DESEMPENHO FISIOLÓGICO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS DE SOJA SECADOS SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Reni Saath[1], José Henrique da Silva Taveira[2], Rafaela Montagna Terenciano[3], Thiago Evaristo[4], Bruna Conti Del Rosso[5]

[1]Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá-PR. [2]Universidade Estadual de Goiás – UEG, Santa Helena, GO. [3]NOVO ANGLO, Bauru, SP. [4]Kuhlmann Warrants & Monitoramento Agrícola. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP. E-mail: rsaath@uem.br

RESUMO

A secagem é um dos fatores preponderantes à preservação da qualidade dos grãos. No entanto, se realizada de maneira inadequada, pode reduzir drasticamente a qualidade dos grãos. Da percepção qualitativa, a transferência massa/calor propicia alterações no teor de água, de matéria seca, tamanho e qualidade fisiológica. Objetivou-se com este estudo verificar a influência da taxa de remoção de água sobre a qualidade fisiológica dos grãos de soja. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 8 (duas temperaturas de secagem e oito teores de água), cinco repetições. Na redução do teor de água de 28 ±0,2% em base seca (bs) à umidade de armazenamento 12±0,2% (bs), utilizaram-se temperaturas do ar de 45 e 50ºC, cuja massa foi pesada periodicamente no processo de secagem, separando-se frações de grãos nos teores de água (28, 25, 22, 20, 18, 16, 14, 12%) para cada repetição, avaliando-se velocidade de secagem e potencial fisiológico, para cada temperatura. Os efeitos imediatos e latentes da temperatura de secagem sobre a qualidade dos grãos revelaram que a incidência de alterações é função da velocidade de secagem, cuja temperatura de 50°C propiciou reduções expressivas no potencial fisiológico dos grãos. Enquanto a temperatura de secagem não teve efeito sobre a cor do grão, o teor de água do grão apresentou relação direta com o volume, o peso e a matéria mineral, e relação inversa com o teor de carboidratos, proteínas, lipídios e massa específica do grão. O teste de condutividade elétrica não identificou danos aos grãos e pelo envelhecimento acelerado, detectou-se o efeito do teor de água e da temperatura de secagem sobre a qualidade do grão.

Palavras-chave: composição centesimal; *Glycine max* L.; potencial fisiológico.

PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE AND PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF SOYBEAN DRIED UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT

Drying is one of the most important factors to preserve the quality of grains. However, if it is poorly conducted, it can decrease such quality. The mass/heat exchange implies in alterations in moisture content, dry mass, size and physiological quality. Facing the need of keeping the soy beans quality after harvest, we aimed with this research to assess the drying rate on the physiological quality, physicochemical and chemical alterations of the grains. The experimental design was set in complete randomized way, in a factorial scheme (2 temperatures and 8 moisture contents) with 5 replicates. During the moisture content reduction from 28 ±0,2% (dm) to 12±0,2% (dm), the soybeans were submitted to the air temperatures were set at 45 and 50ºC. The grain masses were weighted periodically during the process and fractions were taken at moisture content of (28, 25, 22, 20, 18, 16, 14, 12%) for each replicate. The drying rate and the physiological performance were assessed for each temperature. The instant and latent effects of the drying temperature on the soybeans quality revealed that the drying rates strongly affects the physiological quality of the grains and the 50 ºC was the most aggressive in decreasing it. The moisture content of the grains was directly relationship with volume, weight, and mineral matter, and it is inversely proportional to carbohydrates, proteins, lipids and specific mass. Conversely, the temperature did not affect the color and the exudate electrical conductivity. The accelerated aging detected that the 50 ºC temperature is a cause of physiological damage in the soybeans.

Key words: centesimal composition; *Glycine max* L.; physiological potential.

INTRODUÇÃO

As tecnologias pós-colheita de grãos e sementes devem assegurar a manutenção das suas características físicas, bioquímicas e fisiológicas, tanto nos processos de secagem quanto no armazenamento. A redução do teor de água do material vegetal permite inibir a atividade biológica e as mudanças físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005).

Grãos com teor de água elevado apresentam altas taxas metabólicas, provocando de forma antecipada um estresse nas reservas energéticas que, por sua vez, ocasionará redução no tempo de armazenamento. Diante disso, torna-se essencial a eliminação parcial do conteúdo de água através da secagem. O processo minimiza a deterioração das sementes e grãos, por meio da redução no teor de água, atuando regressivamente na ação das enzimas, possibilitando sua conservação por maior tempo. Porém, visando um processo ágil, economicamente viável e de execução segura, torna-se essencial entender a dinâmica dos fenômenos físicos que ocorrem durante a secagem (BOREM et al., 2008; CORADI et al. 2015; BROOKER et al., 1992).

A redução do teor de água de grãos e sementes pelo processo de transferência simultânea de massa e energia atua diretamente na diminuição do metabolismo, o que pode diminuir a taxa de deterioração e aumentar o período de armazenamento do material vegetal sem depreciar o seu potencial qualitativo (CARLESSO et al., 2008; RESENDE et al., 2012). Entretanto, dependendo do método e das condições de secagem, durante a redução do teor de água, grãos podem ter alterado de forma substancial, tanto as propriedades físicas quanto o potencial fisiológico (RESENDE et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2012).

Ressalta-se que manejos inadequados podem resultar em rápida deterioração qualitativa do produto. Isso pode ser imperceptível na fase inicial, manifestando-se no decorrer do armazenamento. Os processos de secagem utilizando elevadas temperaturas promovem maiores danos às sementes e grãos (SIQUEIRA et al., 2016; MARQUES et al., 2010). No caso de sementes, têm-se reflexos negativos na viabilidade e no vigor (GARCIA et al., 2004; ULLMANN et al., 2015).

Diante da demanda por informações consistentes e aprofundadas que caracterizem o impacto da temperatura no processo de secagem da soja, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o impacto de diferentes temperaturas do ar de secagem na composição química, física e fisiológica de grãos de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O lote de soja, cultivar BRS 7000, foi colhido manualmente após atingir o ponto de maturidade fisiológica com teor de água de 28±0,2 % (bs), conduzidos ao laboratório e dividido em duas parcelas. Posteriormente, amostras de grãos foram acondicionadas em bandejas de base telada com camada de 03 cm de espessura e encaminhadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar. Foram aplicadas temperaturas de 45°C e 50°C, que proporcionaram umidades relativas médias de 20,6% e 15,2%, respectivamente, as quais foram monitoradas por meio de um psicrômetro instalado no interior do secador. Para cada tratamento de temperatura, foram utilizadas cinco repetições, totalizando 1,2 kg de produto seco para cada parcela. Durante o processo de secagem, as bandejas foram pesadas periodicamente, até que as sementes atingissem o teor de água de 12±0,2% (bs).

