



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

WEMERSON FERREIRA MACEDO

**ANÁLISE DE UMIDADE EM SEMENTES: COMPARAÇÃO DA PRECISÃO
DOS MÉTODOS INDIRETOS DE RESISTÊNCIA E CAPACITÂNCIA COM O
MÉTODO PADRÃO DA ESTUFA**

**ARAGUATINS
2024**

WEMERSON FERREIRA MACEDO

**ANÁLISE DE UMIDADE EM SEMENTES: COMPARAÇÃO DA PRECISÃO
DOS MÉTODOS INDIRETOS DE RESISTÊNCIA E CAPACITÂNCIA COM O
MÉTODO PADRÃO DA ESTUFA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Agrônoma da Unidade Campus
Araguatins, do Instituto Federal do Tocantins, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Me. Márcio Rogério Pereira Leite

ARAGUATINS
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M141a Macedo, Wemerson Ferreira

Análise de umidade em sementes : comparação da precisão dos métodos indiretos de resistência e capacitância com o método padrão da estufa / Wemerson Ferreira Macedo. – ARAGUATINS, TO, 2024.
41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, ARAGUATINS, TO, 2024.

Orientador: Me. Marcio Rogerio Pereira Leite

1. umidade. 2. precisão. 3. Glicyne max. I. Leite, Marcio Rogerio Pereira. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ANÁLISE DE UMIDADE EM SEMENTES: comparação da precisão dos métodos indiretos de resistência e capacitância com o método da estufa.”

AUTOR (A): Wemerson Ferreira Macedo

ORIENTADOR (A): Me. Marcio Rogerio Pereira Leite

COORDENADOR (A):

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 10 de maio de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 10/05/2024, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 10/05/2024, às 09:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Samuel de Deus da Silva, Servidor**, em 10/05/2024, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2354859** e o código CRC **A90B602F**.

A Deus, que é pai e criador de todas as coisas. Dedico também à família, por todo apoio, incentivo e motivação para realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte inesgotável de força e sabedoria. Sua guia constante iluminou meu caminho, fortaleceu minha fé e concedeu-me a perseverança necessária para superar os desafios.

Ao Instituto Federal do Tocantins - *Campus Araguatins*, estendo meu reconhecimento pela excelência acadêmica e pelo ambiente propício ao aprendizado. Cada professor, servidor e colega contribuiu para o meu crescimento intelectual, tornando esta jornada ainda mais enriquecedora.

Em especial, expresso minha sincera gratidão ao professor Me. Márcio Rogério Pereira Leite por sua dedicação ao ensino, seu apoio incansável e sua sabedoria compartilhada, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, o alicerce do meu ser, agradeço por seu amor incondicional, paciência e encorajamento. Cada membro da minha família desempenhou um papel vital nesta jornada, e sou profundamente grato por cada sacrifício feito em prol do meu sucesso.

Aos amigos, companheiros de jornada, agradeço por compartilharem risos, desafios e vitórias. Suas palavras de estímulo e apoio foram como um bálsamo nos momentos difíceis, e as celebrações ao seu lado tornaram as conquistas ainda mais significativas.

Obrigado!

*“Não és digno de saborear do mel aquele que se afasta
da colmeia com medo das ferroadas das abelhas.”*

Willian Shakespeare

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, correspondendo a mais de 50% da produção mundial, e no cenário nacional é a mais importante cultura desde a década dos anos 70 e a ampliação da indústria de óleo aliada ao desenvolvimento de novas tecnologias impulsionou o cultivo. Pela legislação brasileira, Instrução Normativa 11/2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para fins de comercialização, o limite do teor de água dos grãos deve ser de 14%. Os métodos de análise de umidade em sementes são fundamentais para garantir a qualidade e viabilidade delas. Entre os principais métodos utilizados estão: a secagem em estufa, método padrão oficial que consiste na remoção da umidade por aquecimento controlado; a destilação a vácuo, que envolve a evaporação da água seguida de condensação e pesagem; o uso de medidores de umidade baseados em princípios físicos como resistividade elétrica, capacitância ou impedância; e métodos mais recentes como espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), que analisa a composição química das sementes para determinar a umidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar a precisão entre os equipamentos de análise de umidade com o método da estufa em grãos de soja no laboratório de sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus Araguatins*, utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 parcelas para análise de variância e teste de média. Mediante o exposto, conclui-se que medidor de umidade de grãos portátil por capacitância é equivalente ao método padrão de análise de umidade. Analisador de umidade com lâmpada halógena por resistência apresentou uma maior variância quando comparado ao método por capacitância.

Palavras-Chave: umidade, precisão, *Glycine max*.

ABSTRACT

Soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) are the most important oilseed grown in the world, accounting for more than 50% of global production. In Brazil, they have been the most important crop since the 1970s and the expansion of the oil industry combined with the development of new technologies has boosted cultivation. According to Brazilian legislation, Normative Instruction 11/2007 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, the water content of grains for marketing purpose must be 14%. Seed moisture analysis methods are fundamental to guaranteeing seed quality and viability. Among the main methods used are: oven drying, the official standard method which consists of removing moisture by controlled heating; vacuum distillation, which involves evaporating the water followed by condensation and weighing; the use of moisture meters based on physical principles such as electrical resistivity, capacitance or impedance; and more recent methods such as near-infrared spectroscopy (NIR), which analyzes the chemical composition of seeds to determine moisture. In this context, the aim of this work was to compare the accuracy of moisture analysis equipment with the greenhouse method in soybeans in the seed laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins - Araguatins *Campus*, using the Completely Randomized Design (CID), with three treatments and seven repetitions, totaling 21 plots for analysis of variance and mean test. From the above, we conclude that the capacitance portable grain moisture meter is equivalent to the standard moisture analysis method. The moisture analyzer with halogen lamp by resistance showed a greater variance when compared to the capacitance method.

