

EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI

ALINE DE OLIVEIRA¹, FERNANDO MENDES BOTELHO², SÍLVIA DE CARVALHO CAMPOS BOTELHO³, JOSÉ ÂNGELO NOGUEIRA DE MENEZES JÚNIOR³, LAYANNE CRISTINA B. ALMEIDA¹

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop, Mato Grosso, Brasil. *Email: aline-oliveira.2@hotmail.com

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

³ Pesquisador A, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre algumas propriedades físicas de grãos de feijão Caupi. Para avaliar o efeito da temperatura, amostras de grãos de feijão Caupi da variedade BRS Imponente, com teor inicial de água de 0,209 (b.s.) foram secadas em uma estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C até o teor final de água 0,123 (b.s.). A sendo ao final da secagem foram determinadas as propriedades físicas: ângulo de repouso, massa específica aparente e unitária, condutividade elétrica da solução dos exsudatos dos grãos e massa de mil grãos. De acordo com os resultados obtidos observou-se que, à exceção da massa específica unitária, a temperatura do ar de secagem influenciou significativamente as propriedades físicas do feijão Caupi, ocasionando aumento do ângulo de repouso e da condutividade elétrica da solução dos exsudatos, além da redução da massa de mil grãos e da massas específicas aparente. De modo geral, pode-se concluir que o aumento da temperatura do ar de secagem influenciou as propriedades físicas e diminuiu a qualidade dos grãos de feijão Caupi analisados.

PALAVRAS-CHAVE: propriedades físicas, qualidade, *Vigna unguiculata*

EFFECTS OF DRYING TEMPERATURE ON PHYSICAL PROPERTIES OF COWPEA

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the effect of drying temperature on some physical properties of cowpea. To evaluate the effect of temperature, samples of cowpea from BRS Imponente variety, with initial moisture content of 0.209 (d.b.) were dried in a oven with forced air circulation at temperatures of 40, 50, 60, 70, 80 and 90 °C up to the final moisture content 0.123 (d.b.), being at the end of drying determined the physical properties: angle of repose, bulk and unity density, electrical conductivity of grains exudes and mass of one thousand grains. According to the obtained results, it was observed that, with the exception of the unity density, the drying air temperature influenced the physical properties of cowpea, causing increase in the angle of repose and electrical conductivity of grains exudes and reduction of the mass of one thousand grains and of the bulk density. Generally, can be concluded that the increase of drying air temperature Influenced the physical properties and decreased the quality of cowpea analyzed.

KEYWORDS: Physical Properties, Quality, *Vigna unguiculata*

INTRODUÇÃO

O feijão Caupi vem passando por modificações importantes, tanto do ponto de vista técnico-científico quanto socioeconômico. Vem destacando-se nas regiões Norte e Centro-Oeste, principalmente nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, onde tem ocorrido um crescimento do interesse pelo feijão Caupi, tanto por produtores empresariais quanto por produtores familiares (FREIRE FILHO et al., 2008).

Segundo dados da CONAB (2017) a safra 2016/17 no estado do Mato Grosso terá um balanço positivo para o feijão Caupi, cuja área plantada registrou aumento de 60%. A produtividade também aumentará, com rendimento médio em torno de 1.200 kg ha⁻¹, desempenho 66,7% superior aos 720 kg ha⁻¹ obtidos na safra anterior, que foi afetada pelos baixos índices pluviométricos que influenciaram significativamente o rendimento da lavoura. Assim, a estimativa de a produção dessa leguminosa será 165,5% superior ao período 2015/16, passando de 2,9 mil toneladas para 7,7 mil toneladas.

Como a maioria dos grãos e cereais, o feijão caupi, após colhido necessita ser pré-processado, visando condicionar o produto para o armazenamento e para a comercialização. Neste sentido, Corrêa et al. (2007) salienta que o processo de secagem é o mais utilizado para garantir qualidade e estabilidade de grãos e sementes devido- ao fato de que a diminuição da quantidade de água do material ocasiona a redução das atividades biológicas e as mudanças físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento.

A redução do teor de água dos grãos influencia diretamente na alteração das suas propriedades físicas durante a secagem. Desta forma, a correta determinação das propriedades físicas é de fundamental importância para a otimização de processos industriais, estudos de aerodinâmica, projeto e dimensionamento de equipamentos utilizados nas operações de colheita e pós-colheita (RESENDE et al., 2005).

