

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS

FORMA E TAMANHO DOS GRÃOS DE FEIJÃO MUNGO
(*Vigna radiata* L. R. Wilczek) DURANTE A SECAGEM

ANA CLARA ASTOLFI MORAIS
MARIANNE DE SOUZA SANTOS

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2023

FORMA E TAMANHO DOS GRÃOS DE FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) DURANTE A SECAGEM

Ana Clara Astolfi Moraes
Marianne de Souza Santos

Orientador: Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Agrícola.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M828f Morais, Ana Clara Astolfi
 FORMA E TAMANHO DOS GRÃOS DE FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata* L. R. Wilczek)
DURANTE A SECAGEM [recurso eletrônico] / Ana Clara Astolfi Moraes, Marianne de Souza
Santos. -- 2023.
 Arquivo em formato pdf.

 Orientador: Valdiney Cambuy Siqueira.
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

 1. Mungo verde. 2. Moyashi. 3. Propriedade físicas. I. Santos, Marianne de Souza . II. Siqueira,
Valdiney Cambuy. III. Título.

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

FORMA E TAMANHO DOS GRÃOS DE FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) DURANTE A SECAGEM

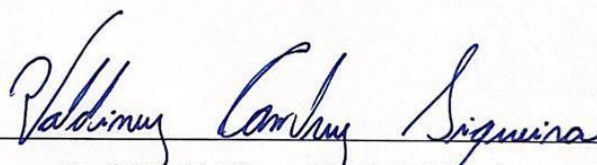
Por

Ana Clara Astolfi Moraes

Marianne de Souza Santos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÍCOLA

Aprovado em: 20 de abril de 2023



Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira

Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins

Membro da banca – UFGD/FCA



Engenheira Agrícola Larissa Kathleen de Castro

Membro da banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS - Ana Clara Astolfi Moraes

A Deus, pois se não fosse pela vontade dele eu não estaria aqui, foi ele quem me deu saúde, sabedoria e disposição para concluir este sonho em minha vida.

Aos meus pais Eferson Moraes e Valdete Astolfi que desde o início sonharam esse sonho junto a mim e nunca mediram esforços para que eu alcance tudo que almejei, sempre acreditando na minha capacidade e dando apoio infinito para conquistar meus objetivos.

Ao Patrick Andrei Lopes de Oliveira por sua paciência, encorajamento e amor que foram fundamentais para minha conquista.

À Universidade Federal da Grande Dourados, por todo suporte e oportunidades dadas para que essa caminhada de graduação em Engenharia Agrícola pudesse acontecer da melhor maneira possível.

À Marianne de Souza Santos pela parceria incrível em nosso projeto. Foi uma experiência enriquecedora trabalharmos juntas, compartilhando ideias, dividindo as tarefas e superando os desafios.

À minha amiga Nathalya Lima sua presença, incentivo e amizade foram essenciais para minha conquista acadêmica.

Às minhas amigas e colegas Eduarda Antonia Barbosa Matos e Leidimara Moreira dos Santos, pela parceria, paciência e amizade desde o início dessa graduação.

Ao professor, orientador Valdiney Cambuy Siqueira pelos ensinamentos transmitidos, experiência compartilhada pacientemente, e por toda confiança e dedicação durante esse período.

À toda equipe de pesquisa do Laboratório de Processos Pós-Colheita da UFGD e ao grupo PET Engenharia Agrícola, pela ajuda e dedicação na elaboração desse trabalho.

Aos professores e colegas de faculdade, que acrescentaram de inúmeras formas na minha vida, houve muito crescimento, não só profissional, mas crescimento pessoal e interpessoal que será levado pelo resto da vida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

Obrigada!

AGRADECIMENTOS – Marianne de Souza Santos

A Deus e à Nossa Senhora. Sei que a minha força vem do céu.

Aos meus pais, Marculina Maria de Souza e Mauro Antonio dos Santos, à minha irmã, Márcia Karine de Souza Santos e à minha prima, Natallí Aparecida de Souza Lescano, por todo apoio, confiança e cuidado comigo, mesmo que de longe.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade e auxílios concedidos.

Ao professor Dr. Valdiney Cambuy Siqueira, por não apenas orientar, mas ensinar com zelo e paciência.

À Ana Clara Astolfi Moraes, pela parceria, amizade, confiança e paciência.

Ao Gustavo Falavina Pereira, por me incentivar e acalmar tantas vezes.

Aos amigos do “Terço dos exilados”, por me manterem no caminho da fé.

Às colegas Larissa Pereira Barroso, Marselly Kaandra Ferreira Amoura e Maria Eduarda Lodo Navarro, pelo apoio e ajuda de diversas formas durante toda a graduação.

À toda equipe de pesquisa do Laboratório de Processos Pós-Colheita da UFGD, ao grupo PET Engenharia Agrícola e a todos que ajudaram direta e indiretamente durante o experimento.

À banca examinadora, professor Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins e engenheira agrícola Larissa Kathleen de Castro, pela disposição em colaborar com o presente trabalho.

Obrigada!

MORAIS, Ana Clara Astolfi; SANTOS, Marianne de Souza. **Forma e tamanho dos grãos de feijão mungo (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) durante a secagem.** 2023. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

RESUMO

O feijão mungo é uma leguminosa granífera muito conhecida pela população adepta à comida asiática. No Brasil sua produção é basicamente toda voltada para sementes, com foco na produção de brotos para alimentação. O manuseio de sementes, desde o plantio, colheita até a pós-colheita é dependente das propriedades físicas que estas apresentam, estas por sua vez, não apresentam padrões pré-definidos, suas características sofrem variações em função de determinados processos, a exemplo da secagem, que envolve a remoção do excesso de água do produto, acarretando em alterações significativas na sua forma e no tamanho. Assim, o objetivo com o presente trabalho é determinar e avaliar o comportamento da forma e do tamanho do feijão mungo ao longo da secagem. Os grãos foram colhidos com o teor de água de aproximadamente 27% (base úmida, bu), e posteriormente submetidas à secagem artificial com ventilação natural, até atingirem o teor de água de aproximadamente 9% (bu). Ao longo do processo de secagem a forma e o tamanho dos grãos foram avaliados mediante determinação dos eixos ortogonais, comprimento, largura e espessura. De posse desses dados foram calculados a circularidade, esfericidade, volume, área superficial, área projetada e relação superfície-volume. Durante a secagem as dimensões dos eixos ortogonais se tornam menores e conseqüentemente há a redução do volume. Área projetada, área superficial e diâmetro geométrico também reduzem com o teor de água, enquanto a circularidade e a relação superfície-volume aumentam. A esfericidade do grão também aumenta conforme ocorre a secagem.

