



## **PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE SOJA NO PROCESSO DE SECAGEM COM DIFERENTES TEMPERATURAS E METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO**

**Ruan da Silva Cândido<sup>1</sup> (IC)\*, José Henrique da Silva Taveira<sup>2</sup>**

1\* Graduando do curso de engenharia agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO, ruan\_sou@hotmail.com

2 Docente do curso Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO

Resumo: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da secagem em diferentes temperaturas sobre as propriedades físicas dos grãos de soja e correlacionar os dados de esfericidade e circularidade pela metodologia manual, tradicionalmente encontrada na literatura, e pela nova metodologia digital para determinação da forma e tamanho dos grãos. Para avaliar as propriedades físicas, as amostras dos grãos de soja com teor de água inicial de 19,06% b.u., sob os efeitos de temperaturas de 40°C, 55°C, 70°C e 85°C. Essas amostras foram secadas em uma estufa convencional de convecção natural até atingir os teores de água 19%, 17%, 15% e 13% e 11 % de b.u. Posteriormente, foram realizadas as análises das propriedades físicas: comprimento, largura, espessura, circularidade, esfericidade e contração volumétrica. Através dos dados, notou-se que o aumento da temperatura, afetou significativamente as dimensões de largura, espessura e comprimento, fazendo com que os grãos perdessem água para o ar de secagem. A circularidade, esfericidade e o volume unitário diminuíram com o aumento da temperatura durante a secagem. Para as condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que com o aumento da temperatura do ar de secagem, os grãos secam mais rapidamente e, no entanto, as dimensões físicas são mais preservadas; não é possível utilizar a nova proposta de metodologia digital em substituição à medição manual, visto que a correlação entre as duas metodologias é próxima a zero.

Palavras-chave: Agrícola. Qualidade. Teor de água. Temperatura

### **Introdução**

A soja é um dos grãos mais importantes do agronegócio e de grandes negociações internas e externas do país. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja e de acordo com dados da CONAB (2020), na safra 2020/21 foram produzidas em média





136 milhões de toneladas desse grão no país, em uma área aproximada de 38,5 milhões de hectares, levando em consideração a safra anterior, onde houve um acréscimo de 8,9 %.

As alterações das propriedades dos grãos por meio de tecnologias em melhoramento genético agrícola têm alterado constantemente (COSTA *et al.*, 2015). A secagem dos produtos agrícolas foi desenvolvida negligenciando-se a contração volumétrica do produto durante o processo de desidratação (LANG, 1993). De acordo com a contração volumétrica que ocorre durante o processo de secagem, em que os grãos perdem água pelo seu meio e ocorre a desidratação. Sendo assim, se faz necessário o acompanhamento das transformações nas características físicas dos produtos agrícolas, tanto no campo quanto nos processos pós-colheita, pois isso exige adequações nos maquinários agrícolas.

As propriedades físicas dos produtos agrícolas têm seu uso irrestrito nas operações de colheita e pós-colheita, e a utilização de equipamentos para esses procedimentos, com estudos feitos na aerodinâmica dos grãos, projetos e equipamentos (RESENDE *et al.*, 2005). De acordo com Corrêa *et al.* 2006, durante operações de secagem e armazenamento, esses grãos obtêm transferência de calor entre eles, até que estejam em estado de equilíbrio, então, quando há movimentação do ar quente ocorre essa transferência. Sendo o fator que mais tem influência sobre as propriedades físicas dos produtos agrícolas, as principais operações de conhecimento do dimensionamento adequado das máquinas utilizadas nos processamentos de pós-colheita, são que caracterizam a qualidade do produto (MOHSENIN, 1986).

Segundo Siqueira *et al* 2012, a temperatura empregada na secagem e no armazenamento, as características fisiológicas dos grãos de soja são modificadas, tais como as dimensões da circularidade e esfericidade nos grãos de pinhão-manso.

