

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ROGER ARAUJO KIN**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM  
GRÃOS: ARROZ (*Oryza sativa L.*), FEIJÃO (*Faseolus vulgaris*) E MILHO (*Zea  
mays*)**

**Itaqui  
2015**

**ROGER ARAUJO KIN**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM  
GRÃOS: ARROZ (*Oryza sativa* L.), FEIJÃO (*Faseolus vulgaris*) E MILHO (*Zea  
mays*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Agronomia da Universidade  
Federal do Pampa, como requisito parcial  
para obtenção do Título de **Engenheiro  
Agrônomo**.

Orientador: Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva

**Itaqui  
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

K51a Kin, Roger Araujo  
Avaliação de métodos para determinação de umidade em grãos:  
Arroz (*Oryza sativa* L.), Feijão (*Faseolus vulgaris*) e Milho  
(*zea mays*) / Roger Araujo Kin.  
31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, BACHARELADO EM AGRONOMIA, 2015.

"Orientação: Leomar Hackbart da Silva".

1. Grãos. 2. Micro-ondas. 3. Métodos rápidos. I. Título.

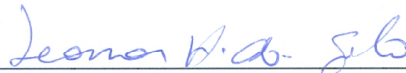
ROGER ARAUJO KIN

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM  
GRÃOS: ARROZ (*Oryza sativa* L.), FEIJÃO (*Faseolus vulgaris*) E MILHO (*Zea  
mays*)**

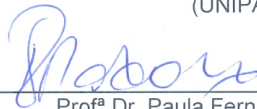
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Agronomia da Universidade  
Federal do Pampa (UNIPAMPA), como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 /07/ 2015.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva  
Orientador  
(UNIPAMPA)



Profª Dr. Paula Fernanda Pinto da Costa  
(UNIPAMPA)



Prof. Msc. Lucian Del Fabbro  
(UNIPAMPA)

---



## **AGRADECIMENTO**

A Deus pela existência.

Aos meus pais Teresinha Cledi Araujo Kin e Vivaldino Kin mesmo não estando vivos, estão sempre comigo nos ensinamentos durante minha vida.

A Emiliane Rodrigues Gavião minha companheira por estar presente em todas as dificuldades que passei em minha vida estando sempre ao meu lado, muitas vezes não falando o que queria ouvir, mas sim o que precisava.

Ao meu Tio Adir Araujo pelo papel que assumiu quando não tinha mais parentes próximos, é uma referência do homem.

Aos amigos que tenho, pois são irmãos escolhidos e que tenho admiração por cada um mesmo não convivendo diariamente sabem da sua importância.

Aos colegas tanto do trabalho quanto da faculdade que sempre estiveram presentes e encorajando-me estrada de aprendizagem.

Aos professores que não se limitaram apenas em transmitir ensinamentos e tornaram-se amigos os quais sei que torcem por mim e nunca serão esquecidos.

E a Unipampa por possibilitar meu aprendizado no Campus Itaqui.

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem nem as mais inteligentes, e sim as mais suscetíveis a mudanças.”

Charles Darwin

## **Apresentação**

Trabalho de conclusão de curso de Agronomia em forma de artigo,  
**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM GRÃOS:  
ARROZ (*Oryza sativa L.*), FEIJÃO (*Faseolus vulgaris*) E MILHO (*Zea mays*).**  
Roger Araujo Kin<sup>1</sup>, Leomar Hackbart da Silva<sup>2</sup>



## Resumo

### **AValiação de métodos para de determinação de umidade em grãos: arroz (*Oryza sativa* L.), feijão (*Faseolus vulgaris*) e milho (*Zea mays*)**

Autor : Roger Araujo Kin

Orientador: Leomar Hackbart da Silva

Itaqui, 13 de julho de 2015

A avaliação do grau de umidade dos grãos é fator determinante na deterioração, assim a necessidade de quantificar os níveis de umidade influencia o processo desde a colheita, armazenamento e industrialização. Objetivou-se com este trabalho comparar a eficiência dos métodos rápidos para determinar o grau de umidade de grãos (arroz, feijão e milho) e fazer a comparação com o método padrão em estufa. As amostras de grãos de arroz, feijão e milho foram padronizadas em umidades de 11, 14, 17, 20, 23% que abrangem uma ampla escala de umidade comumente observada no processamento de grãos. As amostras foram submetidas a quatro métodos para determinar a umidade. (I) Método oficial em estufa; (II) Micro-ondas, aplicando a potência de 400 W; (III) Medidor de umidade pelo princípio da transmitância e (IV) Medidor de umidade pelo princípio da capacitância. Os resultados indicam que no caso do arroz os teores de umidade determinados por transmitância, não apresentaram diferença significativa com os observados em estufa. Enquanto, que os obtidos por capacitância apresentaram variação significativa, indicando a necessidade de calibração. O tempo de aplicação de micro-ondas foi influenciado pela umidade, grãos com umidade de 11% foram necessários 10 min e na faixa de 14 a 23% de umidade, este tempo foi de 12 min, para se obter resultados semelhantes aos encontrados em estufa. No caso do feijão e do milho não houve variação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os resultados obtidos pelos métodos rápidos e os da estufa, ou seja, o uso de transmitância, capacitância e/ou micro-ondas foi eficiente para obter valores de umidade semelhantes aos encontrado na estufa, porém em menor tempo, o que facilita a logística no processamento da indústria.

**Palavras chave:** Qualidade, Métodos rápidos, Grãos, Micro-ondas.

## Abstract

### **METHODS FOR ASSESSMENT OF MOISTURE DETERMINATION IN GRAINS: Rice (*Oryza sativa* L.), COMMON BEAN (*Faseolus vulgaris*) AND MAIZE (*Zea mays*)**

Author: Roger Araujo Kin

Advisor: Leomar Hackbart da Silva

Itaqui, July 13, 2015.

The analysis of the moisture of grains is a determining factor in the control of deterioration, so the need to analysis of moisture influences the process from harvesting, storage and processing. The aim of this study was to compare the efficiency between rapid methods and the standard method (oven) to determine the moisture of grains (rice, common bean and maize). Samples of grains of rice, beans and maize were adjusted to different moisture levels (11, 14, 17, 20, and 23%) as those widely observed in the processing of grains. The samples were subjected to four different methods to determine of moisture: (I) official method in oven; (II) Microwave oven, applying the power of 400 W for different times (10, 12, and 14 minutes); (III) Grain moisture meter for the principle of transmittance and (IV) Grain moisture meter for the principle of capacitance. The results indicates that for the rice the moisture content determined by transmittance, showed no significant difference with those observed in the official method, while those obtained by capacitance varied significantly, indicating the need for calibration. The variation of time of microwave was influenced by moisture, where grains with 11% of moisture needs 10 min for time of exposition and the range of 14 to 23% moisture needs 12 min, to obtain results similar to those in oven. For beans and maize no significant variation ( $p < 0.05$ ) were observed between results obtained by rapid methods and the oven. The use of rapid methods such as microwave, transmittance or capacitance proved to be efficient and reliable, besides being obtained in less time, facilitating routine and logistics of food processing industries.

