



Determinação da umidade de diferentes solos do Pantanal Matogrossense via micro-ondas e método padrão

Determination of different humidity soils in Pantanal Matogrossense by way of microwave and standard method

Cassiano Cremon¹, Loana Longo¹, Nilbe Carla Mapeli¹, Lourdes Amaral Mendes Silva¹, Wininton Mendes da Silva²

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Instituto de Ciências Naturais e Agrônômicas, Departamento de Agronomia, Av. São João, s/n – Cavalhada 2, CEP 78200-000, Cáceres, MT. E-mail: cassiano.cremon@unemat.br

² Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Cuiabá, MT

Recebido em: 03/04/2012

Aceito em: 13/02/2014

Resumo. O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo necessário para obtenção da umidade de diferentes solos via micro-ondas, comparado com metodologia padrão. Usou-se quatro solos da região de Cáceres, Mato Grosso, sendo Latossolo Vermelho (LVAdt), Latossolo Amarelo (LAVcdt), Nitossolo Vermelho (NVdt), Argissolo Vermelho Amarelo (PVAdc), coletados na camada de 0-0,2m e para cada solo foi empregado dois métodos de determinação da umidade, via Estufa e Micro-ondas e duas variáveis Terra fina seca ao ar (TFSA) e saturado. Foram utilizadas amostras de 20, 40 e 60 g, distribuídas segundo um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Os resultados por meio de teste Tukey, nos dois métodos testado, não diferiram entre si, para a massa de 60 g, já quando se utilizou 20 e 40 g houve diferença a ($p < 0,01$) nas amostras para TFSA. Já o método com solo Saturado não apresentou diferença para a massa de 40 g e para 20 e 60 g houve diferença a ($p < 0,01$). Assim sendo, conclui-se que entre os métodos testados, o micro-ondas pode ser uma alternativa ao método padrão para alguns solos e 12 minutos é o tempo suficiente para se obter a determinação de solo seco.

Palavras-chave: Latossolos, estufa, teor de água no solo

Abstract. The aim of this study was to determine the time required to obtain the moisture of different soils with microwave, compared with standard methodology. It used four soils in the Cáceres region, Mato Grosso, and red Oxisol (LVAdt), yellow Oxisol (LAVcdt), Ultisol (NVdt) and Alfisol (PVAdc) collected at the 0-0.2 m layer and each soil was used two methods to determine the moisture, microwave and greenhouse and two variables Earth air dried (TFSA) and saturated. Samples of 20, 40 and 60 g, distributed according to a randomized design with five replications. The results using the Tukey test in the two tested methods did not differ for the mass of 60 g, as when using 20 or 40 g a significant difference ($p < 0.01$) in samples for TFSA. Since the method with saturated soil showed no difference to the mass of 40 g and 60 g for 20 and there was a difference ($p < 0.01$). Therefore, it is concluded that among tested methods, the microwave can be an alternative to the standard method for some soils and 12 minutes is enough to obtain a determination of dry soil time.

Keywords: Oxisols, kiln, the water content of the soil

Introdução

O solo e principalmente a água são extremamente importantes para a produção agrícola e o seu manejo racional é determinante para o desenvolvimento das plantas. O conhecimento da distribuição do teor de água (umidade) no solo torna-se cada vez mais necessário, uma vez que está intimamente ligado às propriedades do sistema solo-água-planta. O manejo do recurso água deve ser feito no sentido de torná-lo disponível para as plantas de forma adequada, buscando o rendimento

ótimo da cultura, do ponto de vista econômico (Trintinalha et al., 2004).

A umidade do solo, embora seja um conceito físico simples, apresenta dificuldades na sua determinação, de forma a se obter um valor representativo devido à inerente variabilidade espacial e temporal das características físicas do solo (Trintinalha et al., 2004).

Diversos são os métodos para determinação da umidade do solo, porém o método padrão ou convencional de avaliação é o da estufa. Para tal



determinação é necessário que as amostras de solo permaneçam em estufa por um período de 12 a 72 horas à temperatura de 105°C, sendo o resultado é preciso, não havendo a necessidade de calibração segundo Embrapa (1997). Porém, o tempo gasto para sua execução é considerado muito longo. O uso da estufa além de proporcionar perda de energia gera também um gasto excessivo de tempo até que se obtenha a amostra pronta para leitura dos dados.