Apesar do fator que mais influencia as propriedades físicas ser o teor de água, e, até por isso ser o mais estudado, outras variáveis que alteram as características físicas dos grãos têm sido pesquisadas. BOTELHO et al. (2015) verificaram que a temperatura do ar de secagem alterou significativamente as propriedades físicas de grãos de soja, causando o aumento do ângulo de repouso e da condutividade elétrica da solução dos exsudatos dos grãos, além da redução da massa específica aparente e unitária e da massa de mil grãos.

Diante do apresentado, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre o ângulo de repouso, a condutividade elétrica da solução dos exsudatos, a massa específica aparente e unitária e da a massa de mil grãos de feijão Caupi.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de feijão Caupi, cultivar BRS Imponente, produzidos no município de Nova Ubiratã (MT). Os grãos foram colhidos e debulhados manualmente, sendo posteriormente levados ao laboratório onde foram realizadas a limpeza e a retirada de grãos avariados e materiais estranhos. Os grãos possuíam teor de água inicial de 0,209 (b.s.) e foram mantidos em câmara, tipo BOD, a 3 °C até que fosse realizado o experimento.

A determinação do teor de água foi realizada pelo método gravimétrico utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar a 105 ± 1 °C, durante 24 h, com três repetições de 30 g (BRASIL, 2009).

Os grãos de feijão foram submetidos à secagem em uma estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, até atingirem o teor de água de, pelo menos, 0,123 (b.s.). A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada por diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial. A medição da massa das amostras durante a secagem foi realizada por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01 g. Após a secagem as amostras foram encaminhadas para a determinação das propriedades físicas avaliadas no trabalho.

Para a determinação do ângulo de repouso, foi utilizado um dispositivo feito de fibra de

média densidade (MDF), que possui uma de suas laterais feita de vidro para possibilitar a visualização dos grãos (Figura 1). O dispositivo possui um registro de contenção, que, quando aberto, possibilita o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude. Para esta propriedade, foram feitas cinco repetições com as amostras secadas em cada temperatura de secagem.

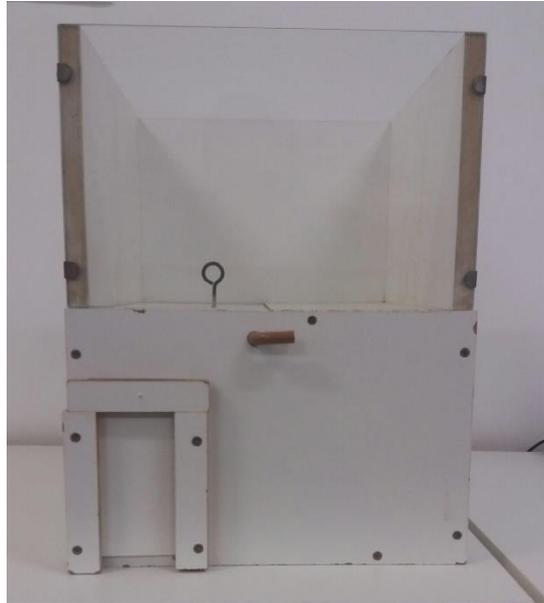


FIGURA 1. Dispositivo utilizado para a determinação do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi.

A massa específica aparente (ρ_{ap}) foi mensurada por um dispositivo que contém um funil com registro de descarga acoplado a uma haste que descarrega os grãos em um recipiente cuja relação entre o diâmetro e a altura é igual a um, cujo o volume é de 1 L. Para medição da massa de grãos contida no recipiente, foi usada uma balança analítica com resolução de 0,01 g, sendo feitas três repetições para cada temperatura de secagem.

Para determinar a massa específica unitária, inicialmente 50 grãos de feijão foram aleatoriamente selecionados nas amostras secadas em cada temperatura testada. Obtidas as amostras, a massa e as dimensões características principais (maior, intermediária e a menor dimensão característica), foram determinadas utilizando-se uma balança analítica com resolução de 0,01 g e um paquímetro, com resolução de 0,01 mm, respectivamente. A massa específica unitária então determinada pela relação da massa pelo volume (Equação 1), sendo que, para determinação do volume, os grãos de feijão foram considerados como esferoides escalenos.

$$\rho_u = \frac{m_g}{V_g} \quad (1)$$

Em que,

ρ_u é a massa específica unitária (kg m^{-3});

m_g é a massa média dos grãos (kg) e;

V_g é o volume médio dos grãos (m^3).