Keywords: moisture, precision, *Glycine max*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estádios fenológicos da planta de soja	15
Figura 2 – Relação entre umidade e a resistências elétrica dos grãos.....	20
Figura 3 – Analisador de umidade que utiliza o princípio da capacitância.....	21
Figura 4 – Caixas gerbox com tela (A) e disposição das amostras na caixa (B).....	24
Figura 5 – Amostras prontas na caixa gerbox (A) e incubadora LT 320 TFP – II (B)....	24
Figura 6 – Estufa de secagem com renovação e circulação de ar utilizada no laboratório de Tecnologia e Produção de sementes do <i>campus</i>	25
Figura 7 – Disposição uniforme das amostras dentro da estufa.....	26
Figura 8 – Dessecador de umidade com sílica gel.....	27
Figura 9 – Sacos Kraft (A) e dessecador de umidade com sílica gel já com as amostras do T1 (B).....	27
Figura 10 – Testador de Umidade Halógeno Série DW-MW.....	28
Figura 11 – Testador de Umidade Halógeno iniciando a dessecação da amostra.....	29
Figura 12 – Câmara de aquecimento e lâmpada alógena do analisador.....	29
Figura 13 – Medidor de umidade portátil por capacitância e o passo a passo para utilizar o medidor de umidade portátil. Seleção da cultura (A), Seleção da cultura (B), Quantidade requerida pelo método (C), e por fim, obtenção da umidade (D).....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de tolerância para as diferenças entre a determinação de umidade na estufa e no determinador de umidade.....	22
Tabela 2 – Materiais utilizados na pesquisa.....	23
Tabela 3 – Resultados do método padrão da estufa.....	32
Tabela 4 – Resultados obtidos através da utilização do método da lâmpada halógena.....	32
Tabela 5 – Resultados obtidos através da utilização do método da capacitância.....	33
Tabela 6 – Comparação entre as médias dos tratamentos.....	34
Tabela 7 – Estatística Descritiva dos Tratamentos.....	34
Tabela 8 – Comparação entre médias dos Tratamentos segundo <i>Scott & Knott</i>	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Aspectos gerais da cultura da soja.....	14
2.2 Importância do grau de umidade em sementes.....	16
2.3 Métodos de determinação de umidade.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Método da estufa de secagem com circulação e renovação de ar a 105°C por 24 h.....	25
3.2 Método expedito com analisador de umidade elétrico por resistência.....	28
3.3 Método expedito com medidor de umidade elétrico por capacitância.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A umidade em sementes refere-se ao teor de água presente dentro delas, o qual desempenha um papel crítico na sua germinação, vigor e armazenamento. De acordo com Amaral et al. (2017), a umidade em sementes é definida como a quantidade de água presente na semente em relação ao seu peso seco. Este parâmetro é essencial para determinar a qualidade das sementes, pois níveis inadequados de umidade podem afetar negativamente sua viabilidade e potencial de germinação.

A determinação dos teores de umidade em grãos e sementes apresenta duas grandes categorias: método direto e indireto. Os métodos diretos são aqueles que determinam o teor de umidade pela retirada de água dos alimentos por aquecimento, onde o teor de umidade pode ser calculado através da diferença de peso inicial e final das amostras (THIEX e RICHARDSON, 2003; MENDONÇA et al., 2007; VUATAZ et al., 2010). Já os indiretos são aqueles que utilizam as propriedades elétricas dos grãos, como capacitância e resistência, para a determinação do teor de umidade. (OLIVO, 2010).

No Brasil, adota-se o método por dessecação em estufa como padrão e oficial de determinação de umidade em grãos (BRASIL, 2022). Esse procedimento, assim como os outros métodos diretos, resume-se a retirar a água dos grãos e, após, verificar a diferença das amostras, definindo o teor de umidade (PUZZI, 1986). No entanto, a exigência por decisões imediatas vem rejeitando tais métodos, por alternativas capazes de responder com maior celeridade (NELSON *et al.*, 2007).

Os métodos indiretos, que também podem ser classificados como expeditos, além de utilizar outras propriedades de grãos supracitadas, representam uma estratégia comumente empregada em pesquisas com o propósito de alcançar resultados de forma mais rápidos e prática do que os métodos diretos, entretanto apresentam a desvantagem de não fornecerem a mesma precisão (MORITZ et al., 2012). Destarte foram utilizados dois métodos alternativos, a determinação de umidade por resistência e determinação por capacitância elétrica.

No primeiro teste, utilizou-se para determinação de umidade o analisador de umidade com lâmpada halógeno, que é um método que mensura a umidade através da resistência e funciona através de uma balança embutida, lâmpada halógena como

fonte de calor e um *software* para processar os dados de peso inicial, peso final, tempo de dessecação e temperatura, sendo estes, padrão do sistema ou configurada.

O segundo método utilizado foi o medidor de umidade por capacitância. É uma alternativa que visa a determinação do grau de umidade das diferentes espécies de sementes usando um equipamento já calibrado e com sistema automático.

Diante desta questão, a problemática da pesquisa foi: Qual alternativa oferece maior precisão entre os métodos indiretos de análise de umidade em comparação com o método padrão da estufa? Objetivou-se então comparar a precisão e eficiência dos métodos indiretos disponíveis no IFTO - *Campus Araguatins* com o método padrão da estufa. Para isto, foi realizado um experimento laboratorial com sementes de soja comparando os métodos supracitados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A umidade das sementes desempenha um papel crucial na sua viabilidade, armazenamento e germinação. O teste de umidade de sementes é uma prática fundamental na indústria agrícola e na pesquisa científica, permitindo avaliar a qualidade e o potencial de armazenamento das sementes. Este referencial teórico aborda os princípios fundamentais, métodos e importância do teste de umidade de sementes.

2.1 Aspectos gerais da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é planta cultivada em todo o mundo e teve sua origem nas regiões da Ásia, particularmente ao longo do rio Yangtse, na China, onde seus ancestrais eram plantas rasteiras (Morse, 1950). A evolução da soja foi oriunda de cruzamentos naturais entre espécies de soja selvagem que foram domesticadas na antiga China (HYMOWITZ e SHURTLEFF, 2005).

O sistema radicular da planta é constituído por uma raiz axial principal e por raízes secundárias, sendo estas distribuídas em quatro ordens, porém, esse sistema radicular é pouco desenvolvido (SEDIYAMA et al., 1985). Nas raízes da planta são encontrados nódulos que representam a simbiose entre a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, sendo que estas bactérias promovem a fixação do nitrogênio do ar e o disponibiliza para a planta de forma assimilável (nitrato) recebendo em troca hidratos de carbono (MASCARENHAS et al., 2005).

Seu caule é caracterizado como herbáceo, ereto, pubescente e ramificado, e o seu desenvolvimento é iniciado a partir do eixo embrionário, logo após a germinação. Seu crescimento pode ser influenciado pelas condições externas, mas, geralmente, na maioria das cultivares é do tipo ortótrofo (MÜLLHER, 1981). Durante seu crescimento e desenvolvimento, a planta de soja apresenta três tipos de folhas sendo elas: as cotiledonares que são as iniciais, as unifoliadas que aparecem também no início do desenvolvimento e, as trifoliadas que aparecem logo após as unifoliadas e permanecem até a senescência (SEDIYAMA et al., 1985).

As flores da soja são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares. A cor da flor pode ser branca ou púrpura, sendo que a tonalidade púrpura varia de acordo com a genética da cultivar (VERNETTI e JUNIOR, 2009). A abertura floral ocorre geralmente pela manhã e pode ser influenciada pela temperatura e umidade (SEDIYAMA et al., 2005).