**Keywords:** Quality, rapid methods, Grains, Microwave.

## Sumário

Introdução.....	01
Objetivo.....	02
Material e métodos.....	02
Resultados e discussões.....	07
Conclusão.....	16
Referencias Bibliográficas.....	17
Anexos.....	19

## Listas de Figuras

Figura 01: Estufa utilizada na secagem das amostras.....	04
Figura 02: Micro-ondas utilizado na determinação de umidade.....	05
Figura 03: Determinador de umidade por transmitância (Universal).....	05
Figura 04: Determinador de umidade por capacitância (Digital) .....	06
Figura 05: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 10 minutos.....	08
Figura 06: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 12 minutos.....	08
Figura 07: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 14 minutos.....	09
Figura 08: Relação entre umidade estufa e determinador digital.....	09
Figura 09: Relação entre umidade estufa e determinador universal.....	09
Figura 10: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 10 minutos.....	11
Figura 11: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 12 minutos.....	11
Figura 12: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 14 minutos.....	12
Figura 13: Relação entre umidade estufa e determinador digital.....	12
Figura 14: Relação entre umidade estufa e determinador universal.....	12
Figura 15: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 10 minutos.....	14
Figura 16: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 12 minutos.....	14
Figura 17: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 14 minutos.....	14
Figura 18: Relação entre umidade estufa e determinador digital.....	15
Figura 19: Relação entre umidade estufa e determinador universal.....	15

## **Listas de tabelas**

Tabela 01 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de **arroz**, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105°C/24h.....07

Tabela 02 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de feijão, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105 °C/24 h.....10

Tabela 03 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de **milho**, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105 °C/24 h.....13

## 1 Introdução

A umidade é fator determinante em todas as etapas do processamento dos grãos, seja para colheita, armazenagem e estende-se até o processamento onde a industrialização. Em 1956, as regras de armazenagem foram instituídas no Brasil porém os laboratórios não se encontravam equipados para seguir os métodos adotados pelas Regras Internacionais, as metodologias foram estabelecidas de acordo com as condições e possibilidades dos laboratórios naquela ocasião, conforme esclarecimentos no prefácio das RAS (BRASIL, 2009).

O método oficial até o presente momento para análise e calibração de equipamentos é o da estufa a 105°C por 24 horas, assim cada tipo de grão depende da espécie e se inteiro ou fracionado, sendo calculado valores de umidade pela capacidade de perdas de água pela diferença de peso de massa úmida e posterior massa seca. Outras metodologias que utilizam a estufa como base, variando tempo de exposição e tipo de grão, assim segundo regras de análise de sementes (BRASIL, 2009), estufa 130 – 133 °C por períodos diferentes como quatro horas para milho, duas horas para outros cereais e um hora para outras espécies.

Na análise de umidade por métodos rápidos, como os determinadores de transmitância e capacitância onde se entende medidor universal e digital, medem-se valores de umidade pela capacidade de transmissão de uma corrente elétrica pela amostra analisada, assim obtendo valores próximos ao da estufa em menor temperatura, porém susceptível nas variações nos resultados, como por exemplo, como no universal, em que após a determinação existe necessidade de ajustar o valor conforme tabela anexa ao manual e quando em grandes quantidade de amostragem o fator humano pode ser acrescentado devido a exercer força para compressão das amostras e assim ocorrer diferenças na compressão, no caso do determinador digital a variação pode ocorrer se o aparelho for usado em bateria, onde o nível de carga afeta a determinação.

Devido à facilidade de uso, os métodos indiretos, são amplamente utilizados no controle da secagem, armazenagem e transações comerciais. Entretanto, devido

à sua maior confiabilidade, os métodos oficiais são empregados como padrão para a aferição periódica dos métodos indiretos (DALPASQUALE, 2002).

O princípio básico das microondas é o cozimento por vibração molecular, essas ondas penetram superficialmente nos alimentos, numa profundidade que varia de 2 a 4 centímetros, fazendo vibrar as moléculas de água, gordura e açúcar assim aquecendo-se. O calor é transmitido entre moléculas mais profundas por condução, ou seja, as moléculas que vibram, chocam-se com as outras, fazendo-as vibrar. Para método de microondas deve-se analisar a forma utilizada que consiste na perda por dessecação assistida pela radiação de microondas, assim acelerando o a perda de água dos grãos conforme BIZZI et al. (2011) adaptaram um forno de micro-ondas doméstico para a uso em sacarídeos. Por ainda não haver uma metodologia oficial a ser seguida em comparação aos métodos já mencionados, por ser um método de tempo e custo menor.

## **2 OBJETIVO**

Objetivou-se com este estudo comparar a eficiência dos métodos alternativos e uso de micro-ondas para determinar o grau de umidade de grãos (arroz, feijão e milho) e fazer a comparação com o método padrão em estufa.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Material**

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Processamento de Alimentos II da UNIPAMPA – Campus Itaqui. Foram utilizadas amostras de arroz em casca, feijão e milho, adquiridos no comércio local de Itaqui.

## 3.2 Metodologia

### 3.2.1 – Preparo e condicionamento das amostras

O condicionamento das amostras foi realizado a partir do ajuste da umidade inicial, determinada pelo método oficial: determinou-se o teor de umidade inicial de cada grão, pelo método oficial em estufa, amostras de 20g foram secas a temperatura de  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 h (BRASIL, 2009).

As amostras dos grãos foram condicionadas em diferentes graus de umidade, divididas em 5 subamostras de 1500 g cada, nas faixas de: 11, 14, 17, 20 e 23% de umidade, conforme descrito na Equação 01.

**Quantidade de água** =  $\frac{((100 - \text{umidade inicial}) / (100 - \text{umidade final}) - 1) \times \text{peso do produto}}{\text{-----}}$  (Equação 01)

Após o condicionamento das amostras em diferentes graus umidade os grãos foram colocados em embalagens de polietileno de alta densidade armazenadas por 24 horas a temperatura  $8^{\circ}\text{C}$ , sob-refrigeração e posteriormente foram avaliadas quanto ao grau de umidade a 4 métodos alternativos para determinar a umidade. (I) Método oficial em estufa (BRASIL, 2009), (II) Uso do aparelho de micro-ondas, aplicando a potência de 400 W, sob diferentes tempos (10, 12 e 14 min), (III) Medidor de umidade pelo princípio da transmitância (medidor de umidade universal) e (IV) Medidor de umidade pelo princípio da capacitância (medidor digital).

