

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI
DURANTE A SECAGEM**

MÔNICA JAQUELINE ISAIAS ARAÚJO

**SINOP
MATO GROSSO – BRASIL
2018**

MÔNICA JAQUELINE ISAIAS ARAÚJO

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI
DURANTE A SECAGEM**

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Mendes Botelho**
Co-Orientadora: **Dr^a Silvia de Carvalho Campos Botelho**

Trabalho de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso -
UFMT - *Campus* Universitário de Sinop,
como parte das exigências para obtenção
do Título de Engenheiro Agrícola.

SINOP

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A663p Araújo, Mônica Jaqueline Isaías.
PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO
CAUPI DURANTE A SECAGEM / Mônica Jaqueline Isaías
Araújo. -- 2018
46 f. ; 30 cm.

Orientador: Fernando Mendes Botelho.
Co-orientadora: Silvia de Carvalho Campos Botelho.
TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) -
Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências
Agrárias e Ambientais, Sinop, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Vigna unguiculata. 2. teor de água. 3. fatores de forma.
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL
COMISSÃO DE TRABALHO DE CURSO



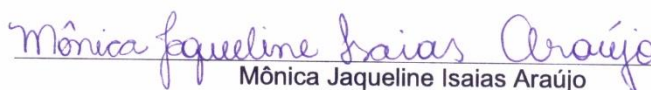
TERMO DE APROVAÇÃO DE TC

**TÍTULO DO TRABALHO: PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO
CAUPI DURANTE A SECAGEM**

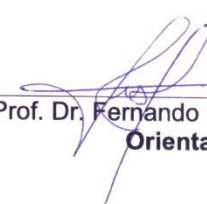
ACADÊMICA: MÔNICA JAQUELINE ISAIAS ARAÚJO

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO MENDES BOTELHO

CO-ORIENTADORA: DRª SILVIA DE CARVALHO CAMPOS BOTELHO


Mônica Jaqueline Isaias Araújo
Acadêmica

APROVADO:


Prof. Dr. Fernando Mendes Botelho
Orientador

DATA DA DEFESA: 20 de fevereiro de 2019.

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida e a minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu concluísse esta etapa da minha vida.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir e me capacitar para que mais essa etapa de dedicação e conhecimento em minha vida fosse concluída, sem essa graça não merecida, nada disso seria possível. Por sua proteção, por seu amor incondicional, pela saúde e força para vencer os desafios impostos. Te agradeço Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais amados, Elizabete Aparecida Isaias e Astúrio Brites Araújo, palavras não expressam o amor e a gratidão desse momento. Agradeço por serem meu maior exemplo de seres humanos, por todo amor, dedicação, apoio e compreensão, por sonharem esse sonho comigo e acreditarem na minha capacidade.

A minhas irmãs, Keli Mariane Isaias Araújo e Maria Elizabete Isaias Araújo, pelo carinho e companheirismo de sempre. Sou imensamente grata pelos momentos de dificuldades que estiveram presentes oferecendo apoio e pelos momentos de alegria e risos, a vocês todo meu amor.

Aos meus familiares: Avós maternos, Vó paterna, tias e tios, primos e primas, externo minha gratidão. Agradeço por serem exemplo de união e fraternidade, por entenderem minha ausência no decorrer da graduação, sendo importantes incentivadores dessa conquista.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Mendes Botelho, pelos ensinamentos transmitidos ao longo da graduação, por se dispor a orientar e dedicar tempo à elaboração deste trabalho, sempre demonstrando paciência e sabedoria, minha eterna admiração.

Aos amigos que o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental me deu a dádiva de conhecer: Ane Mari Keller, Fernanda Carvalho de Oliveira, Layanne Cristina, Taianny Morgado, Cristian Eduardo, Ugo Leonardo, Patrícia Valéria, Karla Sabrina só tenho a agradecer, por se fazerem presente ao longo desses anos, por compartilharem comigo momentos de alegria, apreensão e estudo, por poder contar com cada um de maneira diferente e afetuosa. Aos amigos da turma 2014/1, agradeço pelos momentos de descontração e conhecimento compartilhado. Trago todos em meu coração.

Às amigas que Sinop me presenteou: Marina Daniele da Silva e Aline Katiane, agradeço por todo apoio, pelas conversas descontraídas, por dividirem comigo momentos importantes da vida de cada uma, por participarem dessa conquista, muito obrigada. Em especial a minha querida, Neusa Marli Keller, Tia, sou grata por me acolher sempre que necessário, pelas palavras de ternura, pelos incentivos e por cuidar tão bem de todos, minha eterna gratidão.

Aos meus queridos amigos de longa data: Wellyta Silveira de Souza, Sulamita Sampaio Midon, Raul Tadeu Lobato, Elaine Santos Adão, obrigado por tudo, por apesar da distância estarem presentes, pelos momentos ímpares, meu amor e gratidão.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO 1: PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Propriedades físicas do grão	15
2.1.1 Ângulo de repouso	15
2.1.2 Massa específica aparente.....	16
2.1.3 Massa específica unitária	17
2.1.4 Porosidade intergranular	18
2.1.5 Massa de mil grãos	18
2.2 Análise dos dados.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO 2: VARIAÇÃO DOS FATORES DE FORMA DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DURANTE A SECAGEM.....	25
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 Esfericidade, diâmetro geométrico e circularidade.....	27
2.2 Relação Superfície-Volume.....	28
2.3 Análise dos dados.....	29
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	30
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CONCLUSÕES GERAIS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES.....	37
ANEXOS	39

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar as propriedades físicas e a variação dos fatores de forma de grãos de feijão caupi durante a secagem. Foram utilizadas amostras de grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente e com teor de água inicial de 0,250 (b.s) foram secados em uma estufa com circulação forçada de ar à 40 °C até o teor de água final de $0,13 \pm 1$ (b.s). A secagem foi acompanhada por diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial. Ao longo da secagem, para teores de água predeterminados, foram determinadas as propriedades físicas: ângulo de repouso, massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade intergranular, massa de mil grãos e os fatores de formas. Para determinação dos fatores de formas, foram medidas as dimensões características principais de grãos de feijão caupi (maior, menor e intermediária), obtidas as dimensões características calculou-se a esfericidade, a circularidade (para a posição natural de repouso), a relação superfície-volume e o diâmetro geométrico. De acordo com os resultados obtidos observou-se que, o teor de água influenciou significativamente as propriedades físicas e os fatores de forma das amostras de feijão Caupi analisadas. Durante a secagem houve aumento nas propriedades físicas: massa específica aparente e massa específica unitária, observou-se também aumento nos fatores de forma: esfericidade, circularidade e relação superfície-volume com a redução do teor de água. Já para as propriedades físicas: massa de mil grãos, ângulo de repouso e porosidade intergranular assim como o fator de forma diâmetro geométrico tiveram redução em seus valores conforme o teor de água diminuía durante a secagem.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, teor de água, fatores de forma.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physical properties of cowpea beans in different moisture contents. Samples of cowpea beans manually harvested and threshed with initial moisture content of 0.250 (b.s) were dried in a forced air oven at 40 °C until the final moisture content was 0.13 ± 1 (b.s). Drying was followed by mass difference, with the initial moisture content being known. During drying, the physical properties were determined for predetermined moisture content: repose angle, bulk density, real density, intergranular porosity, mass of thousand grains and shape factors. To determine the shape factors, the main characteristic dimensions of cowpea beans (major, minor and intermediate) were measured, obtained the characteristic dimensions were calculated the sphericity, circularity (repose position), surface-volume ratio and geometric diameter. According to the results obtained, it was observed that moisture content significantly influenced the physical properties and shape factors of the samples of Cowpea beans analyzed. During drying, the bulk density and real density increased, it was also observed an increase in the form factors: sphericity, circularity and surface-volume relation with the reduction of the moisture content. As for the physical properties: mass of a thousand grains, angle of repose and intergranular porosity as well as geometric diameter form factor had a reduction in their values as the moisture content decreased during drying.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, moisture content, shape factors

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão é um alimento nutritivo que apresenta considerável fonte de energia e baixo teor de gordura, e está presente diariamente nas principais refeições brasileira. No Brasil produz-se diversas variedades de diferentes cores, mas, apenas duas espécies são consideradas como feijão para classificação técnica a nível de comercialização, sendo elas conhecidas como o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) (BRASIL, 2008; COELHO, 2017).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima-se que o ano 2018/2019 deve apresentar aumento na produção da cultura do feijão durante a segunda safra quando comparado ao ano anterior, onde o feijão-caupi destaca-se com maior volume produzido e aumento de 13,6 mil toneladas em relação à safra passada (CONAB, 2019). O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), é tido como principal cultura de subsistência nas regiões Norte e Nordeste do país. Além de suprir as necessidades alimentares da população, em especial para classes com baixo poder aquisitivo por ser altamente nutritivo, essa cultura é também fonte de renda alternativa. Aspectos agrônômicos como a capacidade de fixar nitrogênio e ser uma cultura flexível quanto a fertilidade de solo, contribuem para o seu desenvolvimento nessas regiões (VALADARES, et al., 2010).

De acordo com Freire Filho et al. (2011) apesar da importante contribuição do feijão caupi para a agricultura familiar e de subsistência, a produção em larga escala, como acontece nas regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste do país, apresenta grande potencial estratégico para agricultura. Sendo uma cultura que se adapta as condições climáticas adversas e atendendo as necessidades global de alimentos, sua produção em grande volume torna-se extremamente viável.

Contudo com a crescente produção e comercialização de grãos no país, busca -se a cada dia o aprimoramento de processos que visam manter a qualidade física e química dos produtos a serem comercializados. Neste sentido, a secagem é uma das principais etapas do pré-processamento que o grão é submetido, quando não se encontra com o teor de água adequado para a armazenagem (REGINATO et al., 2014).

A etapa de secagem proporciona ao produto agrícola preservar seus atributos qualitativos durante o armazenamento, pois diminui a atividade biológica e físico-químicas. Isso ocorre devido a redução da atividade de água dos grãos. Entretanto, essa redução no teor de água normalmente acarreta alterações nas características físicas dos grãos durante a secagem (DELIBERALI et al., 2010; SCHUH et al., 2011; MENEZES et al., 2012).

Alterações nas propriedades físicas normalmente estão diretamente ligadas à variação do teor de água dos grãos. A relação entre o teor de água e as propriedades físicas tem sido frequentemente analisada em trabalhos científicos para produtos como: feijão

(RESENDE et al., 2008), amendoim (ARAUJO et al., 2014), milho (OLIVEIRA, et al., 2014) e café (BOTELHO et al., 2015), dentre vários outros.