Palavras-chave: Mungo verde. Moyashi. Propriedade físicas.

MORAIS, Ana Clara Astolfi; SANTOS, Marianne de Souza. **Form and size of mung bean (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) grains during drying**. 2023. 31f. Completion of course work (Bachelor in Agricultural Engineering) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

ABSTRACT

Mung bean is a grain legume well known by people who of Asian food. In Brazil, its production is on seed production, with a focus on the production of sprouts for food. The handling of seeds, from planting, harvesting to post-harvest, is dependent on the physical properties that they present, which in turn do not present predefined standards, their characteristics suffer variations due to certain processes, such as drying, which involves removing excess water from the product, resulting in significant changes in its form and size. Thus, the objective of this work is to determine and evaluate the form and size behavior of mung bean during drying. The grains were harvested with initial moisture content of 27% (wet weight basis, wb), and subsequently subjected to artificial drying with natural ventilation, until they reached a moisture content of approximately 9% (wb). Throughout the drying process, the form and size of the grains were evaluated by determining the orthogonal axes, length, width and thickness. With these data, circularity, sphericity, volume, surface area, projected area and surface-volume ratio were calculated. During drying, the dimensions of the orthogonal axes reduce and consequently there is a reduction in volume. Projected area, surface area and geometric diameter also decrease with water content, while circularity and surface-to-volume ratio increase. The sphericity of the grain also gets bigger and bigger as drying takes place.

Key words: Green gram. Moyashi beans. Physical property.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Feijão mungo	3
2.2 Secagem de grãos.....	3
2.3 Forma e tamanho.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4.1 Comprimento, largura e espessura	9
4.2 Volume dos grãos.....	10
4.3 Circularidade e esfericidade.....	11
4.4 Área superficial e projetada, relação superfície-volume e diâmetro geométrico.....	13
5 CONCLUSÕES	15
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

O feijão mungo (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) é uma leguminosa anual muito versátil e nutritiva, por ser fonte de proteínas, fibras, vitaminas e minerais. Além disso, seu cultivo pode ser uma opção interessante para agricultores que buscam alternativas sustentáveis de produção agrícola, com fácil adaptação nos climas tropicais e subtropicais (SILVA, 2022).

O continente asiático tem 90% da produção mundial do feijão mungo, sendo a Índia o país responsável por cerca de 50% deste total (PEREIRA et. al., 2019). A produção no Brasil é bastante limitada e cerca de 95% é destinada ao mercado externo, com o estado do Mato Grosso sendo o maior exportador brasileiro (IBRAFE, 2023).

No Brasil e em outros países, o feijão mungo é amplamente consumido na forma de broto, conhecido como “moyashi”. Este é obtido através da germinação das sementes, sob condições controladas de umidade e temperatura. Após cerca de cinco dias de germinação, o broto de feijão está pronto para consumo, podendo ser adicionado em saladas, sanduíches, pratos quentes e outras receitas.

Para uma produção agrícola de qualidade, é fundamental que sejam adotadas medidas para minimizar as perdas causadas por insetos, doenças e microrganismos no campo, assim é recomendado que a colheita seja realizada antecipadamente, evitando a propagação desses agentes danosos (AFONSO e CORRÊA, 1999). O teor de água dos grãos pode variar significativamente de acordo com as condições climáticas durante o cultivo e a colheita. A secagem é uma etapa muito importante no processamento de grãos, pois permite a remoção do excesso de água após a colheita, que tem por objetivo manter sua qualidade e prolongar sua vida útil durante o armazenamento (ANDRADE et al., 2006).

A redução do teor de água dos grãos, além de provocar seu encolhimento, influencia diretamente nas suas propriedades físicas durante o processo de secagem, e cada produto apresenta características particulares de geometria e composição química, fazendo com que se comporte de forma diferente ao longo da redução do teor de água (RESENDE et al., 2005). Logo, informações teóricas a respeito desta singularidade são de suma importância para auxiliar no desenvolvimento de equipamentos e adaptações daqueles já existentes, visando a obter maior rendimento nesta etapa fundamental durante o período pós-colheita.

Mudanças das características dimensionais dos produtos devido à sua desidratação são relatadas como as primeiras causas das alterações de forma e tamanho, massa específica e velocidade terminal de produtos agrícolas (BALA e WOODS, 1984; LANG e SOKHANSANJ, 1993; RATTI, 1994). Essas características dimensionais afetam outras, como porosidade,

ângulo de repouso, contração volumétrica, etc. Variações dessas propriedades em função do teor de água e de outros fatores durante a secagem de vários produtos têm sido investigadas por diversos autores (MCMINN e MAGEE, 1997; QUEQUETO et al., 2018; RUFFATO et al., 1999; SILVA et al., 2018).

Projetos de máquinas para processamento, classificação e dimensionamento de equipamentos destinados à pós-colheita de produtos agrícolas requerem dados relativos às propriedades físicas, especialmente relativos às propriedades geométricas. Nesse sentido, informações a respeito de forma, tamanho, volume, entre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos que envolvem transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares (GONELI et al., 2011).

Desta forma, o trabalho foi realizado com o objetivo de determinar e avaliar as características morfológicas dos grãos de feijão mungo, por meio das análises de comprimento, largura, espessura, circularidade, esfericidade, diâmetro geométrico, área projetada, área superficial, volume e relação superfície-volume.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão mungo

De porte ereto ou semiereto, sua altura varia de 0,3 a 1,5 m, dependendo da população de plantas e das condições edafoclimáticas, o início de sua floração varia de 25 a 42 dias após a emergência, o número de vagens por planta varia de 4 a 34 e na maturação as vagens apresentam uma coloração preta ou marrom, contendo de 6 a 20 sementes (VIEIRA; VIEIRA e VIEIRA, 2001). Suas folhas são alternadas e trifolioladas, de cor verde clara ou escura, e suas flores variam de amarelo esverdeado a um amarelo mais claro (GANESAN e XU, 2018).

É uma cultura adaptável a todos os tipos de solo, que se desenvolve em condições áridas e semiáridas adversas (GENESAN e XU, 2018). Por ser uma leguminosa de crescimento rápido, permite a adaptação em muitos sistemas de produção e pode ser inserida em rotações de culturas, o que garante a diversificação nos sistemas de cultivo (SILVA, 2019). O cultivo em consórcio é uma prática agrícola limpa, de baixo consumo e simples que pode ser realizada utilizando feijão mungo, visando mecanismos de ciclagem de nutrientes do solo, principalmente a fixação de nitrogênio (GONG et al., 2021).