### 3.2.2 – Determinação do Grau de Umidade

#### 3.2.2.1 Método Oficial em Estufa

Foi utilizado o método padrão de estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas, com triplicatas de 20 g de cada grão, nas diferentes faixas de umidade (Figura 01). Os resultados foram expressos em porcentagem utilizando-se a Equação 01 (BRASIL, 2009).

$$\% \text{ umidade} = \frac{((\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}) \times 100}{\text{-----}} \text{ (01)}$$





Figura 01: Estufa utilizada na secagem das amostras

### 3.2.2.2 Uso do aparelho de micro-ondas

A determinação da umidade pelo uso de microondas foi utilizado aparelho de uso doméstico na potencia 400 W, pesou-se amostras de 20 g de dada grão, em placas de petri previamente taradas, as quais foram distribuídas uniformemente no interior do aparelho, sendo aplicado diferentes tempos (10, 12 e 14 min) definidos em testes pré-liminares e evidenciados na Figura 02. Os resultados foram obtidos pela diferença de peso entre a amostra úmida e a seca no microondas e expressos em porcentagem. Os testes foram realizados em triplicata.



Figura 02 Micro-ondas utilizado na determinação de umidade.

### 3.2.2.3 Determinador de umidade pelo princípio da transmitância.

A avaliação da umidade (Figura 03) pelo princípio da transmitância (medidor de umidade universal) foi realizada utilizando-se 50g de amostra de arroz em casca e comprimida até 550 conforme escala de espessura do equipamento, subtraindo-se 1,2 pontos do valor final. Para o feijão foram utilizadas 50 g e comprimiu-se até 375 conforme escala de espessura do equipamento e para o milho foram utilizadas 60 g com compressão de 575 conforme escala de espessura do equipamento, para umidade até 22% e 560 de compressão para uma umidade superior a 22%, conforme o manual do fabricante.



Figura 03 Determinador de umidade Universal

#### **3.2.2.4 Medidor de umidade pelo princípio da capacitância**

O medidor de umidade por transmitância conforme Figura 04 utiliza-se amostra de 142 gramas para obtenção de valores de umidade e temperatura atual. Para umidade acima de 22%, o equipamento solicitará que a amostra seja medida novamente repetindo por 3 vezes para garantir a precisão da leitura, conforme especificações do fabricante do aparelho.



Figura 04 Determinador de umidade capacitância (digital)

### 3.2.3 Análise Estatística

Os resultados obtidos nos experimentos foram avaliados com auxílio do programa ACTION, que funciona em conjunto ao Microsoft Office versão 2007, os testes foram em delineamento inteiramente casualizados, sendo aplicado o teste de Dunnett com nível de significância de 5% para avaliar as diferenças entre os métodos rápidos e o oficial (padrão), empregados na determinação do grau de umidade dos grãos. As tabelas geradas na análise estatística estão apresentadas no Anexo I.

A partir dos dados obtidos dos métodos rápidos que não diferiram estatisticamente do método oficial foram construídas as regressões.

## 4 Resultados e Discussão

Na Tabela 01 estão apresentados os valores de umidade de grãos de arroz em casca obtidos pelos métodos diretos (estufa e microondas por 10, 12 e 14 min) e indiretos, medição por transmitância (medidor de umidade universal) e capacitância (medidor digital). Todas as etapas de coleta, manipulação e avaliação das amostras seguiram rigorosamente os padrões de determinação de umidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. (BRASIL, 2009).

Observa-se que para o arroz, os teores de umidade determinados pelo método de transmitância, não apresentaram diferença significativa com os valores encontrados pelo método em estufa. No entanto, os resultados encontrados no medidor de umidade digital, por capacitância, apresentaram variações significativas, quando comparados com os valores obtidos pelo método de transmitância e na estufa. Indicando que o equipamento utilizado necessita de uma calibração para este grão.

No caso da utilização do forno de microondas, observou-se que o teor de umidade das amostras influenciaram o tempo de exposição a ação de microondas. Os grãos com umidade de 11% foi necessário apenas 10 min, enquanto que amostras na faixa de 14 a 23% de umidade, este tempo foi de 12 min, para se obter resultados semelhantes aos encontrados pelo método em estufa. Raschen et al (2014) testaram principais formas de utilização da metodologia, porém não obtiveram valores referenciais para conclusão de que o método fosse utilizado aos grãos de arroz branco e polido como esperado.

Tabela 01 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de arroz, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105 °C/24 h.

Tratamento	Umidade (%)				
	11%	14%	17%	20%	23%
T1 Estufa	10,96±0,06	13,78±0,10	17,31±0,16	20,12±0,02	22,69±0,05
T2 Micro 10 min.	10,80±0,7	12,83±0,88 <sup>NS</sup>	14,17±0,80*	19,68±0,08 <sup>NS</sup>	19,36±0,38 *
T3 Micro 12 min.	12,51±0,72 *	13,77±0,31 <sup>NS</sup>	17,02±0,39 <sup>NS</sup>	18,60±0,43 <sup>NS</sup>	22,54±0,95 <sup>NS</sup>
T4 Micro 14 min.	ND	15,28±1,01*	16,15±0,13 <sup>NS</sup>	20,00±0,67 <sup>NS</sup>	22,03±0,62 <sup>NS</sup>
T5 Digital	12,53±0,35 *	15,33±0,20 <sup>NS</sup>	18,33±0,25 <sup>NS</sup>	21,47±0,61 <sup>NS</sup>	23,90±0,26 <sup>NS</sup>
T6 Universal	11,67±0,15	14,23±0,95 <sup>NS</sup>	16,37±0,11 <sup>NS</sup>	19,43±1,21 <sup>NS</sup>	20,90±0,1 <sup>NS</sup>

\*Média aritmética de 3 repetições ± Desvio padrão grifadas com (\*) na coluna apresentam diferença estatística ao nível de significância de 5% pelo teste de Dunnet, ND- Não foi

possível determinar a umidade dos grãos nessa condição do experimento. NS – não apresentaram diferença significativa entre as amostras, na colona.

Nas Figuras 05 a 09 estão apresentadas as equações de regressão linear e os coeficientes de determinação obtidos ao se correlacionar os teores de umidade pelo método padrão de estufa e os métodos rápidos, sob as diferentes faixas de umidades das amostras de arroz.

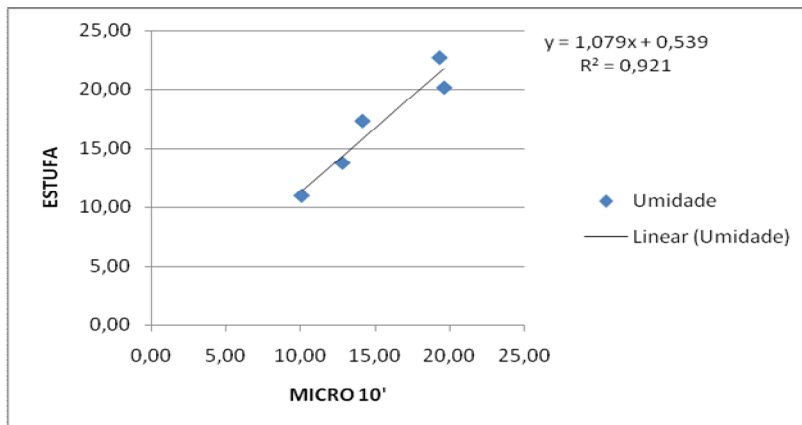


Figura 05: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 10 minutos.

