

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

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

ALINE DE OLIVEIRA

**SINOP
MATO GROSSO – BRASIL
2017**

ALINE DE OLIVEIRA

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

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Mendes 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

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

O48e Oliveira, Aline de.
EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE AS
PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI /
Aline de Oliveira. – 2017
40 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Fernando Mendes Botelho.
TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) -
Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências
Agrárias e Ambientais, Sinop, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Qualidade. 2. teor de água. 3. Vigna unguiculata. 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: EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE
AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE
FEIJÃO CAUPI

ACADÊMICA: ALINE DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: Dr. FERNANDO MENDES BOTELHO

ALINE DE OLIVEIRA
Acadêmica

APROVADO:

FERNANDO MENDES BOTELHO
Orientador

DATA DA DEFESA: 23 de JUNHO de 2017.



XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
Hotel Ritz Lagoa da Anta - Maceió - AL
30 de julho a 03 de agosto de 2017



Prezado (a) Autor (a):

Aline de Oliveira

A Comissão Científica do CONBEA 2017 tem o prazer de comunicar que o resumo intitulado EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI, autores Fernando Mendes Botelho, Sílvia de Carvalho Campos Botelho, José Ângelo Nogueira de Menezes Júnior, Layanne Cristina Bueno de Almeida, , foi **Aprovado** para apresentação na modalidade **ORAL**, em dia, hora e sala a serem informados na programação que será disponibilizada na página do evento.

Para garantir a apresentação e a publicação de seu trabalho completo, o pagamento da inscrição do autor-apresentador deverá ser efetuado até **4-junho-2017**.

Cada inscrição válida a apresentação e a publicação de até três trabalhos e deverá ser efetuada seguindo as instruções contidas no endereço www.conbea.org.br

O tempo para apresentação é de 15 minutos, seguidos de 5 minutos para atender aos questionamentos da plateia. Os equipamentos disponíveis em cada sala serão um computador e um projetor multimídia. Solicitamos que entregue previamente o arquivo contendo a sua apresentação no próprio local, evitando, assim, problemas para si e para os interessados na sessão. Não será permitido o uso de "laptops" pessoais para apresentação.

A ausência de um apresentador nas sessões orais resulta em grandes prejuízos para os demais participantes e para o Congresso. Dessa maneira, queremos reforçar a necessidade do Compromisso de Apresentação para que possamos programar as sessões técnicas. O não recebimento pela Secretaria do "Termo de Compromisso" devidamente assinado inviabilizará sua apresentação oral e o trabalho não será apresentado.

TERMO DE COMPROMISSO - APRESENTAÇÃO DE TRABALHO ORAL

Eu, Layanne Cristina Bueno de Almeida comprometo-me com a apresentação "ORAL" do trabalho intitulado EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI no CONBEA #ano# a ser realizado de 30 de julho a 03 de agosto de 2017, em Maceió - AL, na sessão a ser oportunamente designada pela Comissão Organizadora.

Local e Data _____

Assinatura _____

Enviar este termo preenchido e assinado à Secretaria do CONBEA 2017 para o e-mail: conbea.sbea@gmail.com até **25/06/2017**.

O sucesso dos eventos da SBEA depende da colaboração de todos nós que estamos construindo a história e o prestígio da Associação. Dessa maneira, contamos com a compreensão e a colaboração de todos os autores. Assim, faremos um evento cada vez melhor e de maior qualidade.

Certos de que contaremos com sua habitual colaboração, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,
Comissão Organizadora - CONBEA 2017

Prezado (a) Autor (a):

Fernando Mendes Botelho

A Comissão Científica do CONBEA 2017 tem o prazer de comunicar que o resumo intitulado **VARIAÇÃO DA COR DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DEVIDO À TEMPERATURA DE SECAGEM**, autores Aline de Oliveira, Sílvia de Carvalho Campos Botelho, José Ângelo Nogueira de Menezes Júnior, Layanne Cristina Bueno Almeida, , foi **Aprovado** para apresentação na modalidade **ORAL**, em dia, hora e sala a serem informados na programação que será disponibilizada na página do evento.

Para garantir a apresentação e a publicação de seu trabalho completo, o pagamento da inscrição do autor-apresentador deverá ser efetuado até **4-junho-2017**.

Cada inscrição valida a apresentação e a publicação de até três trabalhos e deverá ser efetuada seguindo as instruções contidas no endereço www.conbea.org.br

O tempo para apresentação é de 15 minutos, seguidos de 5 minutos para atender aos questionamentos da plateia. Os equipamentos disponíveis em cada sala serão um computador e um projetor multimídia. Solicitamos que entregue previamente o arquivo contendo a sua apresentação no próprio local, evitando, assim, problemas para si e para os interessados na sessão. Não será permitido o uso de "laptops" pessoais para apresentação.

A ausência de um apresentador nas sessões orais resulta em grandes prejuízos para os demais participantes e para o Congresso. Dessa maneira, queremos reforçar a necessidade do Compromisso de Apresentação para que possamos programar as sessões técnicas. O não recebimento pela Secretaria do "Termo de Compromisso" devidamente assinado inviabilizará sua apresentação oral e o trabalho não será apresentado.

TERMO DE COMPROMISSO - APRESENTAÇÃO DE TRABALHO ORAL

Eu, Layanne Cristina Bueno Almeida comprometo-me com a apresentação "ORAL" do trabalho intitulado **VARIAÇÃO DA COR DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DEVIDO À TEMPERATURA DE SECAGEM** no CONBEA #ano# a ser realizado de 30 de julho a 03 de agosto de 2017, em Maceió - AL, na sessão a ser oportunamente designada pela Comissão Organizadora.

Local e Data _____

Assinatura _____

Enviar este termo preenchido e assinado à Secretaria do CONBEA 2017 para o e-mail: conbea.sbea@gmail.com até **25/06/2017**.

O sucesso dos eventos da SBEA depende da colaboração de todos nós que estamos construindo a história e o prestígio da Associação. Dessa maneira, contamos com a compreensão e a colaboração de todos os autores. Assim, faremos um evento cada vez melhor e de maior qualidade.