Na determinação do teor de água dos grãos de soja por gravimetria foi utilizado o método de estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de a 103 ±1°C, durante 72 horas, em três repetições, conforme recomendações da ASAE (2000), método S352.2.

O material recém secado teve seu potencial qualitativo avaliado, sendo a massa de cem grãos (MCG) determinada a partir de dez repetições de 100 grãos (BRASIL, 2009); o peso hectolítrico (PH) pela pesagem de grãos retidos na peneira de 3,0 mm de diâmetro (IN MAPA N° 37/2007), utilizando balança de peso hectolitro (Dalle Molle ®).

No teste de germinação (G) utilizou-se de cada teor de água, 16 subamostras com 50 grãos que foram colocadas sobre duas folhas de papel de filtro umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa no interior de caixas plásticas tipo gerbox. Essas foram fechadas e mantidas em germinador regulado à temperatura de constante de 25 ± 2ºC, sendo as avaliações realizadas aos 06, 09 e 12 dias, conforme os critérios estabelecidos nas

Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A porcentagem de germinação e o número de plântulas normais foi contabilizado ao 12º dia.

No teste da emergência das plântulas (EP) e velocidade de emergência (VE) em casa de vegetação, empregaram-se bandejas de poliestireno expandido de 200 células contendo substrato artificial (Plantmax®) com uma semente por célula, com contagens diárias da percentagem de plântulas normais até o 12° dia após semeadura. Para cada parcela experimental, foram os testes foram realizados em quatro sub amostras de 50 grãos.

No teste de envelhecimento acelerado, 400 grãos foram distribuídos sobre telas de alumínio, fixadas no interior de caixas plásticas (tipo gerbox) contendo 40 mL de água destilada, fechadas e mantidas em câmara BOD a 42°C por 72 horas. Então, os grãos submetidos ao teste de germinação (BRASIL, 2009), sendo avaliadas no sexto dia após a instalação do teste.

Na avaliação da permeabilidade da membrana para conhecer o índice de deterioração, as medições da Condutividade elétrica (CE) da solução utilizando-se o sistema de copo, que continha 50 grãos de peso conhecido, com quatro sub amostras em cada tratamento, que colocados em copos plásticos contendo 25 mL de água deionizada e mantidos a 25±2°C durante 24 horas em câmara climática tipo BOD (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). A leitura da CE (µS cm^{-1}) feita em condutivímetro digital, cujo valor observado dividido pela massa dos grãos (g) e expresso em µS cm^{-1} g^{-1} de grãos.

A quantificação da cor dos grãos de soja foi efetuada com auxílio de colorímetro triestímulo ColorQuestTM II; sendo os testes realizados em cinco repetições de cada amostra, obtendo-se os valores das coordenadas L (luminosidade), a e b do sistema Hunter para avaliação da cor, cujos valores permitiram gerar parâmetros relacionados a tonalidade (Equação 01) e a saturação da cor (Equação 02), conforme (ALENCAR et al., 2009; MASKAN, 2001; MCLELLAN et al., 1995).

$$h = acotang\left(\frac{b}{a}\right) \quad (01)$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (02)$$

A variação volumétrica do grão (V_g) durante a secagem foi caracterizada de acordo com a metodologia proposta por Mohsenin (1986). Para isso, os grãos amostrados em cada teor de água foram medidos com paquímetro digital em seus três principais eixos (a: comprimento (mm), b: largura (mm), c: espessura (mm)). E então submetidos à Equação (03) para o cálculo do V_g. O teste foi feito utilizando-se oito repetições com 10 grãos de cada amostra separados aleatoriamente.

$$V_g = \left(\frac{\pi\, a\, b\, c}{6}\right) \quad (03)$$

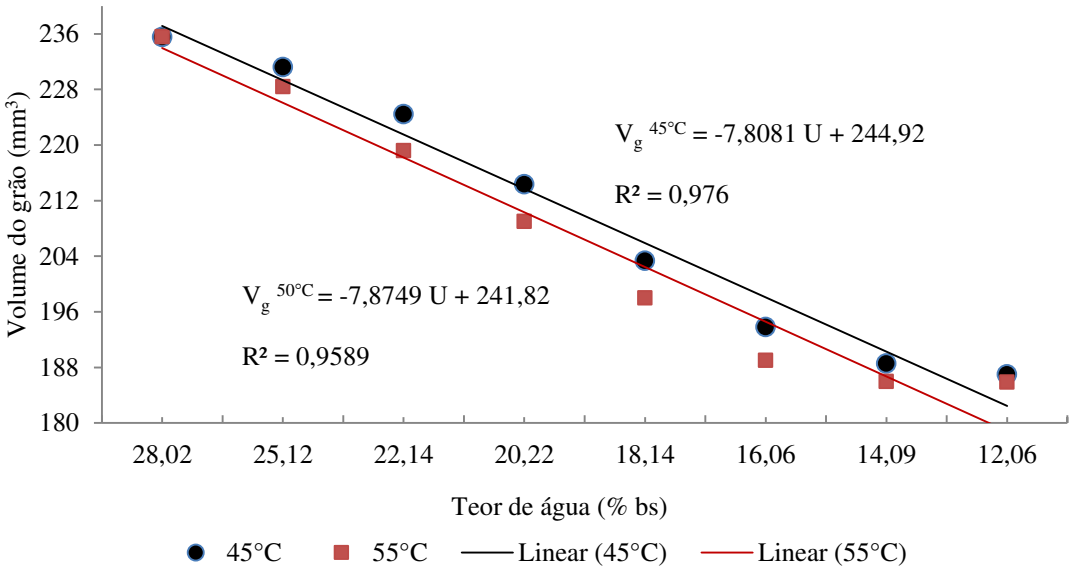
Com a finalidade de caracterizar a composição centesimal no grão, em amostras separadas aleatoriamente em triplicata e moídas sob refrigeração, foram realizadas as análises dos teores de água, cinzas, lipídios e proteína conforme as metodologias oficiais, do Instituto Adolfo Lutz (2008) e o teor de carboidrato calculado por diferença. Os resultados foram expressos em porcentagem de massa seca.

Os dados do foram submetidos ao teste F e as variáveis que apresentaram significância na análise de variância foram submetidas à análise de regressão para caracterização do efeito residual da temperatura e do teor de água nos parâmetros qualitativos dos grãos utilizando o *software Assistat*, versão 2016 (SILVA, 2016). Os modelos matemáticos selecionados com base na significância da equação, no coeficiente de determinação (R^2) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as condições de secagem, até que os grãos atingissem o teor de água 12±0,2% (bs), aplicando-se as temperaturas de 45°C e 50°C e umidades relativas de 20,6% e 15,2% o processo durou por um período de 8,2 horas e de 5,3 horas, respectivamente. Devido à elevação da temperatura e redução da umidade relativa do ar de secagem, ocorreu um aumento da disponibilidade de energia para vaporização da água e da elevação do coeficiente de transferência de massa com o aumento da temperatura do ar de secagem, diminuindo o teor de água dos grãos e o tempo de secagem final. A partir dos valores médios de comprimento, largura e espessura de grão de soja em função dos diferentes teores de água (% bu) obtidos para cada temperatura de secagem, constatou-se variação volumétrica do grão devido à redução do seu teor de água (Figura 1) significativa ($p<0,05$) de comportamento linear, cujo coeficiente angular (R^2) da equação para a secagem 45°C teve ajuste acima de 97% e na secagem 50°C superior a 95%.