De acordo com Jain e Sharma (2021), o feijão mungo é promissor em várias características nutricionais e tende a ter bom desenvolvimento de novas cultivares comerciais. No ano de 2015, o feijão mungo foi cultivado em uma área de 1500 ha na cidade de Sorriso (MT) e produtores de toda a região demonstraram interesse em trabalhar com esta cultura, mas ressaltaram a falta de conhecimento sobre a leguminosa (KERES et al., 2019).

O feijão mungo apresenta vantagens nutricionais para crianças e idosos, já que é mais facilmente digerível comparado há outras leguminosas. Além disso, é utilizado na alimentação de animais e como fertilizante natural, promovendo o enriquecimento do solo em nutrientes (NAIR et al., 2013) e também possui efeitos quimiopreventivos que tem potencial para a saúde com a medicina complementar, pois estes compostos tem propriedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas, antivirais, cardioprotetoras, anti-inflamatórias, antidiabéticas, anticancerígenas, antiobesidade, entre outros benefícios (GENESAN e XU, 2018).

2.2 Secagem de grãos

Na fase de pós-colheita de grãos utiliza o processo de secagem para assegurar qualidade e estabilidade aos produtos agrícolas, pois a água é a maior responsável pela atividade

biológica na massa de grãos, e as mudanças físicas e químicas nas quais estão sujeitos durante o armazenamento (BOTELHO et al., 2015a). Além de preservar a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, a secagem das mesmas também permite antecipar a colheita, evitando perdas diversas ao longo do processo produtivo (ZONTA et al., 2011).

Os métodos de secagem de sementes podem ser classificados de acordo com o uso de equipamentos em natural ou artificial, com a periodicidade do fornecimento de calor em contínuo ou intermitente e com a movimentação da massa de sementes estacionário ou contínuo (GARCIA et al., 2004).

A secagem natural usa energia solar e eólica para reduzir o teor de água do material. Há pouco risco de danos mecânicos e térmicos aos grãos secos dessa maneira; no entanto, a eficiência geralmente está diretamente relacionada às condições de umidade do ar circundante e pode ser um obstáculo à secagem (MÖHLER, 2010).

Na secagem artificial, o ar fornece calor ao sistema e absorve água do produto simultaneamente, assim as variações do teor de água das sementes ocorrem de acordo com as condições do ambiente, realizando trocas até que sua pressão de vapor e temperatura atingem equilíbrio energético, hídrico e térmico (RESENDE, et al., 2013).

A secagem artificial pode ser realizada sem ventilação forçada de ar, que é conhecido como secagem em terreiro. Neste método, a massa de grãos é espalhada em um local aberto e exposta ao sol, permitindo a remoção da água excessiva presente no interior das sementes com a ventilação natural (SILVA, 2013). Em geral, a secagem artificial com ventilação natural promove aos grãos e sementes menores índices de danos mecânicos e térmicos (OLIVA, BIAGGIONI e CAVARIANI, 2012).

2.3 Forma e tamanho

Informações sobre as propriedades físicas são importantes para os processos da pós-colheita, como transporte, secagem, debulha, limpeza, aeração, classificação e projeto de máquinas para beneficiamento de grãos (INEKWE et al., 2019). A redução do teor de água dos grãos provoca contração do mesmo e influência nas propriedades físicas (OLIVEIRA et al., 2014).

Entre as propriedades físicas, o volume é o que mais sofre alterações e isso acarreta mudanças de tamanho e forma geométrica, o que deve ser investigado para melhor escolher as peneiras que são utilizadas no beneficiamento dos grãos (ARAUJO et al., 2014; BOTELHO et al., 2015b). Outras propriedades importantes para a pós-colheita são a área superficial e a relação

superfície-volume, que influenciam o processo de secagem por afetarem a resistência à passagem do fluxo de ar através da massa de grãos (SIQUEIRA, RESENDE e CHAVES, 2012).

A esfericidade e a circularidade são propriedades que se relacionam com a forma dos grãos e são características específicas de cada produto, determinadas geneticamente e que podem ser afetadas pelo ambiente durante e após o período de sua formação (GONÇALVES et al., 2019). A esfericidade, afeta diretamente a facilidade na qual o feijão mungo pode ser processado, por isso é uma propriedade muito importante para a indústria alimentícia (INEKWE et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos Pós-colheita da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS. Foram utilizados grãos de feijão mungo cultivado na área experimental localizada na unidade II da UFGD, Dourados - MS, cujas coordenadas geográficas são 22°11'58"S e 54°56'17"W, com altitude média de 454 m.

O preparo do solo, plantio e condução da lavoura foi feito seguindo os padrões de recomendação agrônômica para a cultura. A colheita foi realizada quando as sementes apresentaram o teor de água de aproximadamente 27% (base úmida, bu). Todo processo de colheita, debulha e separação de impurezas foi realizado manualmente. Posteriormente os grãos foram destinados ao laboratório para realização do processo de secagem.

A secagem foi realizada de forma artificial com ventilação natural. Os grãos foram secos até atingirem o teor de água (Ta) de aproximadamente 9% (bu). Ao longo do processo de secagem a forma e o tamanho dos grãos foram avaliados mediante determinação dos eixos ortogonais, quando os mesmos se encontraram com o teor de água de 27,03; 21,29; 19,23; 17,20; 15,12; 13,05; 10,94 e 8,93% (bu).

As dimensões características dos eixos ortogonais dos grãos de feijão mungo, foram determinadas conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Ilustração da determinação das dimensões características do grão de feijão mungo. (A) comprimento, (B) largura e (C) espessura.

Fonte: Autoras, 2023.

A obtenção do volume foi feita por meio da Equação 1 (MOSHENIN, 1986). A determinação do comprimento, largura e espessura dos grãos foi feita com o auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

$$V_g = \frac{\pi A B C}{6} \quad (1)$$

em que:

V_g : Volume do grão, em mm^3 ;

A: comprimento do grão, em mm;

B: largura do grão, em mm; e

C: espessura do grão, em mm.

A forma dos grãos de feijão mungo, foi obtida por meio da esfericidade e circularidade de acordo com as dimensões características expressas pelos eixos ortogonais, obtidos da média de 30 grãos utilizados como repetição.