Certos de que contaremos com sua habitual colaboração, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,
Comissão Organizadora - CONBEA 2017

Dedico esse trabalho a minha família, em especial minha mãe Maria Jovelina de Oliveira e ao meu pai Anibal de Oliveira Filho, meus tios Marilza Duque de Oliveira e Nelson de Oliveira e a minha irmã Tamires Duque de Oliveira, pelo apoio e amor. Ao meu namorado Mattheus Frederico Back Koelln, pelo companheirismo e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a deus pelo dom da vida, por me permitir viver esse momento e concluir mais essa etapa da minha vida. Por me sustentar firme no meu proposito e nunca me desamparar nos momentos difíceis.

A minha mãe Maria Jovelina de Oliveira e meu pai Anibal de Oliveira Filho pela vida, pelos ensinamentos e amor, que sempre mantiveram nossa família unida. Que permitiram que esse momento se concretizasse graças a todo apoio e ajuda. A minha irmã que sempre compartilhou tudo comigo e sempre esteve presente em todos os momentos. Aos meus tios Marilza Duque de Oliveira e Nelson de Oliveira, que são como pais em minha vida, agradeço o amor, cuidado, dedicação e companheirismo.

Aos amigos Ronan, Israel, Thais, Angela, Daiane e Camila, que acompanharam essa jornada sendo parceiros de faculdade e da vida, pela paciência, apoio e compreensão nos momentos difíceis. Obrigada pela amizade.

Ao meu amigo, companheiro e namorado, Mattheus Frederico Back Koelln, pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho e pela ajuda no decorrer do curso, nas matérias, trabalhos e noites de estudos. Agradecer, pela paciência e amor, que sempre dedicou há mim, em todos momentos. Com você minha jornada ficou muito mais leve e colorida.

Aos professores de graduação, por todo conhecimento transmitido, pela amizade e dedicação. Em especial ao meu orientador, Fernando Mendes Botelho, que me orientou e ajudou no desenvolvimento desse trabalho. Pela paciência, conselhos e contribuições para que esse trabalho se concretizasse.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
LISTA DE FIGURAS – CAPITULO 01	III
LISTA DE FIGURAS – CAPITULO 02	III
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
CAPÍTULO 1	12
EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FISÍCAS DOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES	22
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO 2	24
VARIAÇÃO DA COR DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DEVIDO À TEMPERATURA DE SECAGEM	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES	37

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre algumas propriedades físicas de grãos de feijão Caupi (*Vigna unguiculata*) em função de diferentes temperaturas de secagem. 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.). Ao final da secagem foram determinadas: ângulo de repouso, massa específica aparente e unitária, condutividade elétrica da solução dos exsudatos dos grãos e massa de mil grãos. Além disso, foi mensurada a cor por meio avaliação das coordenadas L*, a* e b* e a diferença total de cor em relação à menor temperatura de secagem. 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. Observou-se também que as coordenadas a* e b*, diminuíram enquanto que a coordenada L* e a diferença total de cor aumentaram à medida que se aumentou a temperatura de secagem. De modo geral conclui-se que, influenciou as propriedades físicas dos grãos de feijão Caupi.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, teor de água, *Vigna unguiculata*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of drying temperature on some physical properties of Caupi beans (*Vigna unguiculata*) as a function of different drying temperatures. To evaluate the effect of temperature, samples of Caupi bean grains of the BRS Imposing variety with initial moisture content of 0.209 (db) were dried in a forced air circulation oven at temperatures of 40, 50, 60, 70, 80 and 90 ° C until the final moisture content 0.123 (db). At the end of drying were determined: angle of repose, bulk and unit density, electrical conductivity of the solution of the exudates of the grains and thousand grains weight. In addition, the color was measured by mean of the L *, a * and b * coordinates and the total color difference were evaluated in relation to the lower drying temperature. According to the results obtained, it was observed that, except for the unit density, the drying air temperature significantly influenced the physical properties of the Caupi beans, causing an increase in the angle of repose and electrical conductivity of the exudate solution, besides. Reduction of the thousand grains weight and the bulk density. It was also observed that the coordinates a * and b * decreased while the L * coordinate and the total color difference increased as the drying temperature was increased. In general, it was concluded that the increase of drying air temperature influenced the physical properties of the Caupi bean grains

KEYWORDS: Quality, moisture content, *Vigna unguiculata*

LISTA DE FIGURAS – CAPITULO 01

Figura 1. Dispositivo utilizado para a determinação do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi.....	14
Figura 2. Valores observados e estimados do ângulo de repouso de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.	17
Figura 3. Valores observados e estimados da massa específica aparente de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.....	18
Figura 4. Valores observados e estimados da condutividade elétrica da solução de exsudatos de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.	19

LISTA DE FIGURAS – CAPITULO 02

Figura 1. Esquema do sólido de Hunter	28
Figura 2. Valores observados e estimados da coordena L^* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.....	29
Figura 3. Valores observados e estimados da coordena a^* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.....	30
Figura 4. Valores observados e estimados da coordena b^* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.....	31
Figura 5. Valores observados e estimados da diferença total de cor de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.	32

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a base alimentar é constituída principalmente por dois produtos, sendo eles, o arroz e o feijão. Para fins de regulamentação técnica e classificação do feijão, Brasil (2008), define que somente os grãos de feijão provenientes das espécies *Phaseolus vulgaris* L. (feijão comum) e *Vigna unguiculata* (L) Walp (feijão caupi), são considerados feijão.

Apesar das dificuldades de se estabelecer uma ordem cronológica para o aparecimento e domesticação da espécie *Vigna unguiculata* (feijão caupi), bem como aonde ocorreu, segundo Freire Filho (1988) acredita-se que o feijão caupi tenha sido domesticado na África, mas especificamente na região oeste, dispersando-se com as migrações por todo continente e posteriormente através das rotas comerciais para outros continentes. Acredita-se que no Brasil, tenha chegado ainda no século XVI, no estado da Bahia, mais tarde se espalhando por todo o país.