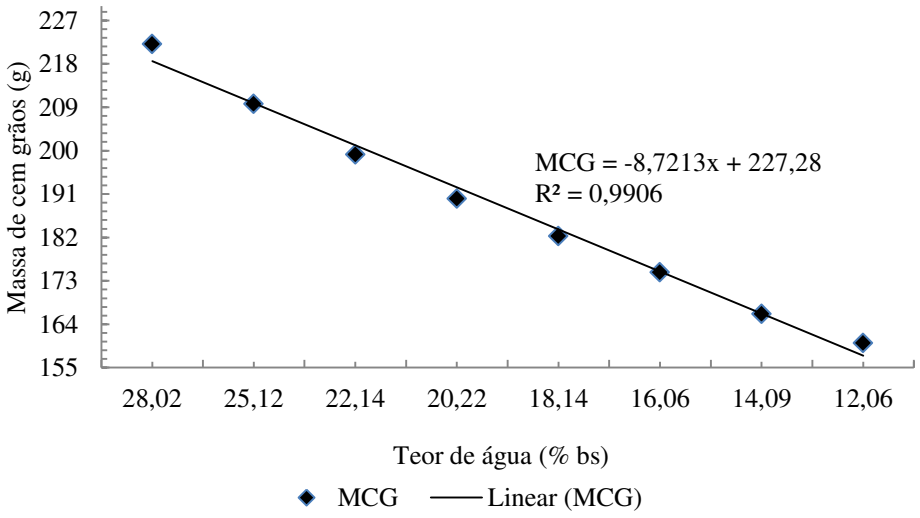
Figura 1. Variação no volume do grão de soja em função do teor de água nas condições de secagem.

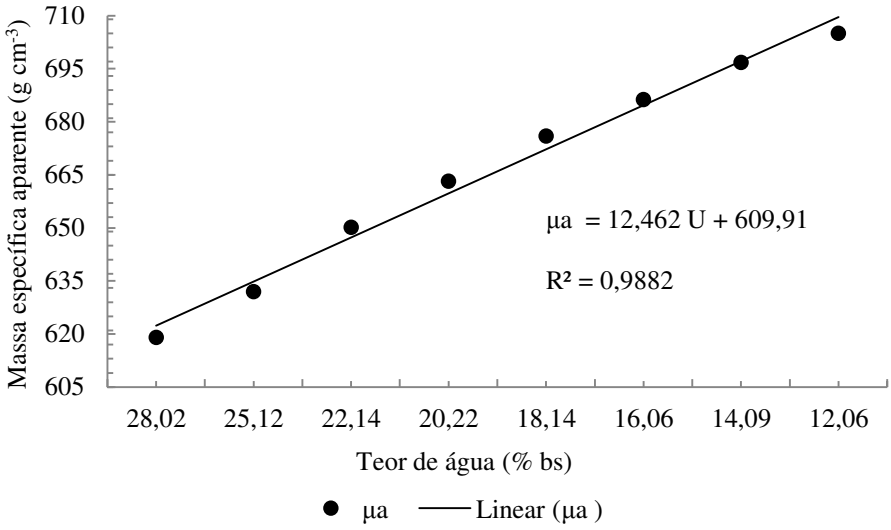


Para ambas as condições de secagem, houve alteração nos valores de comprimento, largura e espessura à medida que o teor de água nos grãos de soja diminuiu, porém, apenas o comprimento apresentou variação significativa. Durante a secagem, a alteração de volume foi semelhante, embora durante o processo fosse mais acentuado na condição com a temperatura do ar de secagem a 50°C (Figura 1). Da condição inicial com teor de água de 28% (bs) até atingir a umidade de 12 (% bs), o grão na secagem 45°C teve seu volume reduzido em 20,61% e no processo com temperatura do ar a 50°C a redução foi de 21,10% (Figura 1). Devido à maior variação ter sido observada no comprimento em relação à largura, o resultado sugere o grão sair de sua condição de elipsoide e começa a ter uma condição de esferoide, corroborando com Guedes et al. (2011) e Ribeiro et al. (2005, 2009) que no processo de secagem de soja constataram diminuição nos três eixos dos grãos e sendo maior proporção no comprimento. Essas informações podem ser usadas para determinar o limite inferior dos transportadores, como a correia transportadora, os elevadores de caçamba e o transportador helicoidal.

Em estudos similares, embora a redução do teor de água dos grãos tenha contribuído com a ocorrência de mudanças físicas na estrutura celular do produto, provocando alterações na forma e nas dimensões dos grãos. Sendo as variações volumétricas a principal causa de alterações nas propriedades físicas de produtos agrícolas (GONELI et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012). Independente da temperatura de secagem, Goneli et al. (2011) através da redução do teor de água de 2,492 para 0,132 (kg de H_2O kg MS) observaram que as propriedades físicas dos frutos de mamona são alteradas. Mas, trabalhando com grãos de girassol (CORADI et al., 2015), ervilhaca (YALÇIN et al., 2007) e beterraba (DURSUN et al., 2007) o formato (circularidade e esfericidade), o coeficiente de arrasto, a porosidade, e a massa específica dos grãos não sofreu o efeito das temperaturas do ar de secagem. Nas condições de secagem, com a redução de teor de água, enquanto os valores para a massa de cem grãos (MCG) diminuiu 27,91%, os valores da massa específica aparente de grãos (μ_a) apresentam relação inversa de 12,90% (Figura 2).

Figura 2. Valores observados e estimados da massa de mil grãos e da massa especifica aparente (g cm^{-3}) em função do teor de água (% bs). Significativo (p<0,05)





Pela regressão com comportamento linear significativo (p<0,05), no maior índice de umidade de 28,02% (bs), os grãos na relação massa de matéria seca e teor de água, apresentaram um peso de 222,08 g e atingindo o teor de água de 12,06 % (bs) este parâmetro foi reduzido a 160,9 g (Figura 2). Por sua vez, com a redução do teor de água do grão, a massa especifica aparente (μ_a) aumentou em proporção linear nessa relação (Figura 2). Sendo a variável μ_a de grãos, a relação entre a massa de grãos e o volume ocupado por esta massa (g cm^{-3}), a relação inversa observada, sugere que com a eliminação parcial da água dos grãos pelo fenômeno da secagem, ocorre uma diminuição simultânea de seu volume e teor de água, onde esta é proporcionalmente maior que a redução de sua massa, assim, elevando os valores da μ_a.