O cálculo do volume (V_g), foi determinado pela Equação 2 (MOHSENIN, 1986).

$$V_g = \frac{\pi}{6} (abc) \quad (2)$$

Em que,

V_g é o volume dos grãos, m^3 ;

a é a maior dimensão característica dos grãos de feijão (m);
b é a dimensão característica intermediária dos grãos de feijão (m) e
c é a menor dimensão característica dos grãos de feijão (m).

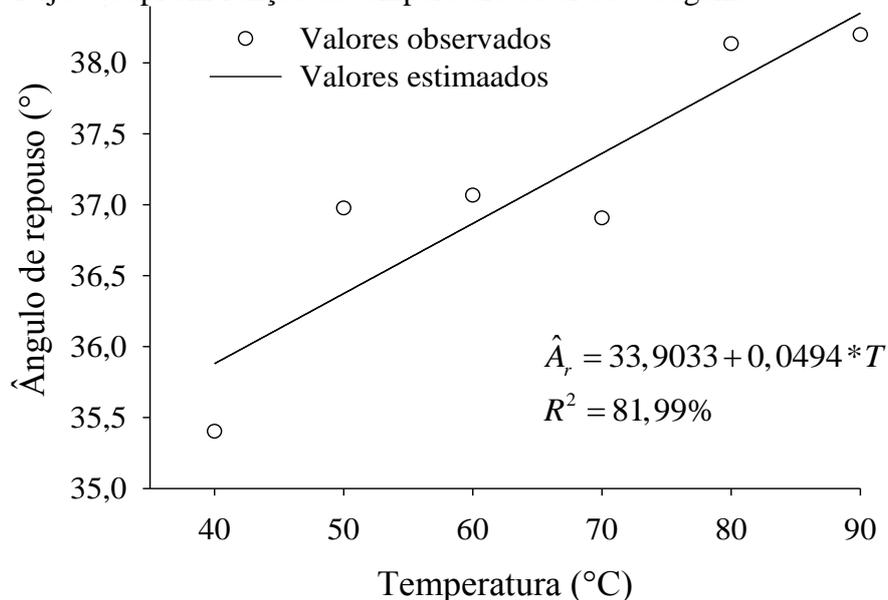
Para a determinação da massa de mil grãos foram separados aleatoriamente mil grãos de feijão caupi secados em cada uma das temperaturas testadas, sendo pesados por meio de uma balança analítica com resolução de 0,01 g.

A determinação da condutividade elétrica da solução com exudatos dos grãos, consistiu em obter uma amostra de 50 grãos inteiros de feijão caupi que após pesada foi imersa em 75 mL de água deionizada e colocada em câmara do tipo BOD com temperatura regulada à 25 °C durante 24 h. A condutividade da água de embebição foi medida por meio de um condutivímetro e expressa em $\text{mS cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância seguido de regressão linear, a um nível de significância de 5% de probabilidade, sendo selecionado o modelo matemático mais adequado para expressar a relação entre as propriedades físicas e a temperatura de secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os valores observados e estimados do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi em função da temperatura do ar de secagem.