Desde sua chegada até os dias atuais, o feijão caupi vem passando por modificações importantes, tanto do ponto de vista técnico-científico quanto socioeconômico. 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, o feijão caupi corresponde a 21,11% da produção de feijão do Brasil. Considerando as três safras, a sua produção está estimada em 715,8 mil toneladas em uma área total de 1362,9 mil hectares, sendo as regiões Norte/Nordeste as maiores produtoras.

Embora as regiões Norte/Nordeste sejam as maiores produtoras de feijão caupi, o mercado está passando por importantes avanços tecnológicos e socioeconômicos no Brasil principalmente no cerrado do Centro-Oeste, em particular no Estado de Mato Grosso, onde parte da produção tem sido exportada para países europeus e asiáticos, e onde a cultura tem despertado cada vez mais o interesse de produtores (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2016).

Apesar dos bons índices de produtividade, dos avanços tecnológicos dos sistemas de produção e do melhoramento genético das cultivares plantadas, para se obter um produto final de boa qualidade é de fundamental importância que o produto seja processado de forma adequada possibilitando assim uma armazenagem adequada e, conseqüentemente um melhor produto final oferecido ao consumidor. Segundo Andrade et. al (2006), a secagem dentro do processamento é a etapa que removerá o excesso de água propiciando condições adequadas para o beneficiamento, armazenamento e comercialização.

No que diz respeito ao armazenagem, assim como para a maioria dos grãos, a secagem do feijão é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, uma vez que as atividade biológicas, físico e químicas que ocorrem durante o armazenamento diminuem com a redução do teor de água dos grãos (RESENDE, 2006).

Embora a secagem garanta que os grãos possam ser armazenados, durante o processo pode ocorrer mudança físicas nos grãos. Segundo Mayor e Sereno (2004) uma das mudanças físicas mais importantes que os grãos sofrem durante a secagem é a redução do seu volume externo, mas a perda de água e o aquecimento do grãos devido a secagem causam também estresse na estrutura celular dos grãos.

A secagem pode ser realizada de diversas formas, podendo ocorrer variações na condução do processo de secagem. Porém, segundo Menezes et al. (2012), a temperatura de secagem requer cuidados especiais, porque dependendo da espécie em questão, do tempo de exposição e o método de secagem usado, temperaturas elevadas podem causar danos as membranas celulares e desnaturar proteínas, bem como causar fissuras.

Segundo Goneli et al. (2011), estudar as propriedades físicas de produtos agrícola é de suma importância para uma correta conservação dos grãos, bem como para o dimensionamento e operação de equipamentos para as principais operações pós-colheita de produtos agrícolas.

O conhecimento sobre as propriedades físicas de produtos agrícolas, influenciadas pelo processo de secagem são relevantes para o correto manejo pós-colheita. Informações sobre o tamanho, volume, porosidade e massa específica, entre tantas outras, são informações básicas para o planejamento e acompanhamento da secagem e armazenagem visando a qualidade.

A influência da secagem sobre as propriedades físicas dos grãos pode ser estudada em relação a duas variáveis, sendo, o efeito da redução do teor de água do grãos e o efeito da temperatura de secagem no grãos.

Araujo et al. (2014), ao avaliar o efeito da secagem sobre as características físicas dos grãos de amendoim, observou que redução do teor de água proporcina redução da massa específica aparente, massa específica unitária, massa de mil grãos dos grãos de amendoim com exceção da porosidade e da relação superfície/volume que tiveram seus valores aumentados com a redução do teor de água. A esfericidade dos grãos de amendoim reduziram durante o processo de secagem enquanto que a circularidade não apresenta tendência definida em seus valores com a redução do teor de água.

Coradi et al. (2015), estudando alterações físicas em grãos de girassol após secagem com diferentes temperaturas do ar, observou que as temperaturas do ar de secagem alteraram o comprimento, a espessura, a área projetada, o volume, o peso de mil grãos, o ângulo de repouso dos grãos de girassol que foram reduzidos com o aumento da temperatura do ar de secagem. A porosidade, a massa específica aparente, o peso de mil grãos, o coeficiente de arraste, a circularidade, a esfericidade e a largura dos grãos de girassol não sofreram alterações em função da temperatura do ar de secagem.

Segundo Helmich et al. (2015), que também estudou o efeito da temperatura do ar de secagem sobre as alterações causadas em grãos de girassol, para as temperaturas de secagem de 45, 65 e 75 °C de secagem, verificou que a temperatura de 45 °C foi a que reduziu menos o volume dos grãos, possivelmente pela baixa taxa de remoção de água, ocasionando enrijecimento do tegumento, que dificultou a contração das sementes e, em consequência, reduziu com menor intensidade seu volume. Já as temperaturas de 65 e 75 °C foram as que mais influenciaram no volume, uma vez que a água foi removida mais rapidamente e as sementes contraíram os eixos ortogonais de acordo com a redução do teor de água.

A análise das propriedades físicas está intimamente ligada a avaliação da qualidade, principalmente em sementes. Menezes et al. (2012), estudou a relação das temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. Concluindo que as temperaturas de secagem afetaram a qualidade das sementes, e o aumento da temperatura, na secagem, aumentou, também, a porcentagem de fissuras nas sementes de arroz irrigado e que temperaturas de secagem mais altas reduziram o seu potencial fisiológico.

Diante do apresentado e da importância do assunto tratado acima, o trabalho foi desenvolvido em dois capítulos sendo que se objetivou no primeiro capítulo avaliar a variação das propriedades físicas de grãos de feijão caupi em relação a temperatura de secagem. No segundo capítulo, o objetivo foi estudar a variação da cor de grãos de feijão caupi devido á temperatura de secagem.

CAPÍTULO 1

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

1. 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.

2. 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.