A esfericidade (E_s) foi determinada de acordo com a seguinte Equação 2 (MOSHENIN, 1986):

$$E_s = \frac{\sqrt[3]{A B C}}{A} 100 \quad (2)$$

O índice de esfericidade (φ_s), que auxiliar na classificação do produto como esférico ou não, foi calculado através da equação 3 proposta por Bayram (2005)

$$\varphi_s = \frac{\sum (D_i - D_{eq})^2}{(D_{eq} N)^2} \quad (3)$$

em que:

φ_s : Valor de esfericidade;

D_i : média das dimensões de eixos ortogonais, em mm;

D_{eq} : diâmetro equivalente, em mm; e

N: número de medições.

O diâmetro equivalente D_{eq} dos grãos foi determinado utilizando o volume (V_g), através da seguinte equação 4:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{V_g \frac{6}{\pi}} \quad (4)$$

A circularidade (C_c) dos grãos na posição natural de repouso foi obtida utilizando-se a seguinte equação:

$$C_c = \frac{B}{A} \cdot 100 \quad (5)$$

A área superficial (S), em mm², foi calculada pela analogia a uma esfera de mesmo diâmetro geométrico médio, usando a seguinte equação (TUNDE-AKINTUNDE; AKINTUNDE, 2004):

$$S = \pi D_g \quad (6)$$

Sendo de acordo com Moshenin (1986):

$$D_g = \sqrt[3]{A B C} \quad (7)$$

em que:

D_g : diâmetro geométrico médio em mm.

A área projetada (A_p), em mm², dos grãos de feijão foi determinada pela seguinte equação:

$$A_p = \frac{\pi AB}{4} \quad (8)$$

A relação superfície-volume (SV) foi calculada por meio da equação a seguir:

$$SV = \frac{S}{V_g} \quad (9)$$

Os dados de propriedades físicas, mecânicas e de qualidade foram submetidos à análise de variância, empregando-se teste de regressão de acordo com os fatores envolvidos, adotando-se o nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comprimento, largura e espessura

Os valores médios de comprimento, largura e espessura dos grãos de feijão mungo ao longo do processo de secagem estão representados na Figura 2. Nota-se que, o comprimento é o que mais diminuiu (6,94%), com uma variação de 5,76 para 5,36 mm, na faixa de teor de água estudada. A largura e a espessura dos grãos, apresentaram redução de 5,7 e 2,9%, respectivamente. As equações resultantes foram: $A = 0,0221Ta + 5,1674$, $R^2 = 0,9798$; $B = 0,0141Ta + 4,1167$, $R^2 = 0,9925$; e $C = -0,0008Ta^2 + 0,0356Ta + 4,0689$, $R^2 = 0,9812$.

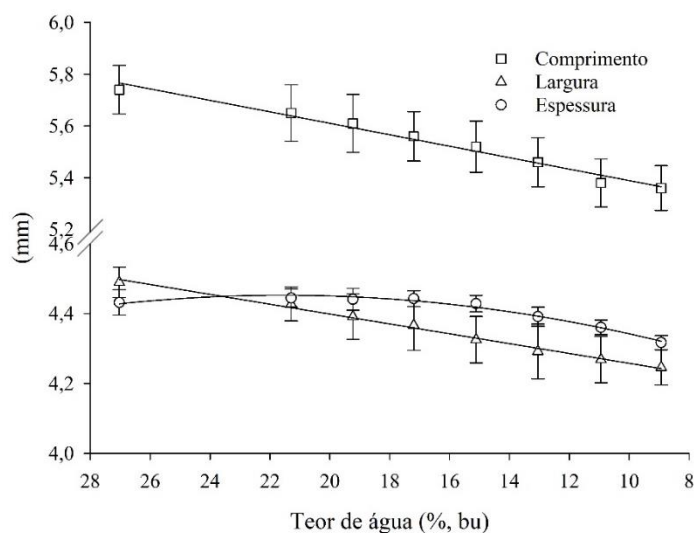


Figura 2. Valores médios das dimensões dos eixos ortogonais dos grãos de feijão mungo em função de diferentes teores de água.

Fonte: Autoras, 2023.

Ribeiro et al. (2005) com estudos de propriedades físicas de grãos de soja, Goneli et al. (2011) com mamona e Araújo et al. (2014) com grãos de amendoim obtiveram resultados em que todas as dimensões médias dos eixos ortogonais reduziram linearmente conforme a redução do teor de água dos produtos, mas no presente trabalho, apenas o comprimento e a largura apresentaram comportamento semelhante.

Em relação à espessura do grão, pode-se observar que no início do processo de secagem houve um aumento em seus valores (Figura 2), que decrescem a partir do teor de água de 17% (bu). Observa-se que os valores da espessura ficaram maiores que os da largura durante a secagem, este comportamento pode estar associado a contração e desprendimento dos cotilédones, que resultou na formação de espaço vazio na parte interna do grão (Figura 3).

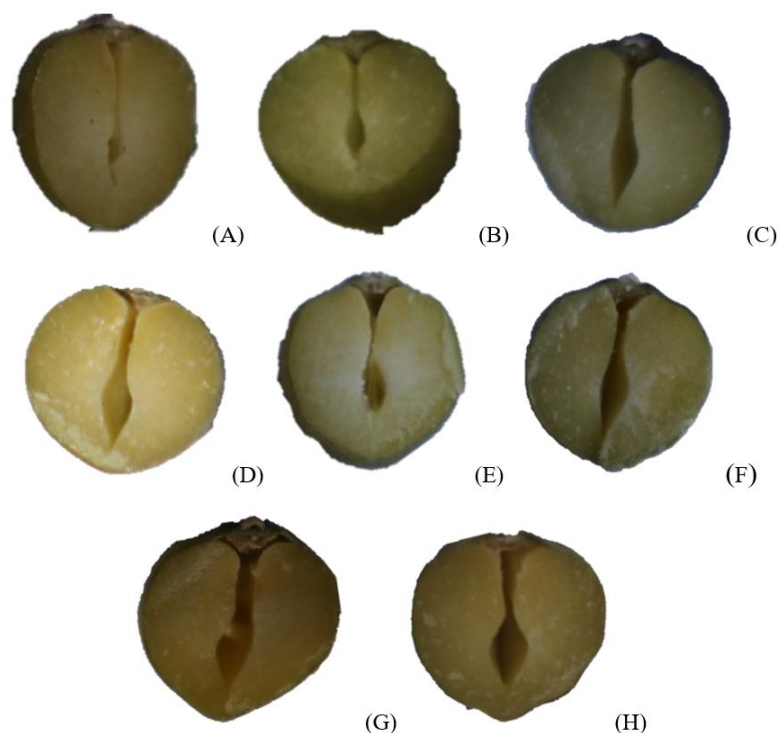


Figura 3. Cortes transversais nos grãos de feijão mungo com os teores de água de 29 (A), 23,94 (B), 22 (C), 20 (D), 18 (E), 16 (F), 14 (G) e 12% (H).

