v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DO SOLO

COMPARISON BETWEEN SOIL DETERMINATION METHODS

COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO

Anabelle Cristina Martins[1], Éttore Guilherme Poletto Diel[2], Ruan Carlos da Silveira Marchi[3], Renato Garozi[4], Cristiano Reschke Lajús[5], Valdir Lopes[4], Aline Vanessa Sauer[6], Hatiro Tashima[4]

e788746
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8746

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

O solo é composto por quatro fases, sendo elas: sólida, líquida, gasosa e orgânica, onde cada uma delas empenha um papel importante em sua construção dos solos. Entender sobre o manejo correto do solo e água é importante para uma agricultura aprimorada. Para determinar a umidade do solo existem muitos métodos, com cada um contendo suas especificações, dentre os métodos, podemos citar: o método padrão (estufa) e os métodos alternativos de forno de micro-ondas e o Método evaporação de Água no Banho de Óleo (EDABO). Portanto, o presente estudo teve como objetivo determinar a umidade do solo comparando os métodos de forno de micro-onda e EDABO com o método padrão e verificar a confiabilidade dos métodos alternativos. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, (CLM), Bandeirantes – PR. O método padrão, método de forno de micro-ondas e o método EDABO correspondeu ao T1, T2 e T3 respectivamente, o delineamento estatístico adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 6 tipos de solos e 3 repetições. Conclui-se que, no presente trabalho, não verificou diferença estatística entre os métodos.

PALAVRAS-CHAVE: Massa úmida. Micro-ondas. Solo seco.

ABSTRACT

The soil is composed of four phases: solid, liquid, gaseous and organic, each playing an important role in its formation. Understanding proper soil and water management is essential for improving agricultural practices. Several methods can be used to determine soil moisture, each with its own characteristics. Among them are the standard method (oven drying) and alternative methods such as the microwave oven method and the Water Evaporation in Oil Bath Method (EDABO). The aim of this study was to determine soil moisture by comparing the microwave oven and EDABO methods with the standard method, and to evaluate the reliability of these alternative techniques. The experiment was carried out at the Soil Laboratory of the State University of Northern Paraná (UENP), Campus Luiz Meneghel (CLM) in Bandeirantes, Paraná. The standard method, microwave oven method and EDABO method corresponded to treatments T1, T2 and T3, respectively. The statistical design used was a completely randomized design (CRD), with six soil types and three replications. The results showed that there were no statistical differences among the methods tested.

KEYWORDS: *Wet mass. Microwave. Dry soil.*

[1] Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Brasil.
[2] Graduando em Agronomia pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Brasil.
[3] Doutor em Agronomia, vinculado à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e ao Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO), Brasil.
[4] Doutor em Agronomia, vinculado à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Brasil.
[5] Doutor em Agronomia, vinculado à Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Brasil.
[6] Doutora em Agronomia, vinculada à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e ao Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO), Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RESUMEN
El suelo consta de cuatro fases: sólidas, líquidas, gaseosas y orgánicas, donde cada una juega un papel importante en la construcción de suelos. Comprender la correcta gestión del suelo y el agua es importante para mejorar la agricultura. Para determinar la humedad del suelo hay muchos métodos, con cada uno que contiene sus especificaciones, entre los métodos, podemos mencionar: el método estándar (estufa) y métodos alternativos de horno de microondas y el método de evaporación del agua en el baño de aceite (EDABO). Por lo tanto, el presente estudio pretendía determinar la humedad del suelo comparando el horno de microondas y los métodos EDABO con el método estándar y verificar la fiabilidad de los métodos alternativos. El estudio se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidade Estadual do Norte do Paraná UENP, (CLM), Bandeirantes PR. El método estándar, el método de horno de microondas y el método EDABO correspondieron a T1, T2 y T3 respectivamente, el diseño estadístico adoptado fue el de bloques completamente aleatorizados (DIC), con 6 tipos de suelo y 3 repeticiones. Se concluye que, en el presente estudio, no hubo diferencia estadística entre los métodos.