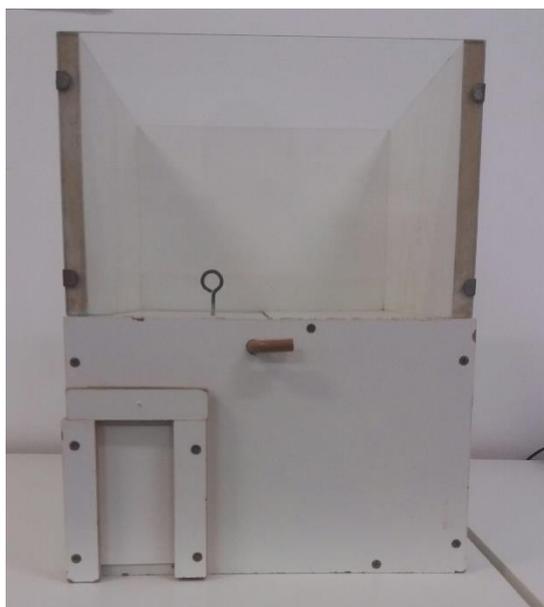


Figura 1. Dispositivo utilizado para a determinação do ângulo de repouso dos grãos de feijão caupi.

A massa específica aparente (pap) 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 (m³).

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, m³;

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 condutímetro 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.

3. 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.

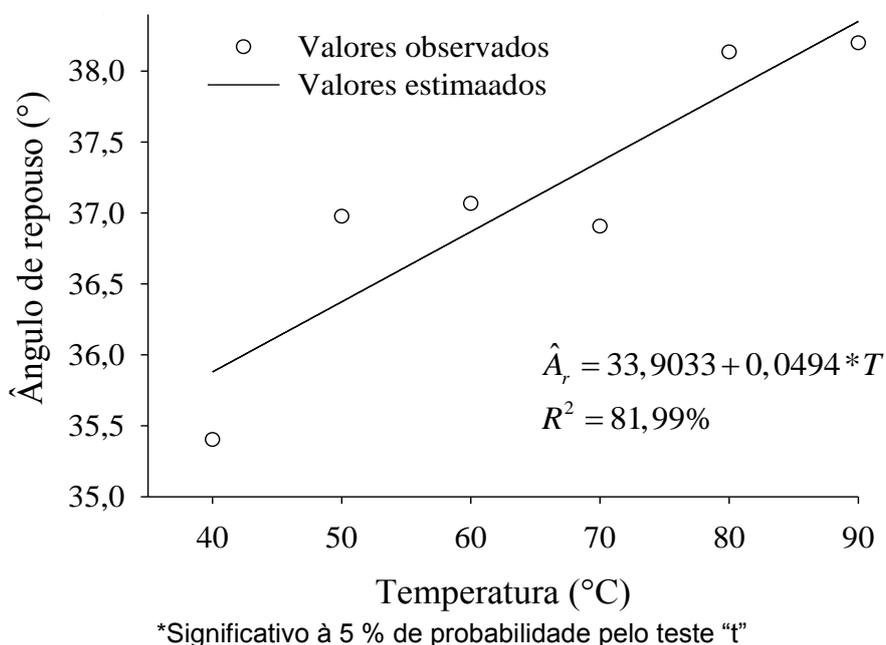


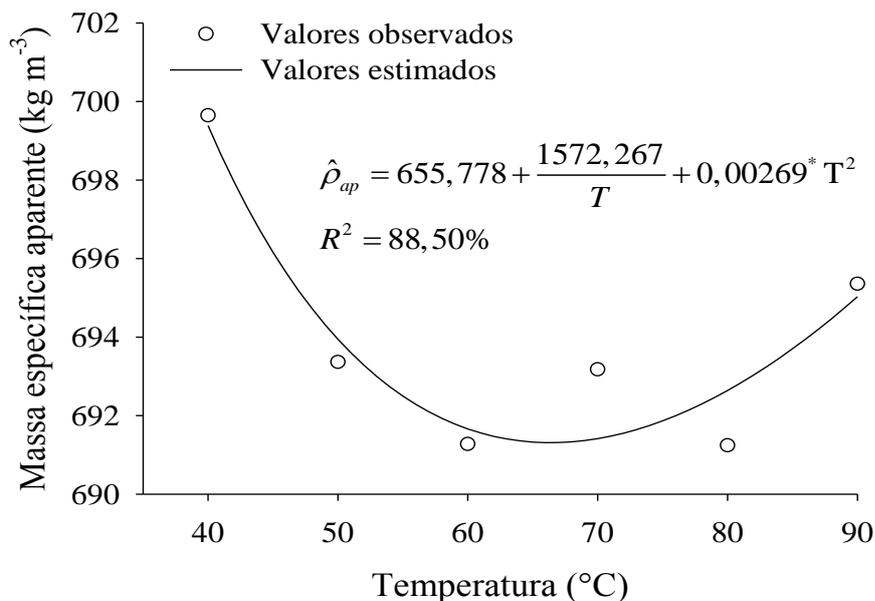
Figura 2. Valores observados e estimados do ângulo de repouso de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

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).

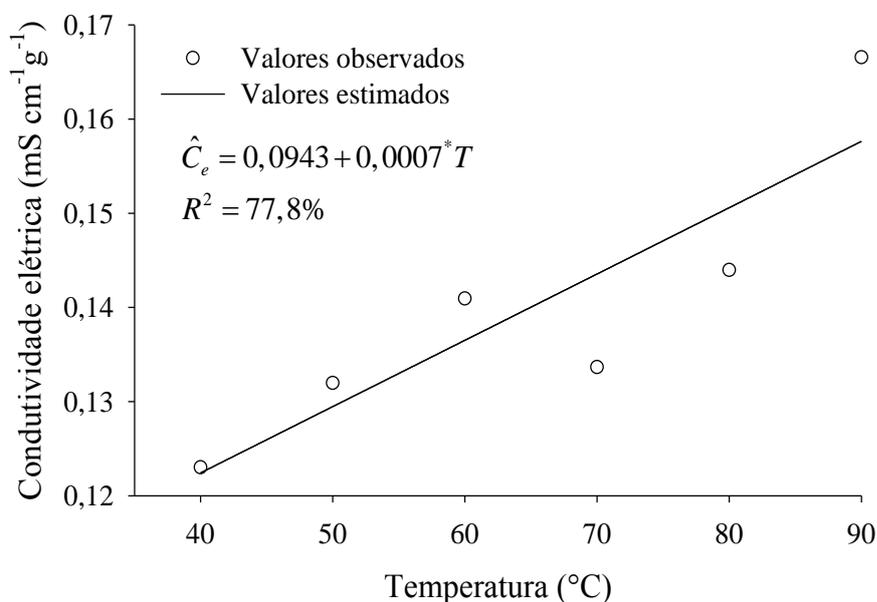
TABELA 1. Resultados observados da massa específica aparente de grãos de feijão secados em diferentes temperaturas

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, 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.