Para ambas as variáveis, as equações propostas apresentaram coeficiente de determinação acima de 99%. No cenário do armazenamento, em razão da diminuição do teor de água no processo contração/expansão celular devido à secagem, a elevação nos valores da μ_a sugere maior potencialização na capacidade estática da estrutura local. Neste sentido, embora houvesse variação nos valores, comportamento semelhante foi reportado para sementes de sorgo (ULLMANN et al., 2015), de mamão (CARLESSO et al., 2008), de soja (RIBEIRO et al., 2007) e para grãos de trigo (CORRÊA et al., 2006), de feijão (RESENDE et al., 2007), aveia preta (NOGUEIRA et al., 2013), milho (RIBEIRO et al.,

2009) em função da redução do teor de água durante a secagem. Além do teor de água inicial, a percentagem de grãos danificados, a origem genética, a temperatura da massa na secagem e o teor de água final do grão interferem nos valores da massa específica aparente dos grãos (BROOKER et al., 1992).

Considerando as diferentes temperaturas do ar de secagem, embora para o mesmo teor de água houvesse pequena variação nos valores, a temperatura do ar de secagem não teve efeito sobre as variáveis MCG e μ_a, sugerindo que as variáveis apresentam forte controle genético. Para os diferentes teores de água dos grãos, por meio dos coeficientes angulares dos modelos, a variação da MCG (g) pode ser justificada pelo fato da energia fornecida promover o processo de contração/expansão celular cuja pressão no grão elimina água na forma de vapor levando a uma redução no tamanho e no peso do grão de soja. Assim, a redução gradual da massa de grãos, associada aos seus índices de umidade, reflete em diferentes quantidades de grãos possíveis de serem armazenadas em uma mesma estrutura com volume invariável, conforme sugere o resultado observado para a variável μ_a (Figura 2).

Os dados da descrição qualitativa do grão de soja para os diferentes teores de água durante a secagem a 45°C e 50°C constam na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização qualitativa dos grãos de soja com diferentes teores de água por meio do teste de germinação (G), emergência de plântulas em casa de vegetação (E), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e Lixiviação de Potássio (LK).

Teor de água	Temperatura do ar de secagem (°C)									
	45	50	45	50	45	50	45	50	45	50
(% bs)	**G** (%)		**E** (%)		**EA** (%)		**CE (**μS cm^{-1} g^{-1})		**LK** (mg L^{-1} K^{+}g^{-1})	
28,02	96 ^{aA}	97 ^{aA}	97 ^{aA}	96 ^{aA}	65 ^{aA}	44 ^{aB}	288,63 $_{bA}$	288,63 ^{bA}	55,39 ^{aA}	55,39 ^{cA}
25,12	94 ^{aA}	90 ^{aA}	93 ^{aA}	91 ^{aA}	64 ^{aA}	39 ^{aB}	288,96 $_{bA}$	289,03 ^{bA}	55,42 ^{aA}	55,42 ^{cA}
22,14	89 ^{bA}	80 ^{bA}	89 ^{bA}	86 ^{bB}	64 ^{aA}	29 ^{bB}	289,73 $_{aA}$	290,43 ^{bA}	55,44 ^{aA}	55,45 ^{cA}
20,22	89 ^{bA}	80 ^{bA}	89 ^{bA}	84 ^{bB}	63 ^{aA}	28 ^{bA}	289,74 $_{aA}$	290,74 ^{bA}	55,44 ^{aA}	55,88 ^{cA}
18,14	89 ^{bA}	86 ^{cA}	89 ^{bA}	83 ^{bB}	60 ^{bA}	24 ^{bA}	289,76 $_{aB}$	293,96 ^{aA}	55,42 ^{aA}	56,72 ^{bA}
16,06	89 ^{bA}	86 ^{cA}	89 ^{bA}	79 ^{cB}	60 ^{bA}	16 ^{cB}	289,79 $_{aB}$	294,59 ^{aA}	55,44 ^{aA}	56,84 ^{bA}
14,09	88 ^{bA}	85 ^{cB}	86 ^{cA}	78 ^{cB}	60 ^{bA}	14 ^{cB}	289,88 $_{aB}$	296,58 ^{aA}	55,46 ^{aB}	57,91 ^{aA}
12,06	89 ^{bA}	83 ^{cB}	86 ^{cA}	76 ^{cB}	59 ^{bA}	09 ^{cB}	290,03 $_{aB}$	297,98 ^{aA}	55,48 ^{aB}	58,86 ^{aA}
CV	5,4	9,8	5,6	11	8,3	15	6,9	8,8	4,8	6,8

Médias de mesma letra, entre teores de água, minúscula, e entre temperaturas de secagem, maiúscula, não diferem entre si pelo teste de *Scott-Knott* (p≤0,05).

A partir dos resultados das variáveis qualitativas, para a temperatura do ar de secagem 45°C (Tabela 1), observa-se apenas ligeira variação da quantidade de lixiviados na solução de imersão dos grãos, tanto nos valores da condutividade elétrica quanto de lixiviação de potássio. Porém, em soluções cujos grãos provêm da secagem 50°C, os valores dos íons de potássio lixiviados apresentam variação significativa para o teor de água inferior 18% (bs) em função da temperatura do ar de secagem em grãos (Tabela 1). Na condição de secagem 45°C, com a imersão dos grãos por um período de duas horas, os valores da LK (Tabela 1) não apresentaram correlação significativa com a germinação, primeira contagem da germinação, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e concentração de potássio nos grãos (Tabela 2),

indicando que a quantidade de potássio lixiviado dos grãos, tanto no maior quanto no menor teor de água, não afetou a qualidade dos grãos recém-colhidos.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre a lixiviação de potássio e variáveis qualitativas dos grãos de soja.