Diante do exposto e ressaltando a importância do estudo teórico das características físicas para o correto dimensionamento de equipamentos utilizados ao longo do processamento de grãos objetivou-se avaliar as alterações que ocorrem nas propriedades físicas e variações dos fatores de forma dos grãos de feijão caupi durante o processo de secagem.

CAPÍTULO 1

PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI

1. INTRODUÇÃO

A produção de feijão caupi ganha destaque no cenário nacional com o decorrer dos anos. A região que mais produz e consome essa leguminosa no país é a Nordeste. Entretanto o estado do Mato Grosso é o responsável pela maior produção quando correlacionado o volume de grãos por área produzida, consequência do uso de práticas modernas empregadas na produção (BASTO, 2016).

Similarmente ao que acontece com outras culturas, os grãos de feijão caupi após a colheita devem ser pré processados, incluindo-se nesse processo normalmente limpeza e secagem. Essas etapas quando bem realizadas viabilizam uma armazenagem segura mantendo os atributos físicos e químicos dos grãos, são estes os principais indicadores de qualidade do produto (EMBRAPA, 2017)

Das etapas do pré-processamento comumente utilizados destaca-se a secagem como sendo um dos principais para garantir uma conservação segura, por reduzir a atividade biológica durante o período de armazenamento. A secagem está fundamentada em um complexo processo envolvendo a transferência de calor e massa que ocorre entre o ar de secagem e o grão. Quando a temperatura é elevada ocasiona um acréscimo da pressão parcial de vapor do produto, que resulta na redução do teor de água (SANTOS et al., 2013; GONELI et al., 2014).

No entanto, apesar de indispensável, a secagem normalmente causa alterações significativas nas propriedades físicas de produtos agrícolas devido a redução do teor de água. O teor de água é descrito como sendo o principal fator influente sobre as características físicas, provocando o encolhimento do produto, alterações na forma, na rugosidade superficial, dentre outros (BOTELHO et al., 2015; SOUSA et al., 2016).

Araújo et al. (2014) ressaltam que a adequada determinação e conhecimento das mudanças ocorridas nas propriedades físicas dos grãos ao longo de seu processamento tornam-se necessária, pois essas são características de fundamental importância para a otimização de processos industriais, elaboração de novos projetos e equipamentos usados nas operações de colheita e pós-colheita de grãos.

Diante do apresentado e ressaltando a importância de conhecer as propriedades físicas dos produtos agrícolas, buscou-se avaliar a influência do teor de água sobre a massa específica aparente, a massa específica unitária, a massa de mil grãos, o ângulo de repouso e a porosidade intergranular dos grãos de feijão caupi durante o processo de secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de *Qualidade e Pós-colheita* de Produtos Agrícolas, pertencente a Universidade Federal de Mato Grosso, em Sinop – MT.

Foram utilizados grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) colhidos e debulhados manualmente em plantios irrigados após atingido o ponto de maturação fisiológica, com teor de água inicial de aproximadamente 0,25 (b.s.). Depois de colhido, o produto foi encaminhado para o laboratório e submetido a um processo de limpeza para remoção de impurezas, material estranho e grãos quebrados ou danificados.

Os teores de água do produto foram determinados pelo método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar numa temperatura de 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três amostras de 40 g de grãos de feijão caupi (BRASIL, 2009).

Os grãos de feijão foram submetidos à secagem em uma estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 40 °C, até atingirem o teor de água final de 0,13 (b.s.). A redução do teor de água ao longo do processo foi acompanhada por diferença de massa por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01 g. Durante a secagem amostras do produto foram retiradas, com teores de água previamente determinados, que, após homogeneizadas, então encaminhadas para a determinação de suas propriedades físicas.

2.1 Propriedades físicas do grão

2.1.1 Ângulo de repouso

Para a determinação do ângulo de repouso, foi utilizado um dispositivo feito de fibra de média densidade (MDF) que comporta aproximadamente 20 L de produto, uma de suas laterais é feita de vidro, possibilitando a visualização dos grãos (Figura 1). O dispositivo possui ainda um alçapão que, quando aberto, possibilita o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude. Para esse índice foram realizadas três repetições para cada teor de água.

Após as medições do talude, o ângulo de repouso foi então calculado por meio da Equação 1.

$$\hat{A} = \arctg\left(\frac{h}{t}\right) \quad (1)$$

Em que:

$\hat{A}$: ângulo de repouso, °;
 h : altura do talude, mm; e
 t : base do talude, mm.



FIGURA 1. Dispositivo utilizado para determinação experimental do ângulo de repouso e detalhe do talude formado pelos grãos de feijão caupi.

2.1.2 Massa específica aparente

A massa específica aparente (ρ_{ap}) foi determinada por meio do método de acomodação natural, utilizando-se um recipiente que tem relação entre o diâmetro e a altura igual a um e cujo volume é de 1L. Um funil com registro de descarga fixado em uma haste, tornando possível que o recipiente fosse preenchido completamente, sempre nas mesmas condições. A massa de grãos de feijão caupi contida no recipiente foi mensurado por meio de uma balança analítica, com resolução de 0,01 g. Para esta propriedade foram feitas três repetições por teor de água.

A massa específica aparente (ρ_{ap}) é descrita como a relação entre a massa da amostra e o seu volume comportado dentro do recipiente (SILVA, 2008), sendo calculada pela Equação 2.

$$\rho_{ap} = \frac{m_g}{V_t} \quad (2)$$

Em que:

ρ_{ap} : massa específica aparente, kg m⁻³;

m_g : massa da amostra de grãos, kg; e,

V_t : volume total ocupado pela amostra de grãos, m³.

2.1.3 Massa específica unitária

Para determinar a massa específica unitária (ρ_u) foram escolhidos, ao acaso, 20 grãos de feijão caupi e secados separadamente em recipiente metálico, nas mesmas circunstâncias de secagem das demais amostras, sendo medidas as dimensões características principais (maior, intermediária e a menor dimensão característica) de cada grão conforme apresentado na Figura 2. As dimensões características foram determinadas por meio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

A massa específica unitária (ρ_u) dos grãos de feijão caupi foram então calculados por meio da Equação 3, através da determinação de suas dimensões características principais e volume dos grãos, considerando que os mesmos possuem o formato de esferoides escalenos (MOHSENIN, 1986).

$$\rho_u = \frac{m_g}{V_g} = \frac{m_g}{\frac{\pi}{6}(abc)} = \frac{6}{\pi} \frac{m_g}{(abc)} \quad (3)$$

Em que:

ρ_u : massa específica unitária, kg m⁻³;

m_g : massa de grãos, kg;

V_g : Volume de grãos, mm³;

a : maior dimensão característica principal do grão, mm;

b : dimensão intermediária característica principal do grão, mm; e,

c : menor dimensão característica principal do grão, mm

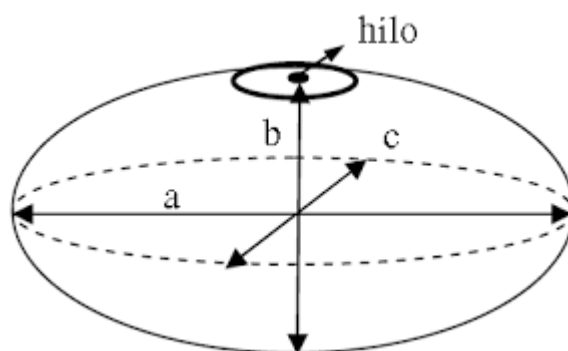


FIGURA 2. Desenho esquemático de grão de feijão caupi, em que: a , b e c são a maior, a intermediária e a menor dimensão característica do produto, respectivamente.

2.1.4 Porosidade intergranular

A porosidade intergranular (ε) foi determinada indiretamente por meio da Equação 4 (MOHSENIN, 1986), devido a sua dependência com a massa específica aparente (ρ_{ap}) e a massa específica unitária (ρ_u).

$$\varepsilon = 100 \left[1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_u} \right] \quad (4)$$

Em que:

ε : porosidade intergranular, adimensional;

ρ_{ap} : massa específica aparente, kg m^{-3} ; e,

ρ_u : massa específica unitária, kg m^{-3} .

2.1.5 Massa de mil grãos

Para a determinação da massa de mil grãos, duas amostras de mil grãos de feijão foram secadas separadamente em bandeja metálica, nas mesmas condições das demais amostras. A massa de grãos foi quantificada por meio de uma balança analítica, com resolução de 0,01 g.

2.2 Análise dos dados

A dependência entre as propriedades físicas dos grãos de feijão caupi analisadas em função do teor de água, foi verificada por meio de análise de variância, seguida de regressão linear. A avaliação dos parâmetros dos estimadores dos modelos foi feita pelo teste “t”, considerando-se uma significância de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 estão apresentados os valores experimentais e estimados do ângulo de repouso, para diferentes teores de água.

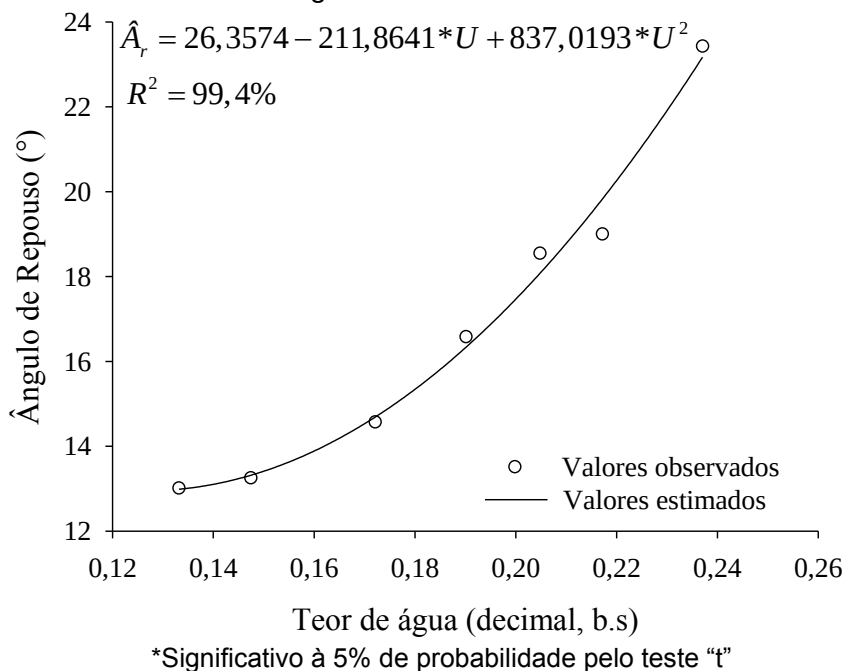


FIGURA 3. Valores observados e estimados do ângulo de repouso de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

O valor do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi diminuiu durante a secagem, variando de 23,4 a 13,0 °, para a faixa de teor de água de 0,25 a 0,13 (b.s.). Tendência semelhante foi observada por Aviara et al. (2013) durante a secagem de sementes de *Moringa oleífera*, ou seja, com a redução do teor de água o ângulo de repouso também reduziu.

