

**MIQUÉIAS DE OLIVEIRA ASSIS**

**COLHEITA, SECAGEM E ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo

Coorientadores: Laércio Junio da Silva  
Roberto Fontes Araujo  
Francisco Claudio L. de Freitas

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Assis, Miquéias de Oliveira, 1991-

A848f

Colheita, secagem e armazenamento na qualidade  
fisiológica de sementes de feijão-caupi / Miquéias de Oliveira  
Assis. – Viçosa, MG, 2020.

122 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Feijão - Cultivo. 2. Secagem artificial. 3. Germinação.

CDD 22. ed. 635.6525

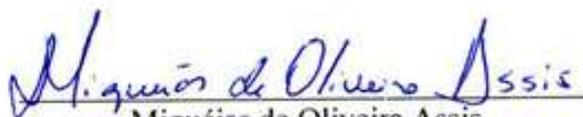
MIQUÉIAS DE OLIVEIRA ASSIS

**COLHEITA, SECAGEM E ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

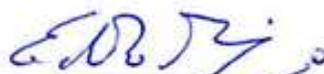
APROVADA: 16 de setembro de 2020

Assentimento:



Miquéias de Oliveira Assis

Autor



Eduardo Pontes Araujo

Orientador

Aos meus pais Aluizio Jader Dias de Assis e Denize Celestino de Oliveira Assis, pelo exemplo de luta e fé, pelo amor a mim dedicado e pelo apoio constante as minhas escolhas.

Ao meu irmão Maicon Victor de Oliveira Assis, a minha amiga Ariadne Heringer Paradella e a toda minha família e amigos pelo apoio, incentivo e amizade.

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pelo dom da vida.

A Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realização desse curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Eduardo Fontes Araújo, pela orientação, pelos ensinamentos, pelos conselhos e pela confiança;

Aos Professores Francisco Cláudio Lopes de Freitas e Laércio Junio dos Santos e ao Pesquisador Roberto Fontes Araújo, pelos valiosos e fundamentais comentários, que foram primordiais para a pesquisa.

Aos meus amigos, Edcácio, Franciele e Melissa e aos amigos de NEPFit e de trabalho, pela amizade.

A todos os funcionários do “Vale da Agronomia” pela contribuição para realização dessa pesquisa.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MIQUÉIAS DE OLIVEIRA ASSIS, filho de Aluizio Jader Dias de Assis e Denize Celestino de Oliveira Assis, nasceu em Montes Claros – Minas Gerais, em 11 de março de 1991.

No ano de 2008 concluiu o ensino médio em concomitância com o curso de Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Salinas, atual Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, *Campus Salinas* – MG.

Iniciou o Curso de Agronomia em agosto de 2009, na Universidade Estadual de Montes Claros, *Campus I Janaúba* - MG, concluindo em julho de 2014.

Em julho de 2014, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o Mestrado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, concluindo-o em 21 de junho de 2016.

Em julho de 2016, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o Doutorado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. Submeteu-se à defesa de tese em 16 de setembro de 2020.

## RESUMO

ASSIS, Miquéias de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2020. **Colheita, secagem e armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi**. Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Laércio Junio da Silva, Francisco Claudio Lopes de Freitas e Roberto Fontes Araujo.

No Brasil, o cultivo de feijão-caupi, historicamente, sempre foi realizado por agricultores familiares. Porém, na última década, a cultura expandiu suas fronteiras agrícolas, sobretudo para regiões altamente tecnificadas, que praticam agricultura empresarial. A expansão de áreas de cultivo gera uma demanda maior de sementes de alta qualidade, fundamentais no estabelecimento da cultura. Contudo, ainda são escassas as informações na literatura sobre o efeito da época de colheita, da secagem e do armazenamento sobre a qualidade de sementes de feijão-caupi. Diante disso, objetivou-se avaliar a influência de diferentes épocas de colheita e os efeitos imediatos e latentes de diferentes condições e métodos de secagem na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. Foram utilizadas sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, provenientes de área experimental localizada na região de Viçosa, Minas Gerais. No primeiro experimento, conduzido em paralelo ao anterior, realizaram-se colheitas manuais quando as plantas estavam com 23,4%; 53,6%; 64,9%; 79,9% e 100% das vagens com coloração amarelo-amarronzadas. As sementes foram beneficiadas e submetidas a secagem artificial na temperatura de 30 °C em estufa de circulação forçada de ar nas condições dentro e fora da vagem até atingirem 13% de teor de água. Posteriormente, as sementes foram armazenadas em ambiente em ambiente não controlado por seis meses. As sementes foram avaliadas quanto a qualidade fisiológica logo após a secagem e após o armazenamento. No segundo experimento, as sementes de cada época de colheita foram submetidas a secagem dentro da vagem pelos métodos artificial (30 °C) em estufa com circulação forçada de ar) e natural (sombra). As sementes provenientes dos diferentes estádios de maturação e métodos de secagem foram armazenadas em embalagem permeável por nove meses em ambiente não controlado. No início do armazenamento e a cada 90 dias, foram determinados o teor de água, a germinação e o vigor das sementes. No terceiro experimento, as vagens foram destacadas das plantas e separadas com base nos estádios de maturação, definidos pela coloração visual da vagem (vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas). As sementes de cada estádio de maturação foram submetidas ao processo de secagem, ainda no interior das vagens, em estufa com circulação de ar forçada, previamente regulada a 30 °C, até atingirem 13% de teor de

água. Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas por seis meses em ambiente não controlado. No início do armazenamento e a cada 90 dias, foram determinados o teor de água, a germinação e o vigor das sementes. As sementes secas ainda no interior da vagem apresentaram maior potencial fisiológico em relação àquelas que passaram pelo processo de secagem fora da vagem, sobretudo quando colhidas com 23,4%, 53,6% do total de vagens na coloração amarelo-amarronzadas. Em sementes com teores de água de 57% e 47%, correspondente às duas primeiras colheitas, a secagem natural, provoca o envelhecimento das sementes, por ser o processo muito demorado. Maior percentual de emergência foi verificado para sementes oriundas de vagens de coloração amarelo-amarronzadas e roxa, em relação às sementes de vagens verdes. A secagem de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, visando à melhor qualidade fisiológica, deve ser realizada artificialmente com as sementes ainda dentro da vagem. As sementes obtidas de vagens com coloração externa roxa apresentam maior germinação e maior vigor antes e durante o armazenamento em condições não controladas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Secagem artificial. Germinação. Vigor. Conservação.

## ABSTRACT

ASSIS, Miquéias de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2020. **Harvesting, drying and storage on the physiological quality of cowpea seeds.** Adviser: Eduardo Fontes Araújo. Co-advisers: Laércio Junio da Silva, Francisco Claudio Lopes de Freitas and Roberto Fontes Araujo.

In Brazil, the cultivation of cowpea, historically, has always been carried out by family farmers. However, in the last decade, culture has expanded its agricultural frontiers, especially to highly technified regions, which practice business agriculture. The expansion of cultivation areas generates a greater demand for high quality seeds, which are fundamental for the establishment of the crop. However, there is still little information in the literature about the effect of the harvest season, drying and storage on the quality of cowpea seeds. Therefore, the objective was to evaluate the influence of different harvest times and the immediate and latent effects of different conditions and drying methods on the physiological quality of cowpea seeds. Seeds of cowpea, cv. were used. BRS Tumucumaque, from an experimental area located in the region of Viçosa, Minas Gerais. In the first experiment, conducted in parallel to the previous one, manual harvests were carried out when the plants had 23.4%; 53.6%; 64.9%; 79.9% and 100% of the pods with yellow-brown color. The seeds were processed and submitted to artificial drying at a temperature of 30 ° C in an oven with forced air circulation in the conditions inside and outside the pod until reaching 13% of water content. Subsequently, the seeds were stored in an uncontrolled environment for six months. The seeds were evaluated for physiological quality immediately after drying and after storage. In the second experiment, the seeds of each harvest season were subjected to drying inside the pod by artificial methods (30 ° C) in an oven with forced air circulation) and natural (shade). The seeds from the different stages of maturation and drying methods were stored in a permeable packaging for nine months in an uncontrolled environment. At the beginning of storage and every 90 days, water content, germination and seed vigor were determined. In the third experiment, the pods were detached from the plants and separated based on the maturation stages, defined by the visual color of the pod (green, purple and yellow-brown pods). The seeds of each maturation stage were submitted to the drying process, still inside the pods, in an oven with forced air circulation, previously regulated at 30 ° C, until they reached 13% of water content. After drying, the seeds were placed in paper packaging and stored for six months in an uncontrolled environment. At the beginning of

storage and every 90 days, water content, germination and seed vigor were determined. The dried seeds still inside the pod showed greater physiological potential in relation to those that went through the drying process outside the pod, especially when harvested with 23.4%, 53.6% of the total pods in the yellow-brown color. In seeds with water content of 57% and 47%, corresponding to the first two harvests, natural drying causes the aging of the seeds, as the process takes a long time. A higher percentage of emergence was observed for seeds from yellowish-brown and purple colored pods, in relation to green pod seeds. Drying of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, aiming at the best physiological quality, must be made artificially with the seeds still in the pod. The seeds obtained from pods with purple outer color present greater germination and greater vigor before and during storage in uncontrolled conditions.

Keywords: *Vigna unguiculata*. Artificial drying. Germination. Vigor. Conservation

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	16
CAPÍTULO 1: CONDIÇÕES DE SECAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI, CV. BRS TUMUCUMAQUE.....	18
RESUMO .....	18
ABSTRACT.....	19
1 INTRODUÇÃO .....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
2. 1 Implantação da área experimental.....	22
2. 2 Obtenção das sementes .....	23
2. 3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes .....	26
2.4 Armazenamento .....	28
2. 5 Delineamento experimental e análise estatística.....	29
3 RESULTADOS.....	30
3. 1 Germinação .....	32
3. 2 Primeira contagem de germinação .....	33
3. 3 Emergência.....	34
3. 4 Envelhecimento acelerado .....	35
3. 5 Condutividade elétrica .....	36
3. 5 Índice de velocidade de emergência .....	38
4 DISCUSSÃO .....	39
5 CONCLUSÕES .....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO 2: EFEITOS IMEDIATO E LATENTE DA SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI .....	48
RESUMO .....	48
ABSTRACT.....	50
1 INTRODUÇÃO .....	52
2 MATERIAL E METODOS .....	54
2. 1 Aplicação dos tratamentos .....	54
2. 2 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes .....	55

2. 3 Delineamento experimental e análise estatística.....	55
3 RESULTADOS.....	56
3. 1 Germinação.....	59
3. 2 Primeira contagem de germinação.....	62
3. 3 Emergência.....	65
3. 4 Índice de velocidade de emergência.....	68
3. 5 Envelhecimento acelerado.....	71
3. 6 Condutividade elétrica.....	74
4 DISCUSSÃO.....	77
4. 1 Teor de água das sementes.....	77
4. 2 Consideração inicial.....	77
4. 3 1º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento.....	78
4. 4 2º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento.....	80
4. 5 3º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento.....	81
4. 6 4º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento.....	82
4. 7 5º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento.....	83
5 CONCLUSÕES.....	85
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
<b>CAPÍTULO 3: ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DE VAGENS NA QUALIDADE</b>	
<b>FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI, CV. BRS TUMUCUMAQUE</b>	
RESUMO.....	91
1 INTRODUÇÃO.....	94
2 MATERIAL E METODOS.....	96
2. 1 Implantação do campo de produção de sementes.....	96
2.2 Avaliação da qualidade física das sementes.....	99
2. 3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes.....	100
2. 4 Delineamento experimental e análise estatística.....	102
3 RESULTADOS.....	104
3. 1 Teor de água das sementes.....	106
3. 2 Peso de mil sementes e uniformidade de sementes.....	106
3.3 Germinação.....	107
3. 4 Primeira contagem de germinação.....	108
3. 5 Emergência.....	109

3. 6 Envelhecimento acelerado .....	109
3.7 Condutividade elétrica .....	110
3. 8 Índice de velocidade de emergência .....	110
4. DISCUSSÃO .....	112
4. 1 Qualidade fisiológica .....	113
5 CONCLUSÕES .....	117
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	118

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Cultura de grande importância socioeconômica, o feijão-caupi é um dos principais componentes da dieta alimentar de populações, sobretudo carentes, de regiões tropicais e subtropicais (FREIRE FILHO et al., 2011). No Brasil, é cultivado, quase que exclusivamente, por agricultores familiares, nas regiões norte e nordeste. Porém, na última década, tem se expandido para fronteiras mais tecnificadas, que praticam agricultura empresarial, tais como o oeste da Bahia e a região Centro-Oeste. Nessas regiões, o feijão-caupi vem sendo empregado em sistemas de rotação de cultura e na safrinha. As características de rusticidade, aliada à precocidade, além do porte ereto e da adaptação ao cultivo mecanizado tem contribuído para essa expansão (SILVA et al., 2016).

Contudo, apesar de sua expansão e do desenvolvimento de cultivares de elevada produtividade, a cultura ainda apresentou produtividade média  $499 \text{ kg ha}^{-1}$  na safra 2018/2019 (CONAB, 2020). Essa baixa produtividade se deve principalmente ao baixo nível tecnológico utilizado pela grande maioria dos produtores, no que se inclui o uso de sementes de baixa qualidade fisiológica. As sementes disponibilizam ao agricultor um vasto pacote tecnológico e ao mesmo tempo são responsáveis pelo estabelecimento adequado do estande de plantas, fator primordial para obtenção de elevada produtividade (MARCOS-FILHO, 2015).

Na produção de sementes, a obtenção de lotes de alta qualidade é consequência de um criterioso controle de qualidade. Dentre os diversos fatores observados durante a produção de sementes, a determinação da época de colheita é fundamental, sobretudo para espécies que apresentam desuniformidade de maturação (ROCHA et al., 2017). Recomenda-se que a colheita dos campos de produção de sementes seja efetuada quando a população de plantas atinja a maturidade fisiológica. Contudo, a desuniformidade de maturação dificulta a determinação desse momento. Além disso, a colheita mecanizada é inviabilizada, pois, geralmente, o teor de água das sementes ainda é elevado, e estando elas mais predispostas à ocorrência de injúrias.

A determinação do ponto ideal de colheita, portanto, se faz necessária, pois é um parâmetro de tomada de decisão primordial na produção de sementes de alta qualidade. Nogueira et al. (2014) observaram que sementes de feijão-caupi apresentam maturação fisiológica bastante rápida e aquelas colhidas entre 14 e 18 DAA têm melhor vigor e

maior porcentagem de germinação. Oliveira e Morais 2019 verificaram que a maturidade fisiológica das cultivares de feijão caupi está compreendida entre os 30 DAA para a cultivar BRS Novaera e aos 35 DAA para BRS Guariba e BRS Marataoã. Aliado a isso, alternativas que possibilitem a retirada mais rápida das sementes do campo têm sido propostas pela pesquisa, destacando-se a técnica de secagem.

Nas empresas produtoras de sementes, a secagem é uma operação importante no controle de qualidade, porque, além de contribuir para a manutenção da qualidade inicial durante o armazenamento, torna possível a antecipação da colheita, mesmo quando as sementes apresentem elevado grau de umidade (BAUDET et al., 1999).

A secagem pode ser realizada de forma natural ou artificial. Na secagem natural, as condições naturais do ar ambiente são usadas para a secagem, sem o emprego de nenhuma técnica de movimentação do ar ou aquecimento, podendo ser à sombra ou a pleno sol. Já a secagem artificial ocorre pela exposição do produto a um fluxo de ar aquecido com o auxílio de alternativas mecânicas, elétricas ou eletrônicas (LUDWING, 2017).

A depender da temperatura da massa de sementes, da espécie, do tempo de exposição e do método aplicado, a secagem pode ocasionar prejuízos à qualidade do produto, como: redução do percentual e velocidade de germinação, formação de plântulas anormais, trincamentos internos, rompimento e alteração da coloração do tegumento (MENEZES et al., 2012). Tais prejuízos podem não se manifestar imediatamente na avaliação pós-secagem, porém, após tempo de armazenamento podem ser observados prejuízos no potencial fisiológico das sementes, como verificado em espécies como milho (VERGARA et al., 2018), soja (HARTMANN FILHO et al., 2016), amendoim (SARATH et al., 2016), e feijão (AFONSO JUNIOR E CORRÊA, 2000).

A secagem de sementes com elevado teor de água deve ser adotada de forma cuidadosa, pois com altos teores de água estão mais predispostas à ocorrência de injúrias durante o processo. Para essa situação, alguns autores têm recomendado que a secagem das sementes seja realizada com essas ainda no interior dos frutos (vagens). Samarah et al. (2009) relatam que a secagem de sementes de soja, com alto grau de umidade, no interior das vagens, pode ser favorável contra a dessecação rápida em temperaturas ambiente ou aquecida. Samarah (2006 e 2005) verificaram que sementes imaturas de *Vicia sativa* L. secas dentro da vagem apresentaram maior germinação quando comparadas às secas fora da vagem. Samarah (2006) relatam que a secagem de sementes

imaturas ainda nas vagens pode aumentar a sua tolerância a secagem em associação a uma taxa de secagem mais lenta ou ganho adicional em matéria seca das sementes. Ennen (2011) verificou em sementes de soja, provenientes de vagens de coloração verde e amarela, que quando submetidas à secagem à temperatura de  $27\text{ °C} \pm 2$  ou  $31\text{ °C} \pm 2$ , mantiveram sua qualidade, apresentando valores superiores de germinação, vigor (envelhecimento acelerado e condutividade elétrica) quando comparada à das sementes secas fora da vagem.

Mesmo com a secagem das sementes da níveis ideias de armazenamento ainda há muitas perdas qualitativas e quantitativas durante o armazenamento, pois, elas estão constantemente sujeitas a fatores externos como altas temperaturas e a humidade relativa, de entre outros (REGINATO, 2014). Compreender o comportamento das sementes durante o armazenamento é fundamental para a tomada de decisão na gestão de perdas de qualidade (SMANIOTTO et al., 2014)

Desse modo, conhecer o momento ideal de colheita e o método e modo de secagem adequados, bem como o comportamento das sementes no armazenamento após o processo, são suma importância para garantir a máxima qualidade e vigor de sementes de feijão-caupi.

## 2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Efeitos imediato e latente da secagem de sementes de feijão colhidas com diferentes níveis de umidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 33-40, 2000. Edição Especial.
- BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A.; CAVARIANI, C. Princípios de secagem. **Seed News**, n.10, p.20-27,1999.
- CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra Brasileiro – grãos: Nono levantamento, junho 2020 – safra 2019/2020**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>
- ENNEN, R. D. **Earlier harvest and drying of soybean seed within intact pods maintains seed quality**.2011. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Iowa State University, Ames, Iowa.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. DE M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. DO S. DA R., RODRIGUES, E. V. **Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. The effect of drying temperatures and storage of seeds on the growth of soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, p.287-295, 2016.
- LUDWIG, M. P. **Princípios da pós-colheita de grãos e sementes**. IFRS Campus Ibirubá, 2017, 191 p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660p
- MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Drying temperatures on physical integrity, physiological quality and chemical composition of rice seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.430-436, 2012.
- REGINATO, M. P.; ENSINAS, S. C.; RIZZATO, M. C. O.; SANTOS, M. K. K. PRADO, E. A. **Boas Práticas de armazenamento de grãos**. 8º ENEPE UFGD, 5º EPEX UEMS em ENEPEX – Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. Anais online, 2014.
- ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. **Cultivares**. IN: DO VALE, J. C., BERTINI, C., BORÉM, A (Eds.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2017.cap. 6, p. 113-142.