Variável	G	PC	EA	EC	VE	PH	MCG	CE	K	N	P	Ca	Mg
Correlação	-0,01	0,04	-0,64*	0,08	0,14	0,54*	0,55*	-0,07	-0,08	-0,63*	0,52	0,21	0,23

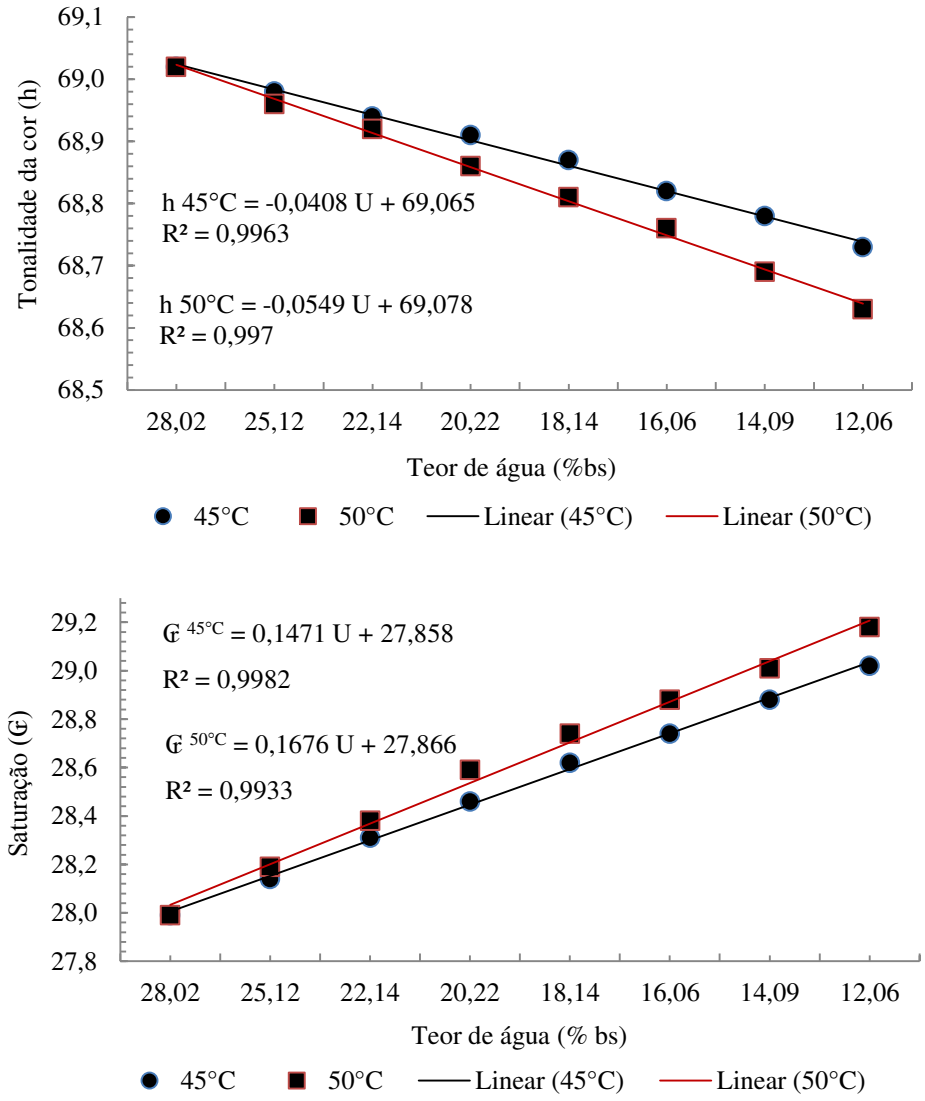
Percentual de Germinação (G); Primeira contagem da germinação (PC); Envelhecimento acelerado (EA); Emergência em campo (EC); Velocidade de emergência (VE); Massa de cem grãos (MMG); Peso hectolitro (PH); CE - Condutividade elétrica (µS cm^{-1} g^{-1}); Concentração (mg L^{-1} g^{-1} grãos) de potássio (K), de nitrogênio (N), de Fósforo (P), de Cálcio (C) e de Magnésio (Mg). * significativo a ($p \leq 0,05$).

Pela correlação negativa e significativa entre o resultado da LK (Tabela 1) e do teste de EA (Tabela 2), pode-se inferir que a lixiviação de íons está relacionada à integridade das membranas dos grãos submetidos ao teste de envelhecimento acelerado (Tabela 1). Cujo impacto reflete em maior ou menor grau no vigor das sementes (GUEDES et al., 2015). O resultado evidenciado corrobora como informações reportadas na literatura (GUEDES et al., 2009; KIKUTI et al., 2008; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002; RESENDE et al., 2012; VANZOLINI; NAKAGAWA, 2003). Neste cenário, o valor da condutividade elétrica, que expressa o total de exsudato, está associado à lixiviação de íons potássio, cuja ligação entre lixiviação de minerais e danos à membrana é estreita (MARCOS FILHO et al., 2002), resultando em reduções na emergência, uniformidade, tamanho de plântulas, produção de matéria seca e na área foliar (GUEDES et al., 2015; KOLCHINSKI et al., 2006).

Nesse sentido, como indicadores da qualidade de grãos, a lixiviação de minerais individuais (K e Ca) foi melhor que os índices gerais de condutividade, tanto em grãos de algodão (WOODSTOCK et al., 1985), como de arroz (BARBIERI et al., 2012), de trigo (FAVARATO et al., 2011), de soja (VIEIRA et al., 2004), de café (SAATH et al., 2014). Sendo em algodão e café, a deterioração às membranas confirmada através de microscopia eletrônica (BORÉM et al., 2008; SAATH et al., 2010). Em grãos de girassol, os índices da lixiviação de potássio foram, respectivamente, 10, 100 e 95 vezes maiores que de Na, Ca e CE (QUEIROGA; PARRA, 1997), atribuído à perda de sua capacidade seletiva (COSTA et al., 2007) e liberação de solutos (FAVARATO et al., 2011), influenciados pela temperatura da água e volume de grãos (OLIVEIRA et al., 2012).

Nas condições de secagem, à medida que diminuía o teor de água, os grãos apresentaram alteração na tonalidade da cor, cujo decréscimo dos valores sugere a coloração característica do tegumento do grão de soja recém-seco sem observar-se o escurecimento da casca (Figura 3) indicando controle adequado da temperatura do ar de secagem.

Figura 3. Valores médios de tonalidade de cor (h) e de saturação de cor (Croma) do grão de soja com diferentes teores de água. Significativo (p>0,01)**.**