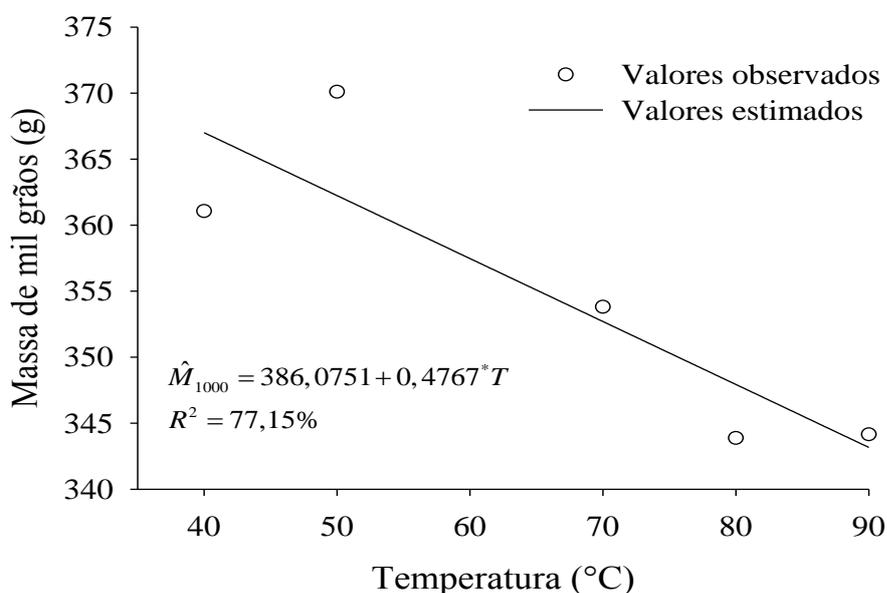
A condutividade elétrica variou de 0,123 a 0,167 mS cm⁻¹ g⁻¹ para a faixa de temperatura de secagem de 40 a 90 °C.

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.

4. 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.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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: 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, 2005.

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

CAPÍTULO 2

VARIAÇÃO DA COR DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI DEVIDO Á TEMPERATURA DE SECAGEM

1. INTRODUÇÃO

O feijão é a principal fonte de proteína vegetal na alimentação brasileira, muitas vezes é utilizado para substituir carnes e outros produtos, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar (FERNANDES & SOUZA FILHO, 2001; RIOS et al., 2003).

Segundo EMBRAPA MEIO-NORTE (2016), o mercado do feijão caupi passa por importantes avanços tecnológicos e socioeconômicos no Brasil principalmente no cerrado do Centro-Oeste, em particular no Estado de Mato Grosso, onde parte da produção tem sido exportada para países europeus e asiáticos, e onde a cultura tem despertado cada vez mais o interesse de produtores.

Segundo dados da CONAB (2017) o balanço será positivo para o feijão Caupi na safra 2016/17 no estado do Mato Grosso. Nesta safra a área plantada registrou aumento de 60%. A produtividade também atingirá bons números, com rendimento médio em torno de 1.200 kg ha⁻¹, desempenho 66,7% superior aos 720 kg ha⁻¹ obtidos na safra anterior devido principalmente a uma melhor ocorrência e distribuição das chuvas na safra corrente.

Apesar dos bons índices de produtividade que estão sendo esperados para a safra atual, para se obter um produto final de boa qualidade é de fundamental importância que o produto seja processado de forma adequada possibilitando assim uma armazenagem adequada e, conseqüentemente um melhor produto final oferecido ao consumidor. Neste sentido, BOTELHO (2012) salienta que a secagem é uma das principais operações pós-colheita para a maioria dos produtos agrícolas quando se visa obtenção de produtos com qualidade. O principal objetivo dessa operação é reduzir a atividade de água até níveis seguros para que o produto possa ser armazenado sem que haja riscos de deterioração.

Mesmo a secagem sendo de suma importância para a conservação de grãos, quando não é convenientemente controlada pode causar diversos danos, como alteração de cor, formação de crosta periférica, perda de matéria seca, redução de integridade física dos grãos, suscetibilidade à defeitos e redução do tempo de conservação (ELIAS, 2002). Esses danos fragilizam os grãos, possibilitando o ataques de insetos de hábitos alimentares secundários e potencializa a ocorrência de reações químicas oxidativas que reduzem a qualidade da massa de grãos.

Nos produtos agrícolas, a alteração de cor está frequentemente relacionada as características de qualidade, podendo ser um fator atrativo ou não ao mercado consumidor. Desta forma, a alteração na coloração de produtos agrícolas é um atributo

de qualidade de fácil identificação (FARONI et al., 2006) e de efeito imediato na aceitação de um produto pelo consumidor final.

Segundo MARINI et al., (2007), a secagem intermitente, com temperatura do ar até 65 °C, é um método eficiente para a conservação dos parâmetros biológicos de grãos de aveia branca. Todavia, embora reduzam a incidência de contaminação fúngica, temperaturas da massa de grãos acima de 45 °C durante a secagem provocam redução da qualidade dos grãos de aveia.

Avaliando-se a qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições de temperatura e teor de água ALENCAR et al., (2009) verificaram que, em geral, a variação de cor dos grãos de soja durante o armazenamento foi mais acentuada a medida em que se elevou o teor de água e a temperatura dos grãos. Considerando que a temperatura de secagem pode afetar de forma significativa a qualidade dos grãos, objetivou-se com este trabalho estudar a variação da cor de grãos de feijão Caupi em função de diferentes temperaturas de secagem.