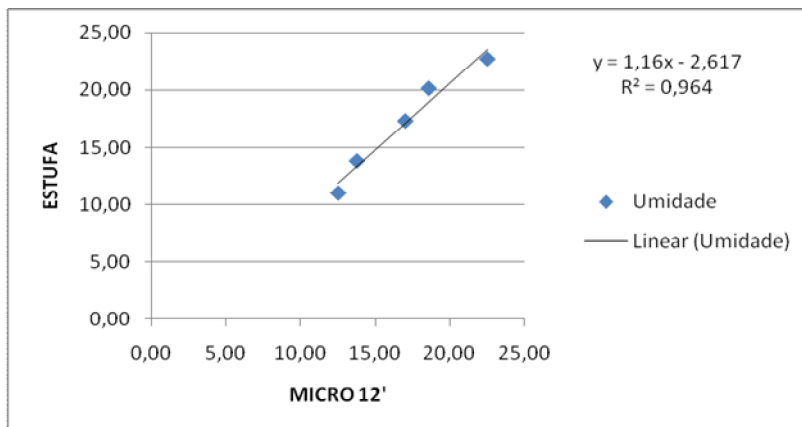


Figura 06: Relação entre umidade estufa e micro-ondas a 12 minutos.

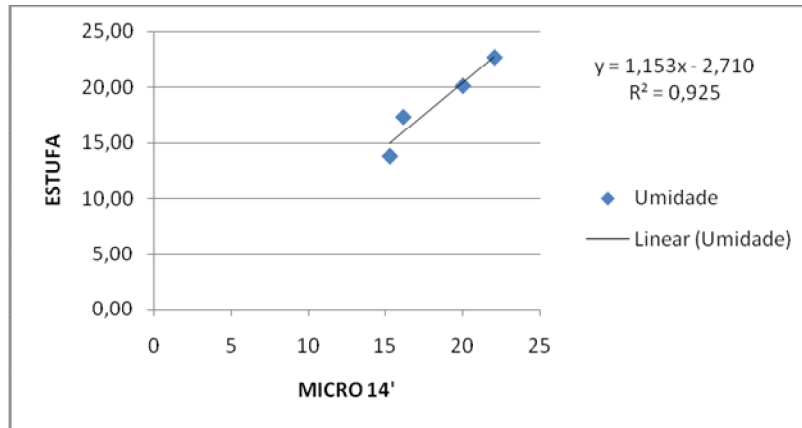


Figura 07: Relação entre umidade estufa e microondas a 14 minutos.

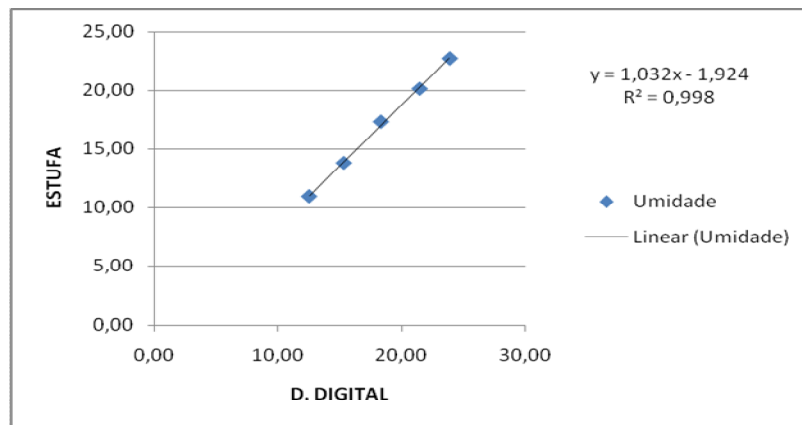


Figura 08: Relação entre umidade Estufa e Determinador de Umidade Digital.

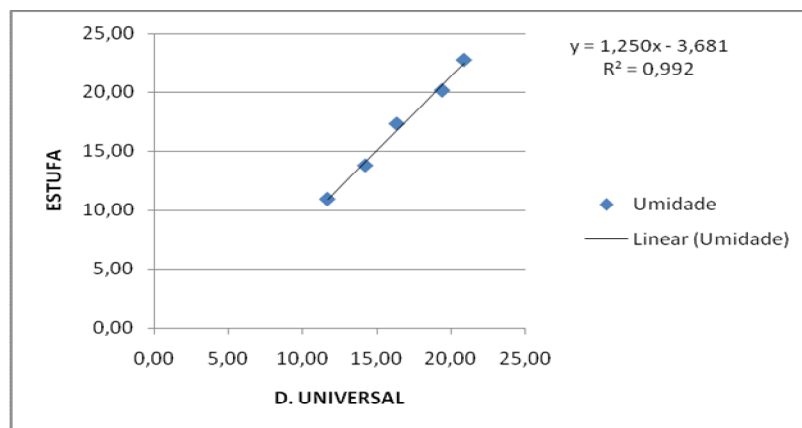


Figura 09: Relação entre umidade estufa e Determinador de Umidade Universal.

Em todas as faixas de umidades foram obtidas equações lineares cujo coeficiente de variação ficou entre 0,92 e 0,99. Pode-se observar pelas retas

obtidas, Figuras 05 a 09, que em todas as umidades estudadas o método de micro-ondas foi eficiente para a remoção de água, apresentando um padrão crescente e proporcional à quantidade de água presente na amostra. O fator tempo é essencial para a aplicação do método de micro-ondas. Primeiramente, para evitar-se a destruição das amostras pela exposição prolongada à radiação (Casada et al. 1983) e ao mesmo tempo para promover a elevação da temperatura do produto e a vaporização da água, ou seja propiciar a transformação do calor sensível em calor de vaporização (Broocker et al, 1974). Parâmetros de tempo também defendidos por Raschen et al (2014), onde uma correlação entre métodos de estufa e micro-ondas de 29 vezes menor que o tempo de estufa.

Na Tabela 02 estão apresentados os valores de umidade de amostras de feijão obtidos pelos métodos diretos (estufa e microondas por 10 ,12 e 14 min) e indiretos, medição por transmitância e capacitância. Observa-se que de modo geral não houve variação significativa entre os valores de umidade encontrados pelo método da estufa em comparação com os observados nos demais métodos utilizados (microndas, campacitância e transmitancia).

CAMPOS e TILMANN (1996) constataram em estudo de comparação entre metodos oficiais utilizados para determinação de teor de umidades de cinco especies vegetais que existe diferença quando exposto a temperaturas diferentes em estufa.