Fonte: Autoras, 2023.

O desprendimento dos cotilédones, também foi observado em outros produtos agrícolas como amendoim (ARAÚJO et al., 2014) e feijão fava (SILVEIRA et al., 2019).

4.2 Volume dos grãos

O processo de secagem ocasiona redução do volume (Figura 4), sendo está de 12,6%. A redução do volume não ocorreu de forma linear, este resultado se difere de outras variedades de feijão como o caupi (GOMES et al., 2018) e feijão fava (SILVEIRA et al., 2019). Este comportamento pode ser explicado pelo desprendimento dos cotilédones (Figura 3).

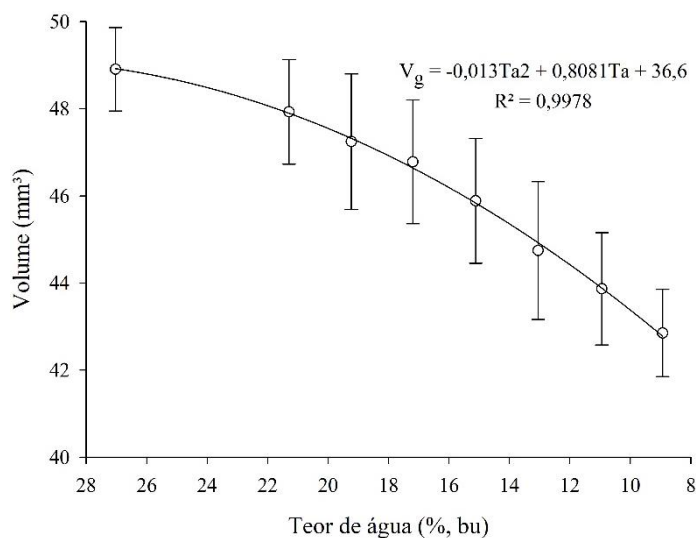


Figura 4. Valores médios de volume dos grãos de feijão mungo em função de diferentes teores de água.

Fonte: Autoras, 2023.

4.3 Circularidade e esfericidade

Os valores médios de esfericidade e circularidade estão representados na Figura 5. Com uma variação menor que 2%, os grãos se tornaram pouco mais esféricos ao longo do processo de secagem. O feijão mungo apresentou valores estimados entre 84,63 e 86,14% de esfericidade na faixa de teor de água estudada. A circularidade também apresentou pequena alteração, variando de 78,31% no teor de água inicial para 79,08% no final.

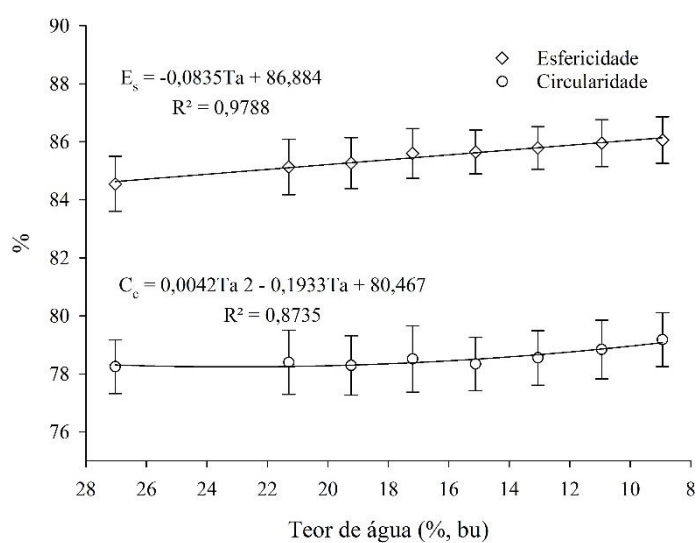


Figura 5. Valores médios de esfericidade e circularidade dos grãos de feijão mungo em função de diferentes teores de água.

Fonte: Autoras, 2023.

Gomes et al. (2018) em seu estudo de feijão caupi obtiveram valores médios de 71,97% de esfericidade para a cultivar Novaera e 70,30% para a cultivar Tumucumaque. Jesus et al. (2013), ao estudarem feijão comum obtiveram valores médios de esfericidade em torno de 70% para a variedade BRS Valente e 67% para a variedade BRS Pontal. Nota-se que o feijão mungo além de ser menor que os feijões citados, é mais esférico.

Na Figura 6 estão apresentados os índices de esfericidade do feijão mungo ao longo do processo de secagem, onde quanto mais próximo de zero for este valor, mais esférico é o grão. Os valores estimados apresentam variação de $6,58 \times 10^{-6}$ a $5,10 \times 10^{-6}$ entre o intervalo de teor de água estudado.

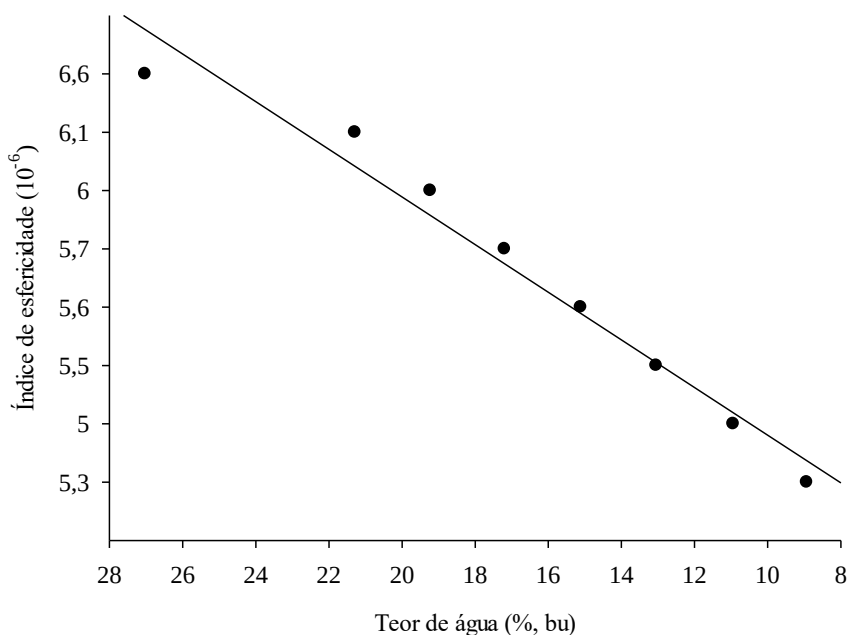


Figura 6. Valor calculado do índice de esfericidade dos grãos de feijão mungo em função de diferentes teores de água.