- SAMARAH, N. H., MULLEN, R. E., GOGGI, S; GAUL, A. Effect of drying treatment and temperature on soybean seed quality during maturation. **Seed Science and Technology**, v.37, p.469-473, 2009.
- SAMARAH, N. H. Effect of drying methods on germination and dormancy of common vetch (*Vicia sativa* L.) seed harvested at different maturity stages. **Seed Science and Technology**, v.33, p.733-740, 2005.
- SAMARAH, N. H. Effect of air-drying immature seeds in harvested pods on seed quality of common vetch (*Vicia sativa* L.). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 49, p. 331-339, 2006.
- SARATH, K. L. L., GONELI, A. L. D.; FILHO, C. P. H.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 3, p. 233-240, 2016.
- SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; JUNIOR, J. A. N. M. Socioeconômica. In: BASTOS, E. A. (Eds.) **A cultura do Feijão-caupi no Brasil**. Embrapa Meio-Norte, 2016. p.6-18.
- VERGARA, R. O., CAPILHEIRA, A. F., GADOTTI, G. I., VILLELA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. **Journal of Seed Science**, v.40, n.2, p. 193-198, 2018.
- SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. SIMON, G. A. Physiological quality of soybean seeds stored in different conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 446–453, 2014.

## **CAPÍTULO 1: CONDIÇÕES DE SECAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI, CV. BRS TUMUCUMAQUE**

**RESUMO:** A operação de secagem, apesar de suas inúmeras vantagens, pode causar prejuízos irreversíveis à qualidade fisiológica das sementes, principalmente quando elas apresentam teor de água elevado. Diante disso, é importante avaliar o desempenho das sementes após secagem artificial. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de condições de secagem (dentro e fora da vagem) na qualidade fisiológica inicial e após armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2 x 2. Cinco épocas de colheita foram avaliadas, correspondentes à colheita realizada quando 23,4% (Época 1), 53,6% (Época 2), 64,9% (Época 3), 79,9% (Época 4) e 100% (Época 5) das vagens no campo se encontravam com coloração amarelo-amarronzadas, duas condições de secagem artificial de sementes (dentro e fora da vagem) na temperatura de 30 °C; e dois tempos de armazenamento em ambiente não controlado de laboratório (0 e 6 meses). O teor de água foi determinado e as sementes foram avaliadas pelos testes de germinação, primeira-contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. As sementes foram armazenadas por seis meses em ambiente não controlado. Apenas para variável índice de velocidade de emergência não houve interação significativa entre épocas de colheita x condição de secagem x tempos de armazenamento. Resultados superiores de qualidade fisiológica foram observados para as sementes que passaram pelo processo de secagem dentro da vagem, fato mais evidente nas épocas 1 e 2, em ambos os tempos de armazenamento. Para as demais épocas, no início do armazenamento não houve efeito da condição de secagem na germinação e vigor. Contudo, as sementes secas dentro da vagem apresentaram maior vigor após seis meses de armazenamento. A secagem dentro da vagem favorece a manutenção da qualidade fisiológica das sementes e permite a secagem artificial de sementes com teor de água elevado. Não se recomenda a secagem artificial de sementes com teor de água acima de 32,5% na condição fora da vagem, pois essa pode ser prejudicial a germinação e ao vigor das sementes. Após seis meses de armazenamento, independentemente da condição de secagem, há redução no potencial fisiológico das sementes.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*; germinação; vigor de sementes; secagem artificial; armazenamento; vagens

## CHAPTER 1: DRYING CONDITIONS IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF BEAN-CAUPI, CV. BRS TUMUCUMAQUE

**ABSTRACT:** The drying operation, despite its numerous advantages, can cause irreversible damage to the physiological quality of the seeds, especially when they have a high water content. Therefore, it is important to evaluate the performance of the seeds after artificial drying. The objective of the present work was to evaluate the influence of drying conditions (inside and outside the pod) on the initial physiological quality and after storage of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque. The experimental design used was randomized blocks, with four replications, in a 5 x 2 x 2 factorial scheme. Five harvest seasons were evaluated, corresponding to the harvest performed when 23.4% (Season 1), 53.6% (Season 2), 64.9% (Season 3), 79.9% (Season 4) and 100% (Season 5) of the pods in the field were brownish-yellow in color, two conditions for artificial seed drying (inside and outside pod) at a temperature of 30 ° C; and two storage times in an uncontrolled laboratory environment (0 and 6 months). The water content was determined and the seeds were evaluated by germination tests, first germination count, emergence, emergence speed index, accelerated aging and electrical conductivity. The seeds were stored for six months in an uncontrolled environment. Only for the variable emergence speed index, there was no significant interaction between harvest times x drying condition x storage times. Superior results of physiological quality were observed for the seeds that passed through the drying process inside the pod, a fact more evident in times 1 and 2, in both storage times. For the other seasons, at the beginning of storage there was no effect of the drying condition on germination and vigor. However, the dried seeds inside the pod showed greater vigor after six months of storage. The drying inside the pod favors the maintenance of the physiological quality of the seeds and allows the artificial drying of seeds with high water content. Artificial drying of seeds with water content above 32.5% is not recommended in the condition outside the pod, as this can be harmful to the germination and vigor of the seeds. After six months of storage, regardless of the drying condition, there is a reduction in the physiological potential of the seeds.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*; germination; seed vigor; artificial drying; storage; pods

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], devido a sua plasticidade, a adaptação a regiões tropicais e subtropicais do mundo, ao alto valor nutritivo e da necessidade de aumento e diversificação da produção de alimentos em todo o mundo, apresenta elevado potencial de crescimento e de importância estratégica para o Brasil.

Seus grãos constituem importante fonte de proteínas e carboidratos, alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de baixa quantidade de lipídeos (HALL et al., 2003; VASCONCELOS et al., 2010; SREERAMA et al., 2012). Tal composição química o habilita a compor programas de políticas públicas destinadas a melhoria de qualidade de vida de famílias de baixa renda, tanto do meio rural quanto do meio urbano.

A semente é um insumo de extrema importância na agricultura, sendo depositária de grande parte dos avanços da genética vegetal e ao mesmo tempo é responsável pelo estabelecimento adequado do estande de plantas (FINCH-SAVAGE e BASSEL, 2016). Por apresentarem máximo potencial fisiológico, as sementes deveriam ser colhidas quando atingissem a maturidade fisiológica. No entanto, devido ao teor de água elevado, o manejo mecanizado se torna inviável. Nogueira et al. (2014) observaram que o teor de água de sementes de feijão caupi na maturidade fisiológica foi de, aproximadamente, 54%. A exposição prolongada a condições desfavoráveis do ambiente pode acelerar o processo de deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

Alternativas que possibilitem a retirada mais rápida das sementes do campo de produção, como a operação de secagem, têm contribuído para o controle de qualidade das empresas produtoras de sementes, porque além de viabilizar a antecipação de colheita, possibilita a manutenção da qualidade inicial das mesmas durante o armazenamento, como observado em: *Glycine max* (SURKI et al., 2012; BARROZO et al., 2006; HARTMANN FILHO et al., 2016; AFRAKHTEH et al., 2013); *Vigna angularis* (REZENDE et al., 2012; ALMEIDA et al., 2013); *Phaseolus vulgaris* L. (SCARIOT et al., 2017; ARAUJO et al., 1984; AFONSO JÚNIOR e CORRÊA et al., 2000).

Contudo, é preciso se atentar ao planejamento e execução do processo de secagem das sementes, principalmente se as sementes colhidas apresentar elevado teor de água, pois estas estaria mais predisposto à ocorrência de injúrias (AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 2000; SURKI et al., 2012; SCARIOT et al., 2017).

Durante o processo de secagem, a semente pode exibir aumento no gradiente de pressão de vapor entre seu interior e o ar de secagem, resultando em altas taxas de secagem (EICHELBERGER e PORTELLA, 2003). Há, portanto, maior probabilidade de ocorrência de trincamentos, fissuras e danos a estruturas celulares das sementes (AFRAKHTEH et al., 2013; ULLMANN et al., 2010; MENEZES et al., 2012). As manifestações fisiológicas das altas taxas de secagem são mais evidentes que outros tipos de manifestações, destacando-se: redução da porcentagem de germinação (ULLMANN et al. 2015); redução da velocidade de germinação (RESENDE et al. 2012); redução da porcentagem de emergência de plântulas (ULLMANN et al. 2015); aumento na taxa de anormalidade de plântulas (HARTMANN FILHO et al. 2016) e; decréscimo do potencial de conservação durante o armazenamento (VERGARA et al., 2018).

No entanto, tais prejuízos podem não se manifestar imediatamente. Assim, durante o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes reduzir significativamente, como verificado em milho (VERGARA et al., 2018), soja (HARTMANN FILHO et al., 2016), amendoim (SARATH et al., 2016), café (VIEIRA et al., 2007) e feijão (AFONSO JUNIOR e CORRÊA, 2000).

Samarah et al. (2009), Samarah (2006 e 2005) e Araujo et al. (1984) recomendam que para sementes com teor de água elevado a secagem deve seja realizada com as mesmas ainda no interior dos frutos (vagens), ou seja, antes da etapa de debulha, semelhante ao processo de secagem de sementes de milho, as quais passam pelo processo de secagem na espiga, antes da debulha (LUDWIG, 2017).

A secagem das sementes ainda no interior das vagens possibilita a manutenção da qualidade fisiológica, como relatado por Samarah et al. (2009), para sementes de soja. Esses autores afirmam que essa prática pode ser favorável contra a dessecação rápida em temperaturas ambiente ou aquecidas artificialmente. Samarah (2006 e 2005) também verificaram que sementes imaturas de *Vicia sativa* L. secas dentro da vagem apresentaram germinação superior às secas fora da vagem.

Entretanto, os estudos sobre procedimento de secagem das sementes de feijão-caupi abrangem somente aspectos relacionados à cinética de secagem (SILVA et al., 2008, MORAIS et al., 2013; CAMICIA et al., 2015). Diante disso, objetivou-se avaliar a influência de condições de secagem (dentro e fora da vagem) na qualidade fisiológica inicial e após armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras para os testes de qualidade foram tomadas em campo experimental, com área de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>, implantado em fevereiro de 2018, no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 20°45'14" latitude sul e 42°52'53" longitude oeste, a 650 m de altitude.

### 2.1 Implantação da área experimental

A semeadura foi realizada no dia 01 de fevereiro de 2018, em sistema de plantio direto com semeadora-adubadora tratorizada. O espaçamento entre linhas de plantio foi de 0,5 m e a densidade de semeadura de 10 sementes por metro linear, resultando em uma população de 200.000 plantas por hectare. O cultivar utilizado foi o BRS Tumucumaque, de arquitetura semiereta e tipo de crescimento indeterminado (OLIVEIRA et al., 2014). A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo, sendo aplicado 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K na formulação 08-28-16.

O manejo químico de plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida bentazon + imazamox (1200+56 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), para o controle de plantas daninhas de folhas largas, e do herbicida fluazifob-p-butyl (250 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), para o controle de gramíneas anuais e perenes. O controle de *Diabrotica speciosa* foi realizado com duas aplicações do inseticida deltametrina (3 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), e o controle de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) foi realizado com aplicação do fungicida químico tiofanato metílico+mancozeb (2 kg ha<sup>-1</sup> de i.a.)

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar do período de condução do experimento foram coletados (Figura 1). Os registros climatológicos foram obtidos de estação do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, instalada no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

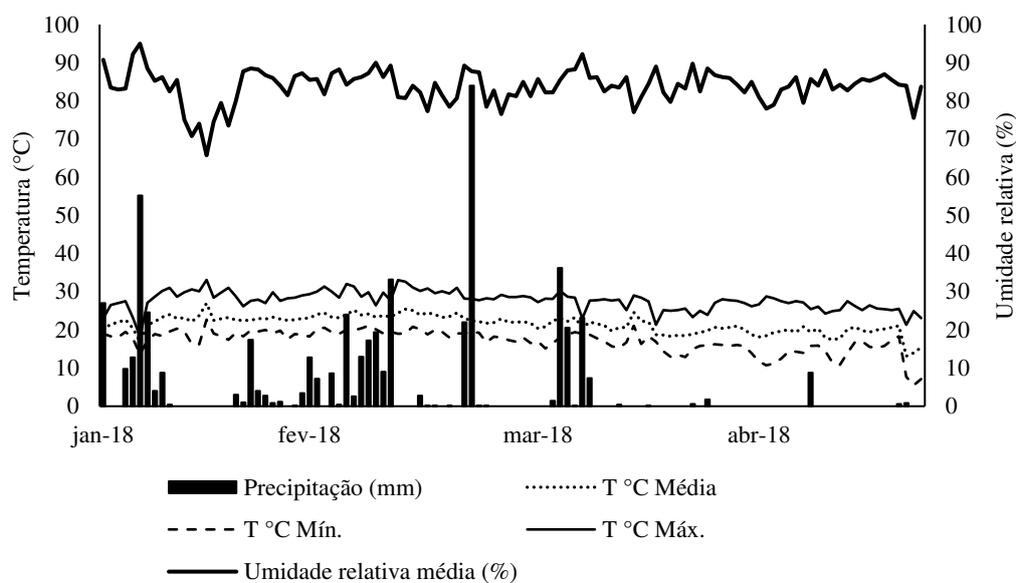


Figura 1. Dados diários de chuva, temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período de condução do experimento. Fonte: INMET (2018).

Não foi necessário realizar irrigação suplementar durante a condução da cultura.

## 2. 2 Obtenção das sementes

No trigésimo dia após a abertura de 50% das flores, que caracteriza o pleno florescimento, iniciou-se a colheita das vagens pelo arranquio manual das plantas. As colheitas prosseguiram em intervalo regular de oito dias, até todo o campo de produção apresentar 100% das vagens com coloração amarelo-amarronzadas (Figura 2 C).



Figura 2. Estádios de maturação das sementes definidos com base na coloração das vagens de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque. Vagens de coloração verde (A), Vagens de coloração roxa (B) e Vagens de coloração amarelo-amarronzadas (C).

A colheita das vagens foi realizada de forma aleatória, coletando-se seis amostras simples de mesmo tamanho (60 plantas), em diferentes pontos. O caminhamento dentro do campo foi em zigue-zague, com entrada e saída em locais distintos. Desse modo, todas as partes do campo foram amostradas.

Com combinação das seis amostras simples coletadas se formou uma amostra composta (360 plantas) que, após homogeneização, compôs a amostra média representativa da época de colheita de sementes, conforme diagrama apresentado na Figura (3).

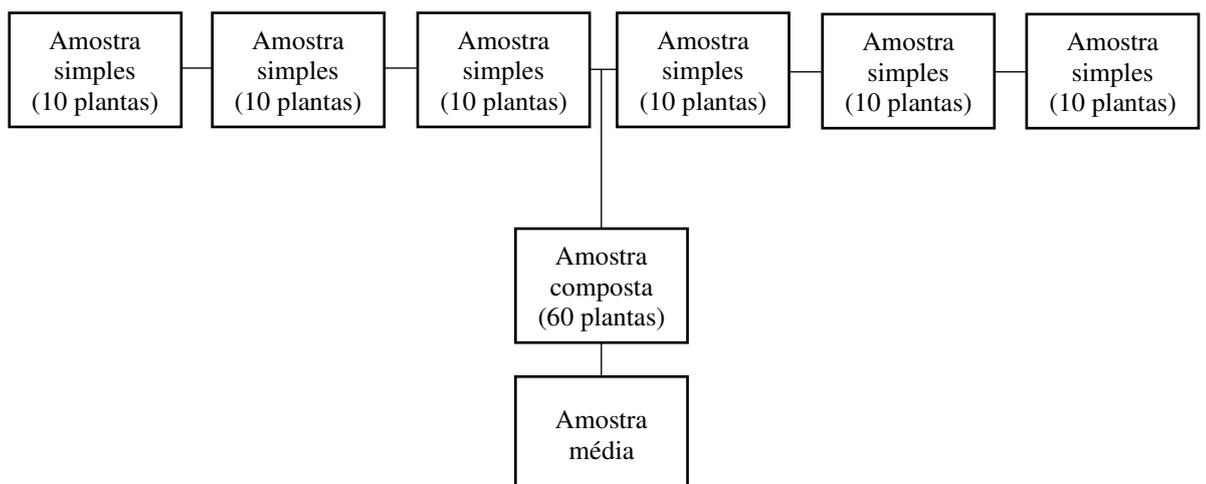


Figura 3. Diagrama de amostragens de plantas de feijão caupi, cv. BRS Tumucumaque no campo experimental.

Após cada colheita, a amostra média de plantas de feijão-caupi foi encaminhada para o Laboratório de Pesquisa de Sementes, do Departamento de Agronomia da UFV. As vagens foram destacadas das plantas e uma amostra de sementes foi retirada para a determinação do teor de água no momento da colheita, pelo método de estufa  $105\pm 3$  °C por 24 horas (BRASIL, 2009). Em seguida foram classificadas visualmente de acordo com sua coloração no momento da colheita, em vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas (Figuras 2 A, B e C), respectivamente.

Durante o período de colheita, que se estendeu até todas as plantas apresentarem 100% de vagens com coloração amarelo-amarronzadas, foram realizadas cinco colheitas, descritas na Figura 4, definidos com base no percentual de vagens com determinada coloração e teor de água no momento da colheita.

No momento da colheita, as sementes da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª época de colheita apresentaram teor de água de 57%, 47%, 32,5%, 27,7% e 24%, respectivamente (Figura 5).