PALABRAS CLAVE*: Masa húmeda. Microondas. Suelo seco.*

INTRODUÇÃO

O solo é formado pelas seguintes fases: sólida, líquida, gasosa e orgânica, em que a fase sólida é integrada por minerais, sendo em torno de 45% de seu volume, as fases líquida e gasosa preenchem os poros do solo, podendo ser em torno de 50% e a fase orgânica, dificilmente ultrapassa de 5%. Porém, ainda que pequeno, esse percentual apresenta diversos benefícios de caráter físico, químico e biológicos (Xavier, 2021).

Sendo assim, as mudanças climáticas, como umidade relativa do ar, temperatura e quantidade de chuvas interferem na agricultura (Angelotti, *et al.*, 2019). O manejo correto do solo e água, são de extrema importância para a agricultura e posteriormente para a produção de alimentos mundialmente, portanto, preservar é muito importante para assegurar o equilíbrio do sistema (Kuhn *et al.*, 2022).

Dessa forma, a variabilidade da umidade irá impactar diretamente na disponibilidade de elementos essenciais e na microbiota, por isso, a determinação correta da umidade do solo é essencial para os manejos realizados (Oliveira *et al.*, 2016).

Conhecer sobre a umidade do solo é de suma importância para determinar as condições hidrológicas e assim, otimizar os recursos. Monitorar esse fator auxilia num manejo mais preciso e ter uma agricultura mais sustentável.

De maneira geral, existem muitos métodos para determinação de umidade do solo, entre eles, pode-se citar: o método padrão (estufa), o método de forno de micro-ondas e o método (EDABO). O método padrão (estufa) é muito moroso, podendo demorar mais de 24 horas para obtenção do resultado. No entanto, o método de forno de micro-ondas e EDABO são rápidos para obtenção dos resultados, levando apenas alguns minutos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Estudos referentes a determinação de umidade de solo usando métodos alternativos são escassos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos métodos de forno de micro-ondas e EDABO na determinação da umidade do solo, comparando-os ao método padrão de estufa quanto à confiabilidade dos resultados obtidos.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Solo

De acordo com o Sistema de Classificação dos Solos, o solo possui as seguintes fases: líquida, sólida e gasosa esse corpo também apresenta a presença de organismos vivos, podendo sofrer modificações de natureza antrópicas ou não (Santos *et al.*, 2018). Possuindo uma interação direta com a atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera (Coleman, 2001).

Segundo Cristianini *et al.* (2022) o solo é um corpo muito importante para o mundo, pois ele auxilia na regulação da temperatura e é um grande reservatório de carbono. Vale ressaltar que o solo oferece os nutrientes essenciais para a vida dos seres e principalmente para a agricultura.

Sendo assim, o solo é considerado um corpo essencial para o crescimento vegetal que possui uma interação com diversos elementos do meio ambiente. O solo é organizado por horizontes e camadas que se resultam de processos de natureza geológicas, biológicas, químicas e físicas que ocorrem no decorrer do tempo (Barros, 2020). De acordo com Calpar (2018) a produtividade das culturas está diretamente relacionada com a qualidade do solo, cerca de 50%.

Portanto, um manejo inadequado é um fator que acarreta problemas sociais e econômicos. Em resumo, é necessário que haja uma conscientização das políticas públicas sobre a valorização dos solos, e para que ocorra a implementação de manejos mais assertivos e mais sustentáveis (Ramalho *et al.*, 2023).

Cerca de 25% da biodiversidade terrestre se abriga no solo, o que resulta em solos de caraterísticas mais férteis e que garantem uma produtividade agrícola mais elevada, é importante ressaltar que os solos saudáveis garantem alimentação à humanidade, controle de pragas e auxiliam combatendo as mudanças climáticas (FAO, 2020).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

1.2. Umidade do Solo

É fundamental compreender a umidade do solo, porque é um fator que tem influência direta no setor da agricultura. Estudos têm sido realizados para estabelecer parâmetros mais precisos, utilizando de técnicas mais confiáveis, visando resultados mais consistentes (Walker *et al.*, 2004).