Fonte: Autoras, 2023.

Bayram (2005) calculou a semelhança de alguns grãos como trigo, feijão, lentilha e grão-de-bico com a forma de esfera perfeita. Dentre estes o mais esférico é o grão de bico com índice de $2,4 \times 10^{-3}$. Severa, Buchar e Nedomová (2012) avaliaram a esfericidade de café torrado provenientes de diversos países e encontraram os valores variando entre $6,5 \times 10^{-3}$ a $9,4 \times 10^{-3}$. Assim o grão de feijão mungo pode ser considerado mais esférico, que muitos produtos agrícolas.

4.4 Área superficial e projetada, relação superfície-volume e diâmetro geométrico

Conforme ocorreu à redução do teor de água dos grãos de feijão mungo, houve uma redução linear nos valores de área superficial (Figura 7-A), com variação de 36,08 a 32,03 mm², representando uma redução de 11,2% resultados semelhantes foram observados por Gomes et al. (2018), ao estudar as propriedades físicas de sementes de feijão-caupi, que à medida que se reduziu o teor de água do produto, também se reduziram os valores da área superficial. Segundo Costa et al. (2021) este comportamento acontece devido à contração volumétrica do produto durante o processo de secagem.

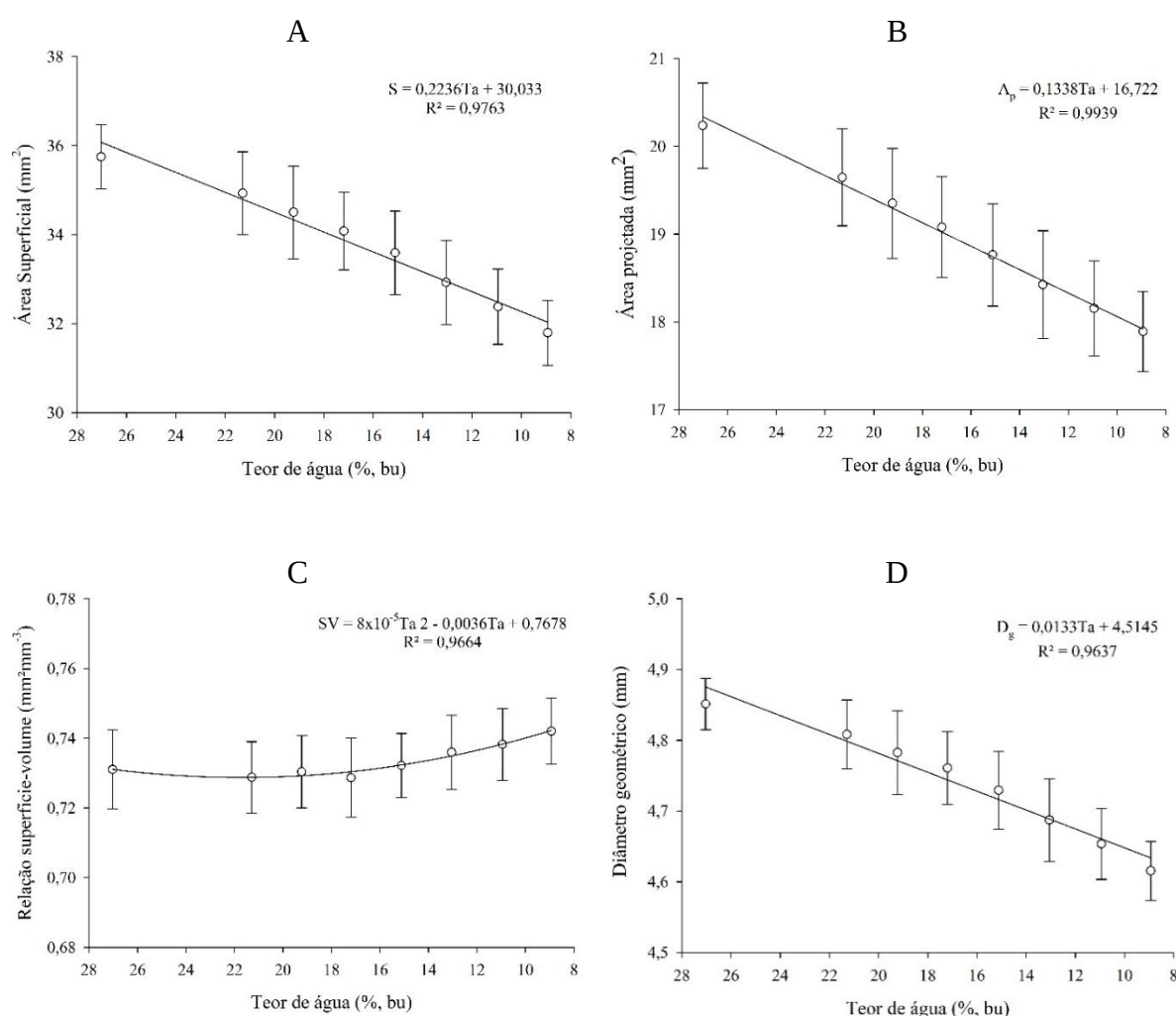


Figura 7. Valores médios de área superficial (A), área projetada (B), relação superfície-volume (C) e diâmetro geométrico (D) dos grãos de feijão mungo em função de diferentes teores de água.

Fonte: Autoras, 2023.

A área projetada (Figura 7-B) do feijão mungo teve uma redução de 20,34 para 17,92 mm², entre os teores de água 27,03 a 8,93% (bu), representando um decréscimo de 11,9%, sendo esse fenômeno satisfatoriamente representado por um modelo de regressão linear. Esse comportamento se repete em trabalhos de Siqueira et al. (2012) com pinhão-mansão, Jesus et al. (2013) com feijão; Costa et al. (2021) com duas variedades de abóboras; Oba et al. (2019) em sementes de feijão caupi.