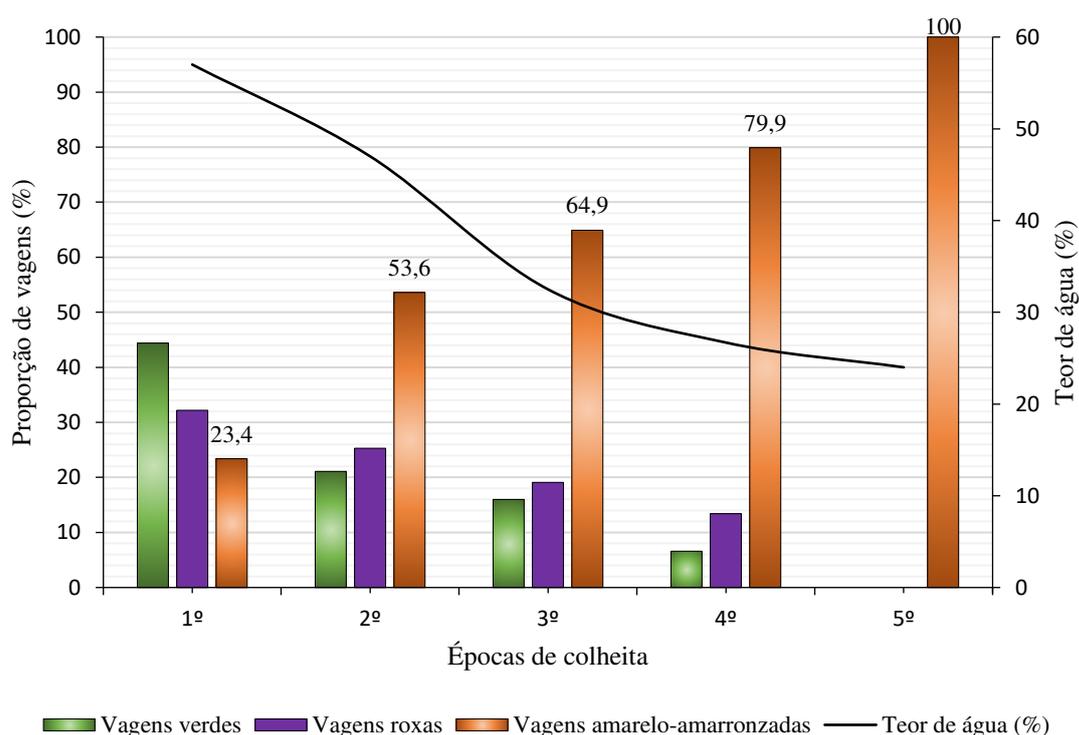


Figura 4. Proporção de vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas e teor de água (%) das sementes de feijão caupi, cv. BRS Tumucumaque, no momento da colheita.

No laboratório, as sementes foram submetidas à secagem artificial, em estufa com circulação de ar forçada, previamente regulada a 30 °C e umidade relativa média do ar de

secagem de 60%. Para cada colheita, metade das vagens colhidas completaram o processo de secagem com as sementes no seu interior, até apresentarem aspecto de secas e de fácil debulha. A outra metade foi debulhada manualmente e completaram o processo de secagem fora da vagem. As sementes foram secas até atingirem teor de água médio de, aproximadamente, 13%.

A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas, até que atingissem teor de água próximo de 13%, utilizando-se a equação proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i (100 - U_i) = M_f (100 - U_f)$$

Onde:

$M_i$  = massa inicial das sementes (g);

$U_i$  = teor de água inicial das sementes (%);

$M_f$  = massa final das sementes após secagem (g); e

$U_f$  = teor de água final das sementes após secagem (%).

Após a secagem, as sementes foram limpas e beneficiados manualmente em um conjunto de peneiras metálicas de crivos oblongos, de seis dimensões:  $14/64 \times 3/4$ ,  $13/64 \times 3/4$ ,  $12/64 \times 3/4$ ,  $11/64 \times 3/4$ ,  $10/64 \times 3/4$ ,  $9/64 \times 3/4$  e fundo.

### **2. 3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**

Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, foram utilizadas as sementes retidas nas peneiras com dimensões  $13/64 \times 3/4$ ,  $12/64 \times 3/4$ ,  $11/64 \times 3/4$ , pois apresentaram maior percentual de retenção e maior uniformidade de sementes. As sementes de qualidade não satisfatória para comercialização, como: sementes imaturas, mal formadas, chochas, deformadas, atacadas por patógenos e insetos, etc, foram descartadas.

Posteriormente, foram efetuados os seguintes testes iniciais de qualidade.

#### *2. 3. 1 Germinação*

Quatro repetições de 50 sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel (tipo Germitest), umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a preparação dos rolos, esses foram acondicionados em sacos

plásticos e mantidos em câmara de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), à temperatura constante de 30 °C. A contagem das plântulas normais foi realizada no oitavo dia após a instalação do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

### *2. 3. 2 Primeira contagem de germinação*

Realizado em conjunto com o teste de germinação, avaliando-se o número de plântulas normais ao quinto dia após o início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

### *2. 3. 3 Emergência*

Conduzido em sala de crescimento climatizada à temperatura constante de 25 °C, com quatro repetições de 50 sementes. Estas foram semeadas na profundidade de três centímetros, em bandejas de isopor contendo areia lavada e esterilizada. A irrigação foi feita com borrifadores, quando observada a necessidade de umedecimento do substrato. A contagem das plântulas emergidas foi realizada no oitavo dia após a semeadura. Foram contadas as plântulas que apresentaram os cotilédones acima do substrato. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### *2. 3. 4 Índice de velocidade de emergência*

Determinado em conjunto com o teste de emergência. Diariamente, as plântulas que apresentaram os cotilédones acima do substrato foram contadas até estabilização. O índice de velocidade de germinação das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962).

### *2. 3. 5 Envelhecimento acelerado*

Quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre tela suspensa no interior de caixa Gerbox plástica (11x11x3,0cm), contendo 40 mL de água deionizada. As caixas foram mantidas em câmara de germinação tipo B.O.D., regulada a 42 °C, durante 72 horas (DUTRA et al., 2007). Após este período de exposição, as sementes foram colocadas para germinar conforme descrição anterior no item germinação. A

avaliação foi realizada no quinto dia após a semeadura e, os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais.

### *2.3.6 Condutividade elétrica*

Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, que previamente foram pesadas com precisão de 0,01 g e em seguida colocadas para embeber em 75 ml de água deionizada em copos plásticos (capacidade de 200 mL), durante 24 horas, a 25 °C em câmara de germinação tipo B.O.D. (DUTRA et al., 2006). Após esse período, foi obtida a condutividade da solução de embebição com o auxílio de um condutímetro Digimed (modelo DM 31), sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  de semente.

## **2.4 Armazenamento**

Após avaliação inicial, as sementes, foram acondicionados em embalagens permeáveis de papel tipo Kraft e armazenados por seis meses em sala com circulação natural de ar. Após esse período realizaram-se novamente, os testes de qualidade e de teor de água, descritos anteriormente.

Os dados de temperatura (máxima, mínima e média) e umidade relativa média do ar referentes aos tempos de armazenamento foram monitorados diariamente por um Datalogger (Figura 6). A temperatura média e umidade relativa média do ar durante os tempos de armazenamento foram de 22,7 °C e 65,5 %, respectivamente. A temperatura máxima registrada foi de 32,9 °C e a mínima de 16,2 °C.

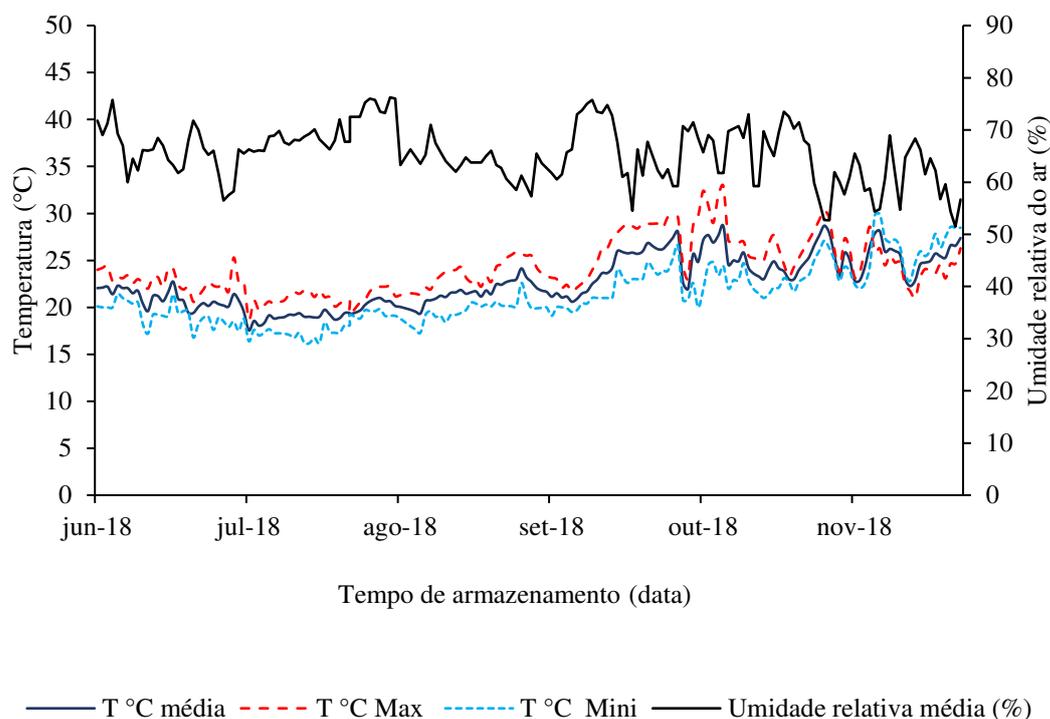


Figura 6. Dados diários de temperatura média ( $T^{\circ}C$  Média), máxima ( $T^{\circ}C$  Máx.) e mínima ( $T^{\circ}C$  Mín.) e umidade relativa do ar do ambiente (%) durante o tempo de armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque.

## 2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas as combinações dos fatores época de colheita (1, 2, 3, 4 e 5) e condição de secagem artificial das sementes (dentro e fora da vagem); os tempos de armazenamento (0 e 6 meses) foram alocados na subparcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância, após verificada a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade de variância pelo teste de Oneill e Mathews com significância  $p < 0,05$ . Os efeitos das épocas de colheita foram agrupados pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. As condições de secagem e os tempos de armazenamento foram comparados pelo teste F.

### 3 RESULTADOS

Os teores de água das sementes antes e após o armazenamento por seis meses, situou-se entre 11,1 e 12,4% (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de água de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas à secagem (dentro e fora das vagens) e ao armazenamento (inicial e 6 meses).

Época de colheita	Secagem	Armazenamento (meses)	
		Inicial	6
1º	Dentro da vagem	12,6	12,0
1º	Fora da Vagem	12,9	11,1
2º	Dentro da vagem	12,7	12,5
2º	Fora da Vagem	12,7	12,5
3º	Dentro da vagem	12,8	12,0
3º	Fora da Vagem	12,3	11,9
4º	Dentro da vagem	12,8	12,4
4º	Fora da Vagem	12,7	11,3
5º	Dentro da vagem	12,4	11,8
5º	Fora da Vagem	12,7	11,8

Apenas para a variável índice de velocidade de emergência (IVE) não sofreu interação significativa entre épocas de colheita x condição de secagem x tempos de armazenamento (Tabela 2). Contudo, para esta variável, se observou interação significativa entre épocas de colheita x condições de secagem.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos dados de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (C. E.) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, nos tempos de armazenamento (0 e 6 meses) e condição de secagem (dentro e fora da vagem).

Fonte de variação	GL	GE	P C G	EM	IVG	EA	CE
Épocas de colheita (EC)	4	1115.637500**	1143.409848**	175.032292**	5.859723**	2864.586014**	1801.194989**
Condição de secagem (C. S.)	1	2832.200000**	2219.092445**	619.718445**	9.919361**	2383.508611**	8756.066281**
EC x Condição de secagem	4	131.950000**	152.769042**	439.353098**	4.503714**	2408.610764**	2055.792263**
Resíduo A	30	22.733333	17.426408	24.946742	0.420220	27.095630	41.567047
Tempos de armazenamento (P. A.)	1	7920.200000**	11777.745780**	836.441780**	0.000101 <sup>ns</sup>	13226.510281**	1054.515031**
EC x P. A.	4	607.825000**	380.426264**	60.995877*	1.042598 <sup>ns</sup>	926.525209**	213.619362**
C. S. x P. A.	1	151.250000*	358.365780**	45.000000 <sup>ns</sup>	1.791011 <sup>ns</sup>	740.118611**	40.115281 <sup>ns</sup>
EC x C. S. x P. A.	4	98.687500*	144.140571**	119.302016**	0.452877 <sup>ns</sup>	884.132014**	133.320481**
Resíduo B	60	20.316667	20.506927**	17.364372	0.603268	17.715482	24.552135
Total	79						
CV. A (%)		6,93	6,70	5,83	6,24	12,05	5,77
CV. B (%)		6,55	7,27	4,86	7,48	9,74	4,43
Média geral		68,8	62,3	85,6	10,4	43,2	111,7

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

### 3.1 Germinação

As sementes provenientes da 5ª época de colheita (E5) apresentaram germinação inferior à dos demais épocas de colheita, que entre si não diferiram e apresentaram valores de germinação igual ou superior a 89% (Tabela 3). Aos seis meses de armazenamento, a 2ª época de colheita (E2) apresentou percentual de germinação superior; valor intermediário foi verificado para a 3ª colheita (E3) e inferiores para a 1ª época de colheita (E1), 4ª época de colheita (E4) e a 5ª época de colheita (E5) de sementes.

Tabela 3. Germinação de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com a época de colheita, condições de secagem (dentro e fora da vagem) e tempos de armazenamento (0 e 6 meses).

Épocas de colheita	Germinação (%)			
	Inicial		6 meses	
	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem
E1	92,0 Aa (A)	75,0 Bb (A)	55,0 Ac (B)	35,0 Bc (B)
E2	90,0 Aa (A)	81,0 Ba (A)	75,0 Aa (B)	60,0 Bb (B)
E3	93,0 Aa (A)	84,0 Ba (A)	67,0 Ab (B)	69,0 Aa (B)
E4	89,0 Aa (A)	65,0 Bc (A)	62,0 Ac (B)	54,0 Bb (B)
E5	68,0 Ab (A)	52,0 Bd (A)	59,0 Ac (B)	54,0 Ab (A)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando as condições de secagem (dentro e fora da vagem) em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro do parêntese, comparando os tempos de armazenamento (inicial e 6 meses) em cada condição de secagem, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

E1: 1ª época de colheita; E2: 2ª época de colheita; E3: 3ª época de colheita; E4: 4ª época de colheita; E5: 5ª época de colheita

Na condição de secagem fora da vagem, no início do armazenamento, percentual superior de germinação foi observado para as sementes de E2 e E3, valor intermediário para E1 e inferiores para E4 e E5 (Tabela 3). Aos seis meses de armazenamento, E3 apresentou valores superiores de germinação, valores intermediários foram verificados para E2, E4 e E5 e inferior para E1.

Avaliando o efeito das condições de secagem em cada época de colheita, nota-se que, no tempo de armazenamento inicial, a secagem dentro da vagem conferiu maior germinação para todas os tratamentos analisados. Já aos seis meses de armazenamento, a germinação das sementes secas dentro da vagem foi superior à secagem fora da vagem somente em E1, E2 e E4; nos demais não houve diferença significativa entre as condições de secagem (Tabela 3).

Ao longo do armazenamento houve redução nos percentuais de germinação, sendo este efeito mais acentuado em E1 e E2, quando submetidos à secagem fora da vagem (Tabela 4). Somente para as sementes de E5, na condição secagem fora da vagem, não houve diferença entre os tempos de armazenamento.

### 3. 2 Primeira contagem de germinação

Na condição de secagem dentro da vagem, assim como no teste de germinação, as sementes provenientes de E5 apresentaram menor vigor em relação as demais épocas, no tempo de armazenamento inicial. Já, aos seis meses de armazenamento, maior vigor foi verificado para E2, vigor intermediário para as sementes de E1, E3 e E4, e menor vigor para E5 (Tabela 4).

Na condição de secagem fora da vagem, no tempo de armazenamento inicial, maior vigor foi observado para E1, E2 e E3, vigor intermediário para as sementes do E4 e menor vigor para E5. Já, aos seis meses de armazenamento, E2 e E3 apresentaram sementes com maior vigor; E4 e E5 apresentaram vigor intermediário e menor vigor foi para E1.

Tabela 4. Primeira contagem de germinação de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com a época de colheita, condições de secagem (dentro e fora da vagem) e tempos de armazenamento (0 e 6 meses).

Época de colheita	Primeira-contagem de germinação (%)			
	Inicial		6 meses	
	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem
E1	88,0 Aa (A)	73,0 Ba (A)	51,0 Ab (B)	31,0 Bc (B)
E2	86,0 Aa (A)	78,0 Ba (A)	65,0 Aa (B)	54,0 Ba (B)
E3	87,0 Aa (A)	78,0 Ba (A)	56,0 Ab (B)	58,0 Aa (B)
E4	87,0 Aa (A)	58,0 Bb (A)	53,0 Ab (B)	47,0 Ab (B)
E5	63,0 Ab (A)	49,0 Bc (A)	43,0 Ac (B)	45,0 Ab (A)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando as condições de secagem (dentro e fora da vagem) em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste F (P <0.05).

Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro do parêntese, comparando os tempos de armazenamento (inicial e 6 meses) em cada condição de secagem, não diferem entre si, pelo teste F (P <0.05).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Analisando o efeito das condições de secagem em cada época de colheita, nota-se no tempo de armazenamento inicial, a secagem dentro da vagem conferiu maior vigor às sementes das épocas de colheita analisadas. Já aos seis meses de armazenamento, à secagem dentro da vagem foi superior a secagem fora da vagem somente em E1 e E2. Nas demais épocas de colheita não houve diferença significativa entre as condições de secagem (Tabela 4).

Assim como no teste de germinação, verifica-se que, ao longo do armazenamento, houve redução no vigor das sementes, sendo mais acentuada nas sementes de E1, quando submetidas à secagem fora da vagem (Tabela 4).

### 3.3 Emergência

Na condição de secagem dentro da vagem, as sementes as épocas de colheita 1, 2 e 4 apresentaram percentuais de emergência superiores a E3 e E5, no tempo de armazenamento inicial. Já aos seis meses de armazenamento, percentuais superiores de emergência foram verificados para E1, intermediários para E4 e inferiores para E2, E3 e E5 (Tabela 5).

Tabela 5. Percentual de emergência de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com a época de colheita, condições de secagem (dentro e fora da vagem) e tempos de armazenamento (0 e 6 meses).

Época de colheita	Emergência (%)			
	Inicial		6 meses	
	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem
E1	97,0 Aa (A)	81,0 Bb (A)	95,0 Aa (A)	65,0 Bc (B)
E2	97,0 Aa (A)	83,0 Bb (A)	80,0 Ac (B)	81,0 Ab (A)
E3	91,0 Ab (A)	93,0 Aa (A)	79,0 Bc (B)	87,0 Aa (A)
E4	93,0 Aa (A)	92,0 Aa (A)	88,0 Ab (A)	88,0 Aa (A)
E5	85,0 Ab (A)	79,0 Ab (A)	81,0 Ac (A)	81,0 Ab (A)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando as condições de secagem (dentro e fora da vagem) em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste F (P <0.05).

Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro do parêntese, comparando os tempos de armazenamento (inicial e 6 meses) em cada condição de secagem, não diferem entre si, pelo teste F (P <0.05).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Para a condição de secagem fora da vagem, no tempo de armazenamento inicial, valores superiores de emergência foram verificados para E3 e E4 em relação as demais

épocas. Já, aos seis meses de armazenamento, percentuais de emergência superiores foram verificados para E3 e E4, percentual intermediário para E2 e E5 e inferior para as sementes de E1 (Tabela 5).

Comparando as condições de secagem, em cada época de colheita, percebe-se que, no tempo de armazenamento inicial, a secagem dentro da vagem conferiu maior percentual de emergência para as sementes de E1 e E2. Nas demais épocas não se observou diferença significativa entre as condições de secagem. Já aos seis meses de armazenamento, a secagem dentro da vagem foi superior somente em E1 e a secagem fora da vagem em E3; nas demais não houve efeito significativo.

Ao compararmos os tempos de armazenamento entre si, verifica-se que para a maioria dos tratamentos não houve efeito do tempo de armazenamento sobre o percentual de emergência. As exceções foram E2 e E3, na condição de secagem dentro da vagem e E1 na condição de secagem fora da vagem. Nessas épocas de colheita, o percentual de emergência reduz após seis meses de armazenamento (Tabela 5)

### 3. 4 Envelhecimento acelerado

Verifica-se que, no tempo de armazenamento inicial, maior vigor pelo teste de envelhecimento acelerado foi observado para sementes provenientes das épocas 1 e 3, vigor intermediário para E2 e menor vigor para as sementes oriundas de E4 e E5, após secagem artificial dentro da vagem. Já, aos seis meses de armazenamento, observaram-se maior vigor para as sementes de E2, vigor intermediário para as sementes de E1, E3 e E5 e menor vigor para as sementes pertencentes a E4 (Tabela 6).

Tabela 6. Germinação após teste de envelhecimento acelerado de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com a época de colheita, condições de secagem (dentro e fora da vagem) e tempos de armazenamento (0 e 6 meses).

Época de colheita	Envelhecimento acelerado (%)			
	Inicial		6 meses	
	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem
E1	73,0 Aa (A)	28,0 Bd (A)	44,0 Ab (B)	12,0 Bc (B)
E2	66,0 Ab (A)	49,0 Bb (A)	65,0 Aa (A)	23,0 Bb (B)
E3	74,0 Aa (A)	77,0 Aa (A)	38,0 Bb (B)	61,0 Aa (B)
E4	49,0 Bc (A)	74,0 Aa (A)	6,0 Bc (B)	14,0 Ac (B)
E5	30,0 Bd (B)	41,0 Ac (A)	41,0 Ab (A)	0,0 Bd (B)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando as condições de secagem (dentro e fora da vagem) em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro do parêntese, comparando os tempos de armazenamento (inicial e 6 meses) em cada condição de secagem, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Para a condição de secagem fora da vagem, no tempo de armazenamento inicial, maior vigor foi observado para as sementes de E3 e E4, vigor intermediário para as de E2 e menor vigor para as sementes de E1 e E5. Aos seis meses de armazenamento verificou-se maior vigor de sementes para E3, vigor intermediário para as de E2 e menor vigor de sementes de E1 e E4. As sementes colhidas em E5 não germinaram após teste de envelhecimento acelerado (Tabela 6).

Comparando as condições de secagem em cada época de colheita, verifica-se que no tempo de armazenamento inicial, E1 e E2 apresentaram sementes mais vigorosas quando submetidas a secagem dentro da vagem. Para E3 não houve diferença significativa entre as condições de secagem. Já, para as sementes de E4 e E5, se observou-se que a secagem artificial das sementes fora da vagem favoreceu maior vigor das sementes. Aos seis meses de armazenamento, a secagem artificial dentro da vagem conferiu maior vigor para as sementes de E1, E2 e E5. Já, a secagem fora da vagem conferiu maior vigor para as sementes de E3 e E4 (Tabela 6).

Avaliando o efeito dos tempos de armazenamento, observa-se que, quando a secagem das sementes foi realizada na condição fora da vagem, as sementes apresentaram redução significativa do vigor das sementes após seis meses de armazenamento. Para a condição dentro da vagem, somente para as sementes de E2 não se verificou efeito dos tempos armazenamento. Para E5, após seis meses de armazenamento, se verificou maior vigor de sementes. Para as demais épocas de colheita, menor vigor de sementes foram observados após seis meses de armazenamento (Tabela 6).

### **3. 5 Condutividade elétrica**

No tempo de armazenamento inicial, menores valores de condutividade elétrica, ou seja, maior vigor de sementes, foi observado para sementes provenientes de E1 e E2 em relação as demais épocas, quando submetidas à secagem dentro da vagem. Aos seis meses de armazenamento, maior vigor de sementes foi verificado para E2 e E3, vigor intermediário para E1 e E4 e menor vigor para as sementes de E5 (Tabela 7).

Para a condição de secagem artificial fora da vagem, no tempo de armazenamento inicial, maior vigor das sementes foi observado para E3, vigor intermediário para as de E4 e menor vigor para as sementes de E1, E2 e E5. Aos seis meses de armazenamento verificou-se que as sementes de E3 mantiveram-se na classe de maior vigor, as de E2 e E4 apresentaram vigor intermediário e menor vigor de sementes foram observados para E1 e E5 (Tabela 7).

Tabela 7. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com a época de colheita, condições de secagem (dentro e fora da vagem) e tempos de armazenamento (0 e 6 meses).

Época de colheita	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )			
	Inicial		6 meses	
	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem	Secagem dentro da vagem	Secagem fora da vagem
E1	93,1 Aa (A)	148,2 Bd (A)	101,1 Ab (B)	147,3 Bd (A)
E2	92,0 Aa (A)	132,7 Bc (B)	87,4 Aa (A)	112,5 Bb (A)
E3	108,2 Ab (B)	102,5 Aa (B)	96,0 Aa (A)	90,3 Aa (A)
E4	116,3 Ab (B)	112,2 Ab (A)	96,4 Ab (A)	107,1 Bb (A)
E5	112,1 Ab (A)	137,3 Bc (A)	111,3 Ac (A)	132,3 Bc (A)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando as condições de secagem (dentro e fora da vagem) em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro do parêntese, comparando os tempos de armazenamento (inicial e 6 meses) em cada condição de secagem, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

E1: 1ª época de colheita; E2: 2ª época de colheita; E3: 3ª época de colheita; E4: 4ª época de colheita; E5: 5ª época de colheita

Comparando as condições de secagem em cada época de colheita de sementes, verifica-se que, no tempo de armazenamento inicial, E1, E2 e E5 apresentaram sementes mais vigorosas quando submetidas à secagem artificial dentro da vagem. Para E3 e E4 não houve diferença significativa entre as condições de secagem. Já, aos seis meses de armazenamento, somente para E3 não houve diferença significativa entre as condições de secagem. Nas demais épocas prevaleceu o efeito superior da secagem dentro da vagem em relação à secagem fora da vagem (Tabela 7).

Entre os tempos de armazenamento, para as sementes submetidos a secagem dentro da vagem, observou-se que os para E2 e E5 não houve efeito de tempo de armazenamento sobre os valores de condutividade elétrica (Tabela 7). Para E3 e E4, se observou redução desses valores. Já para E1, houve aumento nos valores de condutividade elétrica após seis meses de armazenamento.

Para a condição de secagem artificial fora da vagem, somente houve efeito do tempo de armazenamento para E2 e E3. Nessas épocas de colheita se observou uma redução dos valores de condutividade elétrica, após seis meses de armazenamento (Tabela 12).

### 3. 5 Índice de velocidade de emergência

Avaliando o efeito da condição de secagem em cada época de colheita de sementes, pode-se observar na Tabela 8, que houve diferença significativas entre as condições de secagem apenas para E1 e E2, sendo observado maior velocidade de emergência para as sementes que passaram pelo processo de secagem artificial dentro da vagem.

Tabela 8. Índice de velocidade de emergência de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidos a duas condições de secagem (Dentro e fora da vagem).

Índice de velocidade de emergência					
Época de colheita					
Condição de secagem	E1	E2	E3	E4	E5
Dentro da vagem	10,9 aA	10,9 aA	10,3 bA	11,3 aA	10,1 bA
Fora da vagem	8,8 cB	9,6 bB	10,8 aA	11,3 aA	9,6 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste F ( $P < 0.05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Comparando as épocas de colheita em cada condição de secagem, verifica-se que, quando submetidas à secagem artificial dentro da vagem, as sementes provenientes de E1, E2 e E4 apresentaram maior vigor em relação às sementes de E3 e E5 (Tabela 8). Já, na condição de secagem fora da vagem observa-se maior vigor para as sementes de E3 e E4, vigor intermediário para E2 e E5 e menor vigor para as sementes de E1.

## 4 DISCUSSÃO

Apesar de não ser controlado, o ambiente de armazenamento propiciou que o teor de água das sementes se mantivesse em níveis aceitáveis. Marcos-Filho (2015) afirma que de modo geral, o teor de água das sementes ortodoxas deve ser mantido de 10 a 12% para o armazenamento durante seis a oito meses.

Os resultados de qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi demonstraram que, tanto no tempo de armazenamento inicial quanto aos seis meses de armazenamento, as sementes secas ainda no interior da vagem apresentaram maior potencial fisiológico do que aquelas que passaram pelo processo de secagem fora da vagem. O efeito da condição de secagem foi mais evidente em E1 (23,4% de vagens amarelo-amarronzadas) e 2 (53,6% de vagens amarelo-amarronzadas).

O melhor padrão de qualidade das sementes que passaram pelo processo de secagem dentro da vagem pode estar relacionado à perda mais lenta do teor de água das sementes, ou seja, pela redução da taxa de secagem. Nestes casos, a vagem atua como uma barreira natural contra a rápida perda de água das sementes, que pode ser prejudicial a qualidade das sementes.

Essa “proteção” conferida pela vagem é essencial, principalmente, quando a época de colheita apresentar proporção elevada de vagens em processo de maturação concomitantemente de sementes imaturas e com teor de água elevado, características principais de E1 e E2 (Figura 5). Nestas condições, o dano imediato da secagem artificial pode ser elevado, refletindo diretamente na qualidade fisiológica das sementes.

Araujo et al. (1984) também sugerem que as vagens, durante a secagem artificial, podem atuar como uma proteção contra a redução rápida do teor de água das sementes de feijão. Samarah et al. (2009) relatam que a secagem de sementes de soja, com alto teor de água, no interior das vagens, pode ser favorável contra a dessecação rápida, em temperaturas ambiente ou aquecidas.

Samarah (2006 e 2005) verificaram que sementes imaturas de *Vicia sativa* L. secas dentro da vagem apresentaram germinação superior às secas fora da vagem. Segundo os mesmos autores, a melhora no padrão de germinação dessas sementes pode estar relacionada à perda mais lenta de umidade.

A velocidade ou taxa de secagem expressa o percentual de água retirado do produto em função do tempo (BARROSO et al., 2014). Prejuízos à qualidade fisiológica das sementes podem ocorrer quando o processo de secagem é realizado sob elevada taxa de

secagem, em decorrência, principalmente, do alto teor de água das sementes (SILVA et al., 2007; HARTMANN FILHO et al., 2017, SCARIOT et al., 2017).

Durante o processo de secagem, as sementes sofrem mudanças físicas, provocadas por gradientes de temperatura e umidade, que ocasionam expansão, contração e alterações na sua densidade e porosidade (GARCIA et al., 2004). Sementes com elevado teor de água mostram aumento no gradiente de pressão de vapor entre o interior da semente e o ar de secagem, resultando em altas taxas de secagem (AFRAKHTEH et al., 2013). A tensão sofrida pela semente durante esse processo pode provocar injúrias tais como, trincamentos, fissuras e danos às estruturas celulares das sementes (VILLELA, 1991).

Uma das principais consequências dessas injúrias é a redução da capacidade de regulação de trocas hídricas, ou seja, a desorganização do sistema de membranas celulares, de modo que as membranas não agem eficientemente como barreiras de lixiviação, durante os estágios iniciais de embebição (MARCOS-FILHO, 2015). Esse fato pôde ser detectado, indiretamente, pelo teste de condutividade elétrica, no presente estudo (Tabela 11), onde as sementes secas fora da vagem, independente do tempo de armazenamento, apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, ou seja, quantidade maiores de solutos liberados para o meio exterior, evidenciando desorganização ou perda de integridade das membranas celulares durante a embebição (RESENDE et al., 2012).

Segundo Sarath et al. (2016), o teste de condutividade elétrica é adequado para identificar danos causados pela secagem, pois os valores obtidos nesse teste geralmente estão relacionados ao número de injúrias (trincas, fissuras, danos a estrutura celulares) nas sementes e a temperatura de secagem.

Em função dessa desorganização, acelera-se o processo de deterioração das sementes com consequências na germinação e no vigor das mesmas, principalmente pelo aumento da lixiviação de constituintes essenciais para a germinação, perda da compartimentalização celular e dos mecanismos de reparo (DINIZ et al., 2013; JACOB JUNIOR et al., 2014). O processo de deterioração é evidenciado no presente estudo pelo teste padrão de germinação e emergência e pelos testes de vigor, nos quais, se observou inferioridade da qualidade fisiológica das sementes de E1 e E2 quando submetidas a secagem fora da vagem.

Ennen, (2011) verificou que sementes de soja, provenientes de vagens de coloração verde e amarela submetidas à secagem à temperatura de  $27\text{ °C} \pm 2$  ou  $31\text{ °C} \pm 2$ , mantiveram sua qualidade, apresentando valores superiores de germinação, vigor

(envelhecimento acelerado) e valores inferiores de condutividade elétrica, quando comparadas com as sementes secas fora da vagem.

Por fim, a redução da capacidade de regulação de trocas hídricas das células nas sementes, também, pode comprometer o potencial de conservação. Fato que pode ser observado aos seis meses de armazenamento, sobretudo para E1 e E2. Vale ressaltar que as condições de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento não foram fundamentais para esses resultados, uma vez que, a temperatura média e umidade relativa média do ar foram de 22,7 °C e 65,5 (Figura 6), mas sim, a exsudação de líquidos, pois, esses podem constituir substrato para desenvolvimento de fungos de armazenamento, que causam aquecimento provocado pela respiração e consumo ou alterações na constituição de reservas (SANTOS et al., 2016).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o efeito latente da secagem pode variar, dentre outros fatores, com umidade inicial das sementes, sendo os prejuízos mais drásticos quando essas apresentam elevado teor de água. Estudos realizados com milho (VERGARA et al., 2018), amendoim (SARATH et al., 2016), e feijão (AFONSO JUNIOR e CORRÊA, 2000), também apresentaram efeito latente da secagem na qualidade das sementes.

Além dos danos estruturais causados pela alta taxa de secagem, a redução da eficiência dos mecanismos de reparo e/ou a ausência de mecanismos responsáveis pela tolerância à dessecação nas sementes, tais como proteínas do tipo LEA e oligossacarídeos, podem contribuir para a perda da viabilidade das sementes. Esses mecanismos permitem manter a estabilidade e capacidade de reparo de DNA, prevenindo a desorganização das membranas e permitindo a reposição de água necessária para a manutenção da estrutura de membranas (LEPRINCE, et l., 2017).

As épocas de colheita 1 e 2, conforme Figura 4, ainda apresentavam grande proporção de vagens em processo de maturação e, conseqüentemente, maior proporção de sementes imaturas. Essas sementes possivelmente ainda não apresentavam eficientes mecanismos de tolerância à dessecação, o que pode ter colaborado para maior perda da qualidade fisiológica. Contudo, a secagem das sementes dentro da vagem, nesses pontos de colheita, parece ter favorecido a ativação de mecanismos protetores, uma vez que a perda de água possivelmente ocorreu de forma mais gradual, aumentando a resistência das sementes à desidratação (KERMODE e FINCH-SAVAGE, 2002; BARROSO et al., 2014; ZADEH et al., 2014).

Silva et al. (2007), estudando os danos que ocorrem durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja, por meio de microscopia eletrônica de varredura e testes fisiológicos, observaram que, a secagem, com temperaturas de 35 °C e 45 °C, em sementes com teor de água acima de 30%, provoca danos à membrana, que diminuem a qualidade fisiológica das sementes. Segundo os mesmos autores, sementes com 65% e 60% de teor de água podem não apresentar os mecanismos responsáveis pela tolerância à dessecação ativos, levando a semente a perder drasticamente sua viabilidade após secagem.

Nas demais épocas, em geral, não se observou efeito da condição de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes. Provavelmente, grande parte das sementes oriundas dessas épocas de colheita já apresentavam um mecanismo de proteção à dessecação eficiente, o que as permitiu a manutenção de sua viabilidade, mesmo após a secagem artificial.

## 5 CONCLUSÕES

A secagem dentro da vagem favorece a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, e permite a secagem artificial de sementes com teor de água elevado.

A secagem artificial de sementes com teor de água acima de 32,5%, na condição fora da vagem é prejudicial à germinação e ao vigor das sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque.

A qualidade fisiológica das sementes reduz com o armazenamento e independe da taxa de secagem.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Efeitos imediato e latente da secagem de sementes de feijão colhidas com diferentes níveis de umidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 33-40, 2000.
- AFRAKHTEH, S.; FRAHMANDFAR, E.; HAMIDI, A., RAMANDI, H.D. Evaluation of growth characteristics and seedling vigor in two cultivars of soybean dried under different temperature and fluidized bed dryer. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.5, n.21, p.2537-2544, 2013.
- ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; MENDES, U. C.; COSTA, L. M.; ROCHA, A. C. Influência da secagem na qualidade fisiológica do feijão adzuki. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.311-315, 2013.
- ARAÚJO, E. F.; SILVA, R. F.; SILVA, J. S.; SEDIYAMA, C. S. Influência da secagem das vagens na germinação e no vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 6, n. 2, p. 97-110, 1984.
- BARROZO, M. A. S.; HENRIQUE H. M.; SARTORI, D. J. M.; FREIRE, J. T. The use of the orthogonal collocation method on the study of the drying kinetics of soybean seeds. **Stored Products Research**, v. 42, n.3, p. 348–356. 2006.
- BARROZO, M. A. S.; MUJUMDAR, A.; FREIRE, J. T. Air-Drying of Seeds: A Review. **Drying Technology**, v.32, p.1127–1141, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CAMICIA, R. G. M. CHRIST, D.; COELHO, S.R.M.; CAMICIA, R.F.M. Modelagem do processo de secagem de sementes de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 206-214, 2015.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. FUNEP, 2012. 588p.
- CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **Design of seed storage facilities for genetic conservation**. International Board of Plant Genetic Resources, 1985. 100p.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 166-170, 2006.
- DUTRA, A. S.; TEOFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Journal of Seed Science**, v.29, n.1, p.193-197, 2007.

