

Determinação da umidade do solo pelo método  
das pesagens<sup>1</sup>

A. E. KLAR<sup>2</sup>

N. A. VILLA NOVA<sup>3</sup>

Z. Z. MARCOS<sup>4</sup>

A. CERVÉLLINI<sup>3</sup>

---

1 — Entregou para publicação em 19-7-66; 2 — Cadeira de Engenharia Rural da ESALQ; 3 — Cadeira de Física e Meteorologia da ESALQ; 4 — Cadeira de solos da ESALQ.

## RESUMO

A determinação da umidade em amostras de terras é importante para trabalhos de irrigação. A possibilidade de se fazer esta determinação no campo é de grande interesse quando alia um aceitável grau de precisão à facilidade e rapidez na determinação.

O método das pesagens, apresentado neste trabalho e desenvolvido independentemente do método anteriormente proposto por Papadakis, quer nos parecer que apresenta vantagens sobre o deste autor, que são discutidas em detalhes neste trabalho.

Uma comparação, entre o método que sugerimos e o processo clássico de determinação da umidade por secagem em estufa, é feita para 3 solos de natureza e textura diferentes. Os dados obtidos foram tratados estatisticamente. A análise estatística dos dados mostra que os resultados obtidos pelos dois métodos são semelhantes, com um índice de correlação de 0,99 entre os métodos, para cada um dos solos utilizados na comparação.

## 1. INTRODUÇÃO

Os resultados obtidos de grande número de trabalhos experimentais têm indicado que se pode conseguir aumento de produção através da irrigação, que forneça racionalmente água às culturas. Dessa forma são previstas colheitas maiores, porque a umidade do solo pode ser mantida dentro do intervalo de "água disponível" às plantas.

Além do alto custo da aplicação da água, os prejuízos, que podem ocorrer devido a aplicações inadequadas, é que nos obrigam a fazer com que a água proveniente dos cursos d'água, reservatórios, lagos ou poços, seja usada com técnicas recomendadas para situações e condições locais diversas que, via de regra, se nos apresentam.

Essas técnicas referem-se à quantidade de água a aplicar e ao momento e método de aplicação. A capacidade que tem o solo em armazenar água, a capacidade de infiltração e a quantidade de água existente no solo por ocasião da

irrigação, são os principais fatores na determinação da quantidade de água a ser aplicada. Os dois primeiros fatores são determinados uma só vez, pois permanecem praticamente inalterados. O teor de água no solo, porém, é variável e por isso deverá ser determinado periodicamente, através de amostragens, em número proporcional à área a irrigar.

É de grande importância na prática, que o técnico possa dispôr de um método, não somente rápido e simples para essa determinação, mas que apresente também resultados corretos. As determinações de campo são repetidas com certa frequência e nem sempre o interessado pode dispôr de equipamento caro.

O objetivo deste trabalho é apresentar um método para determinação da umidade atual do solo, manipulando amostras de terra segundo uma técnica especial para as pesagens, aliás muito simples, de rápida execução e que exige equipamento de baixo custo; os resultados obtidos são plenamente satisfatórios nas condições estudadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A literatura contém inúmeros trabalhos preconizando novos métodos ou modificando outros já divulgados. Os processos mais conhecidos, para a determinação da umidade do solo, incluem métodos gravimétricos, eletrométricos e tensiométricos, SHAW, (1959).

Com exceção do método gravimétrico padrão, o método de campo mais preciso e prático, segundo estudos comparativos feitos por KELLEY e HUNTER (1946) é o que utiliza o tensiômetro. Estes autores estudaram quatro métodos: o de blocos de absorção (gravimétrico), o de blocos de Bouyoucos (eletrométricos), o de unidades térmicas e o do tensiômetro. Tem-se verificado que dentro dos limites de 0 a 850 cm de tensão de água obtém-se os melhores resultados com o tensiômetro, MORETTI (1962), e que para tensões acima de uma atmosfera, quando não há grande quantidade de sais presentes, os blocos de Bouyoucos apresentam a vantagem de, uma vez instalados e calibrados, dispensarem amostragem, permitindo leituras a qualquer instante, que expressam a umidade atual do solo, diretamente, à profundidade desejada.