Rocha (2009) entende que:

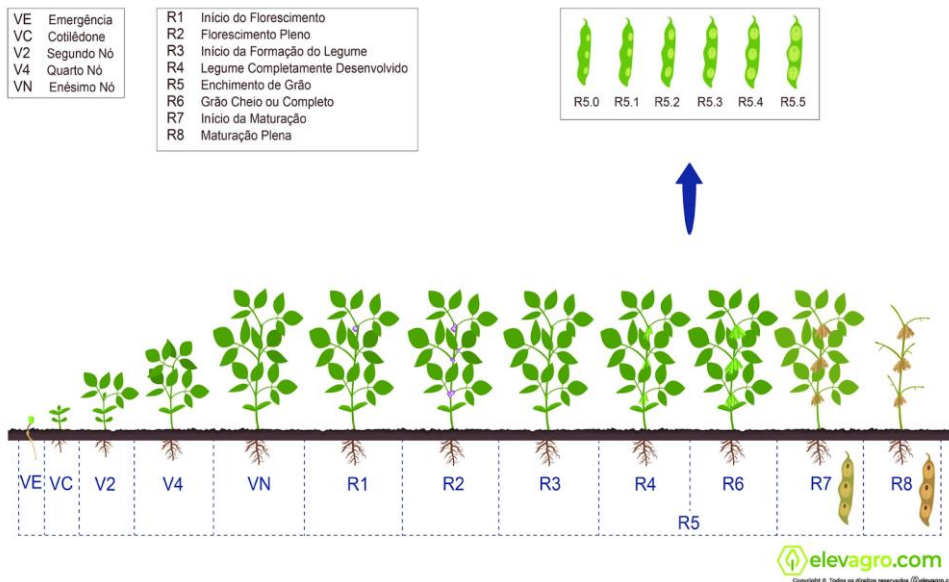
Essa planta também é influenciada pelo fotoperíodo, sendo classificada como uma planta de dias curtos, isto é, necessita de um mínimo de horas de noite ou escuro para florescer. Entretanto, essa característica pode variar de acordo com a cultivar.

O fruto da planta é um legume comumente chamado de vagem. Quando maduro apresenta de 2 a 7 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura, o que pode variar de acordo com a cultivar e condições climáticas, mas normalmente apresenta uma forma achatada. Possui uma coloração que varia entre cinza, amarelo-palha ou preta. A produtividade pode chegar a 400 grãos por planta, com vagens contendo de 1 a 5 grãos, entretanto, grande parte das cultivares apresentam 2 a 3 sementes por vagem (MÜLLHER, 1981).

Para definição e descrição dos estádios fenológicos da planta, a metodologia mais utilizada foi proposta por Fehr e Caviness (1977), que consideram que:

Duas principais fases durante todo o ciclo da cultura: a fase vegetativa, que abrange desde a germinação e emergência até o início do florescimento, e a fase reprodutiva que se inicia com o florescimento e se estende até a maturação fisiológica dos grãos.

Figura 1 – Estádios fenológicos da planta de soja



Fonte: Fehr e Caviness (1977).

As condições ambientais que mais influenciam a produtividade de uma cultura são: luz, água, temperatura e nutrientes. (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001). Fisiologicamente, a soja precisa de água para germinação, crescimento e produção de grãos, com 600-800 mm de precipitação sendo ideal. As plantas de soja também requerem polinização cruzada para produzir vagens. A temperatura e a

disponibilidade de água são críticas durante a floração e formação de vagens. Pragas e doenças também podem afetar seu crescimento. Portanto, o atendimento a essas necessidades é essencial para o sucesso no cultivo da soja.

2.2 Importância do grau umidade de sementes

A determinação do grau de umidade de sementes tem como objetivo avaliar o teor de água encontrado na semente e pode influenciar muito em vários fatores de qualidade da semente. Destarte, Peske, Filho e Barros (2006) entendem que:

O grau de umidade influencia no comportamento da semente quando ela é submetida às mais diferentes situações que acompanham todas as etapas de produção, da colheita à comercialização. Portanto, determinações do grau de umidade são necessárias para estabelecer e adotar procedimentos adequados para evitar ou, pelo menos, minimizar os danos que frequentemente ocorrem nas sementes.

O grau de umidade das sementes desempenha um papel crítico na germinação e no estabelecimento inicial das plantas. A umidade das sementes é um fator crítico que afeta diretamente a germinação. Segundo Jones et al. (2017), a água é necessária para iniciar os processos bioquímicos que levam à germinação. A quantidade adequada de umidade proporciona as condições ideais para a ativação enzimática e a respiração das sementes, permitindo a emergência da radícula e do hipocótilo (Smith, 2019).

Níveis excessivos de umidade podem levar à deterioração das sementes devido à atividade microbiana, prejudicando a germinação e reduzindo a qualidade das plantas (Brown e Mayer, 2020). Conforme salientado por Smith et al. (2010), sementes com teor de umidade inadequado são mais suscetíveis a danos físicos e biológicos durante o armazenamento, o que pode resultar em perda de viabilidade e diminuição da taxa de germinação.

Jones (2015), complementa defendendo que sementes com teor de umidade excessivamente baixo podem levar a uma germinação retardada ou irregular, enquanto sementes com umidade excessiva são mais propensas ao apodrecimento e à proliferação de fungos patogênicos. Portanto, a mensuração é essencial para garantir o estabelecimento eficiente das culturas.

De acordo com Pereira et al. (2019), sementes com teor de umidade elevado são mais suscetíveis à deterioração durante o armazenamento, devido à atividade metabólica e à proliferação de microrganismos. Portanto, a determinação regular do teor de umidade permite a implementação de estratégias adequadas de secagem e

condicionamento das sementes, garantindo sua viabilidade e longevidade (Silva & Lima, 2020).

O teor de umidade das sementes também influencia diretamente o rendimento das culturas, pois conforme observado por Johnson (2018), sementes com teor de umidade inadequado podem resultar em taxas de germinação mais baixas e menor vigor das plântulas, o que pode afetar negativamente o rendimento final da colheita.

Brown (2019), aponta que o armazenamento de sementes com teor de umidade excessivo requer mais energia para a secagem e pode aumentar os custos de armazenamento devido ao aumento da susceptibilidade a danos e deterioração. Portanto, a medição precisa do grau de umidade das sementes pode contribuir para uma utilização mais eficiente dos recursos agrícolas. Logo, o teor de umidade influencia diretamente a germinação, sanidade, armazenamento e a produção de sementes, impactando positivamente na sustentabilidade agrícola e na segurança alimentar. Destarte, analisar e avaliar a umidade de sementes é essencial para garantir a qualidade e a viabilidade das sementes, otimizar o rendimento das culturas, prevenir perdas e assegurar a qualidade dos alimentos.