- EICHEBERGER, L.; PORTELLA, J. A. Secagem de grãos de milho em secador de leito fio: danos físicos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1-2, p. 85-91, 2003.
- ENNEN, R. D. **Earlier harvest and drying of soybean seed within intact pods maintains seed quality**. 2011. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Iowa State University, Ames, Iowa.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigor and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. DE. A Secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.
- HALL, E. A.; CISSÉ, N.; THIAW, S.; ELAWAD, H. O. A.; EHLERS, J. D.; ISMAIL, A. M.; FERY, R. L.; ROBERTS, P. A.; KITCH, L.W.; MURDOCK, L. L.; BOUKAR, O.; PHILLIPS, R. D.; MC WATTERS. K. H. Development of cowpea cultivars and germplasm by the bean/cowpea CRSP. **Field Crops Research**, v.82, n. (2-3), p. 103-134, 2003.
- HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. The Effect of Drying Temperatures and Storage of Seeds on the Growth of Soybean Seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 38, p.287–295. 2016.
- HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. Physiological potential of soybean seeds after maturation and submitted to artificial drying. **Journal of Seed Science**, v.39, n.4, p.361-371, 2017
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**, Viçosa, MG, Brasil. 2018
- KERMODE, A.R. & FINCH-SAVAGE, B.E. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In Desiccation and survival in plants: drying without dying (M. Black & H.W. Pritchard, eds.). **CABI Publishing**, p.149-184, 2002.
- LEPRINCE, O., PELLIZZARO, A., BERRIRI, S., AND BUITINK, J. Late seed maturation, drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, v.68, n.4 pp. 827–841, 2017.
- LUDWIG, M. P. Princípios da pós-colheita de grãos e sementes. IFRS, 2017, 191p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.
- MENEZES, N. L. DE.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Drying temperatures on physical integrity, physiological quality and chemical composition of rice seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.430-436, 2012.
- MORAIS, S. J. S.; DEVILLA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.455-463, 2013.
- NOGUEIRA, N.W.; FREITAS, R.M.O.; TORRES, S.B.; LEAL, C.C.P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.3, p.312-317, 2014
- 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**, v.32, p.151-155, 2012.
- SAMARAH, N.H., MULLEN, R.E., GOGGI, S. AND GAUL, A. Effect of drying treatment and temperature on soybean seed quality during maturation. **Seed Science and Technology**, v.37, p.469-473, 2009.
- SAMARAH, N.H. Effect of drying methods on germination and dormancy of common vetch (*Vicia sativa* L.) seed harvested at different maturity stages. **Seed Science and Technology**, v.33, p.733-740, 2005.
- SAMARAH, N. H. Effect of air-drying immature seeds in harvested pods on seed quality of common vetch (*Vicia sativa* L.). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 49, p. 331-339, 2006.
- SANTOS, F. DOS; MEDINA, P. F.; LOURENÇÃO, A. L.; PARISI, J. J.D.; GODOY, I. J. DE. Damage caused by fungi and insects to stored peanut seeds before processing. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 184-192, 2016.
- SARATH, K. L. L.; GONELI, A. L. D.; FILHO, C. P. H.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.3, 233-240, 2016.
- SCARIOT, M. A.; TIBURSKI, G.; REICHERT JUNIOR, F. W.; RADUNZ, L. L.; MENEGUZZO, M. Moisture content at harvest and drying temperature on bean seed quality. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 93-101, 2017.
- SILVA, W. P. S.; CLEIDE M. D. P. S. E; PRECKER, J.W.; SILVA, D. D. P. S. E. Influência da temperatura do ar de secagem no calor latente de vaporização de água em

feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), variedade sempre-verde. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.2, p.315-324, 2008.

SILVA, P. A.; DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, E. V. R. V. Ultra-structural and physiological analysis during the development and drying soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v.29, n.2, p.15-22, 2007.

SREERAMA, Y.N.; SASHIKALA, V.B.; PRATAPE, V.M.; SINGH, V. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: evaluation of their flour functionality. **Food Chemistry**, v.131, n.2, p. 462-468, 2012.

SURKI, A. A.; SHARIFZADEH, F.; AFSHARI, R.T. Effect of drying conditions and harvest time on soybean seed viability and deterioration under different storage temperature. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.36, p.5118-5127, 2012.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Seed quality of jatropha under different drying air conditions. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.442-447, 2010.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M. Physiological quality of sweet sorghum seeds dried under different conditions of air. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n. 1, p.64-69, 2015.

VASCONCELOS, I. M.; MAIA, F. M. M.; FARIAS, D. F.; CAMPELLO, C. C.; CARVALHO, A. F. O.; MOREIRA, R. A.; ABREU DE OLIVEIRA, J. T. Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal Food Composition and Analysis**, v.23, n. 1, p. 54-60, 2010.

VERGARA, R.DE O.; CAPILHEIRA, A. F.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. **Journal of Seed Science**, v.40, n.2, p.193-198, 2018.

VIEIRA, A. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, C. E.; CARVALHO, F. E. de. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Journal of Seed Science**, v.29, p.76-82, 2007.

VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. 1991. 104f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP.

ZADEH, H.M.I.; MAHMOODI, T.M.; KHALILIAQDAM, N. Effect of different harvesting times on the seed quality of barley cultivars. **Journal of Biological Sciences**, v.14, n.8, p.532-536, 2014.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

## **CAPÍTULO 2: EFEITOS IMEDIATO E LATENTE DA SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI**

**RESUMO:** O processo de secagem de sementes pode ser natural ou artificial. Contudo, ambos os processos requerem cuidados especiais, pois a qualidade fisiológica das sementes pode sofrer prejuízos irreparáveis. Entretanto, não há estudos que correlacionem ponto de colheita e métodos de secagem na qualidade inicial e após o armazenamento de sementes de feijão-caupi. Desse modo, objetivou-se avaliar a influência do método de secagem na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque, com diferentes teores de água, na sua qualidade fisiológica, durante o armazenamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas as combinações dos fatores época de colheita (E1, E2, E3, E4 e E5), que correspondem, respectivamente, a colheita realizada quando 23,4%, 53,6%, 64,9%, 79,9% e 100% das vagens no campo se encontravam amarelo-amarronzadas e os métodos de secagem de sementes (artificial e natural) e na subparcela os tempos de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses). Determinou-se o teor de água das sementes e avaliou-se a qualidade pelos testes germinação, primeira-contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. As sementes foram armazenadas em ambiente não controlado. Houve interação significativa entre as épocas de colheita, métodos de secagem e tempos de armazenamento para todas as variáveis analisadas. A secagem artificial das sementes dentro da vagem favoreceu a obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica para E1. Não houve efeito dos métodos de secagem na qualidade das sementes de E2. Na avaliação inicial, verificou-se que os métodos de secagem não afetaram a emergência das plântulas de E3. Contudo, observou-se para esta época de colheita queda na emergência de plântulas já no terceiro mês de armazenamento. Para E4, no início do armazenamento, observou-se maior emergência e vigor de sementes secas artificialmente. Nas avaliações seguintes, verificou-se maior manutenção de qualidade ao longo do armazenamento, para aquelas que passaram pela secagem natural. O método de secagem não afetou a qualidade fisiológica das sementes de E5. Sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 57% tem sua qualidade fisiológica prejudicada quando submetidas à secagem natural, por ser muito demorada. A secagem artificial propicia a obtenção de sementes de qualidade superior e permite a antecipação de colheita e melhor conservação do potencial fisiológico. Sementes de

feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 47%, apresentam maior emergência na avaliação inicial, quando submetidas secagem artificial. Durante o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes se iguala. Não há efeito dos métodos de secagem na emergência inicial de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 32,5%. As sementes submetidas à secagem natural apresentam maior vigor. Há redução na emergência e vigor das sementes durante o armazenamento, porém, menos drástica para aquelas submetidas a secagem natural. A secagem artificial de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 27,7%, confere maior emergência na avaliação inicial. Durante o armazenamento, há redução na qualidade fisiológica das sementes, contudo em menor intensidade para aquelas submetidas a secagem natural. A qualidade inicial de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 24% não é afetada pelo método de secagem. Durante o armazenamento, as sementes submetidas a secagem natural apresentaram melhor qualidade fisiológica.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*; germinação; vigor; secagem artificial; secagem natural, armazenamento; vagens

## CHAPTER 2: IMMEDIATE AND LATENT EFFECTS OF DRYING ON THE QUALITY OF CAUPI BEAN SEEDS

**ABSTRACT:** The seed drying process can be natural or artificial. However, both processes require special care, as the physiological quality of the seeds can suffer irreparable damage. However, there are no studies that correlate point of harvest and drying methods in initial quality and after storage of cowpea seeds. Thus, the objective was to evaluate the influence of the drying method on the physiological quality of cowpea seeds. BRS Tumucumaque, with different levels of water, in its physiological quality, during storage. The experimental design was in randomized blocks, with four replications, in a split plot scheme. Combinations of harvest time factors (E1, E2, E3, E4 and E5) were allocated to the plots, which correspond, respectively, to the harvest performed when 23.4%, 53.6%, 64.9%, 79.9 % and 100% of the pods in the field were brownish-yellow and the methods of drying seeds (artificial and natural) and in the subplot the storage times (0, 3, 6 and 9 months). The water content of the seeds was determined and the quality was evaluated by germination tests, first germination count, emergence, emergence speed index, accelerated aging and electrical conductivity. The seeds were stored in an uncontrolled environment. There was a significant interaction between harvest times, drying methods and storage times for all variables analyzed. Artificial drying of seeds inside the pod favored obtaining seeds of better physiological quality for E1. There was no effect of drying methods on the quality of E2 seeds. In the initial evaluation, it was found that the drying methods did not affect the emergence of E3 seeds. However, a drop in seedling emergence was observed for this harvest season in the third month of storage. For E4, at the beginning of storage, a greater emergence and vigor of artificially dried seeds was observed. In the following evaluations, there was a higher maintenance of quality during storage, for those that underwent natural drying. The drying method did not affect the physiological quality of E5 seeds. Cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, with water content of 57%, has its physiological quality impaired when subjected to natural drying, as it takes too long. Artificial drying provides superior quality seeds and allows for the anticipation of harvest and better conservation of physiological potential. Cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, with water content of 47%, presents a greater emergency in the initial evaluation, when submitted to artificial drying. During storage, the physiological quality of the seeds is equal. There is no effect of drying methods on the initial emergence of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque,

with 32.5% water content. The seeds submitted to natural drying have greater vigor. There is a reduction in the emergence and vigor of the seeds during storage, however, less drastic for those submitted to natural drying. Artificial drying of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, with water content of 27.7%, provides greater emergency in the initial assessment. During storage, there is a reduction in the physiological quality of the seeds, however to a lesser extent for those submitted to natural drying. The initial quality of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, with water content of 24% is not affected by the drying method. During storage, the seeds submitted to natural drying showed better physiological quality.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*; germination; vigor; artificial drying; natural drying, storage; green beans

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Vigna unguiculata* (L.), popularmente conhecida como feijão-caupi, é cultivada predominantemente em sequeiro por agricultores familiares, nas regiões norte e nordeste do Brasil (CONAB, 2019). Contudo, o avanço genético e a disponibilidade de novas técnicas de manejo têm permitido a expansão dessa cultura para fronteiras agrícolas mais tecnificadas, como o estado do Mato Grosso, que atualmente é o maior produtor. Isso se deve à maior produtividade nesse estado, resultado direto do emprego de tecnologias adequadas ao sistema de produção (CONAB, 2019). Entretanto, a dificuldade na aquisição de sementes de alta qualidade, tem reduzido a expectativa de seu cultivo nesse local e sua expansão para outras regiões.

A semente é um insumo fundamental para agricultura. A aquisição de sementes de alto potencial fisiológico é fundamental quando se deseja obter estande adequado, constituído por plantas vigorosas, de modo a se obter alta produtividade (FRANÇA-NETO et al., 2013; MARCOS-FILHO, 2013).

Na produção de sementes, a desuniformidade de maturação, aliada à alta umidade (chuva e orvalho) e temperatura do ar, são as principais razões da necessidade de se colher o mais rápido os campos de sementes, de forma a proteger as sementes contra os efeitos nocivos da deterioração (GARCIA et al., 2004). Sementes recém-colhidas, podem, muitas vezes, apresentar teor de água inadequado para o beneficiamento e armazenamento seguro, necessitando, portanto, serem secadas.

O processo de secagem de sementes pode ser natural, ocorrendo na própria planta, entre a maturidade fisiológica e a colheita, ou através de recursos complementares como terreiros, tabuleiros, lonas ou bandejas, sem o emprego de qualquer técnica adicional de movimentação de ar ou aquecimento; e artificial, pela exposição do produto a um fluxo de ar aquecido ou não, em equipamento de secagem (LUDWIG, 2017).

Ambos os métodos requerem cuidados especiais no planejamento e execução para que não ocorra superaquecimento da massa de sementes e/ou elevação da taxa de secagem das mesmas, pois a sua qualidade fisiológica pode sofrer prejuízos irreparáveis, tal como observado em amendoim, por Sarath et al. (2016). Isso se deve à maior probabilidade de ocorrência de trincamentos, fissuras e danos estruturais às células das sementes (AFRAKHTEH et al., 2013; MENEZES et al., 2012; ULLMANN et al., 2010).

Os prejuízos da secagem inadequada podem não se manifestar na qualidade inicial das sementes; durante o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes pode sofrer

reduções significativas, como verificado em milho (VERGARA et al., 2018), soja (HARTMANN FILHO et al., 2016), amendoim (SARATH et al., 2016), café (VIEIRA et al., 2007) e feijão (AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 2000).

Não há estudos que correlacionem ponto de colheita e métodos de secagem de sementes de feijão-caupi no Brasil. A maioria dos estudos disponíveis na literatura abrangem aspectos relacionados principalmente à cinética de secagem (SLIVA et al., 2008, MORAIS et al., 2013; CAMICIA et al., 2015).

Desse modo, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do método de secagem na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque com diferentes teores de água, durante o armazenamento.

## 2 MATERIAL E METODOS

Os procedimentos de implantação, condução do campo experimental e obtenção das sementes estão descritos no capítulo 1.

### 2.1 Aplicação dos tratamentos

No laboratório, em cada colheita, metade do total de vagens colhidas completou o processo de secagem no interior das vagens, artificialmente em estufa com circulação de ar forçada, previamente regulada a 30 °C. A outra metade passou pelo processo de secagem, também dentro da vagem, em condições naturais (secagem natural) do ar ambiente, à sombra, sem o emprego de qualquer técnica adicional de movimentação do ar, com temperatura média de 22,5 °C e 67% de umidade relativa.

Em ambos os métodos, as vagens permaneceram em secagem até apresentarem aspecto de secas e de fácil debulha. Posteriormente aferiu-se o teor de água das sementes e, quando necessário, as vagens foram debulhadas e o processo de secagem foi complementado em estufa com circulação de ar forçada, previamente regulada a 30 °C, até as sementes atingirem, aproximadamente, 13% de teor de água.

A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas até as mesmas atingirem o teor de água desejado, utilizando-se a equação proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i (100 - U_i) = M_f (100 - U_f)$$

Onde:

$M_i$  = massa inicial das sementes (g);

$U_i$  = teor de água inicial das sementes (%);

$M_f$  = massa final das sementes após secagem (g); e

$U_f$  = teor de água final das sementes após secagem (%).

Após secagem, as vagens foram debulhadas manualmente e as sementes foram limpas e beneficiadas manualmente também, em um conjunto peneiras metálicas de crivos oblongos, de seis dimensões: 14/64 x 3/4, 13/64 x 3/4, 12/64 x 3/4, 11/64 x 3/4, 10/64 x 3/4, 9/64 x 3/4 e fundo.

## **2. 2 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**

Os testes de qualidade fisiológica de sementes estão descritos no capítulo anterior.

## **2. 3 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas as combinações dos fatores época de colheita ( 1º época (E1); 2º época (E2); 3º época (E3); 4º época (E4) e 5º época (E5)) e métodos de secagem de sementes (artificial e natural); os tempos de armazenamento (inicial, 3, 6 e 9 meses) foram alocados na subparcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância, após avaliar a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade de variância pelo teste de Oneill e Mathews com significância  $p < 0,05$ . Os efeitos das épocas de colheita e métodos de secagem foram estudados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os efeitos dos métodos de secagem foram comparados pelo teste F.O efeito dos tempos de armazenamento foi estudado por análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los em função do seu comportamento biológico, da significância dos coeficientes do modelo e do valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3 RESULTADOS

Os valores de teor de água das sementes submetidos aos métodos de secagem artificial e natural, nos quatro tempos de armazenamento, estão apresentados na Tabela 1. Observaram-se variações nos teores de água das sementes, durante o armazenamento, independentemente época de colheita e método de secagem.

Tabela 1. Teor de água de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidos aos métodos de secagem “artificial” e “natural”, em quatro tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 meses).

Época de colheita	Método de secagem	Tempos de armazenamento (meses)			
		Inicial	3	6	9
E1	Artificial	12,6	10,8	12,0	-
E1	Natural	13,4	12,2	12,3	-
E2	Artificial	12,7	10,6	12,4	12,3
E2	Natural	12,6	11,5	12,1	12,4
E3	Artificial	12,3	11,1	12,0	11,8
E3	Natural	12,6	12,1	12,3	11,5
E4	Artificial	12,8	11,3	12,4	11,4
E4	Natural	12,5	10,7	12,2	11,6
E5	Artificial	12,5	11,4	11,8	11,6
E5	Natural	12,9	12,0	11,8	11,6

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

A Tabela 2 contém as variáveis com parcelas completas (germinação e primeira contagem de germinação) e a Tabela 3 as demais variáveis com parcelas incompletas.

Em ambas as tabelas (2 e 3), observou-se interação significativa entre as épocas de colheita, métodos de secagem e tempos de armazenamento para todas as variáveis analisadas. Diante disso, serão apresentadas, a seguir, os desdobramentos dessas interações.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos dados de germinação (GE) e primeira contagem de germinação (PCG.) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (0, 3, 6, e 9 meses).

Fonte de variação	GL	GE	PCG
Época de colheita (EC)	4	1604.796632**	1967.765285**
Método	1	6084.485556**	4192.256250**
EC x Método	4	438.493507**	760.360973**
Resíduo A	30	26.948047	22.767815
Tempos de armazenamento	3	4385.215982**	5737.959574**
EC x Tempos de armazenamento	12	431.040207**	389.005628**
Método x Tempos de armazenamento	3	919.084222**	399.673362**
EC x Método x Tempos de armazenamento	12	80.123101**	111.444473**
Resíduo B	90	21.654356	19.311655
Total	159		
CV. A (%)		7,75	7,95
CV. B (%)		6,95	7,32
Média geral		67,0 %	60,0%

\*\*Significativo a 1 e 5%; \*Significativo a 1%; <sup>ns</sup> não significativo

Tabela 3 - Resumo da análise de variância dos dados de emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (0, 3, 6, e 9 meses)

Fonte de variação	GL	EM	IVE	EA	CE
Época de colheita (EC)	4	1282.022315**	13.541264 **	2093.149700**	1556.191201
Método	1	13.530411 <sup>ns</sup>	0.056866 <sup>ns</sup>	282.746290**	683.021606**
EC x Método	4	279.158740 **	5.184310**	970.657272**	558.834179
Resíduo A	30	13.232131	0.372604	16.885927	42.436920
Tempos de armazenamento (TA)	3	2444.109706**	19.713482**	7068.267058**	2262.883235**
EC x TA	11	449.783533**	7.832119**	956.636426**	132.947585**
Método x TA	3	241.867716**	4.060181**	261.155266**	122.292413*
EC x Método x TA	11	59.848974**	2.005964**	442.837824**	86.902300*
Resíduo B	84	19.861542	0.445471	18.949472	36.874443
Total	151				
CV. A (%)		4,49	6,13	9,78	6,34
CV. B (%)		5,50	6,70	10,36	5,91
Média geral		81%	9,9	42,0%	102,7

\*\*Significativo a 1 e 5%; \*Significativo a 1%; <sup>ns</sup> não significativo

### 3. 1 Germinação

Analisando o efeito das épocas de colheita de sementes, em cada tempo de armazenamento e método de secagem, observou-se que no tempo de armazenamento inicial, tanto na secagem artificial quanto natural, E5 apresentou germinação inferior as demais época, que entre si não diferiram.