2. 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 avariados e materiais estranhos. A amostra avaliada possuía inicialmente teor de água médio 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 o método gravimétrico utilizando 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 nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pela diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial. A massa das amostras ao longo da secagem foi medida utilizando-se uma balança analítica com resolução de 0,01 g. As amostras foram secadas até atingirem o teor de água de pelo menos 0,123 (b.s.). Após a secagem as amostras foram encaminhadas para a quantificação da cor.

A determinação da cor dos grãos de feijão caupi, para cada amostra secada nas diferentes temperaturas propostas, foi realizada utilizando-se um colorímetro tristímulo, com leitura direta de refletância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades vermelha ou verde) e b^* (tonalidades amarela ou azul), empregando a escala Hunter-Lab (Figura 1) e utilizando o iluminante com ângulo de observação de 10°/D60. A cor das amostras foi determinada em três repetições para cada temperatura de secagem utilizada.

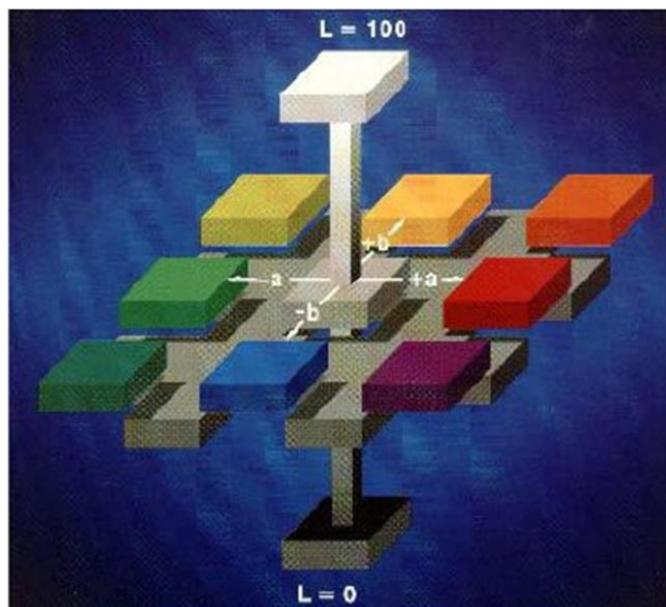


Figura 1. Esquema do sólido de Hunter

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foi calculado a Diferença Total de Cor (Equação 1) sempre em relação à menor temperatura de secagem.

$$DE = \sqrt{(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2} \quad (1)$$

Em que:

DE é a diferença total de cor;

DL^* é a diferença entre os índices de luminosidade;

Da^* é a diferença entre as tonalidades de a^* ; e

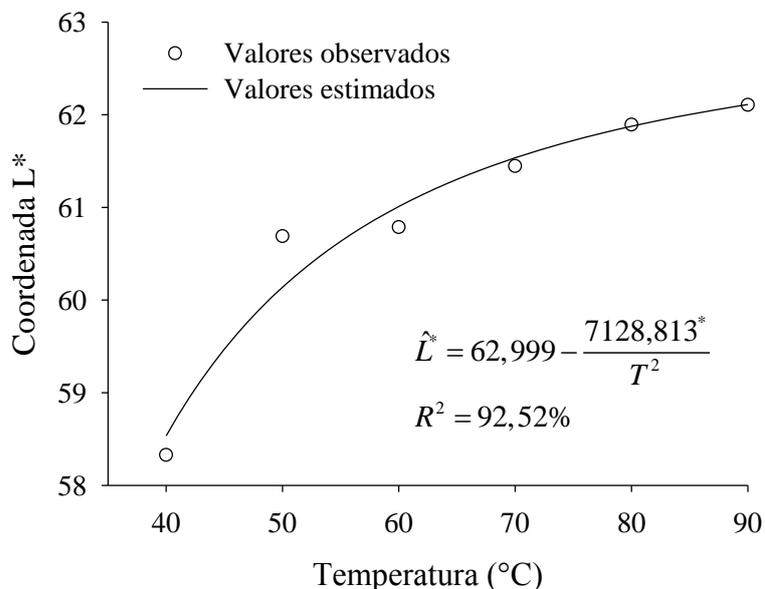
Db^* é a diferença entre as tonalidades de b^* .

Os dados observados da cor dos grãos de feijão caupi, para cada temperatura de secagem, foram submetidos à análise de variância seguidos de análise de regressão linear a um nível de significância de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a sua maior simplicidade, buscou-se ajustar sempre modelos polinomiais para descrever a dependência dos índices físicos utilizados para avaliar a cor dos grãos de feijão caupi em relação à temperatura do ar de secagem

Na Figura 2 estão apresentados os valores observados e estimados da coordenada “L*” dos grão de feijão caupi em função da temperatura do ar de secagem.



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

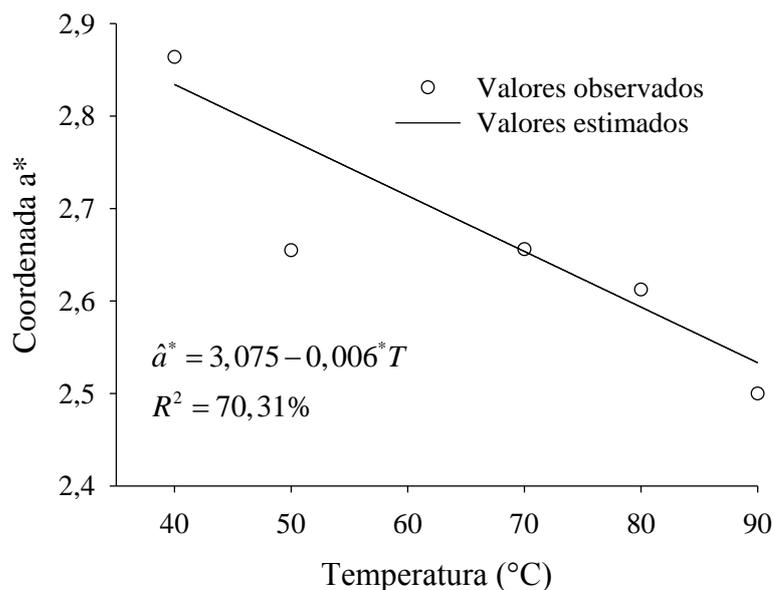
Figura 2. Valores observados e estimados da coordenada L* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

Observa-se que o valor da coordenada L* dos grãos de feijão caupi aumentou em função da elevação da temperatura do ar de secagem, apresentando uma tendência quadrática, variando de 58,33 a 62,11, para temperaturas variando de 40 a 90 °C.