Pela legislação brasileira, Instrução Normativa 11/2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para fins de comercialização, o limite do teor de água dos grãos deve ser de 14%. Em que pese na prática, a maioria dos produtores não está preparada para entregar o grão de soja nos padrões estabelecidos e, para se adaptar, vão precisar instalar soluções tecnológicas para o controle da umidade do grão no processo de armazenamento.

2.3 Métodos de determinação de umidade em grão e sementes

Para a determinação do grau de umidade da semente, existem vários métodos classificados em diretos e indiretos. Os métodos diretos determinam o teor de umidade com base na remoção do conteúdo de água. Enquadram-se nesta categoria os métodos de estufa, destilação, infravermelhos e Karl Fisher (Moritz et al., 2012). Já os indiretos têm como princípio a medição de alguma propriedade dos grãos, como química ou elétrica, que altera um sensor conforme a quantidade de água; por isso, é determinada matematicamente (Antunes, 2023).

De acordo com Antunes (2023):

Diversos laboratórios, dentro do país, produzem resultados que podem divergir, o que irá depender dos procedimentos e métodos de ensaio utilizados. Assim,

em busca de um sistema de padronização do processo de verificação de umidade com a finalidade de uniformizar os resultados e realizar comparações, foram estabelecidas, através da Regras para Análise de Sementes do Brasil, ou seja, instruções a serem seguidas rigorosamente na análise laboratorial. Foram definidos como métodos oficiais: método de estufa a 105°C, método de estufa a baixa temperatura 101 - 105°C e método de estufa a alta temperatura 130 - 133°C. Os procedimentos são semelhantes, no entanto, os dois últimos necessitam que algumas especificações sejam seguidas, enquanto o primeiro deles possui a vantagem de ser utilizado para todas as espécies de sementes, desde que inteiras.

O método de secagem por estufa tem por princípio a extração da água contida nos grãos em forma de vapor pela aplicação de calor sob condições controladas, o que pode influenciar nos resultados quando ocorrida perda de substâncias voláteis, bem como a oxidação de óleos e a desnaturação de amido (BRASIL, 2009).

As estufas utilizadas na determinação do grau de umidade, de acordo com a Associação Internacional de Testes de Sementes (BRASIL, 2009) são de dois tipos: convecção gravitacional ou mecânico de ar forçado, podendo também ser utilizado outros tipos de estufas como a estufa úmida e a estufa a vácuo (Antunes, 2023). Com as estufas utilizadas para dessecação e mensuração de umidade deve-se tomar cuidados básicos, observando sempre a ventilação taxa de fluxo de ar, estabilidade da temperatura e o material utilizado para a dessecar a amostra (Nelson et. al., 2007).

O método oficial de determinação de umidade em grãos utiliza a perda por dessecação em estufa, também conhecido como LOD (*loss on drying*), atuando na faixa de 105±3°C durante 24h (NELSON et. al., 2007).

Antunes (2023), também afirma que:

O documento normativo pertencente à Regra para Análise de Sementes, em seu item 7.17, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, p. 314, 2009), define a fórmula de cálculo para o grau de umidade pelo método de estufa (105±3°C, 24h), estipulando que “a porcentagem de umidade deve ser calculada na base do peso úmido, aplicando-se a seguinte fórmula”:

$$U = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

Onde, P representa o peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida; a variável p indica o peso final, peso do recipiente e sua

tampa mais o peso da semente seca e t, a tara, peso do recipiente com sua tampa.

A pesagem deve ser em gramas, com três casas decimais e o resultado é obtido através da média aritmética das porcentagens de cada uma das repetições retiradas da amostra de trabalho. A aproximação do resultado, quando necessária, deve ser feita depois de calculada a média das repetições.

Toda fração inferior a 0,05 deve ser desprezada.

Os métodos indiretos medem alguma propriedade dos grãos que está relacionada ao teor de umidade, que é determinado matematicamente ou empiricamente. Assim como os métodos diretos, podem ser destrutivos ou não-destrutivos. São mais rápidos e práticos do que os métodos diretos, mas apresentam a desvantagem de não fornecerem a mesma precisão (MORITZ et al., 2012), e os mais utilizados são os equipamentos baseados nos princípios elétricos: resistência/impedância e capacitância (ANTUNES et al., 2023).

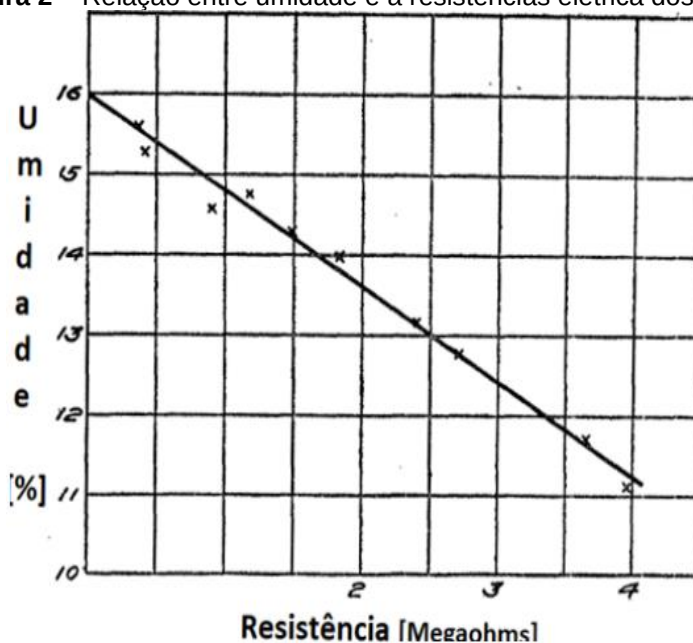
Em estudo de MORITZ et al. (2012) foi realizada uma comparação entre 4 métodos (Estufa 103°C/72h, Capacitância, Resistência e Destilação) e o método de estufa 105°C/24h, considerado o método oficial no Brasil. O experimento foi realizado com grãos de soja e milho em dois diferentes teores de umidade. Os resultados mostraram que para soja, nos dois teores de umidade, os resultados do método de capacitância ficaram muito próximos do método padrão.

Os métodos dielétricos de medição de umidade fundamentam-se na capacidade dos materiais dielétricos de responder a um campo elétrico aplicado. A constante dielétrica é uma dessas possíveis propriedades, que mede a capacidade de um material ou substância, em relação ao vácuo, de armazenar energia, quando submetido a um campo elétrico.