Tabela 02 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de feijão, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105 °C/24 h

Tratamento	Umidade (%)					
	11%	14%	17%	20%	23%	
T1 Estufa	11,25±0,04	14,41±0,57	16,84±0,26	19,23±0,12	23,79±1,10	
T2 Micro 10 min.	12,03±0,42*	13,60±0,71 <sup>NS</sup>	17,33±0,80 <sup>NS</sup>	20,78±0,61 <sup>NS</sup>	23,67±0,72	
T3 Micro 12 min.	11,16±0,50	13,33±0,64	17,07±0,90	20,78±0,61	22,91±0,85	
T4 Micro 14 min.	11,57±0,41	14,19±0,53	17,39±0,54	20,55±0,87	24,04±0,62	
T5 Digital	11,60±0,00	13,57±0,06	16,57±0,20	18,83±0,11	21,23±1,30*	
T6 Universal	11,80±0,10	14,73±0,06	17,87±0,15	21,03±0,23	23,90±0,1	

\*Média aritmética de 3 repetições ± Desvio padrão grifadas com (\*) na coluna, apresentam diferença estatística ao nível de significância de 5% pelo teste de Dunnet. NS – não apresentaram diferença significativa entre as amostras, na colona.

Nas Figuras 10 a 14 estão apresentadas as equações de regressão linear e os coeficientes de determinação obtidos ao se correlacionar os teores de umidade pelo método padrão de estufa e as porcentagens de água retirada pelo micro-ondas, método de transmitância e capacitância, sob as diferentes faixas de umidades das amostras de grãos de feijão. Observa-se que os coeficientes de variação variaram entre 0,992 a 0,999 nas diferentes amostras. Isto indica que os valores de umidade dos grãos de feijão encontrados utilizando-se os métodos rápidos foram semelhantes aos observados na estufa, porém com significativa redução do tempo de execução da análise.

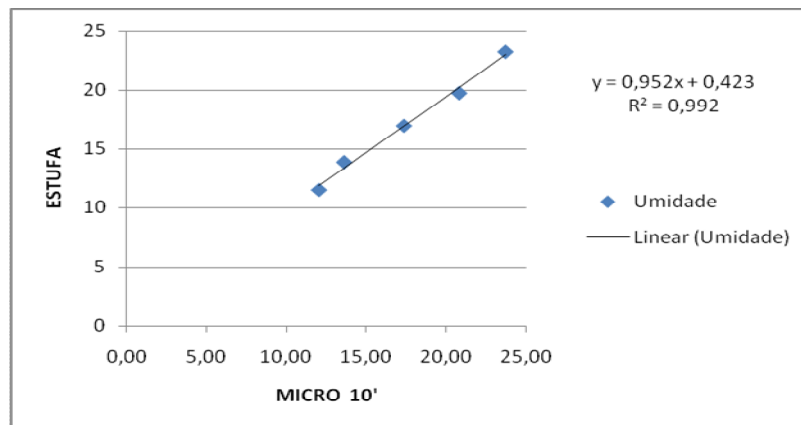


Figura 10: Relação entre umidade Estufa e microondas a 10 minutos.

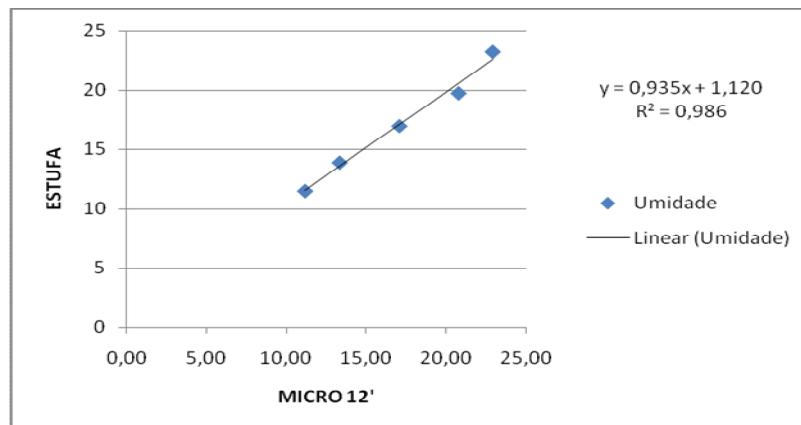


Figura 11: Relação entre umidade Estufa e microondas a 12 minutos.



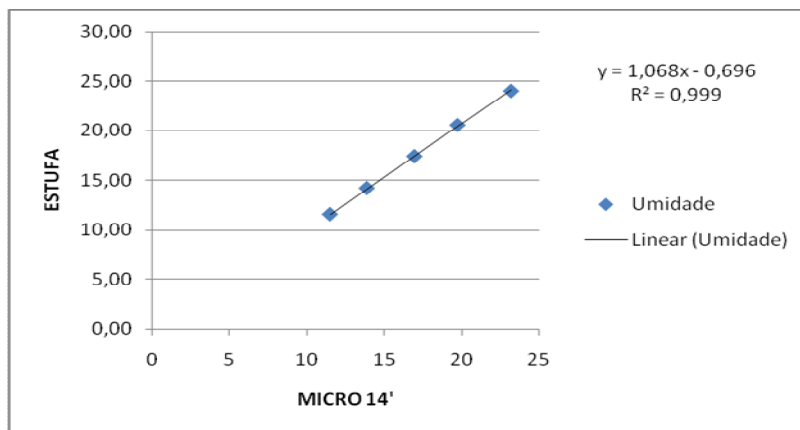


Figura 12: Relação entre umidade Estufa e microondas a 14 minutos.

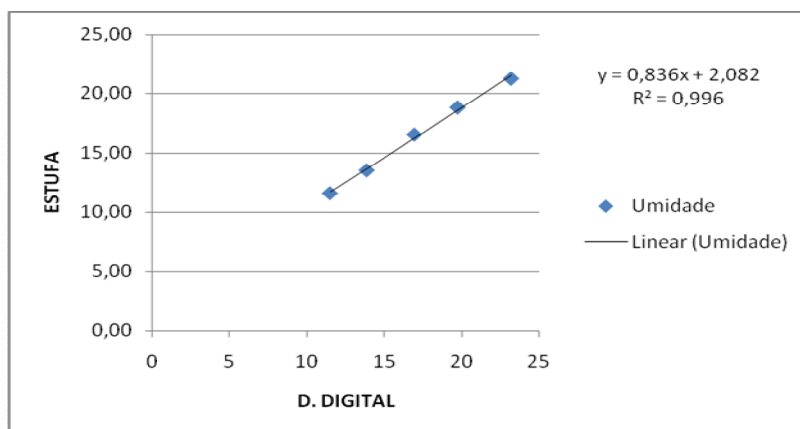


Figura 13: Relação entre umidade Estufa e Determinador de Umidade Digital.