Além disso, estes métodos, sobretudo o tensiômetro, permitem conhecer o teor de umidade do solo e a tensão a que esta umidade está submetida. Implicam na instalação de instrumental algo oneroso e com limitação quanto ao intervalo à apreciação da tensão de umidade em que funcionam com eficiência.

Até certo ponto a precisão e a confiança dos dados obtidos por esses métodos, podem se equiparar com as de outros também rápidos, porém menos onerosos.

Devido a esse fato, vários autores têm proposto outros métodos, visando a eliminar o inconveniente do alto custo e suavizar a técnica toda especial exigida pelos métodos eletrométricos e tensiométricos, bem como, reduzir o tempo e trabalho absorvidos pelo método gravimétrico padrão, que utiliza secagem em estufa a 105-110°C, durante 18-24 horas (até peso constante).

Dentre os diversos métodos rápidos, BOUYOUCOS (1926, 1927, 1928) estudou largamente a utilização da higroscopicidade dos álcoois metílico e etílico para a determinação da umidade de amostras de terra. O método é, entretanto, inadequado para determinações de campo, embora apresente rapidez e confiança.

A eliminação da umidade de uma amostra de terra, utilizando o calor produzido pela queima do álcool, foi também apresentada por BOUYOUCOS (1937). O princípio do seu método é extrair a umidade da amostra de terra com álcool e depois evaporar a água pela queima do álcool. O calor produzido ajuda a secar completamente o solo. Não é recomendado para solos com alto teor de matéria orgânica (mais de 11%). Este método foi revisto e modificado por OGANESYAN (1958), que utilizando-se de um vasilhame comum de alumínio, conseguiu um aquecimento mais uniforme e uma determinação mais rápida.

PAPADAKIS (1941) propôs um método semelhante ao apresentado nesse trabalho, particularmente indicado para determinações rápidas no campo. Utilizou-se apenas de uma balança com capacidade para 200 g e precisão de 0,1 g, obtendo resultados praticamente idênticos, comparando seu método com a determinação gravimétrica padrão.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 — *Fundamentos do método*

O método apresentado neste trabalho difere do proposto por Papadakis no número de pesagens necessárias e no fator usado para cada solo. Além disso, o resultado obtido pelo processo de Papadakis corresponde ao peso do solo seco em estufa, enquanto que o método aqui proposto dá diretamente a porcentagem de umidade contida na amostra de terra úmida, e o faz com um menor número de operações.

Colocando em um balão de volume conhecido (Balão A Fig. 1), uma determinada quantidade de terra seca em estufa, e completando o volume, com água, teremos para o conjunto uma massa total  $M$ , que pode ser assim representada:

$$M = m + m_s + m_a$$

Onde

$$\begin{aligned} m &= \text{massa do balão} \\ m_s &= \text{massa do solo} \\ m_a &= \text{massa da água} \end{aligned}$$

Em outro balão de volume e massa idênticos (Balão B, Fig. 1) é introduzida uma massa de solo úmido, equivalente em massa à do solo seco em estufa colocado no balão A. O seu volume é completado com água. A massa total do conjunto  $M'$  pode ser expressa da seguinte maneira:

$$M' = m + m'_s + m'_a$$

Onde

$$\begin{aligned} m &= \text{massa do balão} \\ m'_s &= \text{massa do solo} \\ m'_a &= \text{massa da água} \end{aligned}$$

Deve-se notar que por terem sido tomados massas idênticas de solo seco em estufa e de solo úmido, prevalecerão as seguintes desigualdades:

$$m_s > m'_s \qquad m_a < m'_a$$

Da mesma forma:

$$V_s > V'_s \qquad e \qquad V_a < V'_a$$

Onde

$V_s$  = volume do solo no balão A

$V'_s$  = volume do solo no balão B

$V_a$  = volume da água no balão A e  $V'_a$  = volume da água no balão B

As massas totais dos balões A e B são diferentes, tendo maior peso o balão A, devido à diferença de densidade entre o solo e a água.