Um novo método mais rápido e confiável para determinação do teor de umidade em amostras de solo pode representar economia de tempo e energia, comparado aos métodos usualmente empregados para esses propósitos. Alternativas ao emprego da estufa têm sido propostas sendo o micro-ondas, um aparelho que poderia determinar de maneira simples e rápida a umidade e pode e permitir sua execução na própria fazenda (Souza et al., 2002).

O uso de mico-ondas para avaliação da umidade do solo é uma técnica inovadora e que pode aumentar a eficiência de amostragem com igual precisão ao dos métodos convencionais. Miller & Smith (1974) propuseram o uso do forno de micro-ondas comercial, que pode diminuir sobremaneira o tempo de secagem. Este tempo será uma função do número de amostras, do tamanho e potência do forno, do teor de umidade inicial, da massa da amostra e do tipo de solo.

A secagem do solo no forno de micro-ondas ocorre por meio do emprego da radiação eletromagnética que se baseia no fato das moléculas de água serem dipolos elétricos naturais, os quais sofrem rotação quando expostos a um campo eletromagnético (Tavares et al., 2008). Segundo Aguilar (2001) o atrito molecular resultante gera calor instantâneo e de modo uniforme na amostra de solo, reduzindo sua umidade.

A utilização do micro-ondas na determinação da umidade do solo, torna-se viável e prática, pelo fato de proporcionar maior rapidez na execução das análises, com menor custo e consumo de energia, tornando-se mais acessível, tanto para laboratórios como para

propriedades. Uma das etapas importantes na utilização desse método é a calibração que possibilita verificar a reprodutibilidade de aquecimento do forno e também conhecer o valor da temperatura e de potencial de trabalho (em geral a potência nominal máxima fornecida pelos fabricantes de fornos domésticos é de 1000 W).

Este trabalho teve como objetivo determinar o tempo necessário para obtenção da umidade de diferentes solos via micro-ondas, comparando com metodologia padrão de avaliação e possíveis variações na obtenção da umidade de solos com diferentes texturas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Bioma Pantanal no município de Cáceres, MT, em um clima predominantemente tropical classificado segundo Koppen como (Aw).

Foram coletadas amostras deformadas da camada de 0-0,2 m, de quatro classes de solos da região, sendo: Latossolo Amarelo Coeso Distrófico Típico (LAVcdt), Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (NVdt), Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Chernossólico (PVAdc) e Latossolo Vermelho Amarelo Distroférico Típico (LVAdt), segundo Embrapa (2006). Para caracterização físico-química, as amostras foram analisadas segundo metodologia da Embrapa (1997) demonstradas nas Tabelas 1 e 2.

As amostras de solo coletadas e homogêneas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Solos da Universidade do Estado de Mato Grosso para análise. O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos num esquema fatorial 2x2x3, sendo dois métodos (estufa e micro-ondas), dois tipos de amostras (TFSA e saturada) e três massas distintas de solo (20, 40 e 60g) com cinco repetições.

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados na determinação da umidade gravimétrica via micro-ondas. Cáceres, MT, 2010.

Classes de Solos	Química									
	pH H ₂ O	pH CaCl	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	Al	H	CTC	MO g dm ⁻³
LVAdt	5,90	4,90	1,90	0,43	0,90	0,75	0,0	1,63	3,70	10,00
LAVcdt	6,00	5,20	9,00	0,07	2,67	0,68	0,0	2,13	5,60	16,00
NVdt	6,40	5,60	1,90	0,20	8,68	1,76	0,0	3,13	13,80	28,00
PVAdc	6,20	----	3,90	0,21	10,70	2,90	0,0	5,90	19,70	65,00



Tabela 2. Caracterização física dos solos utilizados na determinação da umidade gravimétrica via micro-ondas. Cáceres, MT, 2010

Classes de solos	Granulometria (g kg ⁻¹)		
	Areia	Silte	Argila
LVAdt	723	96	181
LAVcdt	754	80	166
NVdt	680	80	240
PVAdc	276	120	604

O processo de secagem pelo método padrão, em estufa a 105°C por 48 horas, foi segundo Embrapa (1997), e o método alternativo, em microondas, em tempos de 2 em 2 minutos até a estabilização das amostras como descrito por Tavares et al. (2008).