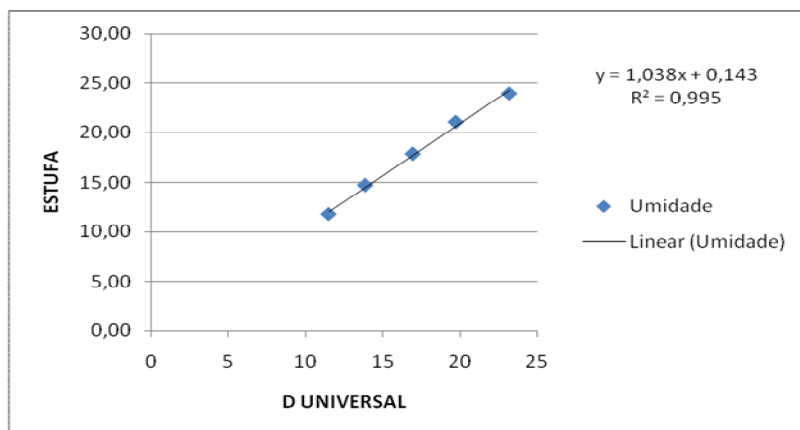


Figura 14: Relação entre umidade Estufa e Determinador de umidade Universal.

Na Tabela 03 estão apresentados os valores de umidade de amostras de milho obtidos pelos métodos diretos (estufa e microondas por 10 ,12 e 14 min) e indiretos,

medição por transmitância e capacitância. Observa-se que não houve variação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os valores de umidade encontrados pelo método da estufa em comparação com os observados nos demais métodos utilizadas (microndas, capacitância e transmitância). Este comportamento também pode ser observado nas Figuras 15 a 19 que apresentam as equações lineares e os coeficientes de regressão (0,92 a 0,99) obtidos da comparação entre os valores de umidades encontrados na estufa os dos métodos rápidos.

As amostras de milho devem ser dispostas para que não ocorra a formação de *hot spot's* que causariam uma perda de massa e também possível escurecimento Raschen et al (2014).

Tabela 03 – Comparação entre os valores de umidade em grãos de milho, utilizando diferentes métodos rápidos e o método oficial de estufa a 105 °C/24 h

Tratamento	Umidade (%)				
	11%	14%	17%	20%	23%
T1 Estufa	11,51±0,09	13,89±0,14	16,97±0,18	19,76±0,85	23,21±0,90
T2 Micro 10 min.	12,65±1,68 <sup>NS</sup>	13,51±0,20	17,82±0,20 <sup>NS</sup>	20,04±1,39 <sup>NS</sup>	23,08±0,79 <sup>NS</sup>
T3 Micro 12 min.	11,49±1,13	15,04±1,50	17,34±0,84	20,17±0,51	22,61±1,79
T4 Micro 14 min.	12,29±0,71	13,85±0,38	17,44±1,05	20,84±1,07	23,32±0,72
T5 Digital	11,97±0,06	14,63±0,21	16,80±0,55	20,43±0,37	23,53±0,80
T6 Universal	11,87±0,06	14,77±0,15	17,67±0,20	20,60±0,43	23,50±0,43

\*Média aritmética de 3 repetições ± Desvio padrão grifadas com (\*) apresentam diferença estatística ao nível de significância de 5% pelo teste de Dunnet, NS – não apresentaram diferença significativa entre as amostras, na coluna.

A umidade de 23% é considerada mais alta para equipamentos como determinador de umidade universal onde poderia apresentar erros dos valores, porém nesse caso não foram encontradas diferenças e ficando muito próximas aos valores de equipamentos e métodos utilizados.

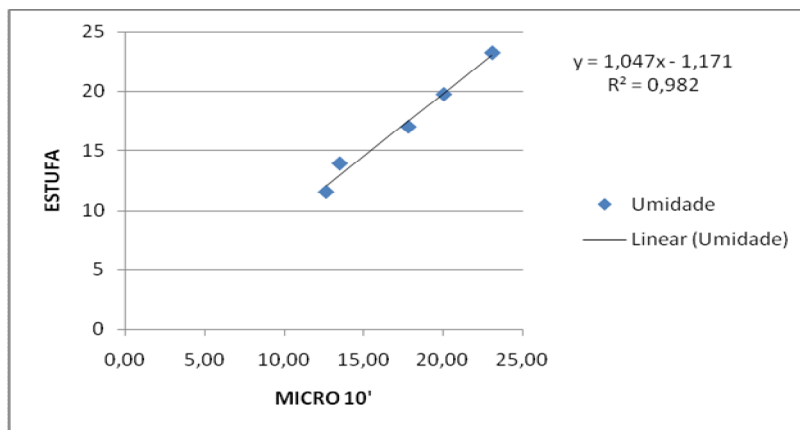


Figura 15: Relação entre umidade Estufa e microondas a 10 minutos.

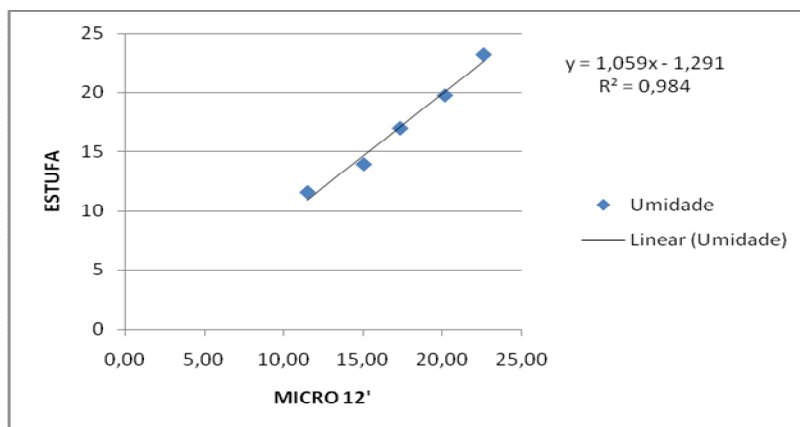


Figura 16: Relação entre umidade Estufa e microondas a 12 minutos.

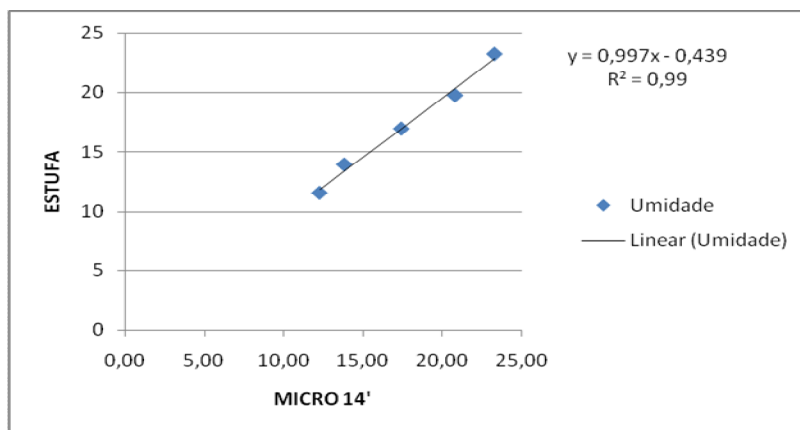


Figura 17: Relação entre umidade Estufa e microondas a 14 minutos.