Todos os componentes dos grãos contribuem para sua constante dielétrica, entretanto, a estrutura particular das moléculas de água a tornam uma espécie de dipolo eletrostático, com constante eletrostática aproximadamente vinte vezes maior do que a grande maioria dos constituintes dos grãos (FUNK, 1991). Ela pode variar com o teor de umidade, permitindo a correlação entre essa variação e o conteúdo de água presente e, de acordo com Wang e Sun (2015) os métodos dielétricos de medição de umidade exploram as alterações na constante dielétrica do material diante das mudanças no teor de umidade, oferecendo uma técnica sensível e não invasiva para determinação de umidade em uma variedade de materiais.

O método de resistência utilizado neste experimento utilizada a Resistência elétrica ou impedância elétrica como uma propriedade que pode ser utilizada para medir indiretamente o teor de umidade das sementes. Este método envolve a aplicação de correntes elétricas de baixa frequência às sementes e a medição da resposta elétrica. Rodrigues et al. (2017), dizem que a resistência elétrica é uma técnica promissora para a determinação do teor de umidade das sementes, especialmente devido à sua capacidade de análise não destrutiva. Um estudo pioneiro de Briggs (1908), mostrou que a resistência elétrica diminui rapidamente à medida que o teor de umidade nos grãos aumenta (Figura 2).

Figura 2 – Relação entre umidade e a resistências elétrica dos grãos



Fonte: (BRIGGS, 1908).

A capacitância é uma grandeza física que mede a quantidade de energia que um dispositivo pode armazenar (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013) através do acúmulo do desequilíbrio interno de cargas elétricas. O capacitor é um dispositivo elétrico, formado por dois condutores, isolados entre si por uma distância, sem nenhuma substância (vácuo) ou preenchida por algum material (dielétrico) onde se encontram as cargas elétricas, sujeitas a uma diferença de potencial (TONG, 2018). Segundo Gao et al. (2017), o método de capacitância é amplamente utilizado na medição de umidade em materiais dielétricos devido à sua simplicidade e precisão, sendo empregado em diversas áreas, como agricultura e monitoramento ambiental. A

figura a seguir mostra um equipamento que utiliza a capacitância para mensurar a umidade.

Figura 3 – Analisador de umidade que utiliza o princípio da capacitância



Fonte: Informativo Gehaka. Disponível em: <https://www.gehaka.com.br>.

A fabricante Gehaka afirma que este modelo utiliza a tecnologia chamada de *Flow thru*, em que não existe a necessidade da pesagem externa da amostra, pois as correções de temperatura e massa são executadas automaticamente, sem o uso de nenhum outro recurso, nem tabelas adicionais. As curvas de calibração de cada cereal disponível para análise foram obtidas nos laboratórios da empresa fabricante, utilizando amostras colhidas de diversas áreas de plantio. Com a utilização do método padrão de estufa como testemunha, foram criadas as escalas de medida de cada produto. Essas curvas foram transferidas para a memória do aparelho portátil e são facilmente identificadas pelo nome do produto e sua versão, permitindo que sejam feitas medidas rápidas, ou seja, em menos de 40 segundos. O aparelho dispõe de uma balança eletrônica, que mede a massa da amostra; um termômetro digital incorporado que mede a temperatura da amostra dentro da câmara e temperatura do aparelho, e um capacímetro, que indica o percentual de umidade para mais adiante sofrer as correções dos outros parâmetros. Todos esses componentes são gerenciados por um microprocessador interno de última geração. Isso faz com que seu programa execute todos os cálculos necessários, resultando em leituras extremamente confiáveis e repetitivas. Após simplesmente selecionando o produto, derramando a amostra da Cuba de Pesagem do aparelho, até ele soar um som, que indica os dados da amostra serão efetuadas, apresentado por fim, o teor de umidade automaticamente (GEHAKA, 2016).

Antunes (2023) defende que devido seu sistema automático, este medidor de umidade realiza seu trabalho em poucos segundos. Ele também conta com um sistema

de autoajuste, garantindo que diversos fatores que podem interferir no resultado da medida de umidade sejam eliminados. As curvas de calibração de cada tipo de grão são obtidas com base na metodologia padrão de estufa, obedecendo rigorosamente a regulamentação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia); as escalas contidas no aparelho são testadas e validadas anualmente em laboratório.

Embora os métodos indiretos de medição do teor de umidade das sementes ofereçam vantagens em termos de praticidade e rapidez, é importante ressaltar que eles podem estar sujeitos a algumas limitações. Fatores como a heterogeneidade das sementes e a influência de contaminantes podem afetar a precisão desses métodos, e, é essencial validar e calibrar os métodos indiretos utilizando técnicas de referência para garantir resultados precisos e confiáveis (FERREIRA et al., 2019).

Além do mais, a tabela abaixo demonstra de acordo com a Regra de Análise de Sementes (RAS, 2009) o limite de tolerância aceitável para a diferença entre a determinação de umidade na estufa e os métodos alternativos.

Tabela 1 – Limites de tolerância para as diferenças entre a determinação de umidade na estufa e no determinador de umidade.

Palhentas*		Não palhentas	
Média de umidade na estufa	Tolerância	Média de umidade na estufa	Tolerância
< 10,9%	0,5	< 11,3%	0,4
11-12,9%	0,6	11,3-13,7%	0,5
13-14,9%	0,7	13,8-16,2%	0,6
15-16,9	0,8	16,3-18%	0,7
17-18%	0,9		

Fonte: RAS (2009), capítulo 7 Determinação do grau de umidade, TABELA 7.3.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi idealizada, desenvolvida e realizada no laboratório de sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus Araguatins*, instalando-a segundo o delineamento inteiramente Casualizado (DIC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 parcelas. A análise estatística foi realizada com análise de variância e *Scott & Knott* para comparação das médias. Os três tratamentos ou variáveis foram o método padrão da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3$ por 24 h (T1) e os métodos expeditos utilizando o analisador de umidade por resistência (T2) e o medidor de umidade por capacitância (T3).

É importante reiterar que o método padrão da estufa será utilizado como testemunha para os demais métodos expeditos, comparando-os para saber a precisão e confiabilidade.