Por outro lado, existe a necessidade de se desenvolver metodologias mais modernas, rápidas e eficientes, para a caracterização das propriedades físicas dos produtos agrícolas. Tradicionalmente, é utilizada a metodologia proposta por Mohsenin, 1986, a qual requer medição das dimensões manualmente, tornando o processo mais lento. Guedes, 2011, deixou claro que a utilização de imagens digital facilitaria as medições das propriedades físicas dos grãos, com a mesma eficiência





das medições tradicionais, que nada mais é o paquímetro e papel milimetrado. Com praticidade e rapidez, essa tecnologia digital pode trazer um grande avanço nas determinações das propriedades físicas como nas medições das dimensões de largura, espessura, comprimento, circularidade, área, perímetro, volume, entre outras, podendo ser utilizada como uma ferramenta de modelagem.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito da secagem em diferentes temperaturas sobre as propriedades físicas dos grãos de soja, realizar análise de correlação (esfericidade e circularidade) pela metodologia manual tradicional e pela metodologia digital para determinação da forma e tamanho dos grãos.

## Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de pós-colheita e processamento de produtos agrícolas e no laboratório de informática da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Santa Helena de Goiás.

Os grãos de soja foram coletados na unidade Fronteira Armazéns, com teor de água de 19% b.u., logo em seguida, iniciou-se a secagem em estufa convencional de convecção natural com as temperaturas de 40°C, 55°C, 70°C e 85°C e posteriormente foram realizadas as análises das propriedades físicas com os seguintes teores de água 19%, 17%, 15% e 13% e 11 % de b.u. Sendo assim, o experimento foi realizado em esquema fatorial (4x5) com quatro repetições, composto por 4 temperaturas e 5 umidades.

A secagem dos grãos de soja foi realizada na estufa convencional de convecção natural, com os grãos dispostos em bandejas com furos de 4 mm. O processo de secagem foi acompanhado pela perda de massa dos grãos, por meio de pesagem em uma balança analítica com precisão de 0,001g, onde cada uma com 350 g de grãos mantida nas mesmas condições de secagem.

### **Análises**

#### **Teor de água**





Determinou-se o teor de água dos grãos através do método estufa a  $105 \pm 1$  °C, durante 24 horas, considerando três repetições, segundo (BRASIL, 2009).

### **Tamanho dos grãos de soja**

Para caracterizar a forma e tamanho, foram realizadas 4 repetições com 15 grãos. Foram medidas suas dimensões (comprimento, largura e espessura) com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01mm. Através desse método, seguindo-se a metodologia tradicional proposta pelo Resende et al., 2005, foi utilizado um paquímetro e aferiu-se as medidas de 15 grãos manualmente, registrando-se as dimensões previstas e realizando-se os cálculos pelas seguintes fórmulas.

### **Contração volumétrica**

A contração volumétrica da massa de grãos ocorre durante o processo de secagem. Então, realizou-se a medição do volume unitário dos grãos de soja com o auxílio de um paquímetro para medição da largura, espessura e comprimento dos grãos (Mohsenin, 1986), para cada teor de água amostrado, de acordo com a expressão a seguir.

$$V = \frac{(a * b * c)}{a} * 6$$

Em que:

V = contração volumétrica;

a = eixo comprimento do grão, mm;

b = eixo largura do grão, mm;

c = eixo espessura do grão, mm.

### **Esfericidade e circularidade (Metodologia Mohsenin)**

A esfericidade (Es), dada em porcentagem, dos grãos de soja na posição de repouso foram obtidas por meio das equações seguintes; A: maior eixo do grão em mm; B: eixo médio do grão em mm; e C: menor eixo do grão em mm (CORRÊA *et al.*, 2006):

$$Es = \left( \frac{(a * b * c)^{1/3}}{a} \right) * 100$$

Em que:





Es = esfericidade, %;

a = maior eixo do grão, mm;

b = eixo médio do grão, mm;

c = menor eixo do grão, mm

Circularidade (Cr), dada em porcentagem, foi determinada a partir dos grãos em posição natural de repouso, foi determinada pela expressão a seguir prescrita por Corrêa *et al.*, 2006:

$$Cr = \left(\frac{d_i}{d_c}\right) * 100$$

Em que:

Cr = circularidade, %;

d<sub>i</sub> = diâmetro do maior círculo inscrito, mm;

d<sub>c</sub> = diâmetro do menor círculo circunscrito, mm.