Segundo Lemos e Lutz (1957), existem fatores indispensáveis para o desenvolvimento das plantas, nutrientes, temperatura e umidade.

A manutenção da umidade do solo pode variar, por conta de alguns fatores como clima, tipo de solo, vegetação e relevo. Entender esse equilíbrio e suas variações é essencial para compreender como o solo se relaciona com o ambiente, a hidrologia e as características geológicas de uma região (Richard *et al.*, 2004).

Existem vários métodos para a determinação da umidade do solo, dentre eles, tem-se o método padrão (estufa) que é considerado um dos métodos mais precisos, segundo Bernardo *et al.* (2006). Outro método alternativo que pode ser utilizado para a determinação da umidade é o método de forno micro-ondas (Souza *et al.,* 2002).

Além dos métodos laboratoriais, sensores digitais resistivos e capacitivos, bem como técnicas eletromagnéticas como TDR (Time Domain Reflectometry) e FDR (Frequency Domain Reflectometry), permitem o monitoramento rápido e contínuo da umidade do solo. Entretanto, seu desempenho pode variar conforme o tipo de sensor e as propriedades do solo, tornando necessária a calibração adequada. Por isso, métodos gravimétricos de referência e alternativas laboratoriais rápidas permanecem relevantes para a verificação e comparação dos resultados (Mane *et al.,* 2024; Nandi; Shrestha, 2024).

O método escolhido para determinar a umidade do solo deve ser rápido, de fácil aplicação e fornecer resultados confiáveis. Isso é essencial porque a umidade do solo varia constantemente, sendo necessário medir com frequência, por meio de amostragens proporcionais à área a ser irrigada. A escolha de cada método irá depender das condições e limitações, sendo por parte do manejo do solo adotado ou até mesmo limitações de tempo para a determinação da umidade (Klar *et al.*, 1966).

1.3. Métodos para a determinação de umidade do solo

1.3.1. Método padrão (estufa)

O método padrão consiste na determinação da umidade do solo, através da extração da água da amostra de solo utilizando calor de estufas elétricas, obtendo-se a umidade gravimétrica

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

do solo pela relação entre massa de água e a massa de solo seco (Klein, 2008). Mas é um método que demanda tempo, embora seja um dos métodos mais precisos (Santos *et al.*, 2006).

Segundo os autores Viana, J. H. M. *et al.* (2017), para a elaboração deste método, basta utilizar um recipiente de alumínio, onde se conheça sua massa, após mede-se a massa (amostra úmida + recipiente) e em seguida leva para a estufa, em temperatura em torno de 105°C, retirando o recipiente apenas quando se obter massa constante. Após a amostra é resfriada em um dessecador em seguida mede-se a massa (amostra seca + recipiente), permitindo um cálculo do teor de umidade, para a grande parte dos solos o tempo estimado é de 24 horas.

1.3.2. Método de forno de micro-ondas

O método utilizando forno de micro-ondas é mais rápido, e requer apenas alguns minutos para se obter o resultado (Souza *et al.*, 2002). É um método alternativo, que seca o solo através de ondas eletromagnéticas, a radiação causa uma perturbação nas moléculas de água (Fonseca *et al.*, 2009).

A eficiência deste método está relacionada principalmente com o aquecimento uniforme das moléculas o que resulta numa secagem rápida (Aguilar, 2001). É um método que não difere estatisticamente do método padrão, segundo resultados de Tavares *et al.* (2008) e Buske *et al.*(2014).