Para avaliações realizadas em laboratório foram utilizados os seguintes materiais:

Tabela 2 – materiais utilizados na pesquisa

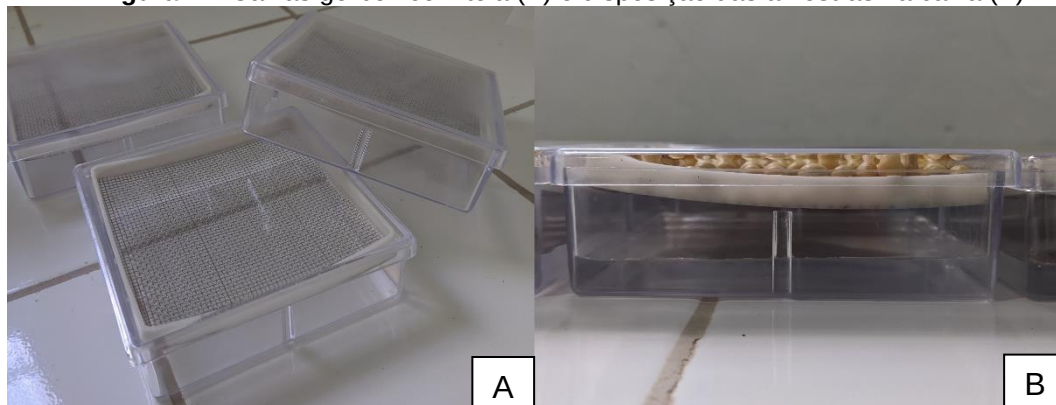
Quantidade	Descrição
01	Estufa de secagem com circulação e renovação de ar;
01	Analisador de umidade com lâmpada halogênica;
01	Medidor de umidade (método expedito)
01	Dessecador de umidade com sílica gel
01	Balança analítica;
01	Incubadora tipo B.O.D;
28	Caixas Gerbox com tela;
01	Termômetro de mercúrio;
07	Bandejas de alumínio;
02	Pinças;
01	Peso de 100 gramas para aferição de balança;
07	Sacos de papel Kraft;
02 kg	Semente de soja;
2 L	Água destilada.

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Inicialmente, é essencial padronizar a umidade das repetições de cada método empregado, assegurando que todos estejam sujeitos às mesmas condições. Para alcançar essa uniformidade, 100 ml de água destilada foram adicionados às caixas Gerbox (Figura 4). Além disso, aproximadamente 80 gramas de sementes de soja foram inseridos nas caixas, com uma tela entre a água e as sementes (Figura 4).

Essas medidas garantem que a umidade seja distribuída de maneira homogênea entre as amostras, promovendo consistência nos resultados obtidos.

Figura 4 – Caixas gerbox com tela (A) e disposição das amostras na caixa (B)



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Logo em seguida, todas as caixas foram inseridas na incubadora B.O.D (figura 5), onde ficaram por um período de 24 h para padronizar a umidade entre as amostras. Para este feito, a incubadora foi regulada em uma temperatura de 25°C.

Figura 5 – Amostras prontas na caixa Gerbox (A) e incubadora LT 320 TFP – II (B)



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024)

Após o período de 24 horas, as amostras foram retiradas da incubadora, pesadas com balança analítica já calibrada e divididas em 21 parcelas, sendo submetidas aos procedimentos exigidos por cada método de mensuração.

3.1 Método da estufa de secagem com circulação e renovação de ar a 105°C por 24 h

O método padrão de análise de sementes é considerado como referência e testemunha para comparação com outros métodos subsequentes. As amostras foram colocadas em bandejas de metal inoxidável e introduzidas em uma estufa previamente aquecida a 105 °C para garantir a estabilização da temperatura (figura 6).

Figura 6 – Estufa de secagem com renovação e circulação de ar utilizada no laboratório de Tecnologia e Produção de sementes do *campus*.



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

As amostras deste tratamento foram dispostas dentro da estufa com a maior uniformidade possível (Figura 7), pois segundo a Associação Internacional De Análise De Sementes (ISTA), para garantir resultados precisos e consistentes na secagem de amostras, é fundamental distribuir uniformemente as amostras dentro da estufa. Uma distribuição desigual pode levar a diferenças significativas nos tempos de secagem e nos resultados, comprometendo a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos.

Figura 7 – Disposição uniforme das amostras dentro da estufa



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo

Posteriormente, as bandejas foram mantidas na estufa por um período de 24 horas, mantendo a temperatura constante em 105 °C, conforme recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).

Após o período indicado, as amostras foram removidas da estufa, colocados em sacos Kraft (Figura 9) e transferidas para um dessecador de umidade contendo sílica gel (Figura 8), para serem resfriadas e evitar que elas absorvam ou liberem umidade para o ambiente. Isso está de acordo com Dubey e Deshmukh (2017), os quais destacam a importância do controle preciso da umidade e salientam que o uso de dessecadores contendo sílica gel é uma prática rotineira e eficaz para garantir condições apropriadas de armazenamento e análise de uma ampla gama de amostras sensíveis à umidade.

Figura 8 – Dessecador de umidade com sílica gel.



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo.

Figura 9 – Sacos Kraft (A) e dessecador de umidade com sílica gel já com as amostras do T1 (B).



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Destarte, o método da estufa consiste em medir a massa inicial da amostra, secá-la completamente para remover toda a umidade e, em seguida, medir a massa seca da amostra. A diferença entre essas duas massas, dividida pela massa inicial da amostra e multiplicada por cem, expressando a porcentagem de umidade em relação à massa inicial da amostra.

3.2 Método expedito com analisador de umidade elétrico por resistência

O analisador de umidade com lâmpada halógena utiliza o princípio da resistência e é um equipamento utilizado para determinar o teor de umidade em uma variedade de materiais. Este tipo de testador é particularmente eficaz na medição precisa da umidade devido ao seu método de secagem por halogênio (DRAWELL, 2022).

Figura 10 – Testador de Umidade Halógeno Série DW-MW



Fonte: Drawell Artist of Science (2024). Disponível em: <https://www.drawellanalytical.com/dw-mw-series-halogen-moisture-tester/>

O funcionamento básico do Testador de Umidade Halogênica envolve o uso de uma lâmpada halógena para aquecer a amostra e evaporar a umidade presente. O analisador de umidade apresenta uma configuração robusta com carcaça de alumínio fundido, lâmpada de halogênio e o sensor HBM colaboram para um aquecimento eficiente e uniforme da amostra, garantindo uma distribuição homogênea de calor. Ele possui câmara de aquecimento de aço inoxidável que oferece um ambiente ideal para o processo de secagem.

O analisador além de oferecer um display LCD com luz de fundo oferece para facilitar a leitura e a interpretação dos dados, também permite o ajuste da temperatura e do tempo de secagem conforme necessário.

Antes do processo de mensurar a umidade das sementes, o analisador de umidade com lâmpada halógena passou por uma calibragem, onde primeiramente resetou-se o analisador e, em seguida, a balança acoplada no próprio analisador de umidade foi tarada com o auxílio de um peso de aferição de 100 g. Após o

equipamento estabilizar foi apresentado no painel do analisador de umidade com balança totalmente zerada e calibrada.