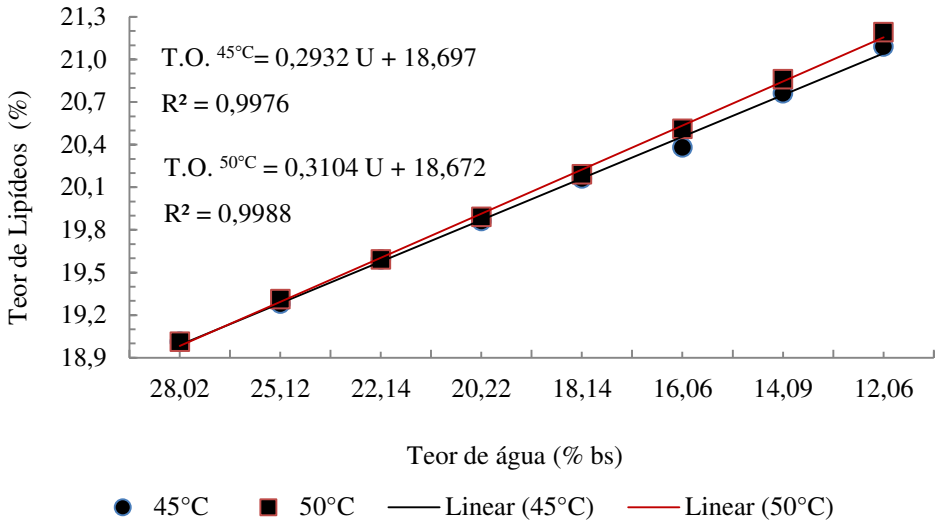
Considerando a pigmentação, Mendonça et al. (2003) têm reportado que valores mais próximos a 60 expressam cores vívidas e valores de croma (saturação) próximos a zero representam cores neutras, ou seja, cor cinza. Em termos de pigmentos, nos grãos com teor de água 12,06 (% bs) os valores da tonalidade (Figura 2) são semelhantes aos relatados por Alencar et al. (2009) para grãos de soja com umidade entre 11 e 14 %. Porém, em relação a saturação (croma), para estes teores de água, reportaram índices inferiores aos valores observados (Figura 2).

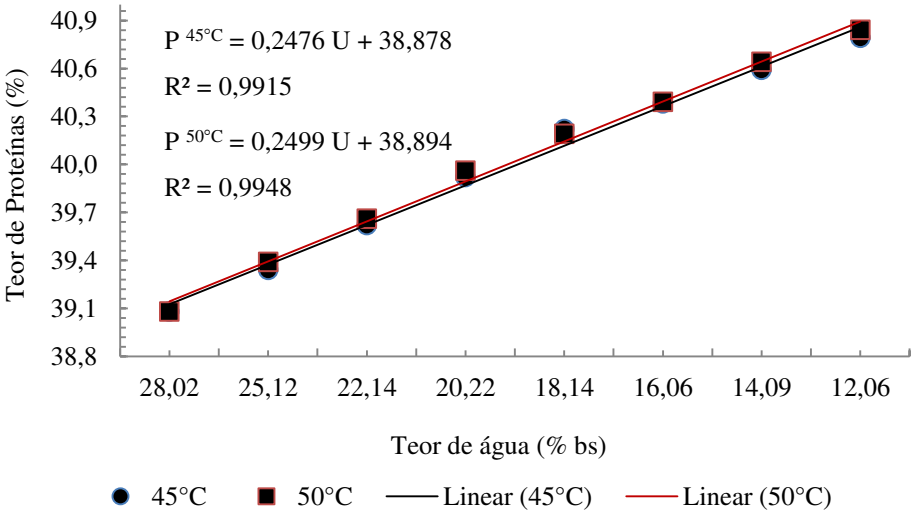
Para os processos pós-colheita, independente a etapa, a temperatura é um dos principais fatores que interferem na qualidade. Embora, o índice da quantificação da cor (Figura 2) não evidencie diferenças entre as condições de secagem, na comparação com o potencial qualitativo (Tabela 1), o resultado expresso pelo teste do envelhecimento acelerado sugere, em condições adequadas de armazenamento, maior índice de deterioração, cujo grão aplicou-se temperatura do ar a 50°C e umidade relativa de 15,2% no processo de secagem. Ou seja, há indícios que, na redução do teor de água do grão a secagem com temperatura do ar de 45°C e umidade relativa de 20,6%, ocorrerá um menor escurecimento do tegumento do grão de soja em função do período de armazenamento dos grãos de soja. A hipótese corrobora Alencar et al. (2009) que associam teores de água e temperaturas mais elevados a intensidade do processo deteriorativo dos grãos de soja.

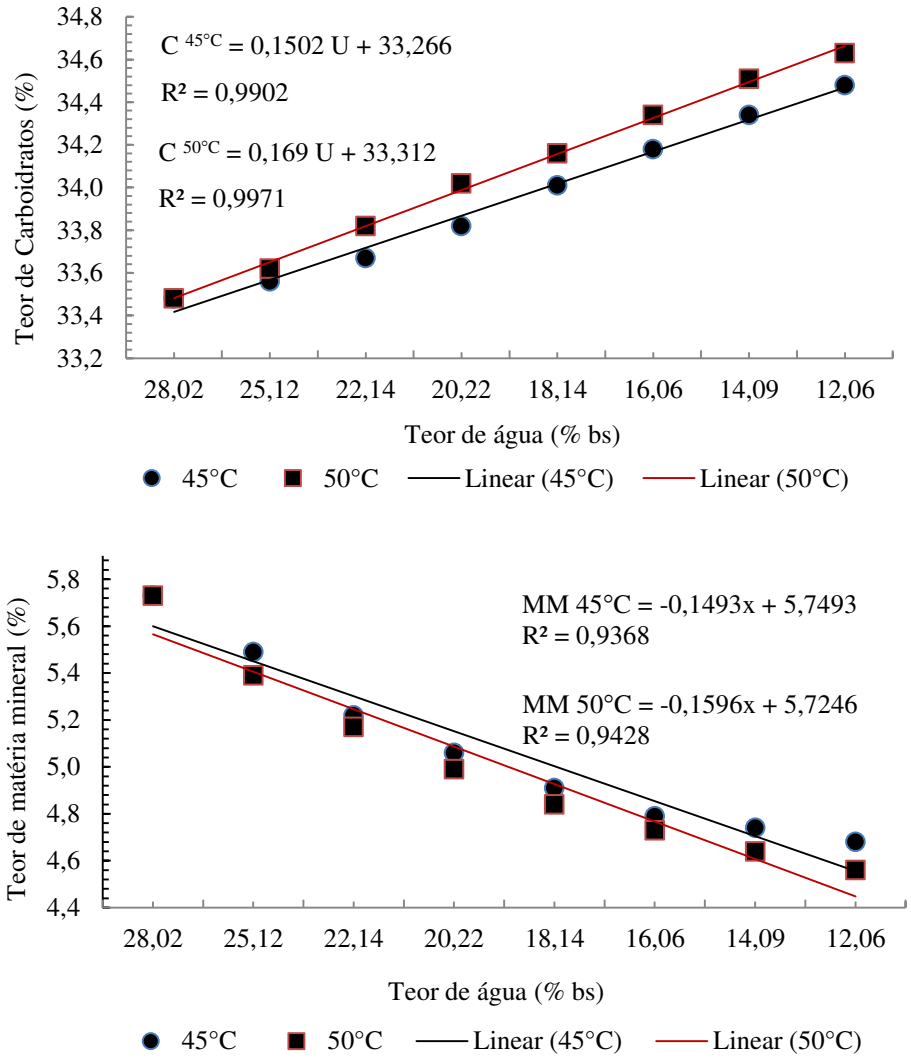
Quanto à caracterização da composição centesimal dos grãos de soja, a temperatura do

ar de secagem não influenciou significativamente sobre as características químicas do grão, porém, em função dos diferentes teores de água, verificou-se efeito significativo ($p<0,05$) sobre o teor de lipídeos, proteínas, carboidratos e de matéria mineral (Figura 4).