As determinações em microondas foram efetuadas com nível de potência alta, com as amostras de solo acondicionadas em cadinho de porcelana segundo Tavares et al. (2008). A cada 120 segundos (2 em 2 min.), as amostras foram retiradas e colocadas em dessecador, para estabilização da temperatura dos cadinhos e, posteriormente, pesadas em balança analítica.

O aparelho de microondas utilizado para realização do experimento é o modelo comercial da Electrolux modelo MEF 41, tensão 127 v frequência 60 Hz, corrente 13,5 A, potência 1000 W e a frequência de uso é de 2450. Optou-se por usar um modelo convencional e de baixo custo para facilitar o acesso aos demais laboratórios e propriedades agrícolas.

A metodologia utilizada para calibração foi a de Souza et al. (2002), na qual usa-se um becker de

polipropileno com 1000ml de água na temperatura de (23 ± 2°C) e coloca-se no microondas na potência desejada por dois minutos, em seguida agita-se a água e mede-se a temperatura final. Com a temperatura inicial e final submete-se a equação P=35 (Tf-Ti) sendo Tf= temperatura final e Ti= temperatura inicial, definindo-se assim a temperatura real de trabalho.

Os valores de umidade nos dois métodos (TFSA e saturado) e com diferentes massas, foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias e, quando atendidas às pressuposições, submetidos à análise de variância e regressão, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussão

No procedimento de terra fina seca ao ar para as amostras com 20, 40 e 60g observaram-se diferenças significativas entre os métodos padrão e alternativo, tratamentos (diferentes tipos de solos) e para a interação tratamento x métodos segundo o teste F (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância de diferentes tipos de solos da região Sudoeste de MT, sob condições de TFSA submetido a dois métodos de determinação da umidade do solo (estufa e micro-ondas) Cáceres, MT. 2010.

Amostra 20g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,000	626,728	0,000**
Método	0,000	411,387	0,000**
Interação Trat.x Met.	0,001	1093,510	0,000**
Amostra 40g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,000	54,489	0,000**
Método	0,002	289,546	0,000**
Interação Trat.x Met.	0,000	44,547	0,000**
Amostra 60g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,001	23,783	0,000**
Método	0,001	17,646	0,000**
Interação Trat.x Met.	0,000	7,704	0,001**

Para as amostras com 20g ao se analisar a interação tratamento x métodos, observou-se que as

umidades foram diferentes em cada um dos tipos de solos, sendo que as médias diferiram estatisticamente



(Tabela 2). Isso implica em dizer que as texturas influenciaram de maneira significativa na adsorção e/ou manutenção da água no solo após os procedimentos de extração de umidade. Este fato pode ser explicado pelo micro-ondas agir de forma mais eficiente em solos com maior teor de argila, pois as partículas de argila retêm em suas propriedades a água disponível para a cultura (Tavares et.al., 2008). Com relação aos métodos

observou-se que existem diferenças significativas para cada um dos solos estudados entre os valores de umidade determinados pelos métodos do micro-ondas e método da estufa. Pode-se observar que os valores foram diferentes estatisticamente entre os métodos estudados o que torna para amostras de 20g o método do micro-ondas não eficiente e/ou sugerido como padrão na realização da análise de umidade.

Tabela 2. Análise de variância e significância da umidade dos solos estudados segundo teste tukey ($p < 0,01$) para amostras terra fina seca ao ar.

Amostra 20g	Umidade*	Método
LVAdt	0,001d	**
PVAdc	0,002c	**
LAVcdt	0,006b	**
NVdt	0,015a	**
Amostra 40g	Umidade	Método
LVAdt	0,006c	**
PVAdc	0,013b	**
LAVcdt	0,020a	**
NVdt	0,012b	**
Amostra 60g	Umidade	Método
LVAdt	0,004b	ns
PVAdc	0,010b	**
LAVcdt	0,026a	ns
NVdt	0,011b	**

* Médias seguidas de letras iguais indicam diferença não significativa pelo teste de tukey ($p < 0,05$)