1.3.3. Método de Evaporação D'água no Banho de Óleo (EDABO)

Segundo Blake *et al.*, (1986) para o método de Evaporação D'água no Banho de Óleo (EDABO) que é considerado um método alternativo, consiste na determinação de umidade do solo através do aquecimento da amostra de solo sob banho de óleo que é aquecido até determinada temperatura e após isso é pesada, pesagem essa que é feita antes e depois e a diferença obtida será o resultado da quantidade de água que foi evaporada. De acordo com Benke *et al.*, (1999) não existe uma relação entre o tempo e a temperatura, pois isso irá depender da quantidade de umidade das amostras, potência do aparelho e tamanho das amostras.

Esse teste tem como principal vantagem de ser de baixo custo e mais rápido em relação ao método padrão. Porém, para que seja executado de maneira precisa é necessário atenção em relação à temperatura do óleo, evitando assim degradação do solo (Teixeira *et al.*, 2017).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Câmpus Luiz Meneghel, localizado no município de Bandeirantes, Paraná. Para a elaboração do estudo, foram coletados diferentes tipos de solos, com diferentes proporções mineralógicas.

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de um trado tipo calador e acondicionadas em sacos de amostragem. Figura 1.

Figura 1. Coleta de amostras de solo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Após a coleta, as amostras de solo passaram por um processo de secagem natural a sombra (Figura 2), por um período de 7 dias. As amostras de solo após seca foram destorroadas e peneiradas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Amostras dispostas sobre a bancada para a secagem natural



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Foram realizadas a análise textural dos solos (Figura 3).

Figura 3. Análise textural do solo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As amostras de solo após peneirada foram acondicionadas em um recipiente de PVC com o fundo protegido com uma tela e filtro de papel para evitar o escoamento do solo. Cada amostra de solo foi acondicionada em três recipientes de PVC, onde cada recipiente constitui-se uma repetição. Os recipientes de PVC com o solo foram colocados em uma bandeja contendo água para a saturação por um período de 24 horas (Figura 4).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Após a saturação os recipientes com solo foram colocados em uma câmara úmida para drenagem da água de saturação, onde resultou solo na capacidade de campo com massa aproximada de 150 g por recipiente. De cada recipiente foi tomado um terço do solo para determinação da umidade por cada método (método padrão, método de forno de micro-ondas e EDABO).

Figura 4. Saturação do solo com água



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No método padrão, as amostras de solo na capacidade de campo foram colocadas em recipientes de metal e determinada a massa úmida e em seguida submetida a uma estufa com temperatura de 105°C (Figura 5), até obtenção de massa constante ou a massa do solo seco, onde foi calculada a umidade do solo tendo como base a massa seca do solo. A estufa utilizada foi operada conforme o procedimento operacional e de verificação adotado pelo Laboratório de Solos da Universidade, não tendo sido realizada calibração específica para este experimento.

Figura 5. Amostras após o processo de secagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

No método de forno micro-ondas, as amostras de solo na capacidade de campo foram colocadas em recipientes de porcelana (cadinho) (Figura 6) e determinadas a massa úmida do solo, o processo de secagem foi realizado em uma potência de 700W (watts) até obter a massa constante do solo. Após a secagem, obteve-se a massa seca e calculou-se a umidade do solo na base de massa seca do solo. A potência de 700 W foi definida previamente por meio de teste piloto de padronização operacional do equipamento.

Figura 6. Recipientes (cadinhos) utilizados no método de forno de micro-ondas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No método de EDABO, o solo úmido na capacidade de campo foi colocado em recipiente de alumínio contendo 200 ml de óleo vegetal. Para determinação da massa úmida do solo (mu), foi determinada inicialmente a massa do recipiente mais o óleo vegetal e depois adicionou-se o solo úmido na capacidade de campo, onde se obteve a massa total (recipiente + óleo + solo úmido). A massa úmida do solo foi obtida subtraindo da massa total a massa do recipiente com óleo. Para a determinação da massa seca do solo, o recipiente contendo óleo e solo úmido foi aquecido com uma lamparina a álcool até atingir uma temperatura de 180 °C (Figura 7). A massa seca do solo foi obtida subtraindo-se a massa do recipiente com óleo da massa final (massa do recipiente + óleo + massa do solo após o aquecimento a 180 °C). Antes dos ensaios, realizou-se a verificação funcional do termômetro em água em ebulição (aproximadamente 100 °C), por três vezes. Entre as determinações, aguardou-se o retorno da leitura para valores inferiores a 30 °C.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 7. Recipientes contento óleo de soja para elaboração do método EDABO