A dependência do ângulo de repouso com a redução do teor de água pode ser explicada de forma significativa por meio de uma equação polinomial de segundo grau, que apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,99$).

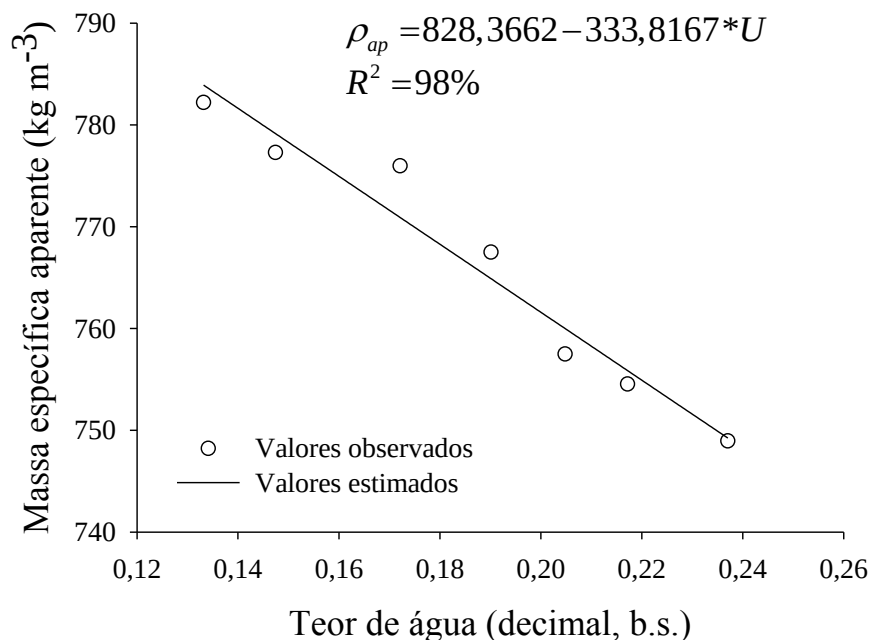
A massa específica aparente dos grãos de feijão caupi aumentou linearmente com a redução no teor de água durante a secagem, sendo observado uma amplitude de valores de 748,95 a 782,20 kg m⁻³ para teores de água entre 0,25 e 0,13 (b.s.) (Figura 4).

Jesus et al. (2013) ao analisarem a secagem de duas cultivares de feijão (BRS Valente e BRS Pontal) também notaram que a massa específica aparente aumentou a medida que o teor de água presente nos grãos diminuía, apresentando valores de 757,06 e 738,66 kg m⁻³ para as umidades de 0,11 e 0,22 (b.s) respectivamente, sendo valores semelhantes à este trabalho.

A massa específica unitária também apresentou aumento linear com a redução da quantidade de água dos grãos (Figura 5). A amplitude de valores neste caso foi de 1203,6

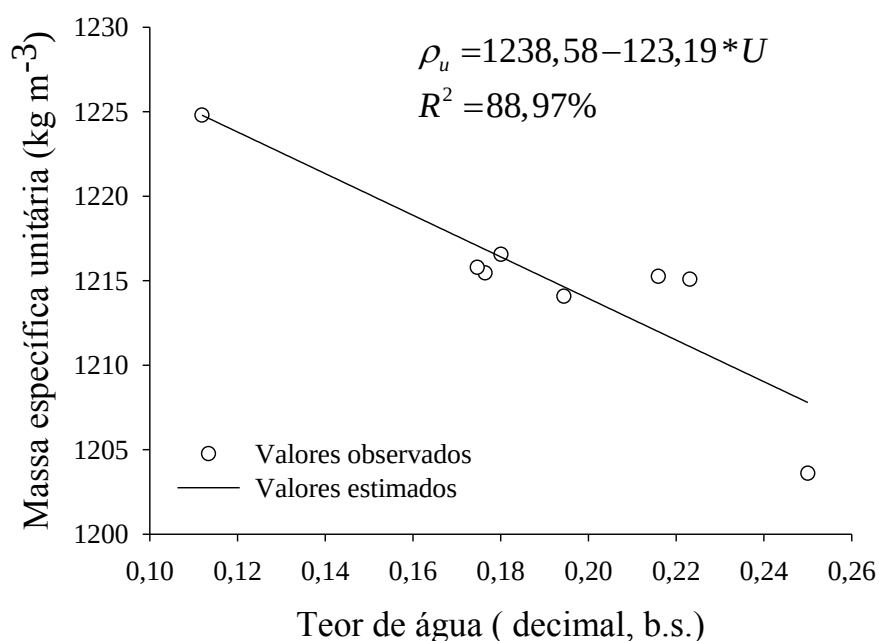
kg m⁻³ a 1224,7 kg m⁻³ para teores de água variando de 0,25 a 0,11 (b.s.), respectivamente.

Resultados similares foram verificados por Andrade et al. (2014) ao constatarem aumento da massa específica unitária de sementes de abóbora durante a secagem.



*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 4. Valores observados e estimados da massa específica aparente dos grãos de feijão caupi em função do teor de água (decimal, b.s.).



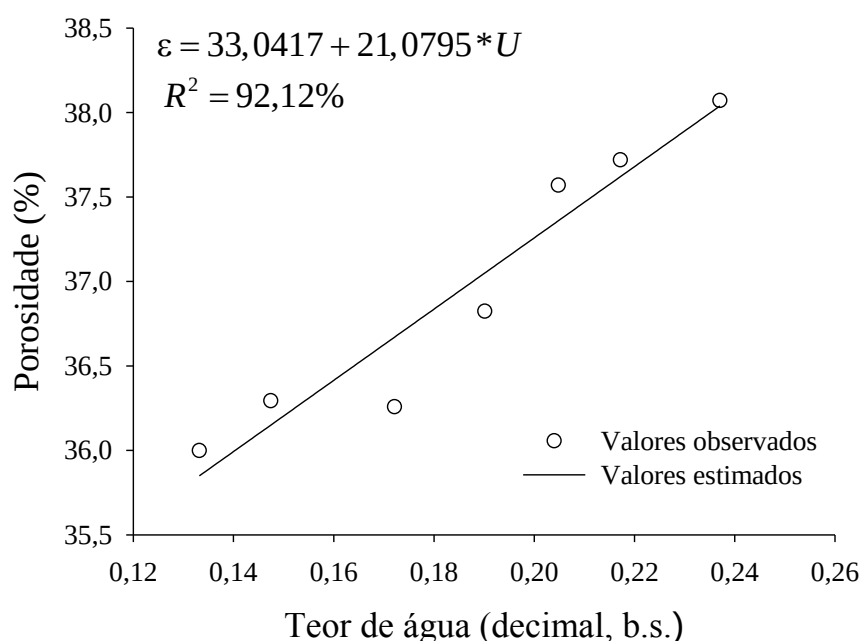
*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 5. Valores observados e estimados da massa específica unitária dos grãos de feijão caupi em função do teor de água (decimal, b.s.).

Modelos lineares descreveram satisfatoriamente a tendência das massas específicas aparente e unitária, de acordo com a redução no teor de água dos grãos de feijão caupi, apresentando os coeficientes de determinação de 98,0 e 88,0% respectivamente.

A porosidade diminuiu proporcionalmente à redução do teor de água presente nos grãos de feijão caupi (Figura 6). Essa variável reduziu aproximadamente 2,07% desde o início até o final do processo de secagem. Tendência semelhante foi relatada por Siqueira et al. (2012) ao avaliarem a porosidade de frutos de pinhão manso durante a secagem.

O modelo linear descreveu adequadamente a relação entre a porosidade e a redução do teor de água com grau de ajuste de 92,12%.

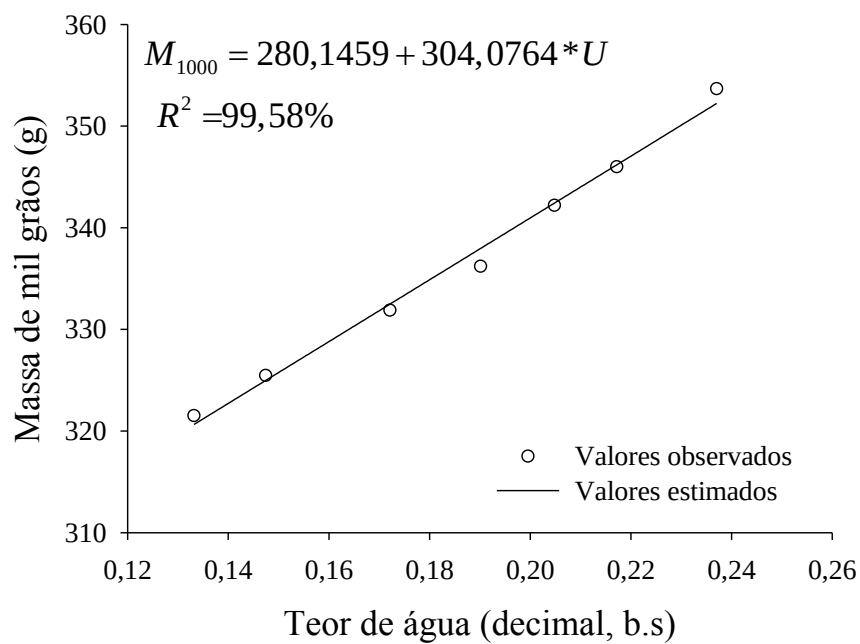


*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 6. Valores observados e estimados de porosidade intergranular em função do teor de água.

Para a massa de mil grãos notou-se que, com a diminuição do teor de água de 0,25 para 0,13 (b.s), houve redução da massa de 353,58 para 321,51 g no decorrer da secagem, tendo a dependência entre as variáveis sendo descrita satisfatoriamente por modelo linear com grau de ajuste de 99,0% (Figura 5).