A diferença pode ser estabelecida subtraindo  $M'$  de  $M$ :

$$M - M' = (m + m_a + m_s) - (m + m'_a + m'_s)$$

Simplificando:

$$M - M' = (m_s - m'_s) + (m_a - m'_a) \quad (I)$$

Mas  $(m_s - m'_s)$  corresponde à umidade ( $u$ ) do solo do balão B:

$$u = m_s - m'_s \quad (II)$$

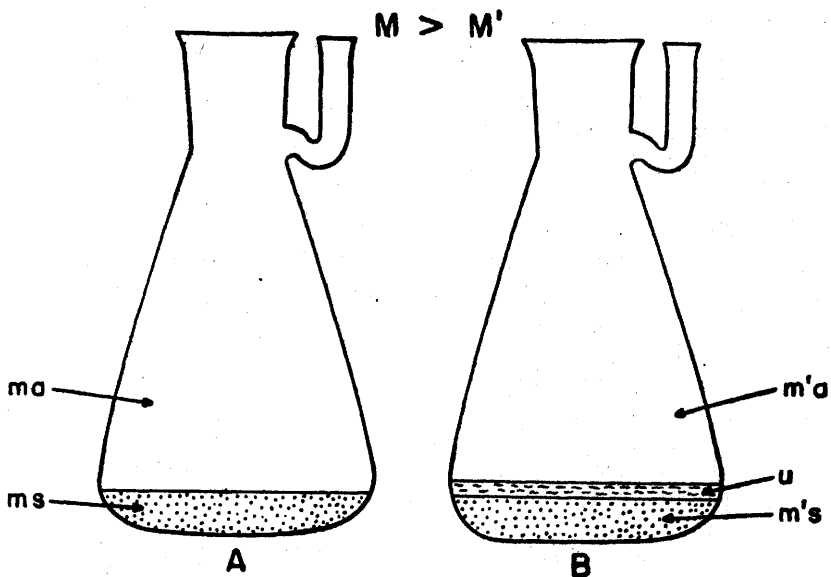


FIG. 1

FIG. 1 — Representação esquemática das relações de massas entre os balões A e B.

Substituindo o valor de  $u$  na equação I, fica:

$$M - M' = u + (m_a - m'a) \quad (\text{III})$$

Considerando-se que a densidade da água é praticamente igual a unidade, as massas de água podem ser expressas assim (sendo  $V_T$ , o volume total):

$$\begin{aligned} m_a &= V_T - V_s \\ m'a &= V_T - V's \end{aligned}$$

Ou também:

$$\begin{aligned} m_a &= V_T - \frac{m_s}{d_s} \\ m'a &= V_T - \frac{m's}{d_s} \end{aligned}$$

Substituindo estas duas últimas expressões em III, resulta:

$$M - M' = u + \left( V_T - \frac{m_s}{d_s} \right) - \left( V_T - \frac{m's}{d_s} \right)$$

Simplificando:

$$M - M' = u - \frac{1}{d_s} (m_s - m's)$$

ou também:

$$M - M' = u - \frac{1}{d_s} u = u - \frac{u}{d_s}$$

Esta expressão também pode ser apresentada de outra forma:

$$M - M' = \frac{u \cdot d_s - u}{d_s} = u \left( \frac{d_s - 1}{d_s} \right)$$

Como  $u$  é o valor a ser determinado, tem-se finalmente

$$u = (M - M') \frac{d_s}{d_s - 1}$$

A umidade da amostra contida no frasco B é, portanto, igual a diferença entre as massas totais dos frascos A e B

multiplicada por  $\frac{ds}{ds - 1}$ . Como a densidade real do solo

é pouco variável e geralmente considerada como igual a 2,65 ou então podendo ser determinada uma só vez para cada solo, esta expressão  $ds/ds-1$  é considerada como um fator. Também o valor M pode ser determinado uma só vez, constituindo um padrão para cada tipo de solo. Naturalmente, o mesmo frasco usado para obter-se o valor padrão deverá ser usado para as determinações da umidade.