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

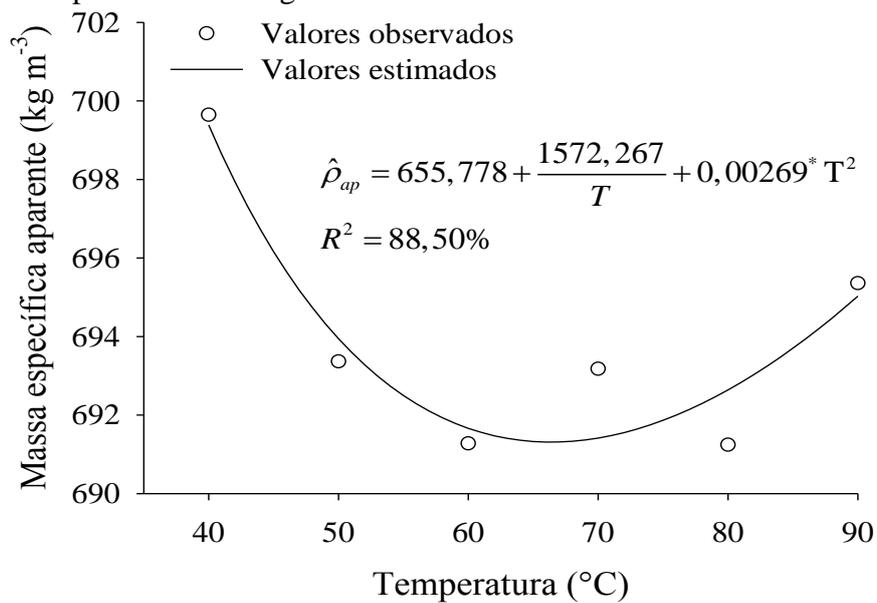
FIGURA 2. Valores observados e estimados do ângulo de repouso de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

Observa-se que o valor de ângulo de repouso dos grãos de feijão aumentou em função da elevação da temperatura do ar de secagem, apresentando tendência linear e variando de 34,4 a 38,2°, para as temperaturas de secagem variando de 40 a 90 °C.

MOTA (2016) e BOTELHO et al. (2015), estudando a variação de propriedades físicas durante a secagem e qualidade tecnológica em cultivares de feijão carioca e a influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas de grãos de soja, respectivamente, observaram que a temperatura do ar de secagem também influenciou o ângulo de repouso desses produtos. Esses autores também verificaram, que o ângulo de repouso do feijão e da soja aumentam proporcionalmente ao aumento da temperatura de secagem, similarmente ao observado neste trabalho.

A dependência do ângulo de repouso com a temperatura do ar de secagem pode ser explicada de forma satisfatória por meio de uma equação linear, que apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,8199$).

Na Figura 3 estão apresentados os valores observados e estimados da massa específica aparente em função da temperatura de secagem.



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

FIGURA 3. Valores observados e estimados da massa específica aparente de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

Nota-se que a massa específica aparente dos grãos de feijão caupi reduziu apresentando uma tendência quadrática, variando de 699,65 a 695,36 kg m⁻³ quando a temperatura de secagem aumentou de 40 para 90 °C. Devido a sua tendência quadrática a massa específica apresentou ainda um valor mínimo de 691,24 kg m⁻³ na transição da temperatura de 60 para 70 °C.

O modelo quadrático descreveu significativamente (p-valor < 0,05) a redução da massa específica aparente com o aumento da temperatura de secagem, apresentando coeficiente de determinação maior que 0,88.

CAMILO et al., (2015) estudando a dependência da massa específica aparente de grãos de milho com o teor de água e a temperatura de secagem verificou que, com a redução do teor de água dos grãos, houve aumento da massa específica aparente, independentemente da temperatura do ar de secagem. Entre as temperaturas do ar de secagem, não se observou diferenças significativas para a massa específica aparente. Entretanto, para a faixa de 16 a 14% (b.u.) de teor de água, os grãos sofreram maiores alterações na massa específica, principalmente para a secagem com temperatura do ar mais elevada. Entre as temperaturas do ar de secagem, não se observou diferenças significativas para a massa específica aparente. Entretanto, na faixa de 16 para 14% (b.u.) dos teores de água, os grãos sofreram maiores alterações na massa específica, principalmente para a secagem com temperatura do ar mais elevada.

A massa específica unitária não foi influenciada pela temperatura de secagem (Tabela 1).

TABELA 1. Resultados observados da massa específica aparente de grãos de feijão secados em diferentes temperaturas