Araújo et al. (2014) avaliando o efeito da secagem sobre as características físicas de grãos de amendoim, também observou uma redução para massa de mil grãos, passando de 736 para 553 g, em uma faixa de teor de água de 0,56 a 0,04 (decimal, b.s.).



Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 7. Valores observados e estimados da massa de mil grãos em função do teor de água.

4. CONCLUSÕES

O teor de água influencia as propriedades físicas dos grãos de feijão caupi, de modo que sua redução proporciona aumento na massa específica aparente e unitária, e a redução do ângulo de repouso, da porosidade intergranular e da massa de mil grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. T.; TEIXEIRA, L. P.; ESPÍNDOLA, J. Z.; FIGUEIRA, G. V.; SILVA, I. M. Determinação das propriedades físicas e avaliação da cinética de secagem dos grãos de abóbora. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43., 2014. Anais... Campo Grande-MS, 2014.
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.279–286, 2014.
- AVIARA, N.; POWER, P. P.; ABBAS, T. Moisture-dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. **Industrial Crops and Products**. v. 42, p. 96-104, 2013.
- BASTO, E. A. **A Cultura do Feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 70 p.
- BOTELHO, F. M.; GRANELLA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA, T. R. B. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, vol. 23 n.3, p. 212-219, maio / junho, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para análises de sementes. Brasília, 2009. 399 p.
- EMBRAPA. Cultura do feijão caupi. MAR/2017. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em: 10 dezembro de 2018.
- GONELI, A.L.D.; NASU, A.K.; GANCEDO, R.; ARAÚJO, W.D.; SARATH, K.L.L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v.16, n.2, supl. I, p.434-443, 2014.
- JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na agricultura**, v. 21, n. 1, p.09-18, 2013.
- MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.
- SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUERÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v.17, n.2, p.223–231, 2013.
- SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, p. 374-560, 2008.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas dos frutos de pinhão-mansão durante a secagem. **Global science and technology**, Rio Verde -GO, v. 05, n. 01, p.83 – 92. 2012.
- SOUZA, R. V.; MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; ROSA, M. E. C.; SOUSA, A. C. Influência do teor de água nas propriedades físicas dos grãos de arroz vermelho em casca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.18, n. especial, p.495-502, 2016.

CAPÍTULO 2

VARIAÇÃO DOS FATORES DE FORMA DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DURANTE A SECAGEM

1. INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), no Brasil tem seu cultivo voltado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, e para o consumo humano, in natura, na forma de conserva ou desidratado. Essa leguminosa, tem ganhado maior visibilidade comercial no cenário nacional ao longo do tempo (EMBRAPA, 2017).

O feijão caupi tem apresentado custo/benefício bastante competitivo em relação a outras culturas, tendo uma produção de qualidade que viabiliza boa aceitação comercial do grão. Assim como outros produtos agrícolas os grãos de feijão caupi necessitam ser pré-processados visando assegurar sua qualidade e aumento de sua durabilidade durante o armazenamento. (FREIRE FILHO et al., 2011).

Uma das formas de proporcionar aos grãos uma armazenagem segura com redução de perdas, é a secagem. A secagem é uma das principais etapas de pré-processamento a qual o grão é submetido quando não se encontra em condições ideais para armazenagem. Esse processo é descrito como a transição de um líquido existente em determinado produto para um estado gasoso não saturado, ocasionando assim a redução em seu teor de água (EVANGELISTA NETO, 2013).

Todavia a redução do teor de água além de, mitigar atividades biológicas e mudanças físico-químicas que acontecem durante o armazenamento, também é responsável por alterações nas características físicas dos grãos. Estudar a dependência que existe entre o teor de água e as características físicas dos produtos agrícolas é de fundamental importância, pois auxilia na avaliação do processo de secagem para os grãos de constituição fisiológica e forma geométrica distintas (SIQUEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014; CORADI et al., 2015).

Das alterações físicas provocadas pela redução do teor de água a volumétrica é relatada como uma das mais significativas, pois proporciona mudança na forma dos produtos agrícolas, que está correlacionada as dimensões de comprimento, largura e espessura. Essas dimensões são úteis na escolha de separadores de peneira e também podem ser utilizadas para calcular a área de superfície e o volume de grãos, que são importantes parâmetros a serem analisados numa caracterização física (DAVIES; ZIBOKERE, 2011; SIQUEIRA et al, 2012).

Destacando-se a importância do estudo teórico relacionado as modificações que ocorrem ao longo do processamento de grãos, objetivou-se analisar os fatores de forma de grãos de feijão caupi ao longo do processo de secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente. O produto colhido foi encaminhado para o laboratório e submetido a um processo de limpeza visando remoção de materiais estranhos e grãos quebrados ou danificados. Após limpeza os grãos foram secados em uma estufa com circulação forçada de ar ajustada à 40 °C.

A redução do teor de água ao longo de secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto [0,250 (b.s)]. O teor de água inicial do produto determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 105 ± 1 °C, durante 24 h, com três repetições de 40 g (BRASIL, 2009), e as medições de massa nesse trabalho foram feitas por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01g. A secagem foi interrompida quando os grãos atingiram o teor de água final médio de 0,112 (b.s.).

Para a determinação dos fatores de forma, 20 grãos de feijão caupi foram secados em recipiente metálico. A forma e o tamanho dos grãos de feijão, considerados esferoides escalenos, foram analisados pela esfericidade, circularidade, relação superfície-volume e diâmetro geométrico, calculados a partir das medidas das dimensões principais (maior, intermediária e a menor dimensão característica) de cada grão conforme apresentado na Figura 1. Essas dimensões foram obtidas por meio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm em leituras periódicas durante a secagem.

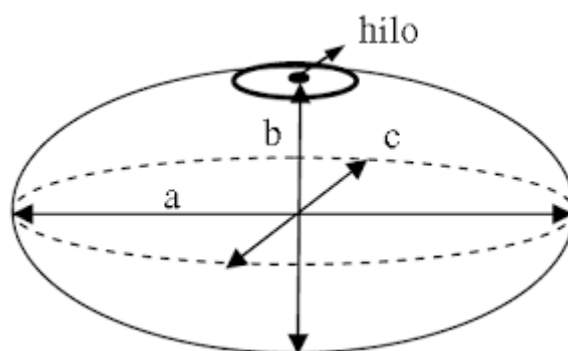


FIGURA 1. Desenho esquemático de grão de feijão caupi, em que: *a*, *b* e *c* são a maior, a intermediária e a menor dimensão característica do produto, respectivamente.

2.1 Esfericidade, diâmetro geométrico e circularidade.

Para a determinação da esfericidade (ϕ), do diâmetro geométrico (D_g), e da circularidade (Cr), foram utilizadas as Equações 1 e 2 (MOHSENIN, 1986).

$$\phi = \frac{D_g}{a} = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (1)$$

$$C_r = \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

Em que:

ϕ : esfericidade, adimensional;

D_g : diâmetro geométrico, mm;

C_r : circularidade, adimensional;

a : maior dimensão característica dos grãos de feijão, mm;

b : dimensão característica intermediária dos grãos de feijão, mm e

c : menor dimensão característica dos grãos de feijão, mm.

2.2 Relação Superfície-Volume

O cálculo da área superficial (A_s) utilizada para a determinação da relação superfície-volume, foi feito de acordo com a Equação 3, conhecida como Equação de Knud Thomsen's. A Equação de Knud Thomsen's, utilizada com a constante "z" igual a 1,6075, resulta em um erro máximo de 1,061% na estimativa da área superficial do esferoide. Para o cálculo do volume dos grãos, considerados esferoides escalenos (V_g), utilizou-se a Equação 4, conforme Mohsenin, 1986.

$$A_s = 4\pi \left[\frac{\left(\frac{a}{2} \right)^z \left(\frac{b}{2} \right)^z + \left(\frac{a}{2} \right)^z \left(\frac{c}{2} \right)^z + \left(\frac{c}{2} \right)^z \left(\frac{b}{2} \right)^z}{3} \right]^{1/z} \quad (3)$$

$$V_g = \pi \frac{(abc)}{6} \quad (4)$$

Em que:

A_s : área superficial, mm²;

V_g : Volume de grãos, mm³;

a : maior dimensão característica dos grãos de feijão, mm;

b : dimensão característica intermediária dos grãos de feijão, mm e

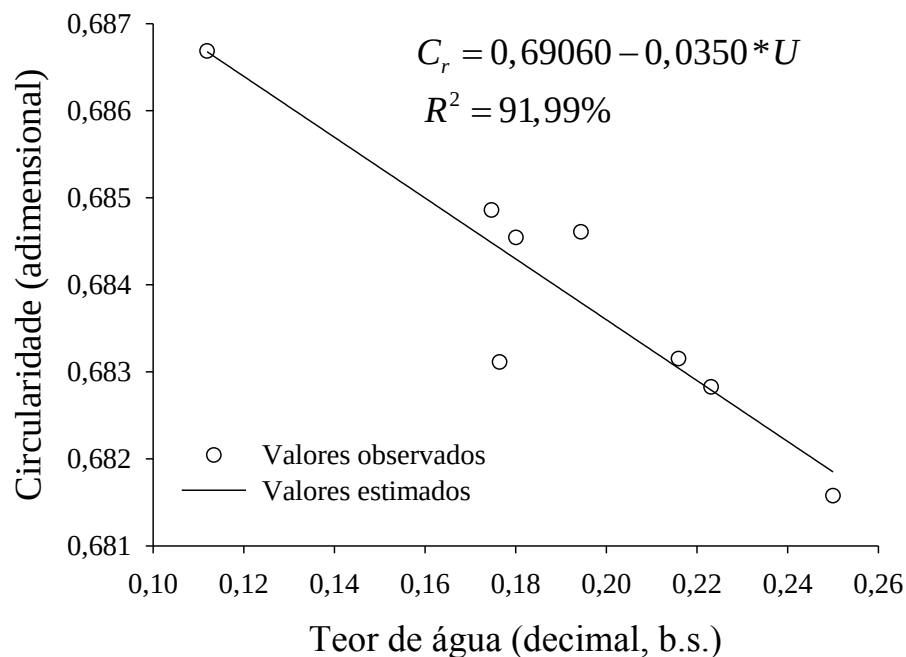
c : menor dimensão característica dos grãos de feijão, mm.