Então, a segunda forma de medição foi executada através de uma tomada de fotografia digital de 15 grãos na posição de repouso, em seguida transferindo-se as imagens para o AutoCAD (versão livre de estudante), a fim de se tomar as medidas e posteriormente efetuaram os cálculos da esfericidade e circularidade através da área projetada. Assim, utilizando-se as seguintes fórmulas propostas por Mohsenin, 1986:

#### **Esfericidade e circularidade (Metodologia AutoCAD)**

Esfericidade (E), foram calculadas a partir de fotografias dos grãos de soja em repouso e medições do AutoCAD, utilizando a expressão a seguir proposta por Mohsenin 1986:

$$E = \left(\frac{d_e}{d_c}\right) * 100$$

Em que:

E = esfericidade, %;

d<sub>e</sub> = diâmetro do maior círculo inscrito na projeção;

d<sub>c</sub> = diâmetro do menor círculo circunscrito na projeção.

Circularidade (C), grãos foram calculados através de fotografias e AutoCAD, utilizando a expressão a seguir prescrita por Mohsenin, 1986:

$$C = \left(\frac{A_p}{A_c}\right) * 100$$

Em que:





C = circularidade, %;

Ap = área círculo inscrito na projeção do objeto em repouso, mm<sup>2</sup>;

Ac = área círculo circunscrito na projeção do objeto, mm<sup>2</sup>.

### Análise de correlação

A comparação das metodologias de análises da esfericidade e circularidade foi feita através de uma análise de correlação, utilizando-se o software Excel (Microsoft®).

## Resultados e Discussão

Nas Figura 1, Figura 2 e Figura 3, foram apresentadas as variações do comprimento, largura e espessura dos grãos de soja durante o processo de secagem sob diferentes temperaturas.

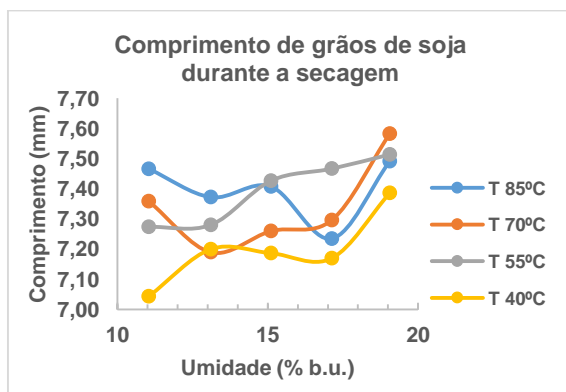


Figura 1. Valores calculados do comprimento em relação de temperatura do ar de secagem.

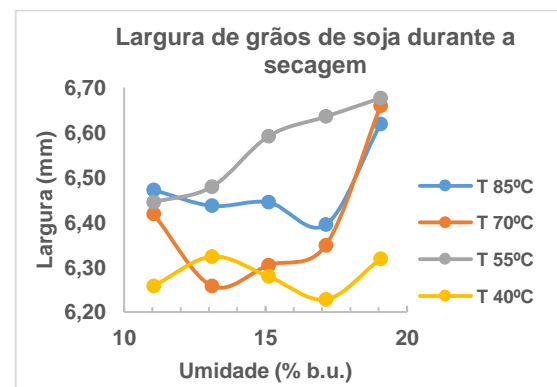


Figura 2. Resultados obtidos através dos cálculos de largura em relação da secagem.

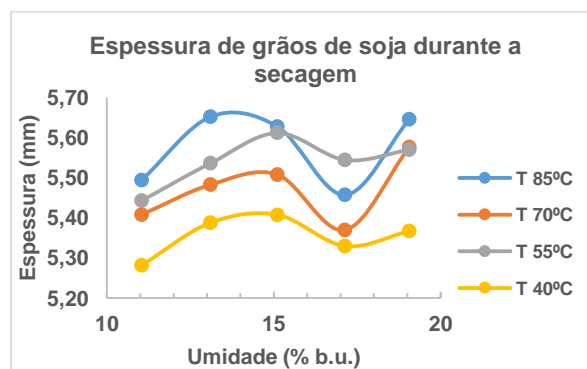


Figura 3. Espessura calculada em função da secagem dos grãos.







Foi possível observar que as três dimensões tiveram o mesmo padrão comportamento durante a secagem, em que partem de um valor inicial médio e não reduzem drasticamente. No entanto, foi notável que na temperatura de 85°C, as dimensões dos grãos de soja sempre sem mantiveram maiores em relação às dimensões dos grãos secados à temperatura de 40°C.