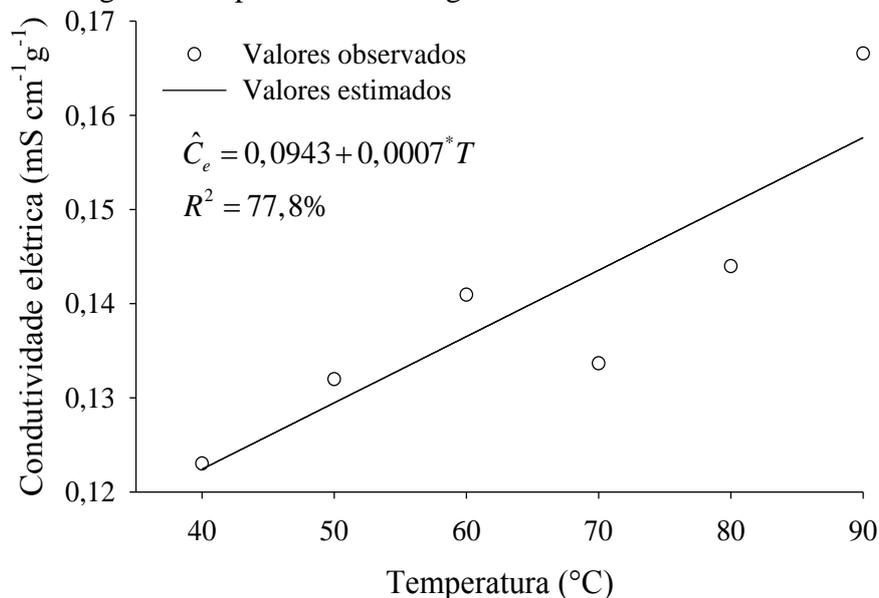
Temperatura de secagem (°C)	Massa específica unitária (kg m ⁻³)
40	1233,17
50	1260,90
60	1267,41
70	1228,19
80	1243,66
90	1252,96
Média Geral	1247,72

Para esta propriedade a amplitude total dos valores observados foi de 1228,19 e 1267,41 kg m⁻³

³, e a média geral foi de 1247,72 kg m⁻³, para a faixa de temperatura estudada.

Os valores da massa específica unitária encontrados neste trabalho são similares aos encontrados por OBA (2016) que analisando as propriedades físicas de grãos de feijão Caupi, cultivar BRS Guariba, durante a secagem, encontrou valores médios da massa específica unitária variando de 1286,5 a 1176,4 kg m⁻³ em uma faixa de teor de água de 0,47 a 0,11 decimal b.s.

A variação da condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de feijão caupi em função da temperatura de secagem está apresentada na Figura 4.



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

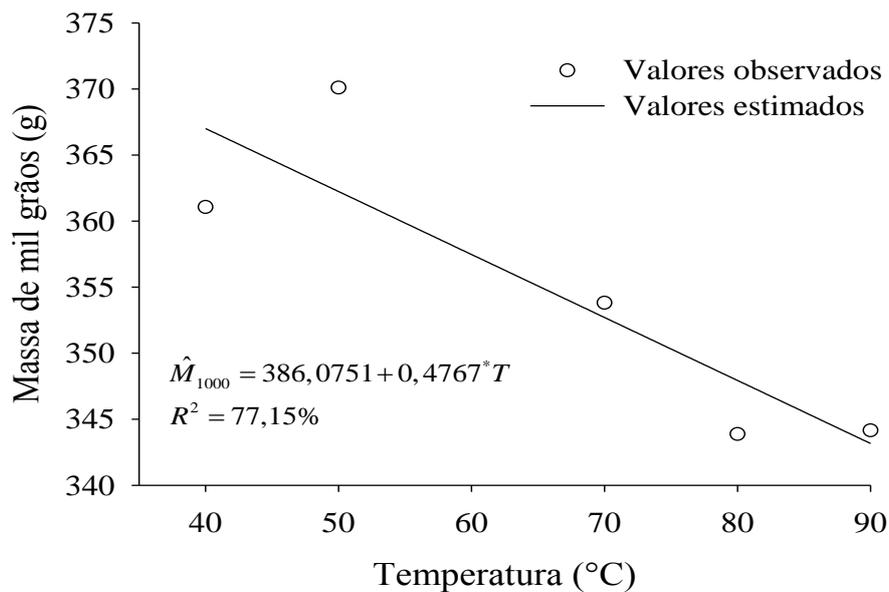
FIGURA 4. Valores observados e estimados da condutividade elétrica da solução de exsudatos de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas

A condutividade elétrica variou de 0,123 a 0,167 mS cm⁻¹ g⁻¹ para a faixa de temperatura de secagem de 40 a 90 °C.