À medida que o teor de água reduziu, os valores da relação entre a superfície e o volume aumentam, esse aumento é explicado pelo fato de que a diminuição do volume dos grãos é maior em comparação com a da área superficial (Figura 7-C). Os valores médios estimados obtiveram um incremento de, aproximadamente, 1,4% para a faixa de teor de água estudado. Esses resultados assemelham-se com os observados por Araujo et al. (2015) quando na ocasião trabalhavam com frutos de amendoim. Segundo Botelho et al. (2016) quanto maior a relação superfície volume de um produto, mais facilitadas são as transferências de calor e massa.

Quanto ao diâmetro geométrico do feijão mungo, observou-se uma diminuição de aproximadamente 4,1% em relação ao seu valor inicial, na faixa de teor de água estudada (Figura 7-D). Essa tendência foi identificada por Unal et al. (2008) em estudos com feijão mungo, bem como em outro tipo de feijão (OBA et al., 2019) e diversas outras espécies agrícolas (BAÜMLER et al., 2006; COSTA et al., 2021; RAZAVI et al., 2007).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, o processo de secagem provoca modificações na forma e tamanho dos grãos de feijão mungo.

À medida que se reduziu o teor de água do produto, também se reduziram os valores da área projetada, área superficial, diâmetro geométrico, volume e das dimensões dos eixos ortogonais.

Os valores de esfericidade, circularidade e relação superfície-volume se elevam com a secagem dos grãos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. T. et al. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 83-95, dez. 2006. DOI: <https://doi.org/10.22409/engevista.v8i2.195>. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8807> . Acesso em: 20 de março 2023.

AFONSO, P. C. J.; CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3 p. 349-353, set. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n3p349-353>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Zqk4D8Hm3PhgQWY6rdyp9Zd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de março 2023.

ARAUJO, W. D. et al. 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, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/nkkq3XCMcP6QJc7kwCmyFRc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de abril 2023.

ARAUJO, W. D. et al. Propriedades físicas dos frutos de amendoim durante a secagem. **Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 170-180, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n419rc>. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/3771/pdf_318. Acesso em: 05 de março 2023.

BAYRAM, M. Determination of the sphericity of granular food materials. **Journal of Food Engineering**, Gaziantepe, v. 68, n. 3, p. 385-390, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877404002961?via%3Dihub>. Acesso em: 18 de abril 2023.

BALA, B. K.; WOODS, J. L. Simulation of deep bed malt drying. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Pavia, v. 30, n. C, p. 235-244, abr. 1984. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(84\)80024-4](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(84)80024-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863484800244>. Acesso em: 05 de março de 2023.

BAÜMLER, E. et al. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. **Journal of Food Engineering**, Gaziantepe, v. 72, n. 2, p. 134-140, jan. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877404006028>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

BOTELHO, F. M. et al. Cinética de secagem e determinação do coeficiente de difusão efetivo de grãos de sorgo. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 14, n. 2, p. 260-272, fev. 2015a. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p260-272>. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/610>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

BOTELHO, F. M. et al. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 23 n. 3, p. 212-219, jun. 2015b. Acesso em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1040059>. Acesso em: 23 de janeiro de 2023.

BOTELHO, F. M. et al. 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. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8174/Coffee%20Science_v11_n1_p65-75_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 de fev 2023.

CALDAS, M. T. **Qualidade fisiológica de sementes e brotos de feijão-mungo-verde**. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/10564/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 abril 2023.

CAVALCANTI, M. E. R. R. M. et al. Secagem de sementes de feijão macassar destinadas a crioconservação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. Especial, p. 511-524, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v14nEspecialp511-524>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277937350>. Acesso em: 20 de março de 2023.

COSTA, J. R. et al. Forma e tamanho de sementes de duas variedades de abóboras durante a secagem. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 1, p. 01-08, jan./fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i1.10274>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/10274/7949>. Acesso em: 2 maio 2023.

HANUMANTHARAO, B.; NAIR, R. M.; NAYYAR, H. Salinity and high temperature tolerance in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] from a physiological perspective. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, p. 957, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00957>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00957/full>. Acesso em: 29 março de 2023.

GANESAN, K.; XU, B. A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). **Food Science and Human Wellness**, Pequim, v. 7, n. 1, p. 11-33, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.11.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453017301453>. Acesso em: 5 março 2023.

GOMES, F. H. F. et al. Tamanho e forma de grãos de feijão-caupi em função de diferentes teores de água. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 407-416, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i5.957>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/840>. Acesso em: 15 de março de 2023.

GONÇALVES, B. C. et al. Propriedades físicas de grãos de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris*). In: MOTA, D. C. A produção do conhecimento nas ciências agrárias e ambientais 5. **Atena**, Belo Horizonte, 2019, p. 24-26. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.8831926044>. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/propriedades-fisicas-de-graos-de-feijao-carioca-phaseolus-vulgaris>. Acesso em: 20 de março de 2023.

GONELI, A. L. D. et al. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-8, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.4629>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/jxpn8CYQwQcMSdXBvY3zrC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 abril 2023.

GONG, X. et al. Interspecific competition and nitrogen application alter soil ecoenzymatic stoichiometry, microbial nutrient status, and improve grain yield in broomcorn millet/mung bean intercropping systems. **Field Crops Research**, Xianyang, v. 270, n. 108227, p. 13, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108227>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429021001738?via%3Dihub>. Acesso em: 28 de março de 2023.

GARCIA, D. C. et al. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, abr. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200045>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/kBCLtfwTJhWMrC85CKwxDhq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 março 2023.

IBRAFE. Instituto Brasileiro de Feijão e Pulses. **Tudo Sobre Feijão Mungo**. [2023]. Disponível em: <https://www.ibrafe.org/artigo/tudo-sobre-feijao-mungo#>. Acesso em: 16 mar. 2023.

INEKWE, G. et al. Effect of moisture content on physical properties of mung bean (*Vigna radiata* (L.)). **International Journal of Engineering Research & Technology**, Gandhinagar, v. 8, n. 7, p. 54-59, jul. 2019. Disponível em: <https://www.ijert.org/research/effect-of-moisture-content-on-physical-properties-of-mung-bean-vignaradiata-l-IJERTV8IS070002.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2023.

JAIN, V.; SHARMA, S. Mungbean x ricebean and mungbean x urdbean interspecific lines are nutritionally comparable to mungbean cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, Ludhiana, v. 104, p. 104171, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104171>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157521003719>. Acesso em: 3 abril 2023.

JESUS, F. F. et al. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 09-18, mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i1.390>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/351>. Acesso em: 20 de março de 2023.