A coordenada L* está relacionada à luminosidade, descrevendo um maior ou menor branqueamento dos grãos. Esse índice varia de 0 (preto) até 100 (branco). Portanto, o aumento da temperatura de secagem promoveu o branqueamento do feijão caupi.

O branqueamento de grãos é entendido como um fator de perda de qualidade na maioria das situações, e é para alguns produtos como o café, um fenômeno já bastante conhecido e associado a perda de valor comercial (BACHI, 1962).

Na Figura 3 estão apresentados os valores observados e estimados da coordenada a* dos grão de feijão caupi em função da temperatura do ar de secagem.



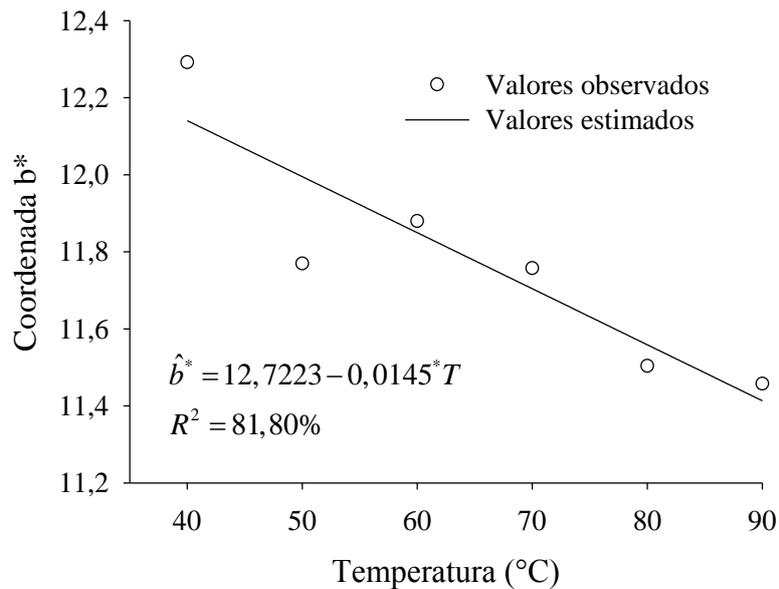
*Significativo à 5 % de probabilidade pelo teste "t"

Figura 3. Valores observados e estimados da coordenada a^* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

A coordenada a^* (variação do verde para o vermelho) reduziu proporcionalmente ao aumento da temperatura. Esse índice variou de 2,86 a 2,5, para a faixa de temperatura de secagem estudada (40 a 90 °C). A dependência da coordenada b^* com a temperatura do ar de secagem pode ser explicada de por meio de um polinômio de primeiro grau, que descreveu bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,7031$).

CORADI et al. (2007), estudaram a qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem, sendo que uma parcela de cada tipo de café foi conduzida para a secagem em terreiro e a outra parcela para secagem com temperaturas de 40 e 60 °C. Após a secagem, o café foi armazenado em ambiente hermético mantendo-se constantes as umidades relativas de 60 e 80%. Observando-se os tipos de secagem e processamento, a temperatura de 60 °C e o café natural apresentaram, respectivamente, os maiores valores de L^* e a^* , caracterizando os grãos de café secados a 60 °C como de pior qualidade quando comparados com a secagem em terreiro e temperatura de 40 °C.

Na Figura 4 estão apresentados os valores observados e estimados da coordenada b^* dos grãos de feijão caupi em função da temperatura do ar de secagem.



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

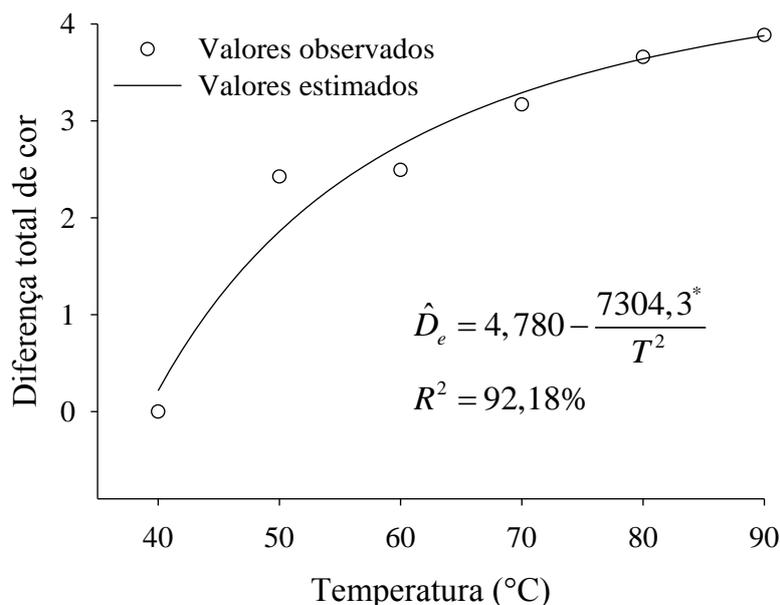
Figura 4. Valores observados e estimados da coordenada b* de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

A coordenada b* (variação do azul para o amarelo), assim como ocorreu com a coordenada a*, reduziu proporcionalmente à elevação de temperatura. Para esta variável, a variação foi de 12,29 a 11,46 para uma variação na temperatura de secagem de 40 para 90 °C.