Observa-se que a condutividade elétrica aumentou com a elevação da temperatura de secagem, indicando que houve um aumento proporcional dos lixiviados na solução de embebição. O aumento da condutividade elétrica normalmente está associado ao rompimento das membranas celulares e a perda de qualidade fisiológica de grãos com o aumento da temperatura de secagem. ULLMANN et al. (2010), avaliando a qualidade de grãos de pinhão manso submetidas a secagem, observou que a temperatura de secagem afetou a qualidade fisiológica das mesmas. Eles também verificaram que houve o aumento da condutividade elétrica com a elevação da temperatura de secagem, cujos lixiviados foram mais acentuados nas temperaturas acima de 70 °C e concluíram que o aumento da temperatura de secagem promoveu maior danificação celular dos grãos.

O modelo linear descreveu significativamente a dependência da condutividade elétrica da solução dos exsudatos de grãos de feijão Caupi em função da temperatura do ar de secagem.

Na Figura 5 estão apresentados os valores observados e estimados da massa de mil grãos de feijão caupi em função da temperatura do ar de secagem.



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

FIGURA 5. Valores observados e estimados da massa de mil grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

Verifica-se que o aumento da temperatura de secagem diminuiu significativamente a massa de mil grãos. Para temperaturas variando de 40 a 90 °C a massa de mil grãos variou 370,11 a 343,89 g. O modelo linear descreveu satisfatoriamente a relação entre a temperatura de secagem e a massa dos grãos de feijão caupi, apresentando coeficiente de determinação maior que 0,77. A massa de mil grãos é um parâmetro utilizado para se determinar a qualidade de grãos e sementes. Como todas as amostras foram secadas até o mesmo teor de água final e notou-se uma redução constante na massa das amostras, pode-se inferir que além da perda de massa de água, o aumento da temperatura de secagem também proporcionou perda de matéria seca, sendo esta uma perda quantitativa considerável durante este processo.

Como foi observado por MOTA (2016), analisando as propriedades físicas das cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) Estilo e Pérola, ao longo do processo de secagem, a temperatura do ar de secagem influenciou as características físicas dos grãos de feijão. Nas avaliações desses autores, também notou-se a redução da massa de mil grãos com aumento da temperatura do ar de secagem para as duas cultivares.

Resultados semelhantes também foram observados por BOTELHO et al. (2015), que verificaram que o aumento da temperatura do ar de secagem de 40 para 80 °C propiciou reduções significativas na massa de mil grãos de soja (de 137,2 para 132,9 g), sendo que também neste trabalho, esses autores verificaram que a redução da massa de mil grãos e, conseqüentemente, de matéria seca, foi proporcional ao aumento de temperatura do ar de secagem.

CONCLUSÕES

Relacionando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

O aumento da temperatura de secagem influencia as propriedades físicas de grãos de feijão caupi, promovendo o aumento do ângulo de repouso e da condutividade elétrica dos exsudatos da solução com grãos e redução da massa específica aparente e da massa de mil grãos.

O aumento da temperatura de secagem reduz a qualidade física e fisiológica da massa de grãos.

REFERÊNCIAS

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. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v.23. n.3. p.212-219, 2015.

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

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA- CONBEA, XLIV.2015, São Pedro-SP. **Avaliação de massa específica aparente em grãos de milho durante a secagem**. CAMILO, L.J.; MILANE, L. V.; CORADI, P. C.; ANDRADE, M. G. O. Hotel Fazenda Fonte Colina Verde.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos safra 2016/2017: Décimo Sétimo Levantamento: abril, 2017**, 162 p.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZO, A. P.; GONELLI, A.L.D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. S.; VILARINHO, A. A.; CAVALANTE, E. S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SOUZA, F. F.; LOPES, A. M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. E. L.; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Novaera: Cultivar de feijão-caupi de porte semiereto**. Comunicado Técnico, Belém- PA, set., 2008. ISSN 1517- 2244.

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

MOTA, D. H. **Propriedades físicas durante a secagem e qualidade tecnológica em cultivares de feijão carioca em diferentes condições de armazenamento**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília- DF,2016.

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.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELLI A. L. D.; RIBEIRO, D. M.; Propriedades físicas do feijão durante a secagem: Determinação e Modelagem. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras-MG, v.32. n.1. p.225-230, 2008.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.41. n.3. p.442-447, 2010.