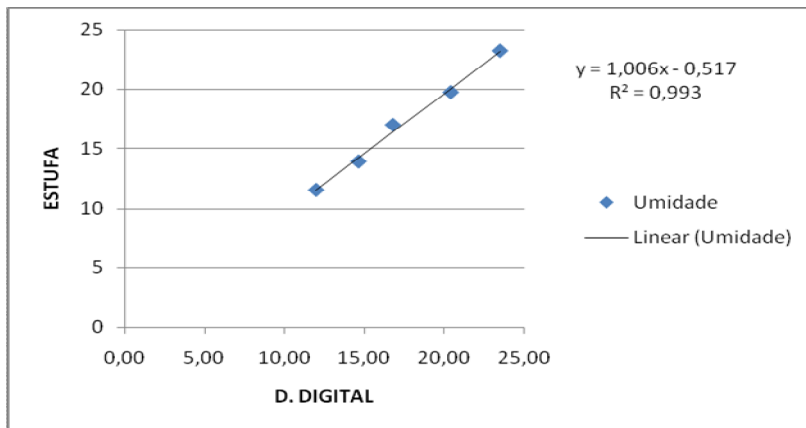


Figura 18: Relação entre umidade Estufa e Determinador de Umidade Digital.

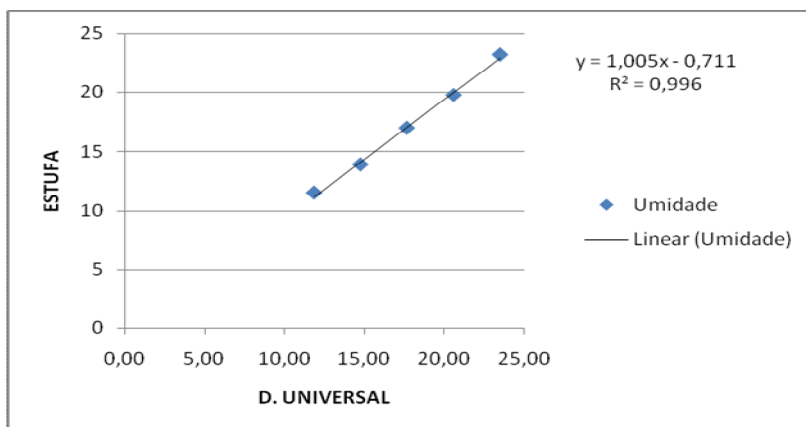


Figura 19: Relação entre umidade Estufa e Determinação de Umidade Universal.

## 5 Conclusão

Nas condições em que os experimentos foram realizados, o método para determinar umidade por transmitância e o uso de microondas foi possível obter valores de umidade significativamente iguais e/ou próximos aos obtidos pelo método oficial em estufa, porém em menor tempo, o que facilita a logística na quantificação dos teores de umidade presente nos grãos, assim na indústria onde a escala de utilização torna-se determinante na agilidade de processos e redução de custos quando necessitar utilizar os métodos como contra prova ou calibração de equipamentos. Nas formas utilizadas neste experimento os tempos de exposição as micro-ondas variaram, para o arroz 10 minutos em baixa umidade (11%) e na faixa de 14 a 23% de umidade, este tempo foi de 12 min. No caso dos grãos de milho e de feijão o tempo de exposição as micro-ondas foi de 12 minutos independente da faixa de umidade.

Assim sugere-se um estudo mais detalhado confrontando cada padrão de umidade e tempo de exposição para avaliação de tempo eficaz de perda de água em relação ao método de estufa, ou seja, cada grão responde diferente ao tempo de exposição e teor de umidade presente.

Analisando o experimento no total podemos começar uma nova visão de como criar parâmetros para futuramente adicionar com segurança o método de determinação de umidade com microondas, como todos métodos devem seguir uma tabela seja para ajustes ou conferência de níveis de umidade para cada grão.

## 6 Referencias Bibliograficas

1. BIZZI, C.A. et al. **A fast microwave-assisted procedure for loss on drying determination in saccharides.** Journal Brazilian Chemistry Society, v.22, p.377-381, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-50532011000200026&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532011000200026&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 02 jul. 2015. doi: 10.1590/S0103-50532011000200026
2. BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. **"Regras para análise de sementes"**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
3. BROOKER, D.B.; BAAKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and Storage of Grain and Oilseeds**. New York. USA. 1992. 450.
4. CAMPOS, V.C.; TILLMANN, M.A.A. **Comparação entre os métodos oficiais de estufa para determinação do grau de umidade de sementes.** Revista Brasileira de Sementes, v.18, n.1, p.134-137, 1996.
5. CASADA, M.E.; WALTON, L.R.; SWETNAM, L.D. e CASADA, J.H.. **Moisture content as a function of temperature rise under microwave radiation.** Transactions of the ASAE. ASAE, St. Joseph, MI, 907-911, 1983.
6. DA LUZ, C. et al. **Determinação do teor de água de sementes de arroz por secagem com microondas.** Revista Brasileira de Sementes, v.20, n.1, p.70-74, 1998. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1998/v20n1/artigo13.pdf>>. Acesso em: 03 de julho 2015.
7. DALPASQUALE, V. A. **Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos.** In: LORINI, I., MIKE, L.H. ; SCUSSEL, V.M. Armazenagem de grãos. Instituto Biogenesis, 2002. p.191-212.
8. ELIAS, M. C.; LOECK, A. E.; MÜLLER, M.M. **"Recomendações Técnicas para Colheita, Secagem, Armazenamento e Industrialização de Arroz para o Sul do Brasil"**. Pelotas, Ed. Da Universidade, 2001. 40p.
9. FRANDOLOSO, V.; TILLMANN, M.A.; BAUDET, L. **Determinação do grau de umidade de sementes de cebola, cenoura e tomate em forno de microondas.** Revista Brasileira de Sementes, v.20, n.2, p.48-57, 1998
10. LUZ, C.; BAUDET, L.; TROGER, F. **Comparação de métodos diretos para determinação do teor de água de sementes.** Revista Brasileira de Sementes, v.15, n.2, p.157-163, 1993.

11. Moritz. et al. **Comparação de métodos para a determinação do teor de umidade em grãos de milho e de soja.** Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 145-154, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1648/1759>>. Acesso em: 03 jul. 2015. doi: 10.5777/PAeT.V5.N2.11.
12. NEVES, E.G.C. **Influência do nível de tensão elétrica na medida de umidade de grãos de arroz por determinadores analógicos de umidade por método dielétrico.** Pelotas, UFPel/DCTA, 2004, 93p.(Dissertação).
13. PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.
14. RASCHEN et AL . **Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação micro-ondas.** Ciência Rural, v.44, n.5, mai, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n5/a14714cr6846.pdf> > Acesso em: 05 de jul. 2015.
15. SILVA, J.S. & CARVALHO, G.R. **Amostragem e determinação de umidade de grãos.** Viçosa, Centreinar, 1980. 26 p.
16. VALENTINI, S. R. T.; CASTRO M. F. P.; ALMEIDA, F. H. **Determinação do Teor de Umidade de Milho Utilizando Aparelho de Microondas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.18, n.2, mai/jul. 1998.