Figura 4. Variação média em porcentagem do teor de Lipídeos (L), de proteínas (P), de carboidratos (C) e de matéria mineral (MM) em função da temperatura do ar de secagem nos diferentes teores de água nos grãos de soja (*Glycine max* L.) cv. 7000.







Independente das condições do processo, para a relação massa total e matéria seca do grão de soja, enquanto devido à redução do teor de água, o teor de matéria mineral diminuiu proporcionalmente, os teores de lipídeos, proteínas e carboidratos aumentam à medida que a massa de água dos grãos é reduzida durante a secagem (Figura 3). Ou seja, na relação massa seca e composição química do grão, supõe-se índices constantes, cujos valores do teor de lipídeos, proteínas e carboidratos foram semelhantes aos relatados por Alencar et al. (2009). Embora, a temperatura possa acelerar reações bioquímicas e metabólicas do grão, não foi detectado efeito da temperatura do ar de secagem sobre o rendimento dos componentes químicos dos grãos de soja em função (Figura 3). Mas, em função da temperatura do ar de secagem, as reservas armazenadas no tecido de sustentação podem ser alteradas, comprometendo o potencial fisiológico, observado pela correlação negativa e significativa entre a lixiviação de íons de potássio e o teste EA (Tabela 2) e da LK da solução em função do período de imersão do grão (Tabela 3), indicando dano advindo do processo de secagem. Portanto, a temperatura influência o desempenho das atividades metabólicas, a integridade da estrutura celular, bem como, as reações nos tecidos, em função do transporte e sintetização no eixo embrionário no período da germinação (AGUIAR et al., 2012; PARAGINSKI et al., 2014; PARK et al., 2012; PESTANA et a., 2008).

Relacionado a massa inicial, a variação inversa nos valores do teor de lipídeos, proteínas e carboidratos, com a redução do teor de água dos grãos (Figura 3), sugere uma interação entre teor de água, massa seca do grão e equilíbrio higroscópico. Adicionalmente, o desempenho da composição química também pode ser influenciado pela integridade física, estado sanitário, gradientes termohídricos do grão. Nas condições ambientais, a atividade de água no grão e as alterações de degradação dos lipídios

são minimizadas (GRIFFITHS et al., 2008) através da transferência de vapor de água do grão para o ar até atingido o equilíbrio higroscópico dos grãos (PARAGINSKI et al., 2015). A relação inversa e o efeito significativo sobre o teor de lipídeos, proteína e carboidrato observados no presente estudo se justifica melhor em função dos índices de teor de água, do que pelo estresse no processo de secagem, assim como, o conteúdo matéria mineral ser influencia pelo teor de água presente no grão (Figura 3) e correlata à qualidade fisiológica dos grãos (Tabela 1).

Quanto ao vigor, a correlação negativa entre LK (Tabela 1) e EA (Tabela 2) sugere a eficiência das análises para diferenciar os lotes de grãos de soja. Corroborando o resultado demonstrado em grãos de soja (ALENCAR et al., 2009; COLETE et al., 2007; VIEIRA et al., 2004), brócolis (FESSEL; SILVA; SADER, 2005), arroz (BARBIERI et al., 2012), trigo (FAVARATO et al., 2011), crambe (AMARO et al., 2014), mamão (SANTOS et al., 2009), ervilha (NASCIMENTO et al., 2007), lentilha (FREITA; NASCIMENTO, 2006) e tomate (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001), pelo teste de envelhecimento acelerado, indicando que a liberação de potássio está diretamente ligada ao estado das membranas e independe da quantidade de potássio nos grãos. A quantidade de solutos lixiviados evidencia a redução do potencial fisiológico da somente resultante da perda da integridade da membrana celular (PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2009).

CONCLUSÃO

Concluiu-se que o volume do grão de soja é influenciado pelo teor de água e a temperatura de secagem não exerce efeito sobre a intensidade de cor do grão de soja. É possível detectar o efeito do teor de água e da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do grão utilizando-se o teste de envelhecimento acelerado. Enquanto a massa de cem grãos e o teor de matéria mineral tem relação direta com o teor de água, a massa específica aparente e o teor de carboidratos, proteínas e lipídios apresentam relação inversa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Maringá (UEM), à Universidade Estadual de Goiás (UEG) pela Bolsa de Incentivo à Pesquisa – BIP ao autor José Henrique da Silva Taveira e às Faculdades Integradas de Bauru (FIB).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.43, p.554-560, 2012. http://www.scielo.br/pdf/rca/v43n3/a19v43n3.pdf

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D'A.; 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, v.13, n.5, p.606-613, 2009. https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500014

AMARO, H.T.R.; DAVID, A.S.S.; SILVA NETA, I.C.; ASSIS, M.O.; ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. **Revista Ceres***,* Viçosa, v.61, n.2, 2014. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200007.

ASAE. Moisture measurement – unground grain and seeds. In: **Standards**. St. Joseph: ASAE, 2000. 563p.

BARBIERI, A.P.P.; MENEZES, N.L.; CONCEIÇÃO, G.M.; TUNES, L.M. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.1, p.117-124, 2012. https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000100015

BORÉM, F.M.; MARQUES, E.R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis of drying damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, London, v.99, n.1, p. 62-66, 2008. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.027

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 398p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Classificação física de grãos de soja**. Instrução normativa IN/MAPA 11, de 15 de maio de 2007, Brasília: Mapa/ACS, 2007. Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

CARLESSO, V.O.; BERBERT, P.A.; SILVA, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L.T.; OLIVEIRA, M.T.R. Germinação e vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden secadas em altas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.2, p.228-235, 2009. https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000200027.