Aos três meses de armazenamento, na secagem artificial. assim como no anterior, E5 apresentou germinação inferior as demais épocas, que entre si não diferiram; já, na secagem natural, observaram-se resultados superiores de germinação para E3 e E4, intermediário para E2 e inferiores para E1 e E5.

Aos seis meses, constataram-se resultados superiores de germinação para E2, intermediários para E3 e inferiores para E1, E4 e E5, quando submetidos a secagem artificial; para a secagem natural, E2 apresentou germinação superior em relação as demais épocas e menor germinação foi observada para E1.

Para a avaliação realizada aos nove meses, observou-se que E2 apresentou valores de germinação superiores as demais épocas de colheita, que entre si não diferiram, quando submetidas à secagem artificial; já na secagem natural, resultados superiores de germinação foram verificados para E4, intermediários para E2, E3 e E5 e inferiores para E1.

Tabela 4. Germinação (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	92 aA	79 aB	77 aA	31 cB	55 cA	32 dB	64 bA	49 cB
E2	90 aA	87 aA	80 aA	49 bB	75 aA	71 aA	76 aA	60 bB
E3	93 aA	85 aB	78 aA	63 aB	67 bA	55 cB	64 bA	58 bA
E4	89 aA	86 aA	80 aA	65 aB	62 cA	64 bA	67 bA	68 aA
E5	68 bA	58 bB	62 bA	36 cB	59 cA	59 cA	67 bA	62 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Avaliando o efeito dos métodos de secagem, em cada tempo de armazenamento e época de colheita, verificou-se que no início do armazenamento, com exceção de E4, não houve diferença entre os métodos de secagem; nas demais épocas a secagem artificial conferiu maior germinação. Aos três meses de armazenamento observou-se que a secagem artificial conferiu maior germinação para todas as épocas de colheita. Aos seis meses, constatou-se que não houve diferença entre os métodos de secagem para E2, E4 e E5; para E1 e E3 a secagem artificial conferiu maior germinação em relação a secagem natural. Para a avaliação realizada aos nove meses, maior germinação foi verificada para as sementes de E1, E2 e E5, submetidos à secagem artificial; para as demais épocas não houve diferença entre os métodos.

Na avaliação inicial, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram 92% (E1), 90% (E2), 93% (E3), 89% (E4) e 68% (E5) de germinação (Figura 7). Aos três meses de armazenamento houve decréscimo significativo de 26%, 12%, 23%, 19% e 5,5% na germinação das épocas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Nos tempos de armazenamento seguintes, para as mesmas épocas de colheita, não houve acréscimo ou redução significativa nos valores de germinação.

Já, na avaliação inicial, as sementes submetidas à secagem natural, observou-se que E1, E2, E3, E4 e E5 apresentaram 79%, 87%, 85%, 85% e 58% de germinação, respectivamente (Figura 7). Assim, como na secagem artificial, também verificou-se que aos três meses de armazenamento, houve decréscimo significativo na germinação das sementes, na ordem de 41%, 27%, 26%, 20% e 5% para E1, E2, E3, E4 e E5, respectivamente. Contudo, para as mesmas épocas de colheita, não houve efeito dos tempos de armazenamento.

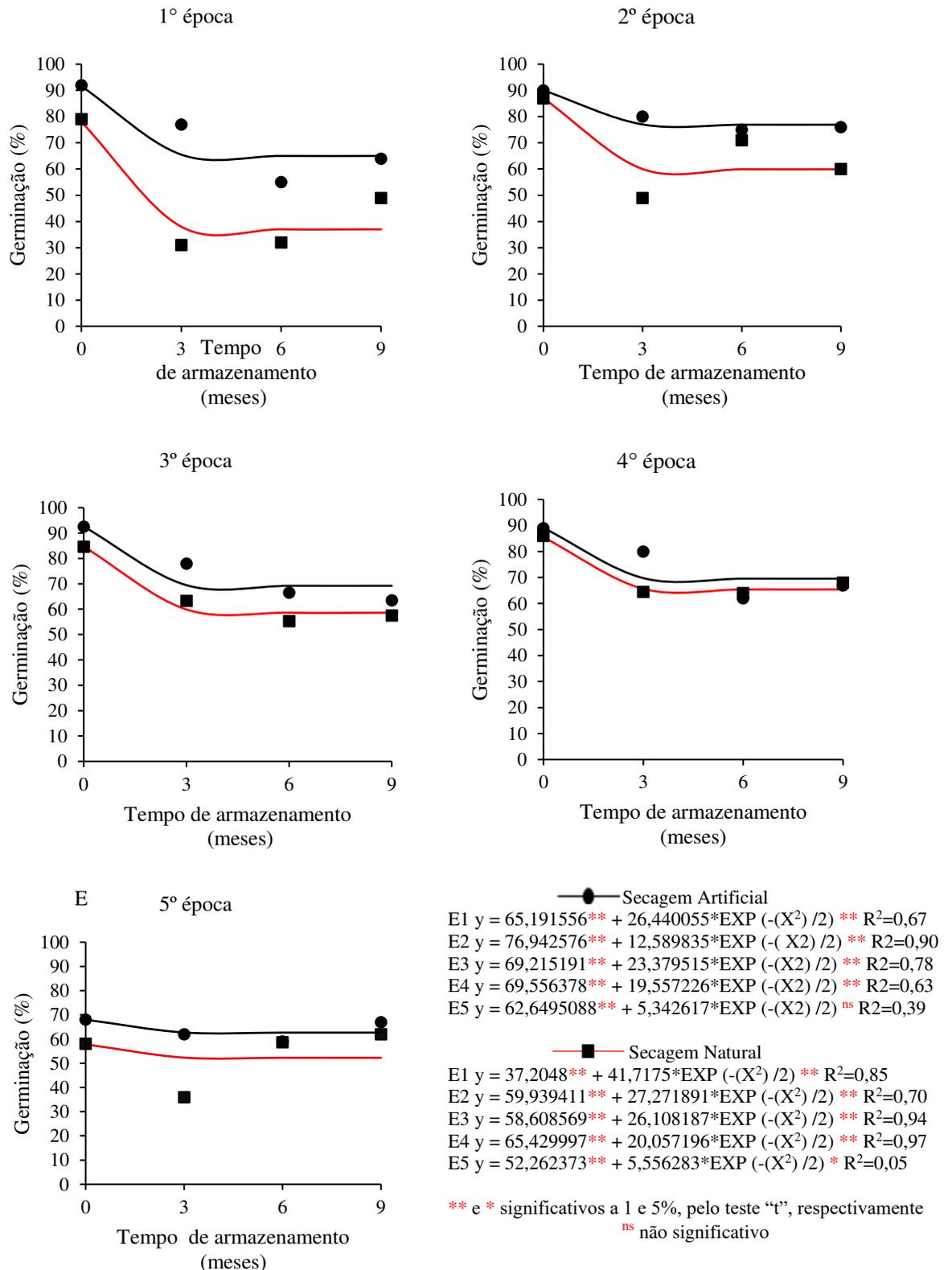


Figura 7. Germinação (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural, em função do tempo de armazenamento.

### 3. 2 Primeira contagem de germinação

Analisando o efeito das épocas de colheita de sementes, em cada tempo de armazenamento e método de secagem, observou-se que, no início do armazenamento, na secagem artificial, E5 apresentou baixo vigor em relação aos demais, que entre si não diferiram; já, na secagem natural, verificou-se maior vigor para as sementes de E2, E3, e E4, vigor intermediário para E1 e baixo vigor para E4 (Tabela 5).

Tabela 5. Primeira contagem de germinação (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	88 aA	70 bB	71 aA	30 cB	51 cA	26 cB	59 bA	40 cB
E2	86 aA	85 aA	73 aA	45 bB	65 aA	62 aA	70 aA	54 aB
E3	87 aA	80 aB	70 aA	61 aB	56 bA	46 bB	60 bA	47 bB
E4	87 aA	81 aA	66 aA	60 aB	53 cB	60 aA	62 bA	60 aA
E5	63 bA	53 cB	41 bA	31 cB	43 dB	52 bA	56 bA	58 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Aos três meses de armazenamento, assim como no tempo de armazenamento anterior, E5 apresentou baixo vigor em relação aos demais épocas, que entre si não diferiram, quando submetidos à secagem artificial; na secagem natural, constatou-se maior vigor em E3 e E4, vigor intermediário para E2 e baixo vigor para as sementes de E1 e E5.

Aos seis meses, para a secagem artificial, observou-se maior vigor em E2, vigor intermediário para E3, baixo vigor para E1 e E4 e vigor muito baixo para E5; na secagem natural, para o mesmo tempo, E1 apresentou vigor de sementes baixo em relação as demais épocas de colheita; já E2 e E4 apresentaram vigor superior em relação a E3 e E5.

Para a avaliação realizada aos nove meses, verificou-se que as sementes colhidas em E2 teve vigor superior em relação as demais épocas de colheita, que entre si não

diferiram, quando submetidos à secagem artificial; já na secagem natural, as sementes colhidas em E1 apresentaram vigor inferior em relação as demais épocas; vigor superior foram observados para E2, E4 e E5 e vigor intermediário para E3.

Avaliando o efeito dos métodos de secagem, em cada tempo de armazenamento e época de colheita, constatou-se que, na avaliação inicial, com exceção de E2 e E4, não houve diferença entre os métodos de secagem (Tabela 5). Nas demais épocas, a secagem artificial conferiu maior vigor de sementes.

Aos três meses de armazenamento observou-se que a secagem artificial conferiu maior vigor de sementes para todos as épocas de colheita.

Aos seis meses não houve diferença entre os métodos de secagem para E2; para E1 e E3, a secagem artificial conferiu maior vigor em relação a secagem natural; já para E4 e E5, a secagem natural conferiu maior vigor de sementes.

Para a avaliação realizada aos nove meses, maior vigor de sementes foi constatado para as sementes de E1, E2 e E3, submetidos a secagem artificial; para as demais épocas de colheita não houve diferença entre os métodos.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram 88% (E1), 86% (E2), 87% (E3), 87% (E4) e 63% (E5) de germinação pelo teste de primeira contagem de germinação (Figura 8). Assim, como no teste de germinação, observou-se redução significativa do vigor das sementes na avaliação realizada aos três meses de armazenamento, na ordem de 27%, 16%, 25%, 26% e 16% para E1, E2, E3, E4, e E5, respectivamente. Nas avaliações seguintes, para as mesmas épocas de colheita, não houve efeito dos tempos de armazenamento no vigor das sementes.

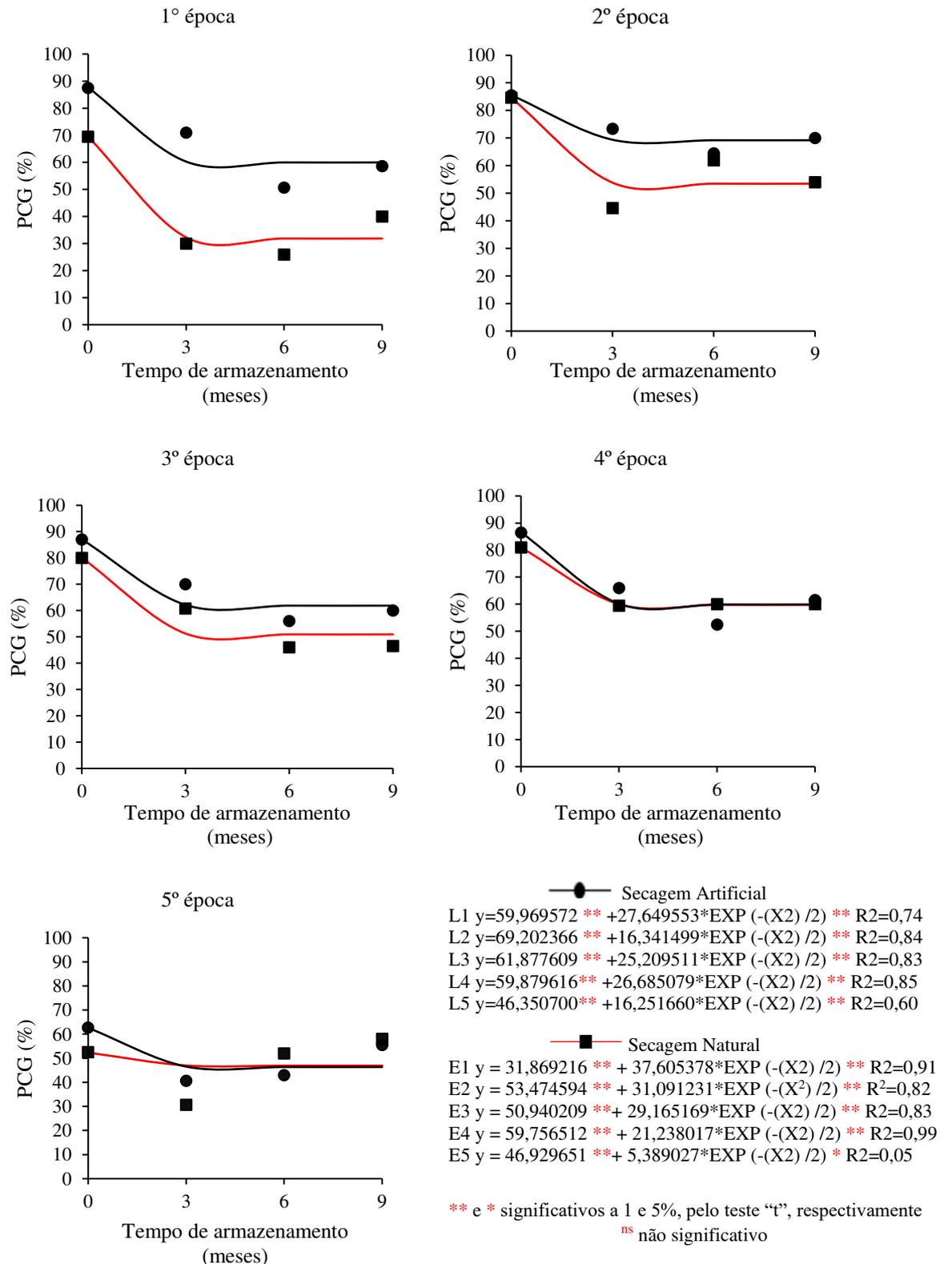


Figura 8. Primeira contagem de germinação (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural, em função do tempo de armazenamento.

### 3.3 Emergência

Ao analisar o efeito das épocas de colheita de sementes em cada tempo de armazenamento e método de secagem, observou-se que, na avaliação inicial, na secagem artificial, as épocas 1, 2 e 4 apresentaram emergência superiores as épocas 3 e 5; já na secagem natural, não houve diferença entre épocas de colheita (Tabela 6).

Tabela 6. Emergência (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	97 aA	86 aB	92 aA	83 aB	95 aA	85 aB	-	-
E2	97 aA	90 aB	87 aA	86 aA	80 bB	91 aA	79 aA	79 aA
E3	91 bA	90 aA	68 cB	77 bA	79 bB	89 aA	71 aA	73 bA
E4	93 aA	84 aB	75 bA	71 cA	88 aA	82 aB	67 bB	82 aA
E5	85 bA	86 aA	45 dA	46 dA	75 bB	86 aA	72 aB	83 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Aos três meses de armazenamento, quando submetidos à secagem artificial, resultado superior de emergência foi verificado para as épocas 1 e 2, intermediário para o E4, inferior para o E3 e muito inferior para E5; na secagem natural, resultados superiores de emergência foram observado para E1 e E2, intermediário para E3, inferior para E4 e muito inferior para E5.

Aos seis meses, para a secagem artificial, as sementes das épocas 1 e 4 foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos, que entre si não diferiram; na secagem natural, não houve diferença entre as épocas de colheita.

Para a avaliação realizada aos nove meses, verificou-se que E4 apresentou emergência inferior as demais épocas; já, na secagem natural, valor inferior de emergência foi observado para E2 em relação aos demais.

Avaliando o efeito dos métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e época de colheita, observou-se que na avaliação inicial, com exceção das épocas 3 e 5, onde não houve diferença entre os métodos de secagem, nas demais épocas a secagem artificial conferiu maior emergência (Tabela 6).

Aos três meses de armazenamento, para E2, E4 e E5 não houve diferença entre os métodos de secagem; em E1, verificou-se que a secagem artificial conferiu maior emergência; para E3 valor superior de emergência foi observado quando este foi submetido ao método de secagem natural.

Aos seis meses, a secagem artificial conferiu maior emergência para E1 e E4; já, a secagem natural foi mais benéfica as épocas 2, 3 e 5.

Para a avaliação realizada aos nove meses maior emergência foi observada para as sementes de E4 e E5, quando submetidos à secagem natural; para as demais épocas não houve diferença entre os métodos.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram 97% (E1), 97% (E2), 90% (E3), 93% (E4) e 84% (E5) de emergência (Figura 9). Assim, como no teste de germinação, observou-se redução significativa dos valores de emergência logo aos três meses de armazenamento, nos valores de 15%, 18%, 16% e 20% de emergência para as épocas 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Nos tempos de armazenamento seguintes, para as mesmas épocas de colheita, não houve acréscimo ou redução significativa nos valores de emergência. Não houve efeito dos tempos de armazenamento sobre a emergência de E1.

Para o método de secagem natural, no início do armazenamento, verificou-se emergência de 86%, 90%, 90%, 84% e 86% para E1, E2, E3, E4 e E5 respectivamente (Figura 9). Assim, como na secagem artificial, com exceção de E1, também houve redução da emergência das plântulas logo aos três meses de armazenamento. Constatou-se um decréscimo de 5%, 10%, 6% e 14% nos valores de emergência para as épocas 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Nessas épocas de colheita, não se verificou quedas na emergência nos tempos seguintes de armazenamento.