Figura 11 – Testador de Umidade Halógeno iniciando a dessecação da amostra



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Figura 12 – Câmara de aquecimento e lâmpada alógena do analisador



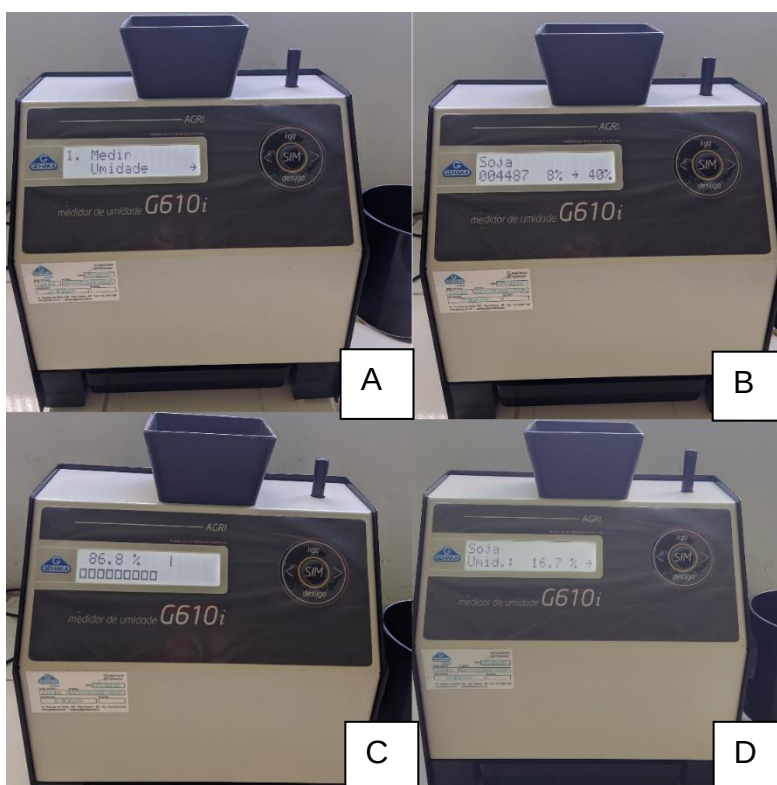
Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

A massa média das amostras utilizadas foram cinco gramas (5g) (Figura 12). O fabricante informa que para utilizar esse equipamento a amostra deve conter uma massa igual ou maior que um grama.

3.3 Método expedito com medidor de umidade elétrico por capacitância

O equipamento baseado na capacitância que foi utilizado é o medidor de umidade portátil (Figura 13), uma opção que simplifica a determinação do nível de umidade em diferentes tipos e espécies de sementes. A fabricante, reitera que não há necessidade de pesar a amostra, porque as correções de temperatura e massa são realizadas automaticamente, dispensando os recursos adicionais. O aparelho possui incluso uma balança eletrônica para medir a massa da amostra, um termômetro digital e um capacitômetro para indicar o percentual de umidade. Tudo controlado por um microprocessador. Destarte, para usar o dispositivo, ele foi ligado, selecionado a função a medir umidade, seguido da seleção da cultura ou tipo de material a ser analisado e por fim, adicionado amostra na cuba de pesagem até atingir o percentual requerido pela própria máquina, despejar a quantidade de amostra dentro do equipamento e obter os dados da amostra, resultando automaticamente na leitura do teor de umidade (Figura 13).

Figura 13 – Medidor de umidade portátil por capacitância e o passo a passo para utilizar o medidor de umidade portátil. Seleção da cultura (A), Seleção da cultura (B), Quantidade requerida pelo método (C), e por fim, obtenção da umidade (D)



Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

A utilização do método medidor de umidade elétrico por capacitância oferece uma série de vantagens, incluindo precisão, conveniência, agilidade na análise, versatilidade e não destrutividade das amostras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos de determinação do teor de umidade estudados apresentaram resultados satisfatórios, com pouca variação entre as parcelas. O método da estufa, padrão e testemunha aos demais métodos demonstrou uma média de 17,38% de umidade, conforme é possível observar na tabela a seguir.

Tabela 3 - Resultados do método padrão da estufa

T1 – Método Padrão Da Estufa 105°C / 24 Horas			
Parcela	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Umidade (%)
1	100,080	82,162	17,90
2	100,007	82,154	17,85
3	100,025	81,727	18,29
4	100,076	82,666	17,39
5	100,050	82,679	17,36
6	100,146	84,755	15,36
7	100,120	84,569	15,53
Média			17,38

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Os resultados dessa análise de umidade indicam uma média de 17.38%, sendo possível observar com algumas variações entre as repetições, porém esta média será utilizada como a testemunha em comparação entre os métodos expeditos.

O método por resistência foi o que apresentou maior variância entre os demais, indicando uma maior sensibilidade na detecção da amostra. O tempo que o aparelho levou para ler cada amostra foi em média de 06 minutos e 08 segundo, percebendo assim a relação de massa e tempo de análise, desse modo, quanto maior for a massa das amostras, maior também será o tempo de dessecação de cada amostra. A Tabela 4 demonstra os resultados obtidos neste tratamento.

Tabela 4: Resultados obtidos através da utilização do método da lâmpada halógena

T2 - Analisador com Lâmpada halógena			
Parcela	Massa (g)	Umidade (%)	Tempo
1	5,03	14,20	05:50
2	5,18	13,00	05:55
3	5,19	14,10	05:40
4	5,14	12,90	06:15
5	5,15	15,95	06:35
6	5,05	15,59	06:30
7	5,14	16,30	06:15
Média	5,12	14,58	06:08

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

É importante ressaltar a variação observada nos valores de umidade encontrados para cada amostra, os quais oscilaram entre 12,90% e 16,30%. Esta variação pode ser atribuída por uma série de fatores, tais como a precisão do método de medição e possíveis variações nas condições experimentais. A umidade média encontrada no método em questão foi de 14,58% de umidade, e quando esta média é comparada ao tratamento anterior houve uma maior incongruência entre os resultados dos dois métodos. Esta discrepância sugere que os valores de umidade obtidos pela lâmpada halógena podem diferir daqueles obtidos por outros métodos de análise de umidade. Essa constatação fica de acordo com as discussões propostas por MORITZ et al., (2012) apresentam a desvantagem de não fornecerem a mesma precisão apesar da agilidade do processo.