Esse fenômeno pode ocorrer em materiais porosos durante a secagem. A secagem a 85°C foi tão rápida que as estruturas internas não se contraíram, fazendo com que as dimensões avaliadas não sofressem grandes alterações ou variações. Por outro lado, a secagem a 40°C pode ser considerada como um processo lento, o que permite que as estruturas internas dos grãos se contraíam mais, provocando maior redução nas dimensões avaliadas.

Nas Figura 4 e Figura 5, estão representados os dados da esfericidade e circularidade dos grãos de soja, respectivamente, em função de diferentes temperaturas de secagem. Nota-se a esfericidade e circularidade dos grãos não diminuiu consideravelmente de acordo com a redução do teor de água, permanecendo constantes desde o início do processo. Isso contraria o que foi concluído por Siqueira *et al.*, 2012, que relataram que de acordo com as temperaturas empregadas na secagem, as características fisiológicas dos grãos foram modificadas, ou seja, com maiores temperaturas e maior tempo, os grãos perdem maior teor de água, mudando suas propriedades físicas comparadas a uma esfera.

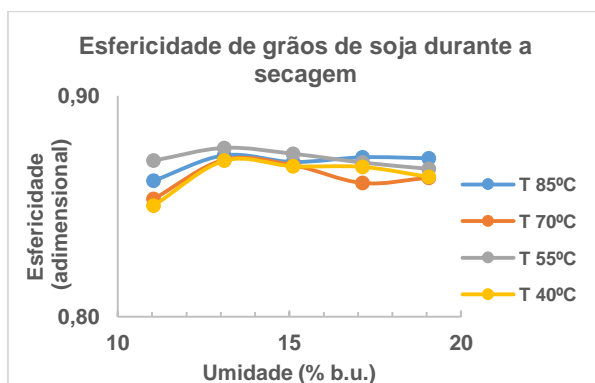


Figura 4. Esfericidade dos grãos de soja, em função de diferentes temperaturas de secagem.

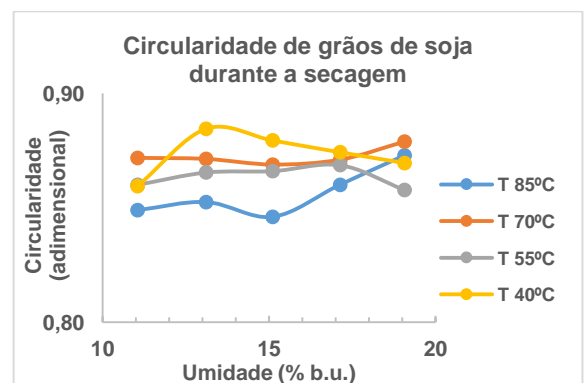


Figura 5. Circularidade dos grãos de soja, em função de diferentes temperaturas de secagem.





Quando os grãos são secados sob temperaturas elevadas, deixam suas formas originais, e com a diminuição do teor de água, sua forma se aproxima de um círculo na posição de repouso (Corrêa *et al.*, 2006). Por outro lado, cabe ressaltar que o processo de secagem do presente experimento se iniciou com os grãos com umidade a 19% b.u., ou seja, com dimensões já reduzidas. Isso, conseqüentemente, contribuiu para que grandes variações nas propriedades físicas não fossem observadas.

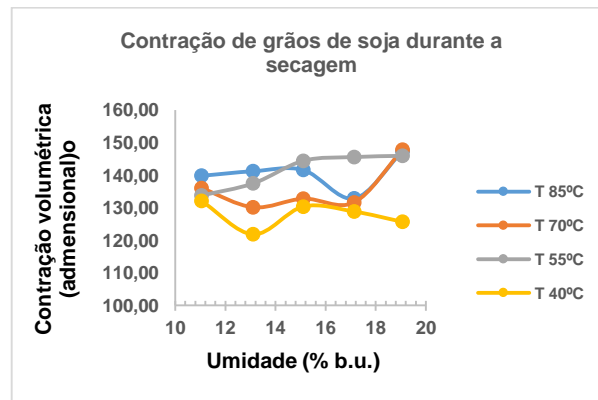


Figura 6. Contração volumétrica dos grãos em relação a diferentes temperaturas de secagem.