A dependência da coordenada b* com a temperatura do ar de secagem pode ser explicada de por meio de uma equação linear, que apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,8180$).

BOTELHO et al. (2015) ao estudar influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja, variando a temperatura de secagem de 40 a 80 °C, observou que a coordenada L* não foi influenciada pelo aumento na temperatura de secagem. Todavia, esses autores observaram que, de forma similar ao observado no presente trabalho, houve redução das coordenadas a* e b* e concluíram que, com o aumento da temperatura do ar de secagem, os grãos de soja perderam sua cor característica inicial, reduzindo sua qualidade.

A diferença total de cor dos grãos de feijão caupi em função da temperatura de secagem está apresentada na Figura 5.



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

Figura 5. Valores observados e estimados da diferença total de cor de grãos de feijão caupi secados em diferentes temperaturas.

A diferença total de cor (em relação à temperatura de 40 °C) aumentou à medida que se aumentou a temperatura de secagem. A diferença total de cor dos grãos de feijão caupi variaram de 0 a 3,86, para as temperaturas variando de 40 a 90 °C. A dependência da Diferença total de cor com a temperatura do ar de secagem pode ser explicada por meio de uma equação polinomial de segundo grau, que apresentou bom ajuste aos dados experimentais ($R^2 = 0,9218$). De modo geral, quanto menor a temperatura do ar de secagem, menor é o efeito desse processo sobre a qualidade final dos grãos (ULLMANN et al. 2010), Assim, para a faixa de temperatura estudada a de 40 °C seria aquela que menos alteraria as características físicas dos grãos. Logo, fica evidenciado que o aumento da temperatura de secagem causou a perda da cor característica dos grãos avaliados. Esta conclusão já poderia ter sido tirada ao avaliar as coordenadas L^* , a^* e b^* de forma individualizada, mas, a Diferença total de cor leva em consideração o efeito combinado dessas variáveis, possibilitando uma avaliação mais generalizada.

ALENCAR et al. (2009), avaliaram a qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições de temperatura e umidade relativa. A cada 45 dias até um período de 180 dias de armazenamento, foram determinados o teor de água, a classificação dos grãos, a massa específica aparente, a coloração e o teor de lipídios. Verificou-se, em geral, no que diz respeito a coloração que houve aumento da diferença total de cor dos grãos durante o armazenamento, aumento este mais acentuado a medida em que se elevou o teor de água e a temperatura da massa de grãos

4. CONCLUSÕES

Relacionando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O aumento da temperatura de secagem influencia a cor, causando o aumento da coordenada L^* e da Diferença total de cor, além da redução das coordenadas a^* e b^* .
- O aumento da temperatura de secagem reduz a qualidade física da massa de grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R, D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R.; Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13. n.5. p. 606- 613, 2009.

BACCHI, O. O Branqueamento dos Grãos de Café. **BRANGANTIA- Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, Campinas - SP, v.21. N.28. p. 467-484, 1962.

BOTELHO, F. M. **Cinética de secagem, propriedades físicas e higroscópicas dos frutos e caracterização do processo de torrefação dos grãos de *Coffea canephora***. xii, 129f. : il. ; (algumas col.) . Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2012.

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.

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

CORADI, P. C.; BORÉM, J. M.; OLIVEIRA, J. A.; Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.12. N.2. p. 181- 188, 2008

ELIAS, M.C. **Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos**. In: LORINI, I. et al. (Ed). Armazenagem de grãos. Campinas: IBG, 2002. p.311-359.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA MEIO-NORTE. **BRS Imponente**. jun. 2016. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

FARONI, L. R, A.; CORDEIRO, I. C.; ALENCAR, E. R.; ROZADO, A. F.; ALVEZ, W. M.; Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.10. n.1. p.148-154, 2006.

FERNANDES, G. M. B.; SILVEIRA FILHO, B. F. **Armazenamento de sementes de feijão na pequena propriedade**. Rio de Janeiro: PESAGRO, 2001. 5 p.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; SANTIN, J. A.; Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.37. n.5. p.1268-1273, 2007.

MORAIS, S.J.S. **Cinética de secagem de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguilata* (L.) Walp.)**. 2010.74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis- GO,2010.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.

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.

6. CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos nas condições em que foi realizado este trabalho, relata-se como principais conclusões que:

(Propriedades físicas dos grãos de feijão caupi)

- 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.

(Variação da cor de grãos de feijão caupi)

- O aumento da temperatura de secagem influencia a cor, causando o aumento da coordenada L^* e da Diferença total de cor, além da redução das coordenadas a^* e b^* .

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

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

ANDRADE, E., T de.; CORREA, P., C.; TEIXEIRA, L., P.; PEREIRA, R., G. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Revista Engevista**, Bureau, v.8, n. 2, p. 83-95, 2006.

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

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 12**, de 28 de março de 2008. Disponível em: <
<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA- CONBEA, XLII. 2014, Campo Grande-MS. **Temperatura do ar de secagem e as alterações causadas na contração volumétrica de sementes de girassol**. HELMICH, J., C.; CORADI, P., C.; FERNANDES, C., H., P. Centro de Convenções “Arquiteto Rubens Gil de Camilo.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos safra 2016/2017: Nono Levantamento: junho, 2017**, 161 p.

CORADI, P., C.; HELMICH, J., C.; FERNANDES, C., H., P. Alterações físicas em grãos de girassol após secagem com diferentes temperaturas do ar. **Revista Nucleus**, v. 12, n. 2, 2015.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA MEIO-NORTE. **BRS Imponente**. jun. 2016. Disponível em:
<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

FREIRE FILHO, F.R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E.E., org. **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA/IITA, 1988. p.27-46.

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.

GONELI, A. L. D., CORRÊA, P. C., MAGALHÃES, F. E. A., BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.373-386, 2004.

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

RESENDE, O. **Varição das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem e o armazenamento.** Xv, 180f. : il.; 29 cm. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Viçosa- MG, 2006.