Para as amostras com 40g ao se analisar a interação tratamento x métodos, observou-se que as umidades foram diferentes entre os tipos de solo, sendo que as médias diferiram estatisticamente (Tabela 2). As amostras de solos Argissolo Vermelho Amarelo e Nitossolo Vermelho são iguais estatisticamente isso se deve ao fato de serem os solos com maior teor de argila em relação aos outros aqui também estudados, e com isso as características de perda da umidade seriam iguais. Tavares et al. (2008) observaram que solos com altos teores de argila respondem de maneira diferenciada no micro-ondas, pois se trata de umidade aderida aos colóides do solo. Com relação aos métodos observou-se que existem diferenças significativas para cada um dos solos estudados, entre os valores de umidade, determinados pelos métodos do micro-ondas e da estufa. Pode-se observar que os valores diferiram estatisticamente entre os métodos estudados tornando para essas amostras de 40g o método alternativo também não recomendado para análise de umidade.

Já para as amostras com 60g ao se analisar a interação tratamento x métodos, observou-se que as umidades foram diferentes entre os tipos de solo,

verifica-se que as médias diferiram estatisticamente conforme Tabela 2. Observa-se que o Latossolo Vermelho Amarelo diferiu estatisticamente dos demais solos com relação à umidade. Isso pode estar relacionado com o teor de ferro existente na maioria dos Latossolos que na presença das ondas causa uma dispersão da água e agitação das moléculas. Tavares et al. (2008) observaram que em análise de solo com elevado teor de ferro, a energia das micro-ondas estabelecem diferentes gradientes térmicos dentro do sistema a ser aquecido pela radiação, partindo do pressuposto que o solo em discussão apresentou-se estatisticamente diferente dos outros.

No desdobramento da interação observou-se que existem diferenças significativas para o Argissolo Vermelho Amarelo e para o Nitossolo Vermelho ($p < 0,01$). Já o Latossolo Vermelho Amarelo e o Latossolo Amarelo não apresentaram diferenças significativas entre os métodos (Tabela 2), sendo assim pode-se recomendar o método do micro-ondas para os solos em questão desde que submetido a uma amostra de 60g.

No procedimento de solo saturado para as amostras com 20, 40 e 60g observaram-se diferenças significativas entre os métodos padrão e alternativo, tratamentos (diferentes tipos de solos) e para a interação tratamento x métodos segundo o teste F (Tabela 3).

Para as amostras de solo saturado com 20g, ao se analisar a interação tratamento x métodos, observou-se que as umidades não apresentaram diferenças em

cada um dos tipos de solos, sendo que as médias não diferiram estatisticamente (Tabela 4). Já com relação aos tratamentos observou-se que não houve diferenças significativas para cada um dos solos estudados entre os valores de umidade determinados pelo método do micro-ondas e método da estufa. Assim sendo para o peso de 20g o micro-ondas não é recomendado como padrão nos procedimentos de análise.

Tabela 3. Análise de variância de diferentes tipos de solos da região Sudoeste de MT, sob condições de solo saturado submetido a dois métodos de determinação da umidade do solo (estufa e micro-ondas) Cáceres, MT. 2010.

Amostra 20g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,001	1,740	0,179 ^{ns}
Método	0,040	125,09	0,000 ^{**}
Interação Trat.x Met.	0,000	1,157	0,341 ^{ns}
Amostra 40g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,001	4,396	0,011 ^{**}
Método	0,000	1,011	0,322 ^{ns}
Interação Trat.x Met.	0,001	6,404	0,002 ^{**}
Amostra 60g	QMR	Fc	Sig.
Tratamento	0,002	9,492	0,000 ^{**}
Método	0,021	105,024	0,000 ^{**}
Interação Trat.x Met..	0,002	12,137	0,000 ^{**}

Tabela 4. Análise de variância e significância da umidade dos solos estudados segundo o teste tukey ($p < 0,01$) para amostras de solo saturado.