2.3 Análise dos dados

Os dados experimentais dos dados dos fatores de forma e suas variações em função do teor de água foram submetidos à análise de variância, seguidos de análise regressão linear ao nível de significância de 5% de probabilidade.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nota-se, pela Figura 1, que a circularidade aumentou linearmente com a redução no teor de água dos grãos, apresentando uma amplitude de valores de 0,682 a 0,687 (decimal) para faixa de teor de água de 0,250 a 0,112 (decimal, b.s.). Tendência semelhante foi relatada por Araújo et al. (2014) ao estudarem a variação da circularidade de grãos de amendoim durante a secagem.

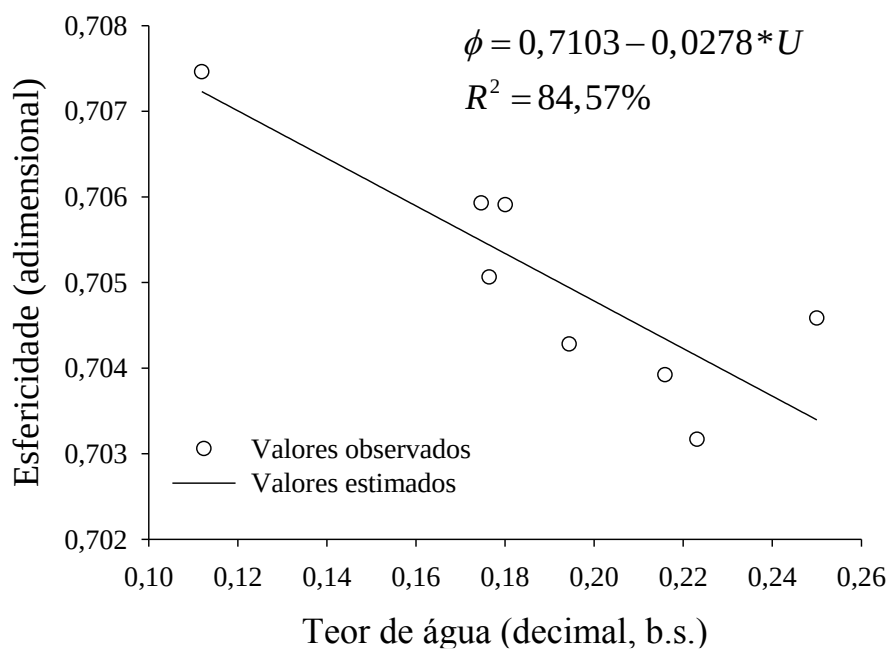


Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 2. Valores observados e estimados da circularidade de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

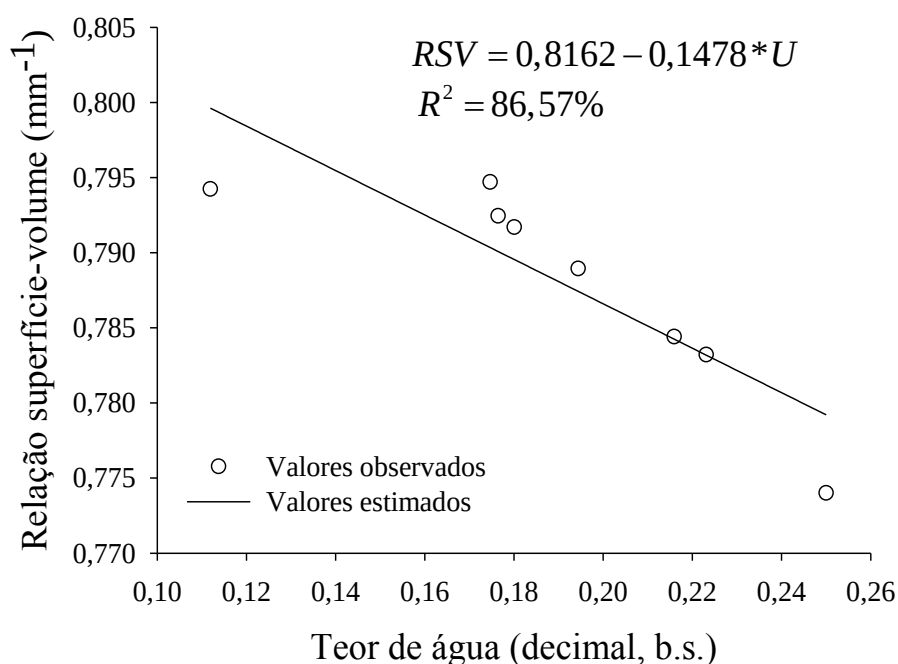
Notou-se ainda que no decorrer do processo de secagem a esfericidade dos grãos de feijão caupi também aumentou linearmente (Figura 2), variando de 0,705 a 0,707 (decimal). Ao analisarem a esfericidade durante a secagem dos grãos de feijão adzuki, Mendes et al. (2016) também observaram aumento da esfericidade, como resultado da redução do teor de água.

Similarmente ao observado para a esfericidade e a circularidade, a relação superfície-volume dos grãos de feijão caupi aumentou proporcionalmente à redução do teor de água (Figura 3). Esse índice variou de 0,774 a 0,794 mm⁻¹, para a faixa de teor de água de 0,250 a 0,112 (decimal, b.s.). Tendência semelhante foi relatada por Oba (2016) ao estudarem a dependência da relação superfície-volume com o teor de água.



*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

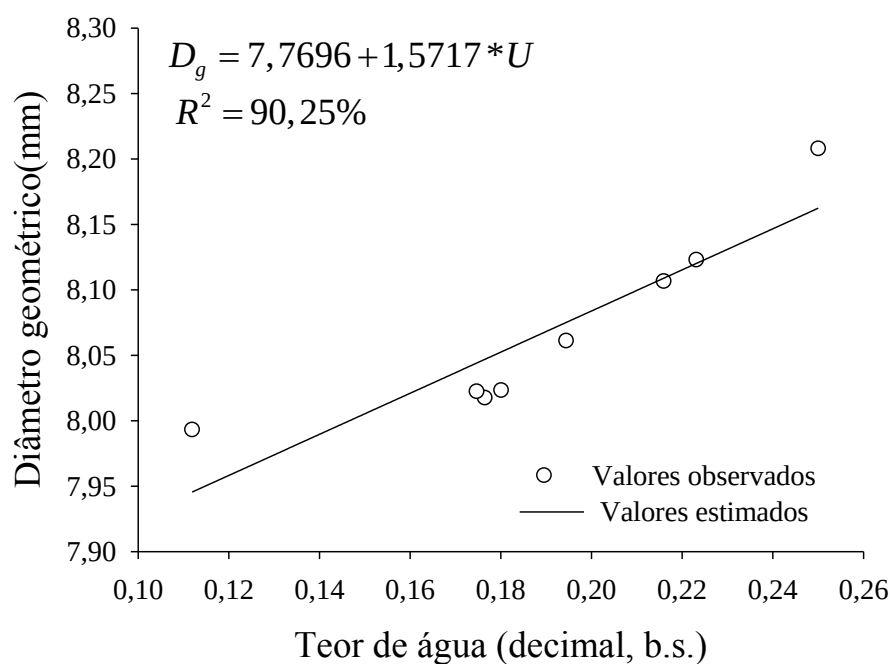
FIGURA 3. Valores observados e estimados da esfericidade de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.



*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 4. Valores observados e estimados da relação superfície-volume de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

Verificou-se também que, com a retirada de água dos grãos de feijão caupi, o diâmetro geométrico reduziu linearmente com a secagem (Figura 4). O diâmetro geométrico reduziu de 8,21 (mm) para o teor de água de 0,25 (decimal, b.s) para 7,99 (mm) para o teor de água final de 0,112 (decimal, b.s).



Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 5. Valores observados e estimados do diâmetro geométrico de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

Oliveira et al. (2013) ao estudarem as alterações morfométricas em grãos de soja durante o processo de secagem com duas temperaturas (90 e 50 °C) também observou que o diâmetro geométrico diminuiu ao longo da secagem para ambas as temperaturas, conforme o teor de água diminuía, onde a redução representou 2,69% para 50 °C e 3,8% para 90 °C em relação ao diâmetro geométrico inicial.

4. CONCLUSÕES

A redução do teor de água, devido à secagem influencia os fatores de forma dos grãos de feijão caupi, proporcionando aumento da circularidade, da esfericidade e da relação superfície-volume bem como a redução do diâmetro geométrico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.279–286, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, H. P.; PERALTA, C. C. Propriedades físicas do grãos de Girassol após a secagem. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, n.2, p.74-77, 2015.

DAVIES R.M.; ZIBOKERE D. S. Effect of Moisture Content on Some Physical and Mechanical Properties of Three Varieties of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Manuscript no.1700. vol. 13, no.1, 2011. 16p.

EMBRAPA. Cultura do feijão caupi. MAR/2017. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em: 10 dezembro de 2018.

EVANGELISTA NETO, A. A. **Secagem de grãos de girassol em leito fixo e em leito de jorro**. 100 f.: Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. C.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2011. 84 p.

MENDES, U. C.; RESENDE, O.; DONADON, J. R.; ALMEIDA, D. P. ROCHA, C. A.; OLIVEIRA, D. E. C. Efeito da secagem nas propriedades físicas dos grãos de feijão adzuki. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 3871-3880, 2016.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.

OBA, G. C. **Caracterização física de sementes de feijão-caupi durante o processo de secagem**. 88f.: il.; 30 cm Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande, Dourados - MS, 2016.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; SIQUEIRA, V. C.; NETO, C. A. Alterações morfométricas em grãos de soja durante o processo de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 975-984, 2013.

OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, v. 02, n. 03, p. 162-165, 2014.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Shape and size of jatropha beans (*Jatropha curcas* L.) during drying at different temperatures. **Revista Ceres**. v. 60, n.6, p. 820-825, 2013.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas dos frutos de pinhão-mansô durante a secagem. **Global science and technology**, Rio Verde -GO, v. 05, n. 01, p.83 – 92. 2012.

CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados experimentais obtidos nos moldes em que foi conduzido este trabalho, conclui-se que:

→ A magnitude da massa específica aparente e da unitária aumentam com a redução do teor de água.

→ O ângulo de repouso, a porosidade intergranular e a massa de mil grãos diminuem ao longo da secagem.

→ A circularidade, a esfericidade e a relação superfície-volume aumentam, enquanto que o diâmetro geométrico diminuí durante a secagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.3, p.279–286, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Seção 1, p. 11-14. 31 mar., 2008.