## Anexo I

### 1. TABELAS ESTATÍSTICA PARA ARROZ

Umidade 11%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,888681503	-1,955487186	0,178124181	0,114804016
T3 - T1	1,547789106	0,480983423	2,61459479	0,005068781
T4 - T1	-10,96483791	-12,0316436	-9,89803223	0
T5 - T1	1,735162087	0,542437073	2,9278871	0,004968419
T6 - T1	0,835162087	-0,162743255	1,833067428	0,112935547

Umidade 14%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-1,13815071	-2,35380324	0,07750182	0,069136406
T3 - T1	-0,017300525	-1,232953055	1,198352005	0,999999883
T4 - T1	1,497026003	0,281373473	2,712678533	0,015155348
T5 - T1	1,31606385	-0,043076998	2,675204697	0,058868685
T6 - T1	0,84106385	-0,296074968	1,978202667	0,179860446

Umidade 17%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-3,132877916	-4,734242661	-1,531513171	0,00041995
T3 - T1	-0,281524834	-1,882889579	1,31983991	0,978766434
T4 - T1	-1,153755465	-2,75512021	0,44760928	0,196113185
T5 - T1	0,893559859	-0,896820354	2,683940072	0,490341716
T6 - T1	-0,381440141	-1,879379697	1,116499416	0,912320356

Umidade 20%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,443363378	-2,17012579	1,283399033	0,909768082
T3 - T1	-1,523373373	-3,250135785	0,203389038	0,090518412
T4 - T1	-0,126774916	-1,853537328	1,599987496	0,999605756
T5 - T1	1,126626627	-0,80395244	3,057205694	0,355124701
T6 - T1	-0,073373373	-1,688611707	1,54186496	0,999962304

Umidade 23%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-3,327879493	-5,420806558	-1,234952429	0,002735157
T3 - T1	-0,149816758	-2,242743823	1,943110306	0,999651014
T4 - T1	-0,659103781	-2,752030846	1,433823283	0,826451366
T5 - T1	1,257562885	-1,082400709	3,597526479	0,425936061
T6 - T1	-1,067437115	-3,025191117	0,890316888	0,413363022

Legenda: Li = limite inferior Ls= limite superior



## ANEXO I

### 2. TABELAS ESTATÍSTICA FEIJÃO

Umidade 11%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	0,778948846	0,014661548	1,543236144	0,04545653
T3 - T1	-0,089319254	-0,853606552	0,674968044	0,996462685
T4 - T1	0,318961747	-0,445325551	1,083249045	0,640979957
T5 - T1	0,351387219	-0,503111957	1,205886396	0,652573174
T6 - T1	0,501387219	-0,213538084	1,216312523	0,214404845

Umidade 14%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,816919058	-2,216927808	0,583089692	0,356148789
T3 - T1	-1,087102214	-2,487110964	0,312906536	0,151243298
T4 - T1	-0,218363876	-1,618372626	1,181644874	0,987244454
T5 - T1	-0,812722778	-2,377980145	0,752534589	0,456775561
T6 - T1	0,012277222	-1,297311048	1,321865493	0,999999986

Umidade 17%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	0,491836059	-1,097379862	2,08105198	0,835127453
T3 - T1	0,226971597	-1,362244323	1,816187518	0,991253939
T4 - T1	0,551337864	-1,037878057	2,140553785	0,771785694
T5 - T1	-0,192530797	-1,969328212	1,584266618	0,997494818
T6 - T1	0,657469203	-0,829106169	2,144044576	0,593659699

Umidade 20 %

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	1,546912882	-0,295946373	3,389772136	0,112268678
T3 - T1	1,546912882	-0,295946373	3,389772136	0,1114134
T4 - T1	1,319155583	-0,523703672	3,162014838	0,200713085
T5 - T1	-0,332921505	-2,393300788	1,727457778	0,985151096
T6 - T1	1,217078495	-0,506758491	2,940915481	0,210166834

Umidade 23%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,118366959	-3,221195439	2,98446152	0,999984168
T3 - T1	-0,875465586	-3,978294065	2,227362893	0,876681443
T4 - T1	0,253465215	-2,849363264	3,356293694	0,999343099
T5 - T1	-4,289917373	-7,758985074	-0,820849672	0,014582071
T6 - T1	-0,989917373	-3,892347648	1,912512902	0,782503854

Legenda: Li = limite inferior Ls= limite superior

## ANEXO I

### 3.TABELAS ESTISTICA MILHO

Umidade 11%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	1,138182453	-0,940104096	3,216469001	0,409375918
T3 - T1	-0,027091921	-2,105378469	2,051194628	0,999999924
T4 - T1	0,772419561	-1,305866987	2,850706109	0,726688412
T5 - T1	0,485088815	-1,838506184	2,808683815	0,957726904
T6 - T1	0,360088815	-1,583970239	2,304147869	0,97371829

Umidade 14%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,377826652	-2,522656631	1,767003327	0,978598969
T3 - T1	1,145837569	-0,99899241	3,290667548	0,43098276
T4 - T1	-0,042286405	-2,187116384	2,102543575	0,999999403
T5 - T1	0,658271063	-1,739721754	3,05626388	0,887032549
T6 - T1	0,883271063	-1,123033671	2,889575796	0,597348296

Umidade 17%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	0,848917195	-0,764166687	2,462001076	0,444289626
T3 - T1	0,368349564	-1,244734317	1,981433446	0,940782494
T4 - T1	0,471996998	-1,141086884	2,085080879	0,861462316
T5 - T1	0,080036382	-1,723446224	1,883518989	0,999966377
T6 - T1	0,355036382	-1,153865423	1,863938188	0,933911076

Umidade 20%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	0,283435402	-1,756953726	2,32382453	0,992289449
T3 - T1	0,408576194	-1,631812934	2,448965322	0,964016711
T4 - T1	1,078107664	-0,962281464	3,118496792	0,440856102
T5 - T1	0,89004688	-1,391177516	3,171271275	0,69233124
T6 - T1	0,69004688	-1,218562384	2,598656143	0,745522991

Umidade 23%

<i>Diferença entre Níveis</i>	<i>Média</i>	<i>LI</i>	<i>LS</i>	<i>P-Valor</i>
T2 - T1	-0,133268995	-2,496897184	2,230359194	0,999891229
T3 - T1	-0,603467325	-2,967095514	1,760160864	0,911808299
T4 - T1	0,101475263	-2,262152927	2,465103452	0,999971579
T5 - T1	0,085507199	-2,557109454	2,728123851	0,999992971
T6 - T1	0,410507199	-1,80046452	2,621478917	0,973516075

Legenda: Li = limite inferior Ls= limite superior