### 3.2 — Desenvolvimento do Método

Para a determinação da umidade atual de uma amostra de terra no campo, utiliza-se de um frasco especial com capacidade aproximada de 500 ml (Fig. 2), e de uma balança capaz de pesar até um quilo, com uma precisão de 0,1 grama.

#### 3.2.1 — *Obtenção do valor padrão*

1. No frasco especial, colocar aproximadamente 250 ml de água.
2. Adicionar 100 gramas de terra seca em estufa e agitar durante alguns momentos para eliminar o ar retido pela amostra de terra.
3. Completar o volume com água até o traço de referência marcado no tubo lateral.
4. Pesar o conjunto. Este pêso *M* é o valor padrão obtido (uma só vez) para cada tipo de solo.

#### 3.2.2 — *Determinação da umidade atual de uma amostra de terra.*

1. No mesmo frasco especial (Fig. 2), colocar aproximadamente 250 ml de água.
2. Colocar 100 gramas de terra cuja umidade se deseja conhecer.
3. Agitar durante alguns momentos para eliminar o ar.



4. Completar o volume com água até o traço de referência marcado no tubo lateral.

5. Pesar o conjunto (pêso  $M'$ ).

6. Êste pêso  $M'$  subtraído do pêso padrão  $M$  e o resultado multiplicado pelo fator  $ds/ds-1$ , dá a umidade em porcentagem ( $u\%$ ) de terra úmida.

Para expressar o resultado em porcentagem de terra seca em estufa ( $a\%$ ) basta aplicar a expressão seguinte:

$$a \% = \frac{100 \times u\%}{100 - u\%}$$

Deve ser observado que o valor padrão só poderá ser usado para o mesmo solo em que foi determinado.

Na obtenção do padrão, bem como nas determinações posteriores, deve-se tomar cuidado ao completar o volume do frasco com água para que as partículas suspensas não passem para o tubo lateral.

### 3.3 — Verificação Experimental

A eficiência do método foi verificada por meio de um experimento, em que a umidade de amostras de terra de três solos distintos e característicos, determinada pelo método clássico de secagem em estufa a 105-110°C, foi comparada com os resultados obtidos pelo método apresentado neste trabalho.

#### 3.3.1 — Material e Método

Os solos utilizados, coletados no Município de Piracicaba, foram classificados por RANZANI et al (1966) como:

1. *Hidromórfico* — Série Monte Olimpo (barro argiloso), cuja densidade real é 2,44.
2. *Régosol* — Série Sertãozinho (barro arenoso), cuja densidade real é 2,60.
3. *Latosol* — Série "Luiz de Queiroz" (argila), cuja densidade real é 2,59.

As amostras tomadas da profundidade entre 10 e 20 cm, para cada solo, foram preparadas como terra fina em peneira de 2mm, umidecidas acima da capacidade de campo e deixa-

