e de boa precisão é pouco utilizado por sua recomendação sempre estar relacionada a instrumentos de vidraria (Araújo et al., 2015).

Já o método aqui proposto, que não demanda tempo nem muitos instrumentos, consiste em simplesmente coletar amostra indeformada, calcular a densidade do solo na condição úmida ( $D_{su}$ ) e subtrair a densidade aparente do solo ( $D_s$ ). É fácil perceber que a exatidão da umidade do solo depende da exatidão da  $D_s$ , ou seja, é necessário que a  $D_s$  seja representativa da área.

Araújo et al. (2015) concluíram que os métodos das pesagens com Erlenmeyer e garrafa pet apresentaram desempenho semelhante quando comparado ao método padrão de estufa, destacando o uso da garrafa PET por ser de fácil aquisição, prático e apresenta custo baixo, podendo ser um instrumento confiável na determinação da umidade do solo.

Buske et al. (2013) também observaram que o método das pesagens teve um bom desempenho na determinação da umidade para diferentes solos, e uma boa correlação entre o método das pesagens com o método padrão de estufa, independente do tipo de solo.

Araújo et al. (2015) e Buske et al. (2013) relataram em seus trabalhos que no métodos das pesagens, seja com erlenmeyer, balão volumétrico ou garrafa PET, quando mistura-se a água destilada à massa de solo forma-se espuma, confundido em alguns casos a leitura, sendo necessária a padronização de leitura, de preferência a espuma ficar completamente acima da marcação volumétrica, o que muitas vezes quando não padronizado a leitura pode afetar diretamente os valores encontrados de umidade gravimétrica.

## CONCLUSÕES

A umidade volumétrica de um solo, em tempo real, pode ser estimada com base na simples pesagem de amostra indeformada.

O método das densidades é simples, rápido, barato e pode ser usado para manejo da irrigação.

A precisão do método das densidades depende da determinação criteriosa da densidade global do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.D.; AVILEZ, A.M.A.; SANTOS, J.M.; MATOVANI, E.C. Desempenho do método das pesagens em garrafa PET para determinação da umidade do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25, São Cristóvão/SE. 2015. Disponível em: <http://abid.org.br/congressos/downloads.htm>. Acesso em: 08 jun. 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008, 625p.

BUSKE, T. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; ROSSO, R. B. Avaliação do desempenho do método das pesagens para a determinação da umidade do solo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. v.7, nº.6, p 340 - 348, 2013.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília: ABID, n.54, p. 46-55, 2002

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente/IBAMA, Resolução nº 001/86 de 23 de janeiro de 1986. Publicado no D.O.U. de 17 /2/86. 1986.

FERREIRA, C. P. Atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal, Pará. Belém, PA: UFRA, 2004. 145p. (Tese de Doutorado - Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias)

FERREIRA, D. F. Sisvar 4.6.: Sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, SP: Editora Agronômica Ceres, 1985, 492p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação – princípios e métodos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009, 355p.

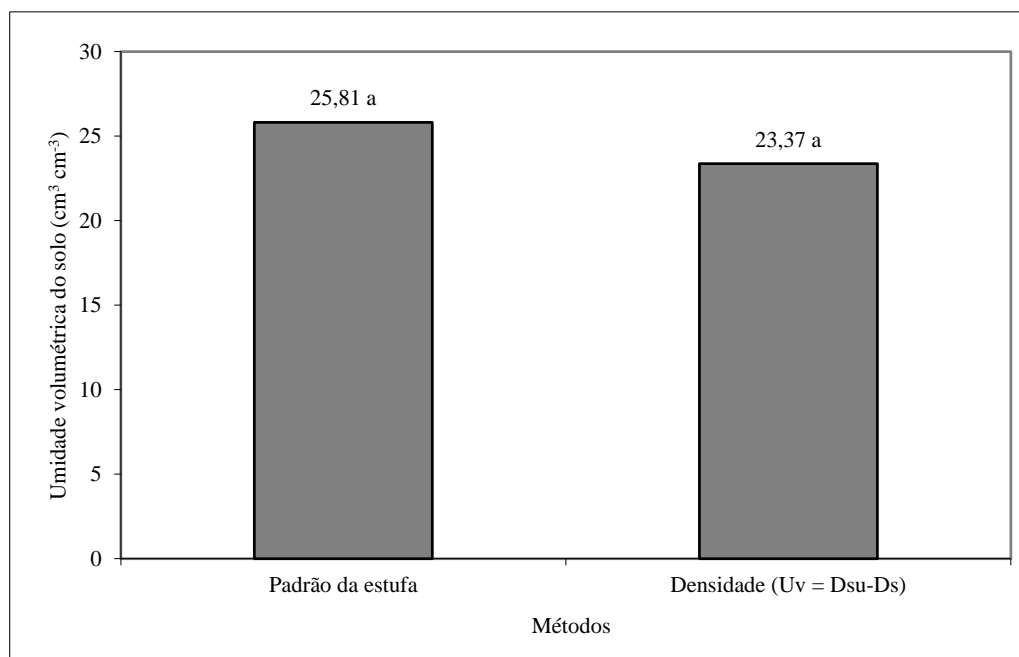
**Tabela 1.** Resumo da análise da variância e comparação das médias da umidade volumétrica ( $\theta$ )

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Método	1	59,6776 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	18,1771
CV	17,34	
Método (M)		Média
$\theta$ Real (padrão da estufa)		25,8146 a
$\theta$ Estimada ( $\theta = D_{su} - D_s$ )		23,3717 a
DMS		0,9533

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

$D_s = 1,5264 \text{ g cm}^{-3}$ .

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



**Figura 1.** Umidade volumétrica do solo determinada pelo método padrão da estufa e método da densidade do solo.