BOTELHO, F. M.; CORREA, P.C; BOTELHO, S. C. C.; VARGAS-ELIAS, G. A.; ALMEIDA, M. D. S. A.; OLIVEIRA, G. H. H. Propriedades físicas de frutos de café robusta durante a secagem: determinação e modelagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 65 - 75, jan./mar. 2016.

COÊLHO, J. D. **Produção de grãos: feijão, milho e soja**. Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, n.19, ano 2, 2017. 13p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. - v. 6 Safra 2018/19 – Brasília: Conab, 2019- v. Mensal. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>> acesso em 23 de Janeiro de 2019.

DELIBERALI, J.; OLIVEIRA, M.; DURIGON, A.; DIAS, A. R.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Efeitos de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.34, n.5, p.1285-1292, set/out, 2010.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. C.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2011. 84 p.

MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 42, n.4, p.430-436, out/dez. 2012.

OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 03, p. 162-165, jul./set. 2014.

REGINATO, M. P.; ENSINAS, S. C.; RIZZATO, M. C. O.; KOSLINSKI, M. K.; PRADO, E. A. Boas práticas de armazenagem de grãos. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 8.,2014, Dourados. **Anais...**Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELIS, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 32, n. 1, p. 225-230, jan./fev., 2008.

SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FILHO, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de

milho safrinha – rs, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, jan./mar. 2011.

VALADARES, R. N.; MOURA, M. C. C. L.; SILVA, A. F. A.; SILVA, L. S.; VASCONCELOS, M. C. C. A.; SILVA, R. G. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) De porte ereto/semiereto nas mesorregiões leste e sul maranhense. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.06, n 02, p.21 – 27, abril/junho 2010.

ANEXOS



XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
 Centro Internacional de Convenções do Brasil - Brasília - DF
 06, 07 e 08 de agosto de 2018



PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI

MÔNICA JAQUELINE ISAIAS ARAÚJO¹, FERNANDO MENDES BOTELHO², SILVIA DE CARVALHO CAMPOS BOTELHO³, JOSÉ ÂNGELO NOGUEIRA DE MENEZES JÚNIOR³, LAYANNE CRISTINA BUENO DE ALMEIDA⁴.

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop - MT, Brasil, Fone: (0XX66) 99624.5775, monicajakelineisaiasaraujo@gmail.com.

² Professor Adjunto III, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

³ Pesquisador (a), Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT, Brasil.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop - MT, Brasil

Apresentado no
 XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
 06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar as propriedades físicas do feijão caupi em diferentes teores de água. Amostras de grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente e com teor de água inicial de 0,250 (b.s) foram secados em uma estufa com circulação forçada de ar à 40 °C até o teor de água final de 0,13 (b.s). A secagem foi acompanhada por diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial. Ao longo da secagem, para teores de água predeterminados, foram determinadas as propriedades físicas: ângulo de repouso, massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade intergranular e massa de mil grãos. De acordo com os resultados obtidos observou-se que, o teor de água influenciou significativamente as propriedades físicas das amostras de feijão Caupi analisadas. Durante a secagem houve aumento da massa específica aparente e da massa específica unitária, além da redução da massa de mil grãos, do ângulo de repouso e da porosidade intergranular.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, teor de água, secagem.

PHYSICAL PROPERTIES OF COWPEA BEANS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the physical properties of cowpea beans in different moisture contents. Samples of cowpea beans manually harvested and threshed with initial moisture content of 0.250 (b.s) were dried in a forced air oven at 40 °C until the final moisture content was 0.13 (b.s). Drying was followed by mass difference, with the initial moisture content being known. During drying, the physical properties were determined for predetermined moisture content: repose angle, bulk density real density, intergranular porosity and mass of thousand grains. According to the results obtained, it was observed that moisture content significantly influenced the physical properties of the samples of Cowpea beans analyzed. During drying, the bulk density and real density increased, as well as the reduction of the mass thousand grains, the angle of repose and the intergranular porosity.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, moisture content, drying

INTRODUÇÃO: O feijão caupi vem sendo umas das principais opções de cultivo para a segunda safra em algumas regiões do país em substituição ao milho, inclusive no Mato Grosso, que já é o maior produtor nacional desse grão (CONAB, 2018). Similarmente ao que acontece com outras culturas, os grãos de feijão caupi devem ser pré processados para que viabilizem uma armazenagem segura mantendo seus atributos físicos e químicos. Dos processos comumente utilizados destaca-se a secagem como sendo um dos principais, pois garante a redução do teor de água dos produtos. Todavia, Sousa et al. (2016) argumentam que, apesar de indispensável, a secagem normalmente causa alterações significativas nas propriedades físicas de produtos agrícolas. Araújo et al. (2014) ressalta que a adequada determinação e conhecimento das mudanças ocorridas nas propriedades físicas dos grãos ao longo de

seu processamento tornam-se necessária, pois essas são características de fundamental importância para a otimização de processos industriais, elaboração de novos projetos e equipamentos usados nas operações de colheita e pós-colheita de grãos. Diante do apresentado e ressaltando a importância de conhecer as propriedades físicas dos produtos agrícolas, buscou-se avaliar a influência do teor de água sobre a massa específica aparente, a massa específica unitária, a massa de mil grãos, o ângulo de repouso e a porosidade intergranular de feijão caupi durante o processo de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente. Depois de colhido, o produto foi encaminhado para o laboratório e submetido a um processo de limpeza para remoção de impurezas, material estranho e grãos quebrados ou danificados. Os grãos de feijão foram submetidos à secagem em uma estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 40 °C, até atingirem o teor de água final de 0,13 (b.s.). A redução do teor de água ao longo do processo foi acompanhada por diferença de massa conhecendo-se o teor de água inicial, sendo de 0,250 (b.s.). As medições de massa neste trabalho foram feitas por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01 g. O teor de água do produto foi determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três amostras de 40 g (BRASIL, 2009). Durante a secagem amostras do produto foram retiradas, com teores de água previamente determinados e então encaminhadas para a determinação de suas propriedades físicas. Para a determinação do ângulo de repouso, foi utilizado um dispositivo feito de fibra de média densidade (MDF) que possui um alçapão, que, quando aberto, possibilita o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude. Para esse índice foram realizadas três repetições para cada teor de água. A massa específica aparente, foi determinada por meio da massa de amostra coletada em um cilindro com volume de 1 L, cuja relação entre o diâmetro e a altura é igual a 1. Para esta propriedade foram feitas três repetições por teor de água. Para a determinação da massa específica unitária foram escolhidos, ao acaso, 20 grãos de feijão caupi e secados separadamente, sendo medidas as suas dimensões características principais (maior, intermediária e a menor dimensão característica) e a massa durante a secagem. As dimensões características foram determinadas por meio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. O volume dos grãos de feijão caupi foram então calculados por meio da Equação 1, sendo os mesmos considerados esferoides escalenos. Devido a sua dependência com a massa específica, a porosidade (ε) intergranular foi determinada indiretamente por meio da Equação 2 (MOHSENIN, 1986).

$$V_g = \frac{\pi(abc)}{6} \quad (1)$$

$$\varepsilon = 100 \left[1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_u} \right] \quad (2)$$

Em que:

V_g – volume de grãos, mm³;

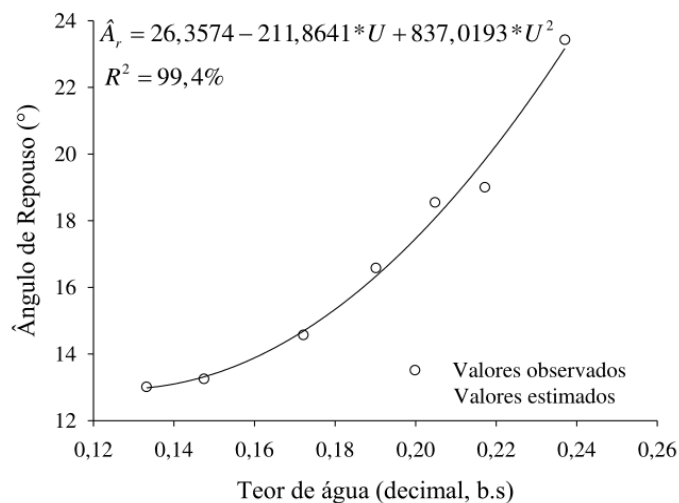
a, b e c - a maior, a intermediária e a menor dimensão característica principal dos grãos de feijão caupi (mm); e

ρ_{ap} e ρ_u - massa específica (ap) aparente e unitária (u), kg m⁻³.

Para a determinação da massa de mil grãos, mil grãos de feijão foram secados separadamente numa bandeja metálica, sendo sua massa acompanhada durante a secagem.

A dependência entre as propriedades físicas dos grãos de feijão caupi analisadas em função do teor de água, foi verificada por meio de análise de variância, seguida de regressão linear. A avaliação dos parâmetros dos estimadores dos modelos foi feita pelo teste “t”, considerando-se uma significância de 5% de probabilidade.

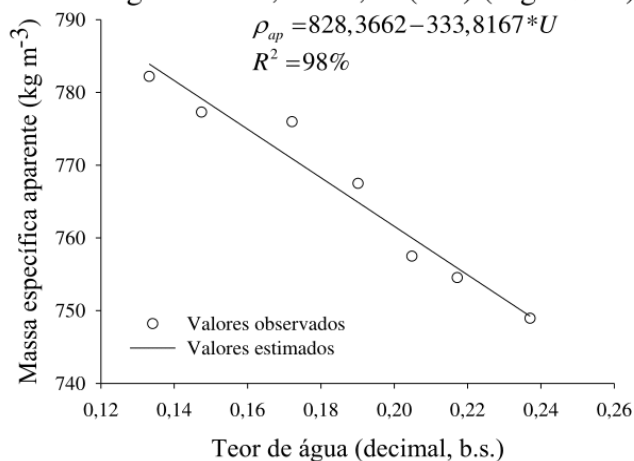
RESULTADOS E DISCUSSÃO: O valor do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi diminuíram durante a secagem, variando de 23,4 a 13,0 °, para a faixa de teor de água de 0,25 a 0,13 (b.s.). Tendência semelhante foi observada por Aviara et al. (2013) durante a secagem de sementes de *Moringa oleífera*, ou seja, com a redução do teor de água o ângulo de repouso também reduziu. A dependência do ângulo de repouso com a redução do teor de água pode ser explicada de forma significativa por meio de uma equação polinomial de segundo grau, que apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,99$).