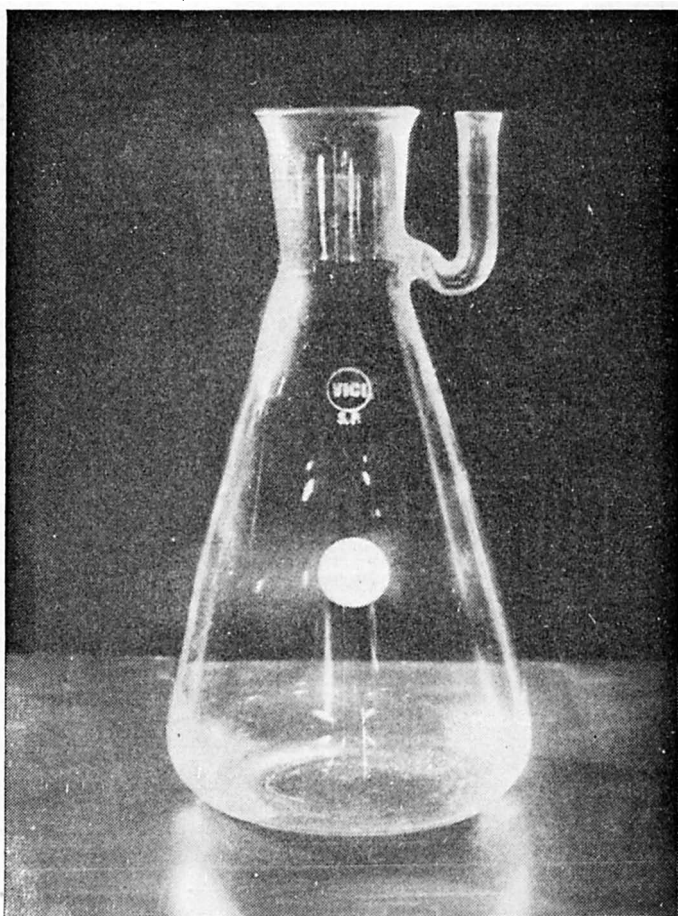


FIG. 2 — Frasco Especial com capacidade aproximada de 500 ml.

das em repouso até atingir equilíbrio de umidade na massa de terra. Depois de homogeneizadas, subamostras foram tomadas para as determinações.

### 3.3.2 — Resultados

Para cada solo foi providenciada uma série de determinações, sendo que cada uma delas, tanto pelo método proposto, como pelo método gravimétrico padrão, comportou 3 repetições. Os dados do quadro n.º 1 representam a umidade média destas repetições, em porcentagem de terra seca em estufa.

#### QUADRO 1

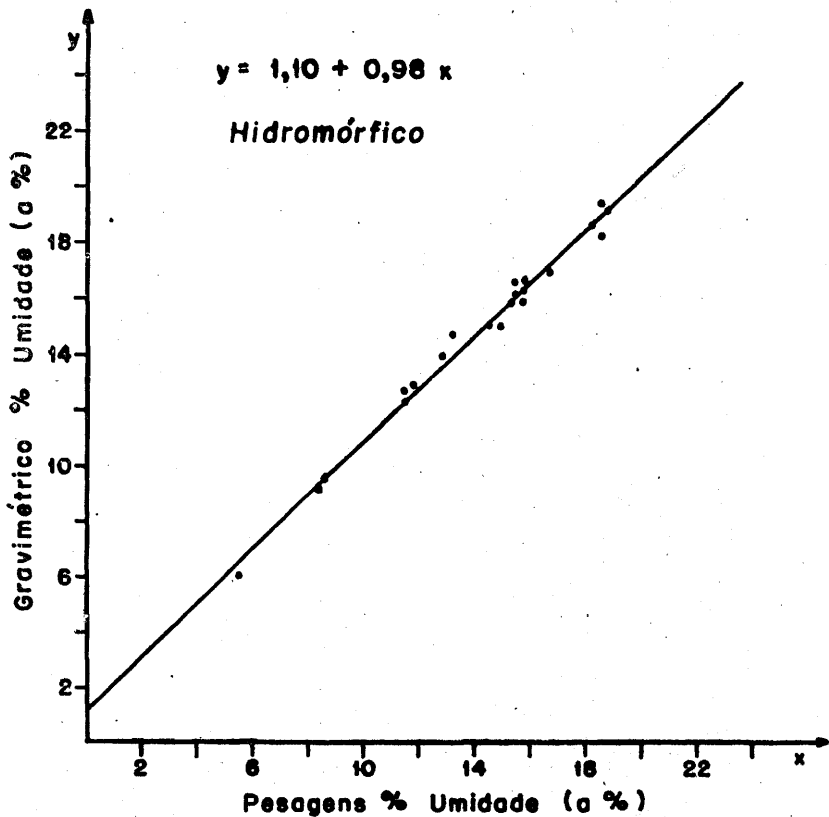
Umidade em % de terra seca para três solos obtidas por dois métodos de determinação.