Amostra 20g	Umidade	Método
LVAdt	0,114a	**
PVAdc	0,122a	**
LAVcdt	0,127a	**
NVdt	0,131a	**
Amostra 40g	Umidade	Método
LVAdt	0,133b	ns
PVAdc	0,136b	ns
LAVcdt	0,143ab	ns
NVdt	0,150a	**
Amostra 60g	Umidade	Método
LVAdt	0,163b	**
PVAdc	0,176b	**
LAVcdt	0,178b	**
NVdt	0,197a	**

* Médias seguidas de letras iguais indicam diferença não significativa pelo teste de tukey ($p < 0,05$)

Ao analisar a interação tratamento x métodos nas amostras com 40g, observou-se que as umidades foram diferentes entre os tipos de solo, sendo que as médias diferiram estatisticamente (Tabela 4). As amostras de Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo são iguais estatisticamente. Ao analisar os

diferentes métodos, observou-se que não existem diferenças significativas para cada um dos solos estudados, entre os valores de umidade, determinados pelos métodos do micro-ondas e método da estufa. Pode-se observar que os valores são iguais estatisticamente entre os métodos estudados, para essas

amostras de 40g o método do micro-ondas torna-se viável para determinação de umidade do solo.

Já para as amostras com 60g ao se analisar a interação tratamento x métodos, observou-se que as umidades foram diferentes entre os tipos de solo, sendo que as médias diferiram estatisticamente conforme Tabela 4. Observa-se que o Nitossolo Vermelho diferiu estatisticamente dos demais solos com relação à umidade. Este fator pode estar relacionado ao fato deste

solo ser o mais argiloso dos quatro solos analisados, em função disso, sua perda de umidade será maior que os outros solos.

O tempo de secagem para cada solo, em cada método, foi comparado para os tratamentos que não apresentaram diferenças significativas entre os métodos. Na Figura 1 e 2 estão apresentados os tempos de secagem dos solos, com massa inicial de 60g no método da Terra Fina Seca ao Ar.

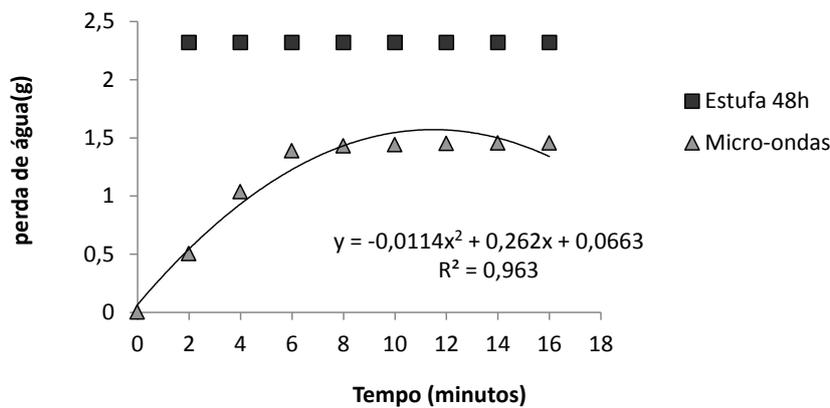


Figura 1. Umidade média em função do tempo de secagem do Latossolo vermelho Amarelo Distroférrico Típico (TFSA 60g) na estufa e no micro-ondas.

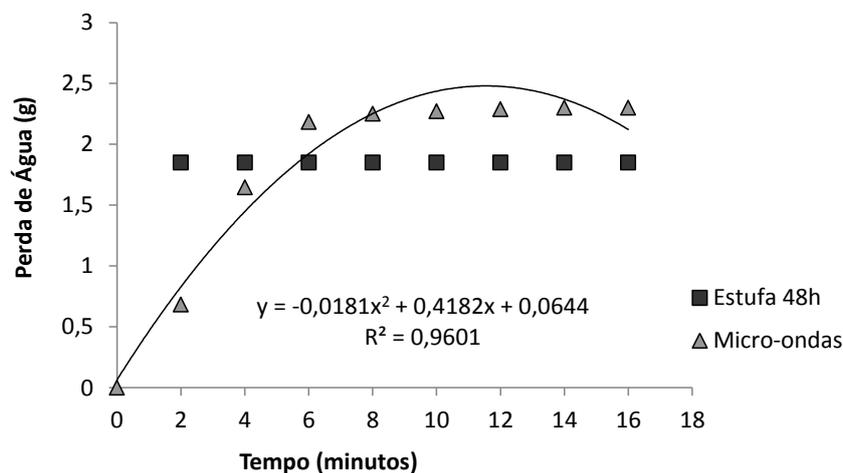


Figura 2. Umidade média em função do tempo de secagem do Latossolo Amarelo Coeso Distrófico Típico (TFSA 60g) na estufa e no micro-ondas.