COLETE, J.C.F.; VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; DUTRA, A.S. Condutividade elétrica da solução de embebição de sementes e emergência de plântulas de soja. **Científica**, Jaboticabal, v.35, p.10-16, 2007. http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/download/163/98

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**, Ituverava, v.12, n.2, p.201-210, 2015. https://doi.org/10.3738/1982.2278.1502

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, p.665-670, 2006. https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300019

COSTA, C.J.; VAHL, L.C.; VILLELA, F.A. Testes de lixiviação de íons inorgânicos e condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola**. Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.4, p.449-453, 2007. http://dx.doi.org/10.18539/cast.v13i4.1410

DURSUN, I.; TUDRUL, K.M.; DRUSUS, E. Some physical properties of sugar beet seed. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.43, p.149-155, 2007. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.03.001

FAVARATO, L.F.; ROCHA, V.S.; ESPINDULA, M.C.; SOUZA, M.A.; PAULA, G.S. Teste de lixiviação de potássio para avaliação da qualidade em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.4, p.670-674, 2011. DOI: http://10.5039/agraria.v6i4a1547

FESSEL, S.A.; SILVA, L.J.R.; SADER, R. Teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica Plenk*). **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.35-41, 2005. http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2005v33n1p35-41

FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha**. Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, p.59-63, 2006. https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300009.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. Secagem de sementes. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.34, p.603-608, 2004. https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200045

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; SANTOS-MOURA, S. S.; GALINDO, E.A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.4, p.2373-2382, 2015. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373

GUEDES, M.A.; MATA, M.R.M.C.; DUARTE, M.E.M.; FARIAS, P.A. Caracterização física de grãos de soja utilizando processamento digital de imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.279-294, 2011. https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n3p279-294

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; SANTOS, S.R.N.; LIMA, C.R. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (FABACEAE - PAPILIONOIDEAE). **Ciência e Agrotecnologia**,

Lavras, v.33; n.5, p.1360-1365, 2009. https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500023

GRIFFITHS, G.A.; TOSHITAKA, U.; FUMIHIKO, T.; DAISUKE, H. Effect of vapors from fractionated samples of propolis on microbial and oxidation damage of rice during storage. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v.88, p.341-352, 2008. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.019

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2008. http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf

KIKUTI, H.; MEDINA, P.F.; KIKUTI, A.L.P.; RAMOS, N.P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.30, n.1, p.10-18, 2008 https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100002

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, p.163-166, 2006. http://dx.doi.org/10.18539/cast.v12i2.4513

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de semente de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v.48, p.169-175, 2001. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0

MCLELLAN, M.R.; LIND, L.R.; KIME, R.W. Hue angle determinations and stastistical analysis for multiquadrant hunter L, a, b data. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 18, n. 3, p. 235-240, 1995. http://10.1111/j.1745-4557.1995.tb00377.x

MIGUEL, M.V.C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v.59, n.2, p.315-319, 2002. https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200017

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials:** structure, physical characteristics, and mechanical properties. 2. ed. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 891p.

NASCIMENTO, W.M.; FREITAS, R.A.; GOMES, E.M.L.; SOARES, A.S. Metodologia para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p.205-209, 2007. https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000200015.

NOGUEIRA, J.L.; SILVA, B.A.; CARVALHO, T.C.; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de aveia preta. **Revista Ceres,** Viçosa, v.60, n.6, p.896-901, 2013. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600019

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, p.119-124, 2007. https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200003

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, USA, v.23, n.2, p.151-161, 2001. https://www.jstor.org/stable/23433048?seq=1#page_scan_tab_contents

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.358-363, 2015. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p358-363.

PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; BERRIOS, J. J.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.43, p.443-458, 2014. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.02.010

PARK, C. E.; KIM, Y. S.; PARK, K. J.; KIM, B. K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.48, n.2, p.

25-29, 2012. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005

PESTANA, V. R.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R.; BRUSCATTO, M. H.; LERMA-GARCIA, M. J.; RAMIS-RAMOS, G. Quality Changes and Tocopherols and γ-Orizanol Concentrations in Rice Bran Oil During the Refining Process. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.85, p.1013-1019, 2008. http://link.springer.com/article/10.1007/s11746-008-1300-4

OLIVEIRA, F.N.; TORRES, S.B.; VIEIRA, F.E.R.; PAIVA, E.P.; DUTRA, A.S. Qualidade fisiológica de sementes de girassol avaliadas por condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** Goiânia, v.42, n.3, p.279-287, 2012. https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300007

RESENDE, O.; ALMEIDA, D.P.; COSTA, L.M.; MENDES, U.C.; SALES, J.F. Adzuki beans (*Vigna angularis*) seed quality under several drying conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.1, p.151-155, 2012. https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000013

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D.M.; NETO FIGUEIREDO, A. Comportamento mecânico dos grãos de feijão submetidos a compressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.11, n.4, p.404-409, 2007. https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000400010

RIBEIRO, D.M.; BRAGANÇA, S.M.; GONELI, A.L.D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Revista Ceres,** Viçosa, v.56, n.6, p.772-776, 2009. http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/3503/1393

RIBEIRO, D.M.; CORRÊA, P.C.; FURTADO, B.F.; GONELI, A.L.D.; RESENDE, O. Propriedades mecânicas dos grãos de soja em função do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.2, p.493-500, 2007. https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000300019.

RIBEIRO, D.M.; CORREA, P.C.; RODRIGUES, D.H.; GONELI, A.L.D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p. 611-617, 2005. https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300035

SAATH, R.; TAVEIRA, J. H. S.; BROETTO, F; BIAGIONI, M.A.M.; BORÉM, F.M.; ROSA, S.D.V.F. Activity of some isoenzymatic systems in stored coffee grains. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, p.15-24, 2014. https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000100002

SAATH, R.; BORÉM, F. M.; ALVES E.; TAVEIRA, J. H. da S.; MEDICE, R; CORADI, P.C. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.1, p.196-203, 2010. https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100025

SANTOS, S.A.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; MACHADO, J.C.; MACHADO, C.F.; BORÉM, F.M.; GOMES, V.M.; TONETTI, O.A.O. X-ray technique application in evaluating the quality of papaya seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.37, p.776-780, 2009. https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.25

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT Versão 7.7 beta (2016).** 2016. Disponível em: <http://www.assistat.com> DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01/04/2016.

SIQUEIRA, V.C.; BORÉM, F.M.; ISQUIERDO, E.P.; ALVES, G.E.; RIBEIRO, D.E.; PINTO, A.C.F.; TAVEIRA, J.H.S. Drying of hulled naturally processed coffee with high moisture content and its impacts on quality. **African Journal of Agricultural Research**, Africa do Sul, v.11, p.2903-2911, 2016. http://10.5897/AJAR2016.10837.

SIQUEIRA, V.C.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H. Determination of the volumetric shrinkage in jatropha seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.34, p.231-238, 2012. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i3.14402

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H.; OLIVEIRA, D.E.C.; COSTA, L.M. Qualidade

fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.1, p.64-69, 2015. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p64-69

VIEIRA, R.D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.164-168, 2004. https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000200007.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. 1999. cap.4, p.1–26.

WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K; LEFFLER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cottonseeds. **Crop Science**, Washington, v.25, n.3, p.249-266, 1985. http://10.2135/cropsci1985.0011183X002500030008x

YALÇIN, Ý.; ÖZARSLAN, C.; AKBAP, T. Physical properties of pea (*Pisum sativum*) seed**. Journal of Food Engineering**, London, v.79, p.731-735, 2007. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.039

Recebido para publicação em 14/08/2017
Revisado em 10/10/2017
Aceito em 13/10/2017