Já o método expedito baseado no princípio da capacitância submetido a experimentação apresentou os seguintes resultados:

Tabela 5 - Resultados obtidos através da utilização do método da capacitância.
Medidor por capacitância

Parcela	Umidade (%)	Massa(g)
1	16,60	141,739
2	16,70	142,081
3	16,70	140,328
4	16,40	141,083
5	16,40	142,177
6	16,50	141,186
7	16,40	142,450
Média	16,52	141,578

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Analisando os dados, o tratamento 3 apresenta uma boa uniformidade e consistência nas amostras vistas, o que difere totalmente com o tratamento anterior. Em comparação com método anterior, o da lâmpada halógena, que demonstrou variações nos resultados, o analisador por capacitância se destaca pela sua estabilidade. Além disso, Olivo (2010) confirma evidências de estudos anteriores que indicaram uma boa relação entre umidade e a medida da capacitância tendo grãos de soja como dielétrico e ainda ressalta que apesar da diferença estatística verificada entre a testemunha (105°C/24h) e o medidor de umidade, este método é considerado

vantajoso pela sua rapidez e praticidade na execução, embora, menos preciso comparativamente ao método da estufa.

Com as médias de cada experimento é possível realizar a comparação e análise de variância. A tabela 6 permite realizarmos a comparação entre os tratamentos comparados e a testemunha.

Tabela 6 - Comparação entre as médias obtidas de cada método em estudo

Parcela	Estufa (T1)	Resistência(T2)	Capacitância (T3)
1	17,90	14,20	16,60
2	17,85	13,00	16,70
3	18,29	14,10	16,70
4	17,39	12,90	16,40
5	17,36	15,95	16,40
6	15,36	15,59	16,50
7	15,53	16,30	16,40
Média	17,38	14,58	16,52

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo

Tabela 7 - Estatística Descritiva dos Tratamentos

Tratamentos	Média	Variância	Desv. Padrão	EPM
Estufa (T1)	17,3828571	2,48379048	1,57600459	0,5956737
Resistência (T2)	14,5771429	1,92482381	1,38738020	0,5243804
Capacitância (T3)	16,5285714	0,01904762	0,13801311	0,0521640

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Os resultados obtidos indicam que o método de Resistência aplicado nesses tratamentos excedeu os limites de tolerância estabelecidos pelas RAS, isto é, não demonstrou uma precisão aceitável. Já o método de mensuração por capacitância não excedeu os limites percentuais, sugerindo sua viabilidade como substituto dos métodos da estufa.

Tabela 8: Comparação entre médias dos Tratamentos segundo *Scott & Knott*.

Tratamento	Umidade (%)
T1	17,38 a
T2	14,57 b
T3	16,52 a
Coefficiente de variação	7,5163

*Significância ao nível 5% de probabilidade.

Comparando os tratamentos segundo *Scott & Knott*, é notável a disparidade entre a média do tratamento T2 com os demais, apresentando-se fora da tolerância de 0,7 permitida pela RAS (2009). Conforme a análise, os métodos T1 e T3 são estatisticamente afins.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se então que a alternativa que oferece maior precisão entre os métodos indiretos de análise de umidade em comparação com o método padrão da estufa é o analisador de umidade por capacitância.

REFERÊNCIAS

- ADEMIR, A. et al. **Tecnologia de sementes**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222462/1/p.-293-316-de-SP-17-2020-online.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2023.
- ANTUNES, Marcelo Carvalho. Modelagem matemática e computacional de um medidor de umidade de grãos. 2023.
- AZEVEDO, M. R. de Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. de; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. de. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:119-124, 2008.
- BAKHTAVAR, M. A.; AFZAL, I. Seed storage and longevity: mechanism, types and management. In: *Advances in Seed Production and Management*. Springer, Singapore, 2020. p. 451-468.
- BONATO, Emidio Rizzo; BONATO, Ana Lidia Variani. A soja no Brasil: história e estatística. 1987.
- BOX, G. E. P., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (1978). *Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*. John Wiley & Sons.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRASIL, Roseane. Aspectos botânicos, usos tradicionais e potencialidades de *Azadirachta indica* (NEEM). **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.
- Brown, P., & Mayer, J. E. (2020). Seed Germination and Vigor Testing. In P. Brown & J. E. Mayer (Eds.), *Seed Testing: Principles and Practices* (pp. 109-132). CABI.
- COCHRAN, W. G., & Cox, G. M. (1957). *Experimental Designs*. John Wiley & Sons.
- DALL'AGNOL, Amélio. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições / Amélio Dall'Agnol. – Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- DOS SANTOS MORAES, Wendel et al. Delineamento em blocos casualizados nas pesquisas em ciências agrárias: Uma revisão integrativa de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e53510817616-e53510817616, 2021.

Ferreira, L. M. et al. (2019). Avaliação de métodos para determinação do teor de água em sementes de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(5), 351-356.

Gomes, M. M. A., & Silva, J. M. (2018). Influence of Seed Moisture Content on Physical and Physiological Quality in Two Soybean Cultivars. *Journal of Seed Science*, 40(2), 205-213.

Jones, H. A., Peterson, C. E., & Alley, H. P. (2017). *Plant Propagation*. Pearson.

JÚNIOR¹, Jorge Gonçalves Lopes et al. Determinação da Curva de Umidade do Grão de Milho Por Medida de Capacitância.

MANUAL de instruções Medidor de umidade de grãos. GEHAKA, 2016. Disponível em: Acesso em: 05/10/2023.

Martins, L. M. V., et al. (2021). Seed Quality of Corn in Different Harvesting Periods and Drying Conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 16(3), 298-304.

MONTGOMERY, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.

MORITZ, Aline et al. Comparação de métodos para a determinação do teor de umidade em grãos de milho e de soja. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 2, p. 145-154, 2012.

NELSON, S.O., GUO, W.C., TRABELSI, S.; KAYS, S.J., Dielectric spectroscopy of watermelons for quality sensing. *Measurement Science and Technology*, IOP Publishing, v. 18, n. 7, p. 1887, 2007.

OLIVO, T. E. Determinação da umidade da soja por medida capacitiva. 2010. 78 p. Dissertação (Mestrado em Concentração em Sistemas Eletrônicos) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

Pereira, G. M., et al. (2019). Storage and Physical-Physiological Quality of Hybrid Maize Seeds as a Function of Harvest Period and Drying. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(1), 161-174.

Pinto, F. et al. (2015). Determinação do teor de água de sementes de feijão pelo método de condutividade elétrica. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 2802-2813

Rodrigues, M. A. et al. (2017). Medição da umidade em sementes de feijão por meio de métodos elétricos. *Revista Agrotecnologia*, 8(1), 43-51.

Silva, R. A. et al. (2018). Aplicação de métodos não destrutivos para a determinação do teor de umidade em sementes de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(11), 744-749.

PUZZI, D. *Abastecimento e Armazenagem de Grãos*, Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986.

TEJO, Débora Perdigão; FERNANDES, CH Dos S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista científica eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.