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para a determinação da umidade do solo na base de massa seca do solo, independentemente do método, foi usada a fórmula:

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{mu} - \mathbf{ms}}{\mathbf{ms}}$$

onde:

u = umidade do solo na base de massa seca do solo (g g-1), mu = massa úmida do solo (g) e ms = massa seca do solo (g).

Os resultados deste trabalho foram submetidos à análise de variância, pelo teste F a 5 % de probabilidade. Todas as análises foram realizadas através do software SASM-Agri (Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas), versão 8.2.

2.1. Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído de três tratamentos a saber: T1 (método padrão), T2 (método de micro-ondas) e T3 (método EDABO) e três repetições para cada tipo de solo (S1 = Muito argilosa, S2 = Franco argilosa, S3 = Franco argilo arenosa, S4 = Franco argilo arenosa, S5 = Franco arenoso e S6 =

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Franco argilo arenosa). Assim, foram analisadas 18 amostras por método e realizadas 54 determinações no total.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos dados médios do teor de umidade do solo estão expostos abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Dados médios do teor de umidade do solo (g g-1)

	Solos					
TRAT.	S I	S II	S III	S IV	S V	S VI
T1	0,3515 a	0,3489 a	0,3788 a	0,6866 a	0,5535 a	0,5584 a
T2	0,3511 a	0,3586 a	0,3926 a	0,7347 a	0,4128 a	0,5965 a
T3	0,3515 a	0,3158 a	0,3887 a	0,6867 a	0,4835 a	0,5365 a
C.V. %	2,86	13,05	3,85	3,58	15,85	7,29

T1 (método padrão), T2 (método de micro-ondas) e T3 (método EDABO)
Análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade.

As características mineralógicas e classificação textural dos solos S I, S II, S III, S IV, S V e S VI estão expostas na Tabela 2

Tabela 2. Resultado da análise mineralógica e textural do solo

Solo	1ª L	2ª L	Argila + silte	argila	silte	areia	textura
S I	40	31,08	80	62	18	20	Muito argilosa
S II	30	17,08	60	34	26	40	Franco argilosa
S III	13	13,08	26	26	0	74	Franco argilo arenosa
S IV	22	11,08	44	22	22	56	Franco argilo arenosa
S V	17	8,08	34	16	18	66	Franco arenoso
S VI	20	14,08	40	28	12	60	Franco argilo arenosa

L= Leitura

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Na Tabela 2 estão os resultados da análise mineralógica e textural, onde a primeira e a Segunda leitura foram feitas com uma temperatura de 20°C e 23°C respectivamente, de acordo com Donagemma *et al*. (2017) essa análise visa quantificar e distribuir o tamanho das partículas individuais de minerais do solo, ou seja, fragmentos de rocha não alterada ou parcialmente alterada. Por meio de uma combinação de energia de caráter mecânico e químico, com a formação de uma suspensão estabilizada.

Na Tabela 1 é observado que o método de forno de micro-ondas e método EDABO, não se diferenciaram estatisticamente do método padrão (estufa). Mesmo em solos com características texturais e morfológicas distintas, não houve diferenciação dos resultados entre os tratamentos adotados.