Hidromórfico Monte Olimpo		Regosol Sertãozinho		Latosol Luiz de Queiroz	
Pesagem	Estufa	Pesagem	Estufa	Pesagem	Estufa
5,53	6,08	3,37	2,78	8,18	8,87
8,43	9,14	6,60	6,11	8,50	9,46
8,63	9,66	7,16	7,77	11,85	11,44
11,50	12,85	8,49	8,50	11,89	12,87
11,50	12,41	8,87	8,80	12,53	12,88
11,70	13,04	9,26	8,74	13,03	13,30
12,77	13,97	9,26	9,05	15,45	15,00
13,20	14,75	11,23	11,44	15,32	16,30
14,52	15,20	11,44	11,40	16,10	15,86
14,74	15,24	12,05	12,81	16,80	17,19
15,28	16,12	13,09	13,55	17,35	17,19
15,41	16,40	13,50	13,29	17,52	17,42
15,41	16,69	14,78	14,24	18,92	19,47
15,63	16,62	15,00	16,03	19,37	19,01
15,63	16,81	15,42	14,98	20,90	20,64
15,63	16,12	16,08	15,02	20,68	21,12
15,86	16,62	16,75	17,14	22,13	22,74
16,54	17,19	16,97	16,80	23,63	24,24
17,00	18,14	18,09	18,61	—	—
18,41	18,54	18,32	18,90	—	—
18,41	19,66	—	—	—	—
18,65	19,15	—	—	—	—

A ANÁLISE QUE CONSTA DO QUADRO N.º 2, MOSTROU A TENDÊNCIA DE LINEARIDADE DOS DADOS

**QUADRO 2**  
Análise da variância para os três solos estudados

M O N T E   O L I M P O				
Causa de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	
R. Linear	1	238,1137	238,1137	1.784,96++
Resíduo	20	2,6693	0,1334	
Total	21	240,783		



**FIG. 3**

FIG. 3 — Umidade de amostras de terra de um solo hidromórfico, determinada pelo método proposto contra o método gravimétrico padrão.

S E R T Á O Z I N H O

R. Linear	1	357,7744	357,7744	1.219,82++
Residuo	18	5,2804	0,2933	
Total	19	363,0548		

L U I Z D E Q U E I R O Z

R. Linear	1	324,2605	324,2605	1.360,15++
Residuo	16	3,8145	0,2384	
Total	17	328,0750		

As figuras 3, 4 e 5 mostram a concordância entre os resultados obtidos pelo método proposto e pelo método gravimétrico padrão, para cada um dos três solos estudados.