Para LANG 1993, com a desidratação dos grãos, ocorre a contração de todas as dimensões volumétricas, onde essa desidratação nada mais é que o encolhimento do grão, sendo assim, reduzindo a área projetada do grão em condições de repouso. Os grãos utilizados experimentalmente foram com teor de água de 19 %, sendo assim, não teve tanta contração volumétrica, que nada mais é que um volume ocupado por uma massa de grãos. Quando esse teor de água chega em torno de 25 % podemos observar uma maior contração de seu volume.

### Comparação das metodologias

Na Tabela 1, foi apresentada a análise de correlação entre as características avaliadas pela metodologia tradicional proposta por Mohsenin, 1986, e a nova metodologia desenvolvida por esse trabalho.

Tabela 1 Análise de correlação entre os fatores analisados e as características de forma dos grãos de soja secados a diferentes temperaturas







Fatores	Temperatura °C	Umidade % b.u.	CAD Esfericidade	CAD Circularidade	MOH Esfericidade	MOH Circularidade
Temperatura °C	1.00					
Umidade % b.u.	-0.01	1.00				
CAD Esfericidade	-0.07	0.03	1.00			
CAD Circularidade	-0.04	0.02	-0.01	1.00		
MOH Esfericidade	0.03	-0.14	0.24	0.01	1.00	
MOH Circularidade	-0.12	-0.03	0.44	0.02	0.56	1.00

Foi notado que os valores da correlação ficaram em torno de zero, não demonstrando ser altamente positiva ou negativa, mas sim neutra.

Quando se correlacionou a temperatura do ar de secagem e a umidade dos grãos com as características de esfericidade e circularidade, observou-se que a correlação foi próxima a zero. Isso indica que esses fatores não interferiram em nenhuma das metodologias empregadas para caracterização dos grãos.

Por outro lado, a correlação entre a metodologia proposta por Mohsenin e a nova metodologia proposta por esse trabalho sendo nula ou próxima a zero, indica que uma não substitui a outra. Isso pode ser explicado também pela diferença entre os modelos propostos para os cálculos, em que o modelo tradicional leva em consideração as três dimensões dos grãos (comprimento, largura e espessura) e, já na nova metodologia, utilizou-se um modelo que considera somente comprimento e largura, devido à impossibilidade de obter-se a dimensão de espessura na posição do repouso dos grãos.

Ressalta-se que estudos mais aprofundados e detalhados devem ser conduzidos para que se aprimore a metodologia digital e a mesma possa substituir a metodologia tradicional com mais eficiência.

### Considerações Finais

O aumento da temperatura, sendo de 40, 55, 70 e 85°C, não proporciona uma alteração significativamente nas propriedades físicas dos grãos, principalmente quando a umidade inicial já é mais baixa, dentro dos níveis indicados para a colheita (13 a 18% bu.u).





A nova metodologia proposta, utilizando-se o software CAD, não substitui a metodologia tradicional. No entanto, necessitam-se estudos mais aprofundados e elaboração de modelos apropriados para a caracterização da forma dos grãos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Goiás pela concessão da bolsa através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica, o que viabilizou a execução do projeto.

### Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. - SAFRA 2020- **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília v. 10, n. 10, Out, 2021, p. 1-14.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas • Rev. bras. eng. Agrícola e ambiental**. V. 10 n. 3. Campina Grande. • Set 2006.

COSTA, A. G. da; RUFFATO, S.; BENEVIDES, A. L. de C.; BORGES, G. C. Contração Volumétrica dos Grãos de Milho 2ª Safra Produzido na Região Norte de Mato Grosso. Anais 2015. **XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015**.

GUEDES, M. A. et al. Caracterização Física de Grãos de Soja Utilizando-se Processamento Digital de Imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.13, n.3, p.279-294, 2011.

LANG, W.; SOKHANSANJ, S.; ROHANI, S. Encolhimento dinâmico e parâmetros variáveis na simulação matemática de Bakker-Arkema da secagem de trigo e canola. **Drying Technology, New York**, v.12, n.7, p.1687-1708, 1994.

MOHSENIN, N. N. **Physical Properties of Plant and Animal Materials**: v. 1: NEW York Gordon and Breach Publishers, 1986.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; CECON, P. R. 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, 2005.

SIQUEIRA, V. C. Determinação da contração volumétrica dos grãos de pinhão-mansão durante a secagem. **Agricultural Engineering • Acta Sci., Agron.** v. 34 n. 3. Setembro 2012.