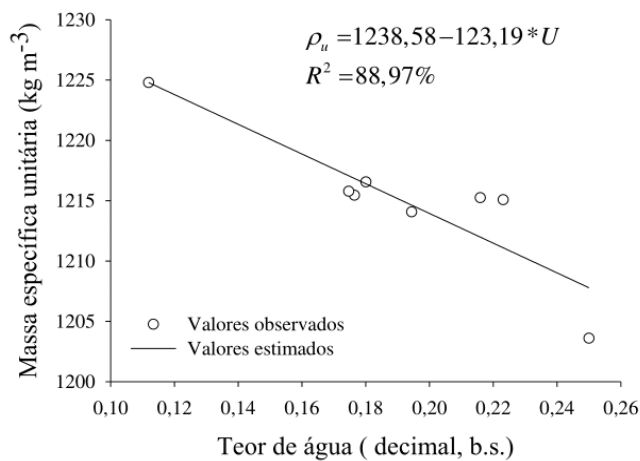
*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

FIGURA 2. Valores observados e estimados do ângulo de repouso de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

A massa específica aparente dos grãos de feijão caupi aumentou linearmente com a redução no teor de água durante a secagem, sendo observado uma amplitude de valores de 748,95 a 782,20 kg m^{-3} para teores de água entre 0,25 e 0,13 (b.s.) (Figura 3A).



(A)



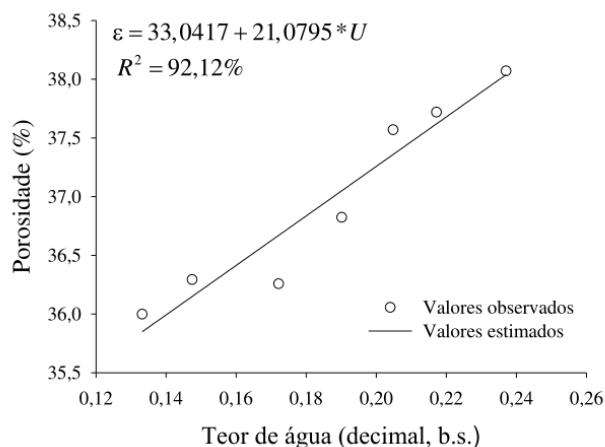
(B)

*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

Figura 3. Valores observados e estimados da massa específica aparente (A) e da massa específica unitária (B) dos grãos de feijão caupi em função do teor de água (decimal, b.s.).

Jesus *et al.* (2013) ao analisarem a secagem de duas cultivares de feijão (BRS Valente e BRS Pontal) também notaram que a massa específica aparente aumentou a medida que o teor de água presente nos grãos diminuía, apresentando valores de 757,06 e 738,66 kg m^{-3} para as umidades de 0,11 e 0,22 (b.s.) respectivamente, sendo valores semelhantes à este trabalho. A massa específica unitária também apresentou aumento linear com a redução da quantidade de água dos grãos (Figura 3B). A amplitude de valores neste caso foi de 1203,6 kg m^{-3} a 1224,7 kg m^{-3} para teores de água variando de 0,25 a 0,11 (b.s.), respectivamente. Resultados similares foram verificados por Andrade *et al.* (2014) ao constatarem aumento da massa específica unitária de sementes de abóbora durante a secagem. Modelos lineares descreveram satisfatoriamente a tendência das massas específicas aparente e unitária, de acordo com a redução no teor de água dos grãos de feijão caupi, apresentando os coeficientes de determinação de 97,0 e 88,0% respectivamente.

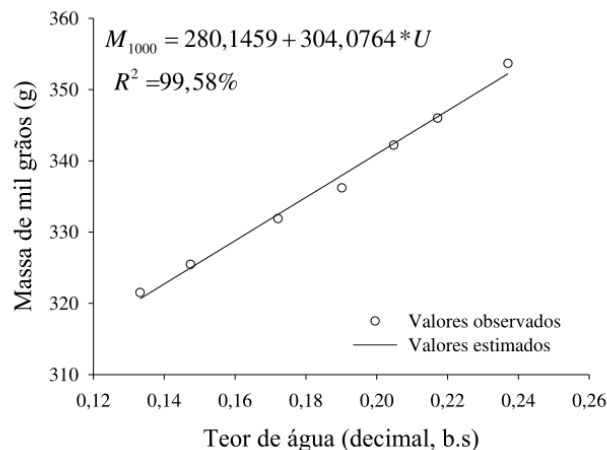
A porosidade diminuiu proporcionalmente à redução do teor de água presente nos grãos de feijão caupi (Figura 4). Essa variável reduziu aproximadamente 2,07% desde o início até o final do processo de secagem. Tendência semelhante foi relatada por Siqueira *et al.* (2012) ao avaliarem a porosidade de frutos de pinhão manso durante a secagem. Modelo linear descreveu adequadamente a relação entre a porosidade e a redução do teor de água com grau de ajuste de 92,12%.



(4)

Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

Figura 4. Valores observados e estimados de porosidade intergranular em função do teor de água.



(5)

Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

Figura 5. Valores observados e estimados da massa de mil grãos em função do teor de água.

Para a massa de mil grãos notou-se que, com a diminuição do teor de água de 0,25 para 0,13 (b.s), houve redução da massa de 353,58 para 321,51 g no decorrer da secagem, tendo a dependência entre as variáveis sendo descrita satisfatoriamente por modelo linear com grau de ajuste de 99,0% (Figura 5). Araújo et al. (2014) avaliando o efeito da secagem sobre as características físicas de grãos de amendoim, também observou uma redução para massa de mil grãos, passando de 736 para 553 g, em uma faixa de teor de água de 0,56 a 0,04 (decimal, b.s.).

CONCLUSÕES: O teor de água influencia as propriedades físicas dos grãos de feijão caupi, de modo que sua redução proporciona aumento na massa específica aparente e unitária, e a redução do ângulo de repouso, da porosidade intergranular e da massa de mil grãos.

REFERÊNCIAS:

- ANDRADE, E. T.; TEIXEIRA, L. P.; ESPÍNDOLA, J. Z.; FIGUEIRA, G. V.; SILVA, I. M. Determinação das propriedades físicas e avaliação da cinética de secagem dos grãos de abóbora. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43., 2014. **Anais...** Campo Grande-MS, 2014.
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.279–286, 2014.
- AVIARA, N.; POWER, P. P.; ABBAS, T. Moisture-dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. **Industrial Crops and Products**. v. 42, p. 96-104, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. - v.7, n.7 (2017/2018) – Brasília: Conab, 2018- v. Mensal. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>> acesso em 22 de Abril de 2018.
- JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na agricultura**, , v. 21, n. 1, p.09-18, 2013
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas dos frutos de pinhão-mansão durante a secagem. **Global science and technology**, Rio Verde -GO, v. 05, n. 01, p.83 – 92, 2012.
- SOUZA, R. V.; MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; ROSA, M. E. C.; SOUSA, A. C. Influência do teor de água nas propriedades físicas dos grãos de arroz vermelho em casca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.18, n. especial, p.495-502, 2016.

VARIAÇÃO DOS FATORES DE FORMA DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DURANTE A SECAGEM

MÔNICA JAQUELINE ISAIAS ARAÚJO¹, FERNANDO MENDES BOTELHO², SÍLVIA DE CARVALHO CAMPOS BOTELHO³, JOSÉ ÂNGELO NOGUEIRA DE MENEZES JÚNIOR³, LAYANNE CRISTINA BUENO DE ALMEIDA⁴.

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop - MT, Brasil, Fone: (0XX66) 99624.5775, monicajakelineisaiasaraujo@gmail.com.

² Professor Adjunto III, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

³ Pesquisador (a), Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop (MT), Brasil.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop - MT, Brasil.

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a variação dos fatores de forma de grãos de feijão-caupi durante a secagem. Grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente e com teor de água inicial de 0,250 (b.s) foram secados em uma estufa com circulação forçada de ar à 40 °C até o teor de água final de 0,112 (b.s). A secagem foi acompanhada por diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial. Ao longo da secagem, foram medidas as dimensões características principais de grãos de feijão caupi (maior, menor e intermediária). Obtidas as dimensões características calculou-se a esfericidade, a circularidade (para a posição natural de repouso), a relação superfície-volume e o diâmetro geométrico. Verificou-se que o teor de água influenciou significativamente os fatores de forma analisados, proporcionando aumento da esfericidade, da circularidade e da relação superfície-volume com a redução do teor de água. Já o diâmetro geométrico diminuiu conforme a redução do teor de água durante a secagem.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, teor de água, propriedades físicas

VARIATION OF SHAPE FACTORS OF THE COWPEA BEANS DURING DRYING

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the variation of factors of cowpea beans shape during drying. Samples of cowpea beans harvested and threshed manually and with initial moisture content of 0.250 (b.s) were dried in a forced air oven at 40 °C until the final moisture content of 0.112 (b.s). Drying was followed by mass difference, with the initial moisture content being known. During drying, the main characteristic dimensions of cowpea beans (major, minor and intermediate) were measured. Obtained the characteristic dimensions were calculated the sphericity, circularity (repose position), surface-volume ratio and geometric diameter. It was found that the moisture content significantly influenced the analyzed shape factors, providing increased sphericity, circularity and the surface-volume ratio with the reduction of the moisture content. The geometric diameter decreased as the moisture content decreased during drying.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, moisture content, physical properties

INTRODUÇÃO: No Brasil, apesar da grande variedade existente de feijões cultivados, apenas duas espécies são catalogadas como feijão para classificação técnica a nível de comercialização, sendo elas conhecidas como o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) (BRASIL, 2008). Normalmente cultivado na segunda safra do ano, o feijão caupi tem

apresentado custo/benefício bastante competitivo em relação a outras culturas, tendo uma produção de qualidade que viabiliza boa aceitação comercial do grão. Assim como outros produtos agrícolas os grãos de feijão caupi necessitam ser pré-processados visando assegurar sua qualidade e aumento de sua durabilidade durante o armazenamento (FREIRE FILHO et al. 2011). A secagem é uma das principais etapas de pré-processamento a qual o grão é submetido quando não se encontra em condições ideais para armazenagem, com principal objetivo de reduzir o teor de água do produto. Contudo a redução do teor de água além de, mitigar atividades biológicas e mudanças físico-químicas que acontecem durante o armazenamento, também é responsável por alterações nas características físicas dos grãos (OLIVEIRA et al., 2014). Das alterações físicas provocadas pela redução do teor de água, a volumétrica é relatada como uma das mais importantes, pois proporciona mudança na forma dos produtos agrícolas, que está correlacionada as suas dimensões características. O estudo dessas alterações físicas é importante para a melhor descrição do processo de secagem, assim como para melhor dimensionamento de equipamentos destinados a separação e classificação de grãos (SIQUEIRA, et al., 2013). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar os fatores de forma de grãos de feijão caupi ao longo do processo de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados grãos de feijão caupi colhidos e debulhados manualmente. O produto colhido foi encaminhado para o laboratório e submetido a um processo de limpeza visando remoção de materiais estranhos e grãos quebrados ou danificados.