Esses dados corroboram os de Madalão *et al.* (2008), onde foram analisados os mesmos métodos para a determinação da umidade do solo. A utilização de forno de micro-ondas é eficiente em análises de rotina, conforme Rodrigues (2018). Resultados semelhantes foram observados por Freitas (2025), quando comparou esses dois métodos (forno de micro-ondas e EDABO) com o método padrão. Conforme Oliveira *et al.* (2016), obtiveram-se teores de umidade semelhantes quando se comparou o método de forno de micro-ondas com o método padrão (estufa).

O tempo médio para se obter resultados dos métodos analisados foram, para o método padrão em média de 24 horas, para o métodos de forno de micro-ondas e EDABO em média de 15 minutos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que os métodos alternativos de determinação da umidade do solo por forno de micro-ondas e pelo método de Evaporação D'Água no Banho de Óleo (EDABO) apresentaram resultados estatisticamente equivalentes ao método padrão de estufa, independentemente das diferentes classes texturais de solo avaliadas. Dessa forma, o objetivo proposto foi alcançado, evidenciando que ambos os métodos constituem alternativas confiáveis para a determinação da umidade gravimétrica do solo.

A equivalência observada entre os métodos pode ser atribuída à eficiência de ambos na remoção da água presente nas amostras de solo, embora utilizem mecanismos distintos de aquecimento. Enquanto o forno de micro-ondas promove a secagem por meio da interação das ondas eletromagnéticas com as moléculas de água, o método EDABO realiza a evaporação da água por transferência de calor através do óleo aquecido. Apesar dessas diferenças

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

operacionais, ambos os métodos foram capazes de produzir resultados semelhantes ao método padrão, demonstrando sua confiabilidade para a determinação da umidade do solo.

Além da precisão apresentada, destaca-se como principal vantagem dos métodos alternativos a significativa redução do tempo necessário para obtenção dos resultados. Enquanto o método padrão demanda aproximadamente 24 horas para a secagem completa das amostras, os métodos de forno de micro-ondas e EDABO permitiram a determinação da umidade em cerca de 15 minutos. Essa característica torna essas metodologias especialmente vantajosas para análises laboratoriais de rotina, atividades de pesquisa e situações que exigem respostas rápidas para o manejo do solo e da água.

A adoção desses métodos pode contribuir para otimizar o monitoramento da umidade do solo, favorecendo tomadas de decisão mais ágeis relacionadas ao manejo da irrigação, ao planejamento das práticas agrícolas e ao uso racional dos recursos hídricos, contribuindo para sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis.

Como limitação deste estudo, destaca-se que as avaliações foram conduzidas em condições laboratoriais e utilizando um conjunto específico de classes texturais de solo. Assim, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a diversidade de solos avaliados e investiguem o desempenho desses métodos em diferentes condições de umidade e em ambientes de campo, permitindo ampliar sua validação e aplicabilidade em diferentes sistemas de produção agrícola.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, J. A. G. Procesamiento de materiales por medio de microondas en la FIME. **Ingenierías**, Nuevo León, v. 4, n. 13, p. 32–39, 2001.

ANGELOTTI, F.; MOURA, M. S. de. Manejo do solo e da água para a agricultura familiar no Semiárido. In: MELO, R. F. de; VOLTOLINI, T. V. (ed.). **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 5, p. 143–168.

BARROS, J. F. C. **Fertilidade do solo e nutrição das plantas**. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, 2020.

BENKE, R. R.; KEARFOTT, K. J. Soil sample moisture content as a function of time during oven drying for gamma-ray spectroscopic measurements. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A**, Amsterdam, v. 422, n. 3, p. 817–819, 1999.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 625 p.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis: part 1: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1986. p. 377–382.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BUSKE, T. C. *et al.* Determinação da umidade do solo por diferentes fontes de aquecimento. **Irriga**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 315–324, 2014. DOI: https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p315. Disponível em: https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/irriga.2014v19n2p315. Acesso em: 31 out. 2025.