Apesar das distâncias entre os pontos do gráfico de perda de umidade em razão do tempo no micro-ondas e na estufa, estas são estatisticamente iguais não

havendo diferença na retirada da umidade contida em cada amostra.

Para as análises com solos saturados ocorreram melhores respostas tanto para o método alternativo quanto para o método padrão. Nos solos com 20 e 60 g houve diferença estatística para todos os solos estudados já para o peso 40 g não houve diferenças

entre Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo.

Nas Figuras 1, 3 e 4 pode ser observado como o método alternativo apresentou maior eficiência na perda de água do que o método padrão em alguns solos, possivelmente por se tratarem de solos com maiores teores de argila.

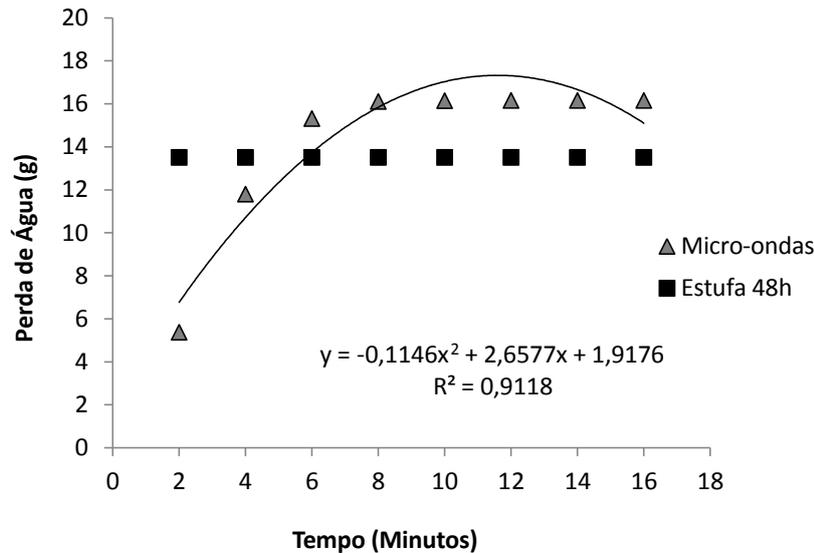


Figura 3. Umidade média em função do tempo de secagem do Latossolo Amarelo Coeso Distrófico Típico (Saturado 40g) na estufa e no micro-ondas.

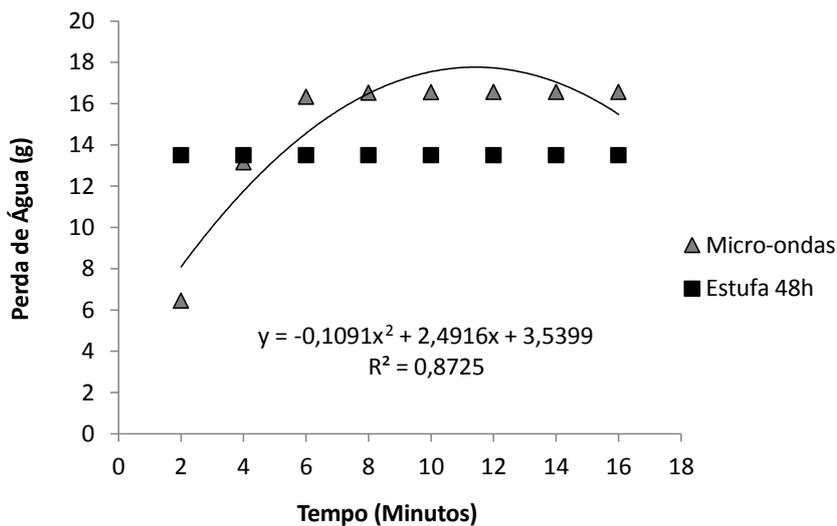


Figura 4. Umidade média em função do tempo de secagem do Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Chernossólico (saturado 40g) na estufa e no micro-ondas.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Tavares et. al., (2008) que em análise de solos mais argilosos, observaram que as constantes aditivas nas equações de regressão, as quais se

mostraram mais elevadas para solos mais argilosos, indicam que o processo tem maiores efeitos sobre esses, em relação aos solos arenosos.