Após limpeza os grãos foram secados em uma estufa com circulação forçada de ar ajustada à 40 °C. A redução do teor de água ao longo de secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto [0,250 (b.s)]. O teor de água inicial do produto determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 105 ± 1 °C, durante 24 h, com três repetições de 40 g (BRASIL, 2009), e as medições de massa nesse trabalho foram feitas por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01g. A secagem foi interrompida quando os grãos atingiram o teor de água final médio de 0,112 (b.s.).

Para a determinação dos fatores de forma, 20 grãos de feijão caupi foram secados em recipiente metálico. A forma e o tamanho dos grãos de feijão, considerados esferoides escalenos, foram analisados pela esfericidade, circularidade, relação superfície-volume e diâmetro geométrico, calculados a partir das medidas das dimensões principais (maior, intermediária e a menor dimensão característica). Essas dimensões foram obtidas por meio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm em leituras periódicas durante a secagem. Para a determinação da esfericidade (ϕ), do diâmetro geométrico (D_g), da circularidade (C_r) e do volume dos grãos, considerados esferoides escalenos (V_g), foram utilizadas as Equações 1, 2 e 3 (MOHSENIN, 1986).

$$\phi = \frac{D_g}{a} = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (1) \quad C_r = \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2) \quad V_g = \frac{\pi(abc)}{6} \quad (3)$$

Em que:

a - maior dimensão característica dos grãos de feijão (mm);

b - dimensão característica intermediária dos grãos de feijão (mm) e

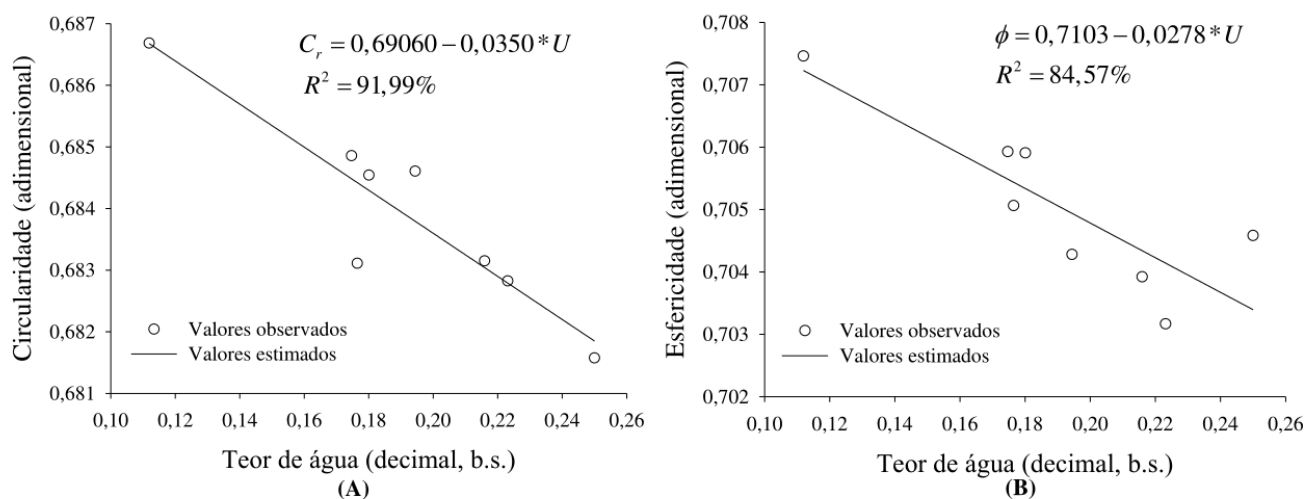
c - menor dimensão característica dos grãos de feijão (mm).

O cálculo da área superficial (A_s) utilizada para a determinação da relação superfície-volume, foi feito de acordo com a Equação 4, conhecida como Equação de Knud Thomsen's. A Equação de Knud Thomsen's, utilizada com a constante "z" igual a 1,6075, resulta em um erro máximo de 1,061% na estimativa da área superficial do esferoide.

$$A_s = 4\pi \left[\frac{\left(\frac{a}{2}\right)^z \left(\frac{b}{2}\right)^z + \left(\frac{a}{2}\right)^z \left(\frac{c}{2}\right)^z + \left(\frac{c}{2}\right)^z \left(\frac{b}{2}\right)^z}{3} \right]^{\frac{1}{z}} \quad (4)$$

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, seguidos de análise regressão linear ao nível de significância de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nota-se, pela Figura 1, que a circularidade (Figura 1A) aumentou linearmente com a redução no teor de água dos grãos, apresentando uma amplitude de valores de 0,682 a 0,687 (decimal) para faixa de teor de água de 0,250 a 0,112 (decimal, b.s.). Tendência semelhante foi relatada por Araújo et al. (2014) ao estudarem a variação da circularidade de grãos de amendoim durante a secagem.



*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

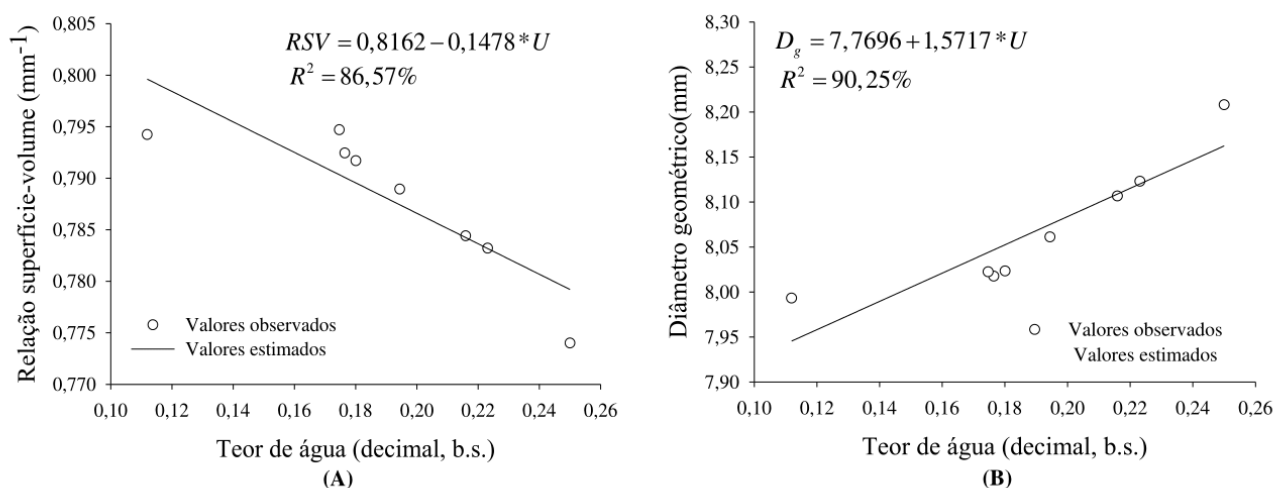
FIGURA 1. Valores observados e estimados da circularidade (A) e da esfericidade (B) de grãos de feijão caupi para diferentes teores de água.

Notou-se ainda que no decorrer do processo de secagem a esfericidade dos grãos de feijão caupi também aumentou linearmente (Figura 1B), variando de 0,705 a 0,707 (decimal). Ao analisarem a esfericidade durante a secagem dos grãos de feijão adzuki, Mendes et al. (2016) também observaram aumento da esfericidade, como resultado da redução do teor de água.

Similarmente ao observado para a esfericidade e a circularidade, a relação superfície-volume dos grãos de feijão caupi aumentou proporcionalmente à redução do teor de água (Figura 2A). Esse índice variou de 0,774 a 0,794 mm⁻¹, para a faixa de teor de água de 0,250 a 0,112 (decimal, b.s.). Tendência semelhante foi relatada por Oba (2016) ao estudarem a dependência da relação superfície-volume com o teor de água.

Verificou-se também que, com a retirada de água dos grãos de feijão caupi, o diâmetro geométrico reduziu linearmente com a secagem (Figura 2B). O diâmetro geométrico reduziu de 8,21 (mm) para o teor de água de 0,25 (decimal, b.s) para 7,99 (mm) para o teor de água final de 0,112 (decimal, b.s).

Oliveira et al. (2013) ao estudarem as alterações morfológicas em grãos de soja durante o processo de secagem com duas temperaturas (90 e 50 °C) também observou que o diâmetro geométrico diminuiu ao longo da secagem para ambas as temperaturas, conforme o teor de água diminuía, onde a redução representou 2,69% para 50 °C e 3,8% para 90 °C em relação ao diâmetro geométrico inicial.



*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste “t”

FIGURA 2. Valores observados e estimados da relação superfície-volume (A) e do diâmetro geométrico (B).

CONCLUSÕES: A redução do teor de água, devido à secagem influenciou os fatores de forma dos grãos de feijão caupi, proporcionando aumento da circularidade, da esfericidade e da relação superfície-volume bem como a redução do diâmetro geométrico.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTIS, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.279–286, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Seção 1, p. 11-14. 31 mar., 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. C.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2011. 84 p.
- MENDES, U. C.; RESENDE, O.; DONADON, J. R.; ALMEIDA, D. P. ROCHA, C. A.; OLIVEIRA, D. E. C. Efeito da secagem nas propriedades físicas dos grãos de feijão adzuki. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 3871-3880, 2016.
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.
- OBA, G. C. **Caracterização física de sementes de feijão-caupi durante o processo de secagem**. 88f. : il. ; 30 cm Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande, Dourados - MS, 2016.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; SIQUEIRA, V. C.; NETO, C. A. Alterações morfométricas em grãos de soja durante o processo de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 975-984, 2013.
- OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, v. 02, n. 03, p. 162-165, 2014.
- REGINATO, M. P.; ENSINAS, S. C.; RIZZATO, M. C. O.; KOSLINSKI, M. K.; PRADO, E. A. Boas práticas de armazenagem de grãos. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 8., 2014, Dourados. **Anais...**Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Shape and size of jatropha beans (*Jatropha curcas* L.) during drying at different temperatures. **Revista Ceres**, v. 60, n.6, p. 820-825, 2013.