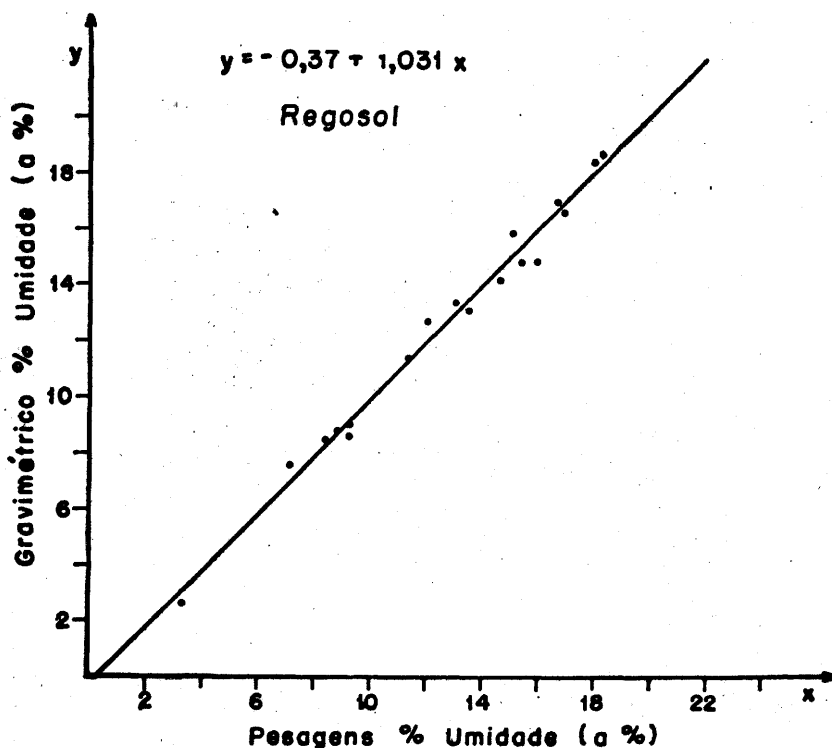


FIG. 4

FIG. 4 — Umidade de amostras de terra de um solo Regosol determinada pelo método proposto contra o método gravimétrico padrão.

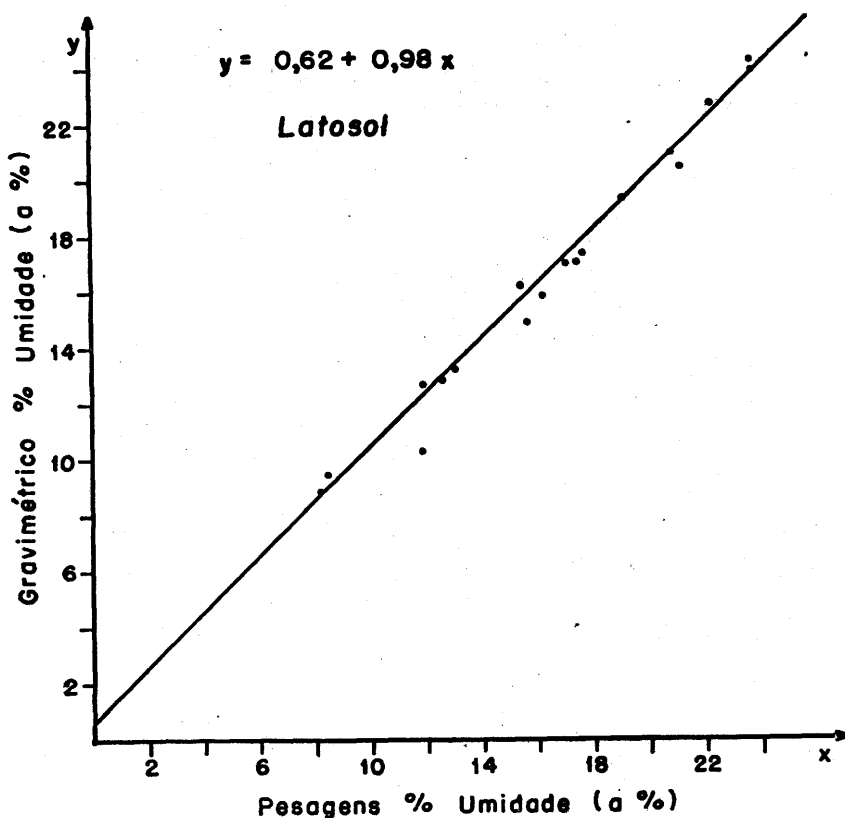


FIG. 5 — Umidade de amostras de terra de um solo Latosol determinada pelo método proposto contra o método gravimétrico padrão.

#### 4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados mostram que o método, aqui proposto, pode ser usado para a determinação da umidade atual em amostras de terra, com vantagem sobre o gravimétrico padrão de secagem em estufa. É um método que alia à sua rapidêz, a possibilidade de permitir a determinação no campo, visto que, utiliza apenas um frasco e uma pequena balança.