A figura 5 demonstra que a perda de água do método padrão foi semelhante ao do método alternativo, sendo que com o método alternativo o tempo é bem

inferior. A partir destes resultados é possível afirmar que o método do micro-ondas pode ser uma alternativa em procedimentos de rápida resposta. Segundo Souza et al., (2002), o procedimento proposto apresenta-se como uma alternativa ao método convencional de secagem (método padrão de estufa).

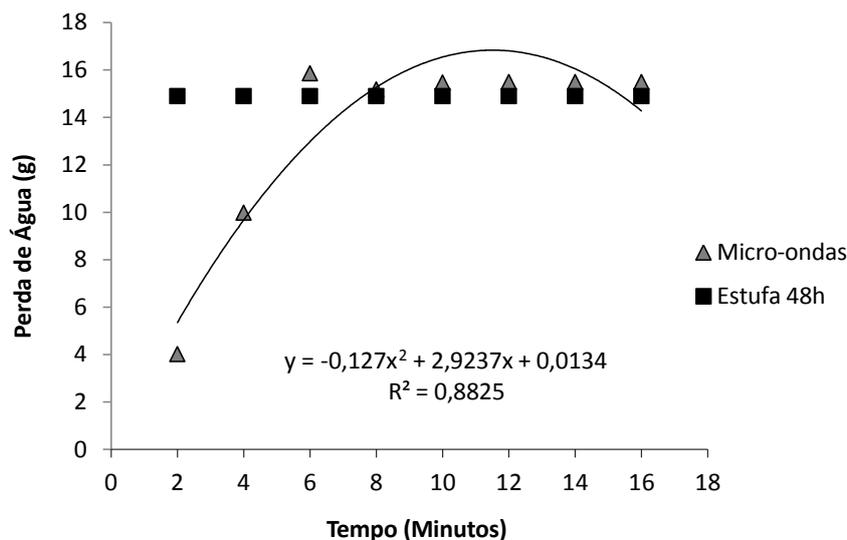


Figura 5. Umidade média em função do tempo de secagem do Latossolo Vermelho Amarelo Distroférrico Típico (Saturado 40g) na estufa e no micro-ondas.

Conclusões

O tempo de estabilização da umidade do solo para o micro-ondas foi a partir de 12 minutos para ambos os pesos e texturas dos solos contra 48h da estufa. O processo de secagem pelo método alternativo apresentou maior perda de água para solos argilosos do que o método padrão. O peso de 40 g de solo apresentou melhor efeito no processo de secagem pelo método alternativo.

Referências

AGUILAR, J. A. G. Procesamiento de materiales por medio de micro-ondas em la FIME. **Ingenierías**, Nuevo León, v. 4, n. 13, p. 32-39, 2001.

ELETROLUX. Micro-ondas: manual do consumidor. Curitiba PR: Eletrolux – Depto. de Relações com o Consumidor; Mar, 2008, 36p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento

e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

MILLER, R. J.; SMITH, R. B.; BIGGAR, J.W. Soil water content: microwave oven method. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, v. 38, n. 3, p. 535-537, 1974.

SOUZA, C. C.. Avaliação de métodos de água disponível em diferentes solos na cultura do algodoeiro herbáceo. Areia-PB: CCA/UFPB, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n. 2, p.125-130, 1999.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de**



Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, p. 63-68, 2002.

SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; RASSINI, J.B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico. EMBRAPA: Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. 2002. 9p.

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO D. L.; GENTELINI D. P.; GABRIEL FILHO A.; KONOPATSKI E. A.; Uso do forno de micro-ondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n.3, p. 529-538, 2008.

TRINTINALHA, M. A.; GONÇALVES A. C. A.;; TORMENA C. A.; COSTA A. C. S. da; FOLEGATTI M. V.; SÉRGIO P., FREITAS L. de; REZENDE R., Comparação dos sistemas TDR e ECHO para medida de umidade, em um solo argiloso e em areia. **Acta Scientiarum: Agronomy Maringá**, v. 26, n. 3, p. 353-360, 2004.

VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. de A.; PRIMAVESI, O. Uso do micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: Avaliação econômica, social e ambiental. <www.Custoseagronegocioonline.com.br> - v. 4, n. 2 – 2008.