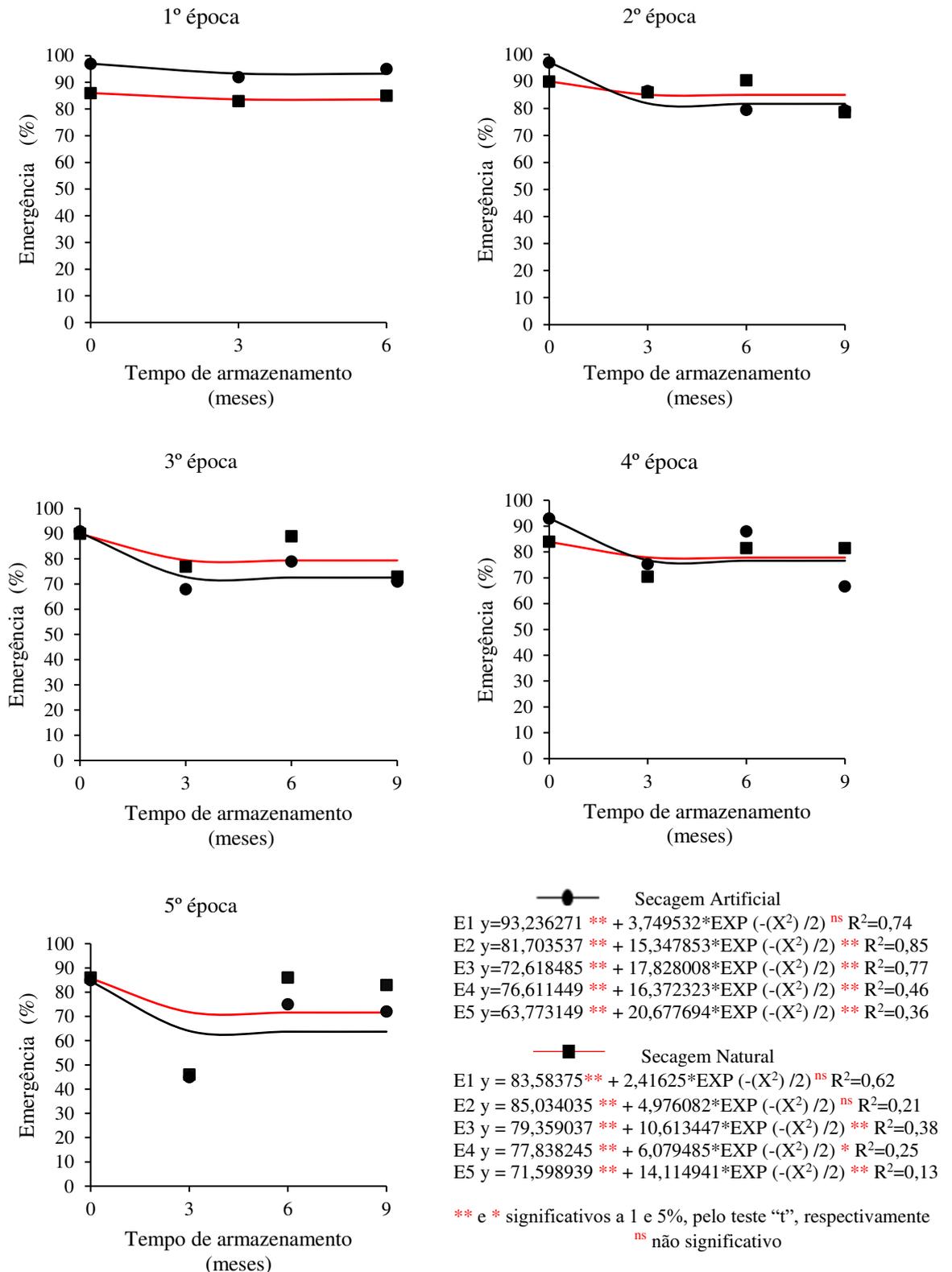


Figura 9. Emergência (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural, em função do tempo de armazenamento.

### 3. 4 Índice de velocidade de emergência

Avaliando o efeito das épocas de colheita, em cada tempo de armazenamento e método de secagem, observou-se que, no início do armazenamento, na secagem artificial, E2 e E4 apresentaram maior vigor de sementes em comparação a E1, E3 e E5; já na secagem natural, não houve diferença entre as épocas de colheita (Tabela 7).

Tabela 7. Índice de velocidade de emergência de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	10,8 bA	10,0 aA	11,5 aA	10,4 aB	11,2 aA	9,5 bB	-	-
E2	11,7 aA	10,9 aA	11,1 aA	10,9 aA	10,2 bA	10,7 aA	10,0 aA	9,0 aB
E3	10,7 bA	10,7 aA	9,9 bB	10,9 aA	10,0 bB	10,9 aA	7,9 bB	8,9 bA
E4	11,1 aA	9,7 aB	10,1 bA	9,5 bA	11,5 aA	9,5 bB	7,5 bB	9,8 aA
E5	10,1 bA	10,4 aA	6,4 cA	6,0 cA	9,2 bB	10,9 aA	8,4 bB	10,1 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Aos três meses de armazenamento, verificou-se maior vigor de E1 e E2, vigor intermediário para E3 e E4 e baixo vigor para E5, quando submetidos à secagem artificial; na secagem natural, as épocas 1, 2 e 3 apresentaram maior vigor pelo teste de IVE em relação a E4 e E5.

Aos seis meses, para a secagem artificial, E1 e E4, apresentaram vigor superior em relação as demais épocas de colheita; na secagem natural, verificou-se que E2, E3 e E5 apresentaram sementes com maior vigor em relação a E1 e E4.

Para a avaliação realizada aos nove meses, constatou-se que as sementes colhidas na época 2 apresentaram maior vigor em relação a E3, E4 e E5, que entre si não diferiram; já na secagem natural, baixo vigor foi observado para as sementes de E2 em relação as demais épocas avaliadas.

Avaliando o efeito dos métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e época de colheita, verificou-se que, na avaliação inicial, com exceção de E4, onde a secagem artificial foi superior a natural, nas demais épocas não houve diferença entre os métodos de secagem (Tabela 7).

Aos três meses de armazenamento não se observou diferença entre os métodos de secagem, para E2, E4 e E5; para E1, a secagem artificial conferiu maior vigor; já para as sementes E3, maior vigor foi observado quando o mesmo foi submetido a secagem natural.

Aos seis meses para as épocas 1 e 4, verificaram-se que a secagem artificial conferiu maior vigor de sementes comparado à secagem natural; já para E3 e E5, maior vigor foi observado quando as sementes foram submetidas à secagem natural; para E2 não houve diferença entre os métodos de secagem.

Para a avaliação realizada aos nove meses, maior vigor foi verificado para as sementes as épocas de colheita 3, 4 e 5, quando submetidos à secagem natural; para E2, a secagem artificial conferiu maior vigor.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram IVE de 10,9 (E1), 11,6 (E2), 10,9 (E3), 11,5 (E4) e 8,8 (E5) (Figura 10). Para E1 e E5 não houve alteração de vigor após 9 meses de armazenamento. Para as demais épocas de colheita, houve redução no vigor, sendo verificado, no último tempo de armazenamento valores de 9,8; 8,4 e 8,6 de IVE para E2, E3 e E4, respectivamente.

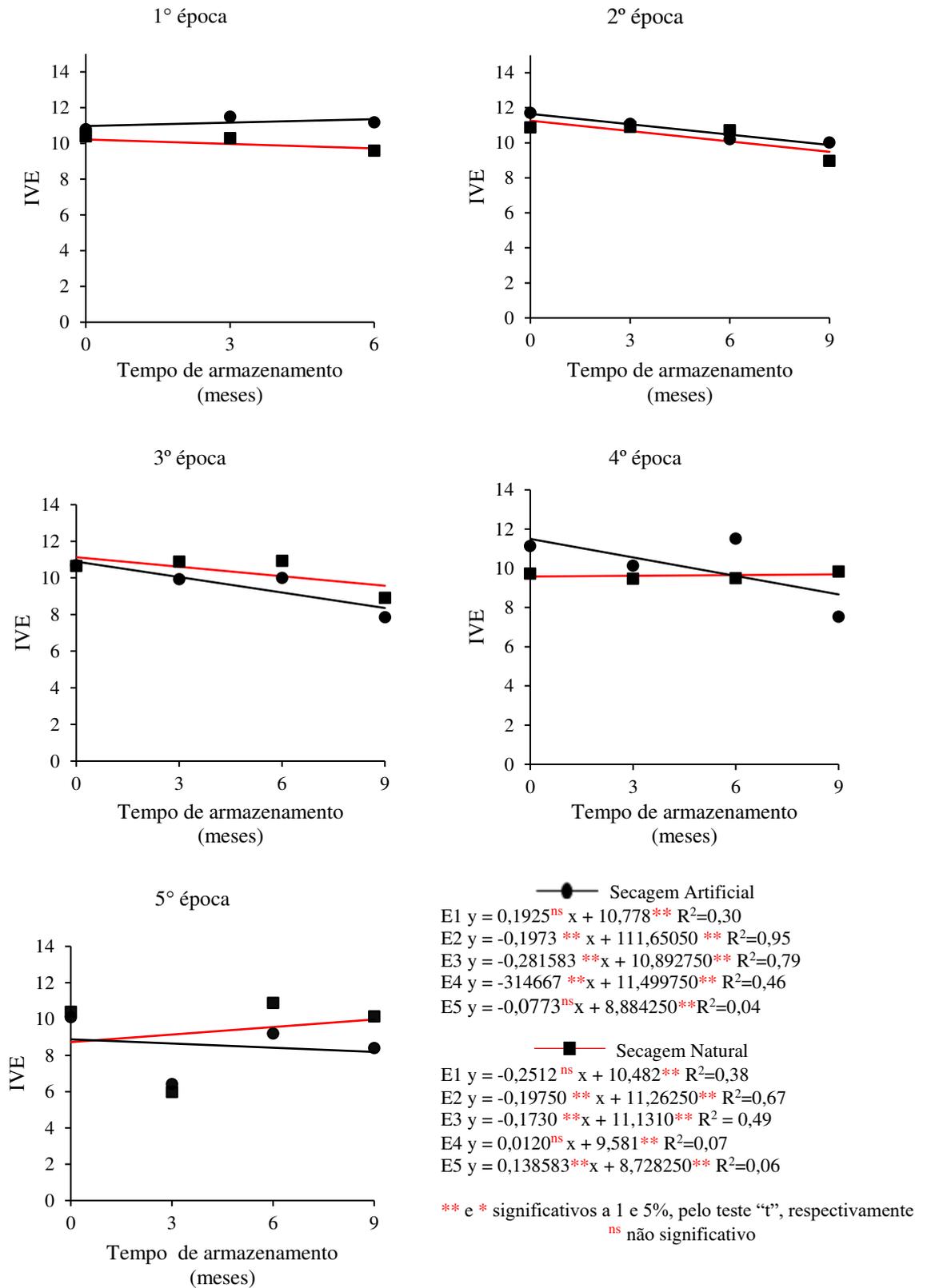


Figura 10. Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural em função do tempo de armazenamento.

Para as sementes submetidas à secagem natural, na avaliação inicial, observou-se que as épocas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram 10,2, 11,3, 11,1, 9,6 e 8,7 de IVE, respectivamente (Figura 10). E1 e E4 não apresentaram efeito no vigor ao longo do armazenamento; assim, como verificado na secagem artificial, E2 e E3 apresentaram redução no vigor; já para E5 verificou-se um incremento no vigor das sementes ao longo do armazenamento, apresentando ao final desse tempo IVE de 10,1.

### 3. 5 Envelhecimento acelerado

Analisando o efeito das épocas de colheita de sementes, em cada tempo de armazenamento e método de secagem, verificou-se que no início do armazenamento, na secagem artificial, E1 e E2 apresentaram maior vigor em relação a E3, E4 e E5; já, na secagem natural, maior vigor foi observado para E3, vigor intermediário para E2 e E4, baixo vigor para E1 e baixíssimo vigor para E5 (Tabela 8).

Tabela 8. Germinação após envelhecimento acelerado (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	73 aA	53 cB	48 aA	33 bB	44 bA	14 eB	-	-
E2	66 bA	63 bA	54 aA	39 aB	65 aA	53 bB	20 cA	16 cA
E3	74 aB	83 aA	42 bA	38 aA	38 bB	63 aA	33 bA	29 bA
E4	49 cB	60 bA	52 aA	38 aB	6 cB	42 cA	41 aA	40 aA
E5	30 dB	46 dA	32 cA	30 bA	44 bA	22 dB	14 cA	14 cA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Aos três meses de armazenamento, constatou-se maior vigor de sementes para as épocas de colheita 1, 2 e 4, vigor intermediário para E3 e baixo vigor para E5; na secagem natural, E2, E3 e E4 apresentaram resultados de vigor superiores em relação a E1 e E5.

Aos seis meses, para a secagem artificial, maior vigor de foi verificado para E2, vigor intermediário para E1, E3 e E5 e baixo vigor para E4; na secagem natural, observou-se que E3 apresentou vigor superior comparado aos demais épocas de colheita.

Para a avaliação realizada aos nove meses, em ambos os métodos de secagem, verificou-se maior vigor de sementes em E4, vigor intermediário para E3, e baixo vigor para E2 e E5.

Avaliando o efeito dos métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e época de colheita, observou-se que no início do armazenamento, com exceção de E1, onde a secagem artificial conferiu maior vigor de sementes em relação à secagem natural, e também de E2, onde não houve diferença entre os métodos; nas demais épocas de colheita a secagem natural propiciou a obtenção de sementes mais vigorosas (Tabela 8).

Aos três meses de armazenamento constatou-se que, para E3 e E5, não houve diferença entre os métodos de secagem; para E1, E2 e E4, a secagem artificial conferiu maior vigor.

No sexto mês de armazenamento, a secagem artificial conferiu maior vigor de sementes para de E1, E2 e E5; já, a secagem natural foi mais benéfica a E3 e E4.

Na avaliação realizada aos nove meses não houve diferença entre os métodos de secagem.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram 73% (E1), 66% (E2), 74% (E3), 50% (E4) e 30% (E5) de germinação após o envelhecimento acelerado (Figura 11). Já para as sementes submetidas à secagem natural os valores de germinação na avaliação inicial foram de 53% (E1), 63% (E2), 83% (E3), 59% (E4) e 46% (E5).

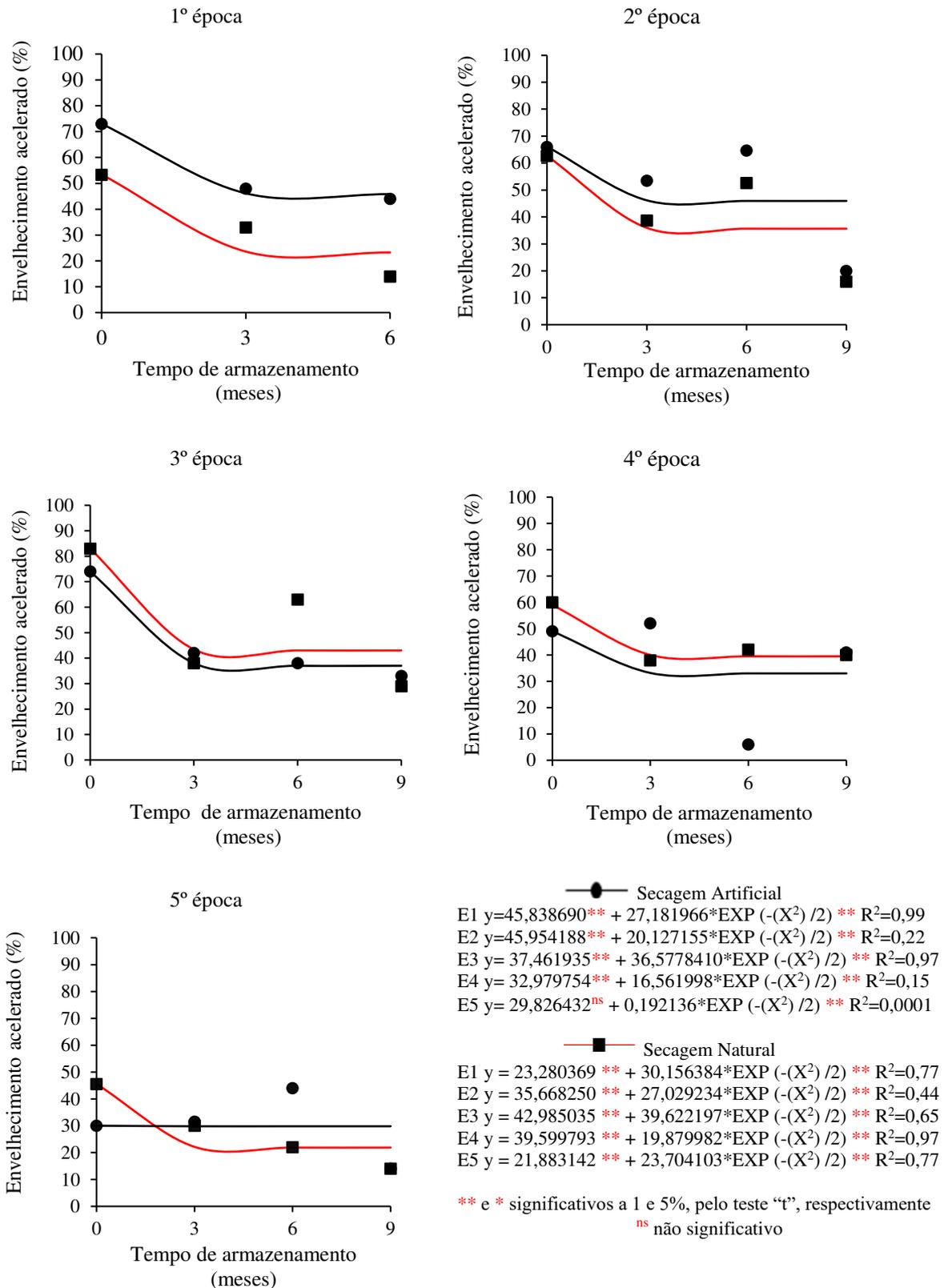


Figura 11. Germinação após envelhecimento acelerado (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural, em função do tempo de armazenamento.

Com exceção de E5, submetido à secagem artificial, observou-se redução significativa dos valores de germinação das sementes na avaliação realizada aos três meses de armazenamento na ordem de 27%, 20%, 36% e 16% de germinação das épocas de colheita 1, 2, 3, e 4 (Figura 11). Já, para os tratamentos submetidos à secagem natural a redução no vigor foi de 30%, 27%, 39%, 20% e 23%, para E1, E2, E3, E4 e E5, respectivamente. Nos tempos de armazenamento seguintes, independente da época de colheita e método de secagem, não houve acréscimo ou redução significativa nos valores de vigor das sementes.

### 3. 6 Condutividade elétrica

Analisando efeito das épocas de colheita de sementes em cada tempo de armazenamento e método de secagem, verificou-se, no início do armazenamento, na secagem artificial, para E1 e E2, menores valores de CE, ou seja, maior vigor de sementes, em relação aos demais épocas; já na secagem natural, E2 e E3 apresentaram vigor superior em relação E1, E4 e E5 (Tabela 9).