JUNQUEIRA, M. H. et al. Desempenho de plântulas de sementes de feijão BRS Estilo submetidas à diferentes temperaturas de secagem. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 11, n. 2, p. 304-314, maio/ago. 2018. Disponível em: <https://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/1049>. Acesso em: 15 de março de 2023.

KERES, G. et al. Desempenho de feijoeiro mungo em densidades populacionais e espaçamento entre linhas no Mato Grosso. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon v. 18, n. 3, p. 251–258, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v18i3.22379>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/22379>. Acesso em: 20 de março de 2023.

LANG, W.; SOKHANSANJ, S. Bulk volume shrinkage during drying of wheat and canola. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v. 16, n. 4, p. 305–314, dez. 1993. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1993.tb00323.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1745-4530.1993.tb00323.x>. Acesso 25 de março de 2023.

MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Physical characteristics of dehydrated potatoes - Part I. **Journal of Food Engineering**, Gaziantepe, v. 33, n. 1-2, p. 37-48, ago. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(97\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(97)00039-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877497000393>. Acesso em: 3 abril 2023.

MÖHLER, B. C. **Avaliação das características de secagem dos grãos de soja**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/35186>. Acesso em: 23 de março de 2023.

MOSHENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**, Nova York: Gordon and Breach Science, 1986, p. 841-881.

NAIR, R. M. et al. Biofortification of mungbean (*Vigna radiata*) as a whole food to enhance human health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 93, n. 8, p. 1805-1813, fev. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6110>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.6110>. Acesso em: 20 fevereiro 2023.

OBA, G. C et al. Caracterização física das sementes de feijão-caupi, cultivar BRS guariba, durante o processo de secagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 283-296, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n2p283-296>. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3489>. Acesso em: 23 de março de 2023.

OLIVA, A. C. E.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 3, p. 16-30, jul. 2012. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n3p16-30>. Acesso em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/645>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.

OLIVEIRA, D. E. C. et al. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 3, p. 162-165, jul./set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i3.1484>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1484/pdf>. Acesso em: 1 abril 2023.

PEREIRA, C. S. et al. Doses de nitrogênio e níveis de irrigação em feijão mungo (*Vigna radiata* L.). **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 63-69, jan./jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v23i1.12512>. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/12512>. Acesso em: 25 de março de 2023.

QUEQUETO, W. D. et al. Physical properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grains during convective drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 793-798, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p793-798>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gpG8H3mrjHQqGWqTxLV9cbc/abstract/?lang=en>. Acesso em: 20 de março de 2023.

RATTI, C. Shrinkage during drying of foodstuffs. **Journal of Food Engineering**, Gaziantepe, v. 23, n. 1, p. 91-105, abr. 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)90125-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0260877494901252?via%3Dihub>. Acesso em: 22 março 2023.

RAZAVI, S. M.A. et al. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety: Part I. Geometrical properties. **Journal of food engineering**, Gaziantepe, v. 81, n. 1, p. 209-217, jul. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406006820>. Acesso em: 23 de março de 2023.

RESENDE, O. et al. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 15-24, jul. 2005. DOI: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v7n1p15-24>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276459359_FORMA_TAMANHO_E_CONTRACAO_VOLUMETRICA_DO_FEIJAO_Phaseolus_vulgaris_L_DURANTE_A_SECAGEM. Acesso em: 25 de março de 2023.

RESENDE, O. et al. Influência da secagem na qualidade fisiológica do feijão adzuki. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 311-315, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a2164>. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v8i2a2164>. Acesso em: 25 março 2023.

RIBEIRO, D. M. et al. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Food Science and Technology**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 611-617, set. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300035>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/n8QLhN9bHpF5W563tgL63bT/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 de março de 2023.

RUFFATO, S. et al. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 45-48, jan./abr. 1999. DOI:

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n1p45-48>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/JVLLDLHDpPcRBsHzspwQmdm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 25 de março de 2023.

SEVERA, L.; BUCAR, J.; NEDOMOVÁ, Š. Shape and size variability of roasted Arabica coffee beans. **International Journal of Food Properties**, Londres, v. 15, n. 2, p. 426-437, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.487967>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/10942912.2010.487967?needAccess=true&role=button>. Acesso em: 30 março 2023.

SILVA, M. A. P. **Efeito do sistema de secagem de crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) na qualidade dos grãos e do óleo para produção de biodiesel**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90669>. Acesso em: 23 de março de 2023.

SILVA, F. P. et al. Propriedades físicas dos grãos de niger. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 507-515, jul./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i6.864>. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/43174>. Acesso em: 25 de março de 2023.

SILVA, E. C. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão mungo em função de densidade populacional de plantas**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2019. Disponível em: <http://www.bdt.d.ueg.br/handle/tede/559>. Acesso em: 20 de março de 2023.

SILVA, N. O. da. **Desempenho produtivo do feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) em densidades de plantio**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69203>. Acesso em: 25 de março de 2023.

SILVEIRA, D. C. et al. Características físicas de grãos de feijão-fava rajada, (*Phaseolus lunatus* L.) **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 4, p. 518-523, out./dez., 2019. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i4.6811>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7185351>. Acesso em: 25 de março de 2023.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Determination of the volumetric shrinkage in jatropha seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 231-238, jul./set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i3.14402>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/9twZWs8RxhLsFjYVcFyHm/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 31 março 2023.

SIQUEIRA, V. C. et al. Forma e tamanho dos frutos de pinhão-mansão durante a secagem em cinco condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 864-870, ago. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8NgLD7gxhK8NHnJHQ5Hng6P/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 de março de 2023.

TUNDE-AKINTUNDE, T. Y.; AKINTUNDE, B. O. Some physical properties of sesame seed. **Biosystems Engineering**, v. 88, n. 1, p. 127–129, maio. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511004000236?via%3Dihub>. Acesso em: 29 março 2023.

UNAL, H. et al. Geometric and mechanical properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) grain: Effect of moisture. **International Journal of Food Properties**, Londres, v. 11, n. 3, p. 585-599, jul., 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910701573024>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942910701573024>. Acesso em: 23 de março de 2023.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA C.; VIEIRA R. F. Feijão mungo verde. In: Leguminosas graníferas. **Editora UFV**, Viçosa, p. 129-140, 2001. Disponível em: <https://rogeriofvieira.com/wp-content/uploads/2016/04/mungov.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2023.

ZONTA, J. B. et al. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 721-731, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/KJTdHvMGqym7PcmZHqwzbCQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 de março de 2023.