O coeficiente de correlação entre os dois métodos foi de 0,99 para os três solos estudados. Este alto índice indica que os resultados obtidos, são estatisticamente equivalentes.

Embora a análise estatística mostre não haver diferença significativa entre os dois métodos, a observação dos valores médios apresentados no Quadro n.º 1 revela alguma constância nas pequenas diferenças que ocorrem entre os dois métodos. Assim, para as amostras do solo Hidromórfico, os resultados foram consistentemente inferiores para a determinação pelo método proposto. Esta constância pode ser explicada pelo alto teor de matéria orgânica do solo Hidromórfico, que retém certa quantidade de ar quando a amostra é colocada no frasco contendo água e que não se desprende por simples agitação. Para os outros dois solos, nota-se que ora um dos métodos apresenta valores mais altos para a umidade, ora outro. A falta de consistência não fornece elementos para interpretar as diferenças encontradas.

Embora os resultados apresentados no Quadro 1 não o mostrem, por serem médias de três repetições, estas para o método proposto foram sempre praticamente iguais, enquanto que as repetições utilizando o método gravimétrico padrão apresentaram consistente variação para um mesmo teor de umidade.

#### SUMMARY

*Soil moisture determinations are of considerable importance to estimate the need for irrigation and to determine the amount of water to apply. There is a constant demand for a method to determine soil moisture content for irrigation purposes that is at one time reliable, rapid and inexpensive.*

*The multiple-weighing method presented in this work was developed independently from the method proposed years ago by PAPADAKIS. It offers a few advantages over the method of PAPADAKIS which are discussed in detail.*

*A comparison was made between the multiple-weighing method and the usual oven-drying method, for the determination of soil moisture of different soils.*

*The data was statistically analysed. No significant difference was found between methods. A correlation coefficient of 0,99 was found between the two methods for each of the three soils.*

**BIBLIOGRAFIA CITADA**

- 1) BOUYOUCOS, G. J. — 1926 — Rapid Determination of the Moisture Content of Soils — Soil Science vol. 24, pp. 651-652.
- 2) ————— 1927 — Rapid Determination of Soil Moisture by Alcohol-Soil Science, vol. 25, pp. 375-376.
- 3) ————— 1928 — Determining Soil Moisture Rapidly and Accurately by Methyl Alcohol — J. Amer. Soc. Agron. vol. 20: 82-83, January.
- 4) ————— 1937 — Evaporating Water with Burning Alcohol as a Rapid Means of Determining Moisture Content of Soils — Soil Science, vol. 44, pp. 377-383.
- 5) KELLEY, O. J. e HUNTER, A. S. — 1946 — A comparison of Methods of Measuring Soil Moisture under Field Conditions — Jour. Am. Soc. Agron., vol. 38: 758-784.
- 6) MORETTI, J. FILHO — 1962 — O Tensiómetro no Contrôlo da Água de Irrigação. Bol. Técnico-Científico da E.S.A. "Luiz de Queiroz" N.º 9, Out.
- 7) OGANESYAN, A. P. — 1958 — A Simple Field Method for Determining Soil Moisture-Soviet Soil Science, n.º 4 April.
- 8) PAPADAKIS, J. S. — 1941 — A Rapid Method for Determining Soils Moisture Soil Science, vol. 51: 279-281.
- 9) PIMENTEL GOMES, F. — 1960 — Curso de Estatística Experimental — E.S.A. "Luiz de Queiroz", — Piracicaba.
- 10) RANZANI, G., O. FREIRE e T. KINJO — 1966 — Carta de Solos do Município de Piracicaba — Centro de Estudo de Solos. E.S.A. "Luiz de Queiroz" — Piracicaba — São Paulo.
- 11) SHAW, W. D. e ARBLE, W. C. — 1959 — Bibliography on Methods for Determining Soil Moisture. — Eng. Research Bull. B-78, College of Eng. And Architecture, PENN State Univ. 629 ref.