CALPAR. **Saiba como é a fertilidade dos solos no Brasil**. 30 maio 2018. Disponível em: https://calpar.com.br/solos-no-brasil. Acesso em: 31 out. 2025.

COLEMAN, D. C. Soil biota, soil systems, and processes. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 5, p. 305–314, 2001.

CRISTIANINI, M. E. *et al.* A importância do solo. **Anais do Encontro de Iniciação Científica e Pesquisa das Faculdades Integradas de Jaú**, Jaú, v. 19, n. 19, 2022. Disponível em: https://portal.fundacaojau.edu.br/journal/index.php/enic/article/view/16. Acesso em: 31 out. 2025.

DONAGEMMA, G. K. *et al.* Análise granulométrica. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 95–116.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **It's alive! Soil is much more than you think: soil biodiversity: the foundation for human life**. Rome: FAO, 2020. Disponível em: https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1309274. Acesso em: 31 out. 2025.

FONSECA, S. O. *et al.* Avaliação do método do forno micro-ondas para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9., 2009, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2009. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0213_0306_01.pdf. Acesso em: 31 out. 2025.

FREITAS, Stella Maris Francisco de. **Comparação de diferentes métodos de determinação de umidade do solo**. 2025. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR, 2025.

KLAR, A. E. *et al.* Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 23, p. 15–30, 1966.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KUHN, M. S.; HORN, F. L. Técnicas para conservação dos solos e da água. In: **Alternativas para diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 49–51.

LEMOS, P.; LUTZ, J. F. Soil crusting and some factors affecting it. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 21, p. 485–491, 1957.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MADALÃO, J. C. *et al.* Avaliação da eficiência de diferentes métodos para determinação da umidade do solo. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2008, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

MANE, S.; DAS, N.; SINGH, G.; COSH, M. H.; DONG, Y. Advancements in dielectric soil moisture sensor calibration: a comprehensive review of methods and techniques. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 218, 108686, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108686.

NANDI, R.; SHRESTHA, D. Assessment of low-cost and higher-end soil moisture sensors across various moisture ranges and soil textures. **Sensors**, v. 24, n. 18, 5886, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/s24185886.

OLIVEIRA, L. F. C.; ROQUE, C. G. Determinação da umidade do solo por micro-ondas e estufa em três texturas de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, MS, v. 3, n. 4, p. 60–64, out./dez. 2016.

RAMALHO, N. T. C.; CAVICHIOLI, F. A. Técnicas de preparo de solo e sua importância na produção agrícola. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, SP, v. 20, n. 2, p. 762–774, 2023. DOI: https://doi.org/10.31510/infa.v20i2.1751.

RICHARD, M. *et al.* Statistical characterization of the spatial variability of soil moisture in a cutover peatland. **Hydrological Processes**, v. 18, p. 41–52, 2004.

RODRIGUES, Meire Galdino Alves. **Determinação da umidade do solo por meio do forno micro-ondas**. Manhuaçu: Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso – Pensar Acadêmico, 9 ago. 2018. Disponível em: https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriotcc/article/view/668/579. Acesso em: 31 out. 2025.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, R. M. *et al.* Montagem e acurácia de um sistema experimental de pesagem para calibração de sensores de umidade de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1162–1169, nov./dez. 2006.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. de A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com uso de forno de micro-ondas doméstico**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 9 p. (Circular Técnica, n. 33).

TAVARES, M. H. F. *et al.* 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, jul./set. 2008.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Umidade atual. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise**

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 1, cap. 2, p. 29–31. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087253/1/Pt1Cap2Umidadeatual.pdf. Acesso em: 31 out. 2025.

WALKER, J. P.; WILLGOOSE, G. R.; KALMA, J. D. *In situ* measurement of soil moisture: a comparison of techniques. **Journal of Hydrology**, v. 293, n. 1–4, p. 85–99, 2004.

XAVIER, F. A. da S. Solo: definição e importância. In: BORGES, A. L. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 1, p. 15–25.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.