Tabela 9. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o método de secagem (artificial e natural) e tempos de armazenamento (Inicial, 3, 6 e 9 meses).

Época de colheita	Tempo de armazenamento (meses)							
	Inicial		3		6		9	
	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural
E1	93,1 aA	109,9 bB	104,4 aA	131,4 dB	101,1 bA	106,1 bA	-	-
E2	91,5 aA	99,9 aA	103,2 aA	107,9 bA	87,4 aA	91,1 aA	83,8 aA	93,8 bB
E3	108,2 bB	99,0 aA	108,6 aB	95,1 aA	95,8 bA	89,8 aA	89,6 aA	85,7 aA
E4	116,3 bA	117,9 bA	102,6 aA	115,2 cB	96,4 bA	106,9 bB	90,0 aA	92,8 bA
E5	112,1 bA	118,2 bA	110,2 aA	123,7 dB	114,9 cA	108,6 bA	102,3 bA	98,8 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, comparando as épocas de colheita, fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando os métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

E1: 1º época de colheita; E2: 2º época de colheita; E3: 3º época de colheita; E4: 4º época de colheita; E5: 5º época de colheita

Aos três meses de armazenamento, não houve diferença entre as épocas de colheita de sementes quando submetidas à secagem artificial; na secagem natural,

observou-se que o E3 apresentou menores valores de condutividade elétrica em relação aos demais épocas.

Aos seis meses, para à secagem artificial, E2 demonstrou maior vigor de sementes em relação as demais épocas, vigor intermediário foi constatado para E1, E3 e E4 e baixo vigor para as sementes de E5; na secagem natural, E2 e E3 apresentaram maior vigor em relação a E1, E3 e E5.

Para a avaliação realizada aos nove meses, o E5 demonstrou menor vigor de sementes em relação aos demais, quando submetido à secagem artificial; já, quando submetidos a secagem natural, maior vigor de sementes foi observado para E3.

Avaliando o efeito dos métodos de secagem em cada tempo de armazenamento e época de colheita, verificou-se que, no início do armazenamento, com exceção de E1, onde a secagem artificial proporcionou vigor superior em relação à secagem natural, e de E3, onde a secagem natural foi superior, nas demais épocas de sementes não houve diferença entre os métodos de secagem (Tabela 9).

Aos três meses de armazenamento observou-se que somente para E2 não houve diferença entre os métodos de secagem; já, para E3, maior vigor de sementes foi verificado quando esse foi submetido à secagem natural; já, as sementes de E1, E4 e E5, apresentaram menor condutividade elétrica quando submetidas a secagem artificial.

No sexto mês de armazenamento, somente para E4 constatou-se diferença estatística entre os métodos de secagem, sendo observado vigor superior a secagem artificial. Na avaliação realizada aos nove meses, somente para E2 houve diferença entre os métodos de secagem aplicados, sendo observado maior vigor quando o mesmo foi submetido à secagem artificial.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem artificial apresentaram valores de CE de 93,1 (E1), 93,5 (E2), 109,2 (E3), 115,9 (E4) e 110,8 (E5) (Figura 12). Já para as sementes submetidas à secagem natural, os valores de CE na avaliação inicial foram de 109,9 (E1), 102,1 (E2), 99,1 (E3), 117,9 (E4) e 119,5 (E5). Com exceção de E1, submetida à secagem natural, não houve efeito significativo nos valores de condutividade elétrica das sementes ao longo do armazenamento, independentemente do método de secagem.

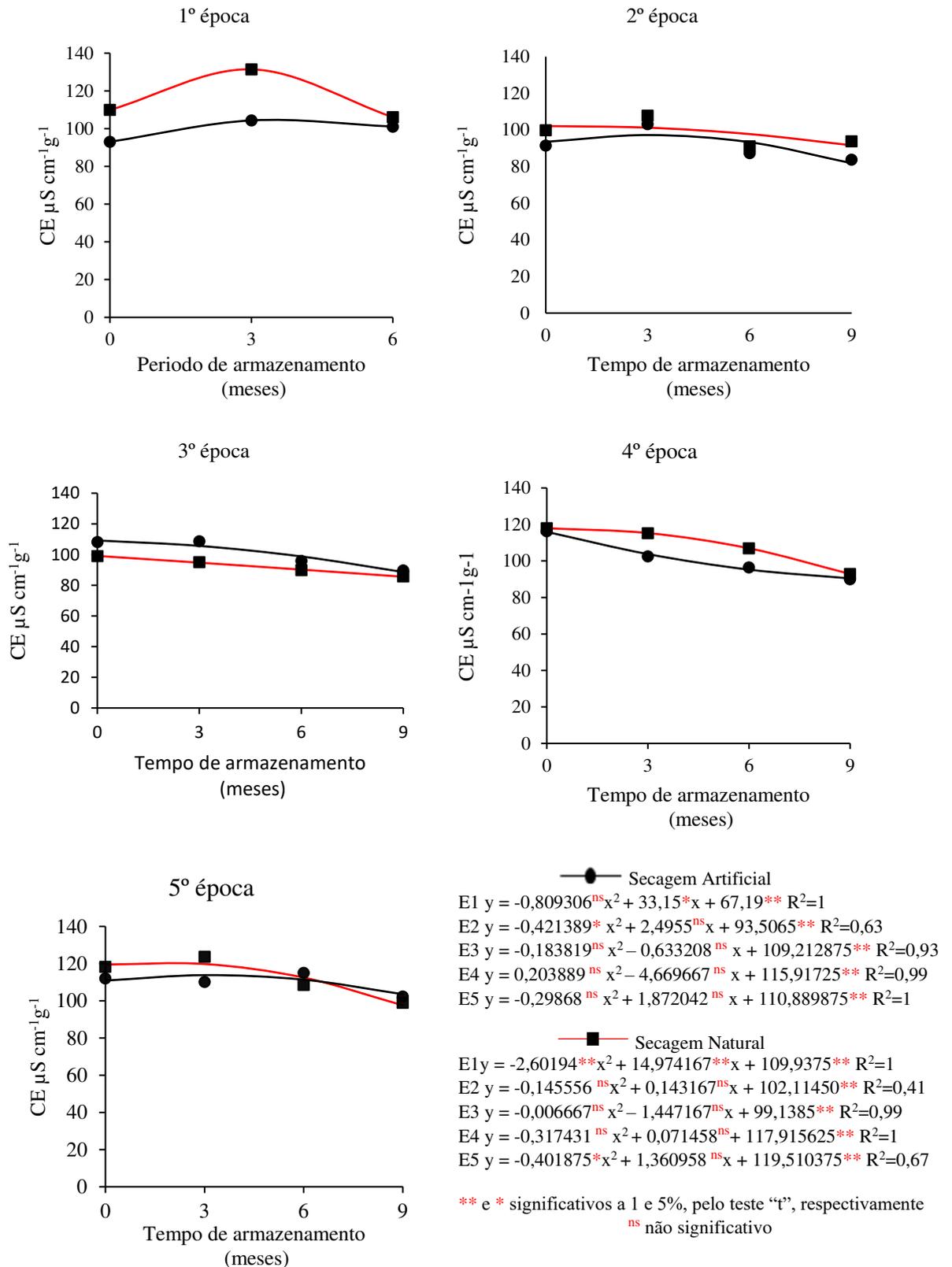


Figura 12. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, submetidas aos métodos de secagem artificial e natural, em função do tempo de armazenamento.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Teor de água das sementes

O ambiente de armazenamento proporcionou que o teor de água das sementes se mantivesse em níveis aceitáveis de armazenamento, mesmo as condições não sendo controladas (Tabela 1). Houve variação de 13,4 a 10,7% de teor de água das sementes.

Contudo, verificou-se que houve variação nos teores de água ao longo do armazenamento, devido às flutuações de umidade relativa do ar ambiente de armazenamento (Figura 6). As sementes, devido à sua capacidade higroscópica, tendem a entrar em equilíbrio com o meio onde se encontram. Nesse sentido, o aumento ou redução da umidade relativa do ar resulta em alteração no conteúdo de água das sementes (CORRÊA et al., 2005).

Marcos-Filho (2015a) afirma que, de modo geral, o teor de água das sementes ortodoxas deve ser mantido de 10 a 12%, para o armazenamento durante seis a oito meses.

### 4.2 Consideração inicial

Primeiro, é preciso ressaltar que era de se esperar que os testes de germinação e de emergência apresentassem resultados semelhantes ou mesmo próximos, visto que foram conduzidos em ambientes controlados, permitindo que as sementes expressem seu máximo potencial fisiológico. Contudo, verificou-se para algumas épocas de colheita resultados distintos entre as análises.

Observa-se na Figura 7, no teste de germinação em rolo de papel, que a partir do terceiro mês de armazenamento, os percentuais de germinação de todas as épocas de colheita ficaram abaixo do mínimo exigido para a comercialização de sementes de feijão-caupi, que é de 80% (BRASIL, 2013). Entretanto, no teste de emergência, E1 e E2 mantiveram os percentuais de emergência acima do mínimo exigido, por até nove meses de armazenamento (Figura 9).

Visualmente, foi observado maior incidência de fungos no teste de germinação em rolo de papel do que em emergência de areia. No teste de emergência, a possibilidade de interferência direta de fungos é reduzida, pois, ao emergirem, as plântulas deixam o tegumento contaminado na areia, ficando os cotilédones livres desses fungos, não comprometendo os resultados (ASSIS et al., 2019).

A mesma constatação vale para os resultados de envelhecimento acelerado, que podem ter sido comprometidos pela alta incidência de fungos. Segundo Rossetto et al. (2003), a contaminação por fungos como *Aspergillus* spp. e de *Rhizopus* spp. pode limitar a estimativa do vigor das sementes, pois estes microrganismos influenciam na deterioração das sementes durante o teste de envelhecimento acelerado.

Para o feijão-caupi, ainda não há registros de fungicidas específicos para o tratamento de sementes.

#### **4. 3 1º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento**

A sementes que compuseram o tratamento E1 foram originadas de colheita realizada no momento em que 44,4%, 32,2% e 23,4% do total de vagens encontravam-se com coloração verde, roxa e amarelo-amarronzadas, respectivamente. O teor de água médio de cada época de colheita, foi de 57% (Figura 5).

Independentemente do método de secagem, o percentual de emergência E1 manteve-se acima do valor mínimo exigido de 80% de germinação para a comercialização de sementes de feijão-caupi, durante os tempos de armazenamento (BRASIL, 2013). Contudo, comparando-se os métodos, observou-se que a secagem artificial das sementes dentro da vagem favoreceu a obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica.

O teor de água no momento da colheita pode ser utilizado como indicador de que as sementes de um campo de produção atingiram a maturidade fisiológica, pois, após esse momento, inicia-se a desidratação rápida da semente (LEPRINCE et al., 2017). Nogueira et al. (2014) observaram maior germinação e vigor de sementes de feijão-caupi, Cv. BRS Guariba, entre 14-18 dias após a antese, tempo em que o teor de água das sementes foi de 53,6% para 14%. Nota-se, que o teor de água de E1, no momento da colheita, é próximo ao verificado por esses autores, indicando que, possivelmente, esse tratamento foi colhido na maturidade fisiológica ou bem próximo a este momento.

Porém, mesmo colhendo próximo à maturidade fisiológica, deve-se atentar ao método de secagem que será utilizado, pois, como verificou-se nos resultados apresentados, a secagem artificial favoreceu a obtenção de sementes de melhor qualidade. Em razão das condições psicométricas do ar de secagem, era de se esperar que a secagem artificial causasse maiores prejuízos a qualidade das sementes, devido ao seu alto teor de água no momento da secagem. Isso porque, segundo Marcos-Filho (2015a), quando as sementes ainda estão com teores de água elevados, a secagem rápida, após a debulha das

sementes, pode acentuar a desestruturação do sistema de membranas celulares e reduzir a ação de mecanismos protetores à dessecação, que são fundamentais para a manutenção da qualidade das sementes.

A secagem rápida, após a debulha, pode acentuar a desestruturação do sistema de membranas celulares das sementes (ULLMANN et al., 2012; RESENDE et al., 2012; ALMEIDA et al., 2013). Com a desidratação mais lenta, não há interrupção abrupta da síntese de proteínas e de enzimas, o que permite a organização adequada do sistema de membranas celulares (MARCOS-FILHO, 2015b). Entretanto, não se observou no presente estudo efeitos negativos da secagem artificial sobre a qualidade das sementes de E1.

Apesar de menor tempo para a redução do teor de água das sementes quando comparado a secagem natural, as condições psicométricas do ar de secagem artificial simulam uma secagem lenta das sementes, semelhante à ocorrida no campo, após a maturidade fisiológica das sementes (QUEIROZ et al., 2011). Além disso, em ambos os métodos as sementes não foram debulhadas, portanto a secagem ocorreu com as mesmas ainda no interior da vagem. Samarah et al. (2009) relatam que, quando a secagem de sementes de soja foi realizada com as mesmas ainda no interior das vagens, possivelmente houve perda mais lenta do teor de água, permitindo a organização do sistema de membranas, manifestando-se seus benefícios também no vigor das sementes.

Muito provavelmente, o tempo de secagem de cada método pode ter sido determinante. Isso porque, enquanto na secagem artificial as sementes atingiram teor de água de 13 % em, aproximadamente, 48 horas, na secagem natural, foi necessárias aproximadamente 168 horas.

A secagem natural é totalmente dependente das condições psicométricas do ar ambiente, o que muitas vezes pode não ser adequado para a redução do conteúdo de água das sementes (LUDWIG, 2017). No presente estudo, observou-se que o ambiente de secagem natural apresentou temperatura média de 22,5 °C e umidade relativa do ar de 67% (Figura 6). Nessas condições psicométricas pode-se levar maior tempo para que ocorra a secagem das sementes ao nível pretendido. Morais et al. (2013) relatam que o tempo requerido para a secagem do feijão-caupi é dependente da temperatura de secagem.

Uma taxa de secagem excessivamente lenta também pode ser prejudicial à qualidade das sementes, principalmente quando as sementes estão com teores de água elevados (AHRENS e LOLATTO, 1995; MIRANDA et al., 1999; EICHELBERGER et al., 2003). Segundo Gonçalves et al. (2015), sementes que permanecem por um longo

período com teor de água elevado, tem o processo de deterioração acelerado, podendo causar a perda de sua viabilidade.

Zonta et al. (2011) também observaram que o período prolongado de secagem de sementes de pinhão-mansão, proporcionado pelo método de secagem à sombra, provavelmente favoreceu o envelhecimento acelerado de sementes, gerando perda acentuada da capacidade germinativa das mesmas. Silva et al. (2016) também observaram que o tempo mais longo de secagem pode promover a deterioração e conseqüente redução da germinação de sementes de crame.

Verificou-se para E1, nas Figuras 9, 10 e 12, nos testes de emergência, IVE e CE, que não houve diferença entre os tempos de armazenamento nos valores dessas variáveis. Certamente, a melhor qualidade inicial foi determinante na capacidade de conservação da qualidade das sementes. Timoteo e Marcos-Filho (2013) também demonstraram a influência do potencial fisiológico inicial, durante o armazenamento de sementes de dois híbridos de milho.

#### **4. 4 2º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento**

O tratamento E2 foi composto por sementes obtidas em colheita quando o campo apresentava 21,1% de vagens na cor verde, 25,3% de vagens na cor roxa e 53,6% de vagens na cor amarelo-amarronzadas e teor de água médio das sementes de 47% (Figura 5).

Assim como E1, as sementes desta época de colheita, independentemente do método de secagem, mantiverem, durante os nove meses de armazenamento, percentual de emergência superior ao mínimo exigido para a comercialização de sementes (BRASIL, 2013). Possivelmente, a colheita mais próxima da maturidade fisiológica favoreceu a obtenção de sementes de melhor qualidade, uma vez que as mesmas permaneceram menos tempo no campo, sob o efeito de condições climáticas adversas e o ataque de pragas e doenças.

Não se verificou efeito do método de secagem na qualidade das sementes desta colheita, indicando que, mesmo o tempo mais prolongado de secagem conferido pela secagem natural, não foi determinante para afetar a qualidade das sementes, como observado em E1. Possivelmente, o maior percentual de vagens com coloração típica de amarelo-amarronzadas (Figura 2 C) e, assim sendo, maior número de sementes com maturidade fisiológica atingida, dotadas de mecanismos protetores de defesa contra

espécies reativas de oxigênio, sistema antioxidante ativo e membranas celulares integras, podem ter contribuído pra um melhor desempenho das sementes dessa época de colheita.

As sementes de E2 manteve baixos valores de condutividade elétrica durante os tempos de armazenamento. Isto indica maior organização das membranas celulares e conseqüentemente maior vigor de sementes (SILVA et al., 2017). O teste de condutividade elétrica pode identificar alterações fisiológicas e bioquímicas e está relacionado à alteração ou perda da integridade do sistema de membrana celular (DELOUCHE e BASKIN, 1973). A longevidade e o potencial de armazenamento das sementes são afetados pela qualidade fisiológica das sementes após a colheita (SILVA et al., 2017).

#### **4. 5 3º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento**

A sementes que compuseram E3 foram originadas de colheita realizada no momento em que 16%, 19,1% e 64,9% do total de vagens encontravam-se com coloração verde, roxa e amarelo-amarronzadas, respectivamente. O teor de água médio das sementes foi de 32,5% (Figura 5).

Na avaliação inicial, verificou-se que os métodos de secagem não afetaram a emergência das plântulas. Como discutido anteriormente, possivelmente, o maior percentual de vagens amarelo-amarronzadas no momento da colheita (Figura 2 C) e, assim sendo, maior número de sementes fisiologicamente amarelo-amarronzadas conferiram maior proteção aos efeitos deletérios da secagem excessivamente lenta, observado principalmente na secagem natural.

Observou-se para esta época de colheita que houve queda na emergência das plântulas já no terceiro mês de armazenamento. Vale ressaltar, que anteriormente, independentemente do método de secagem, os valores de emergência estavam acima no mínimo exigido para comercialização (80% de germinação). Contudo, com apenas três meses de armazenamento, os mesmos valores reduziram para níveis abaixo do mínimo exigido para essa espécie (BRASIL, 2013), inviabilizando a comercialização das sementes dessa época de colheita. Também se verificou redução no vigor das sementes, indicando possível efeito latente da secagem na qualidade das sementes, sobretudo da artificial, pois como observou-se a redução na qualidade foi maior nesse método.

Hartmann Filho et al. (2016), avaliando o efeito de diferentes temperaturas de secagem e do armazenamento sobre o crescimento de plântulas de soja, observaram

declínio na germinação das sementes de forma linear ao longo do armazenamento, caracterizando-se dano latente.

Como discutido anteriormente, as sementes provenientes de E1 foram colhidas na maturidade fisiológica ou bem próxima a esse momento, sendo a diferença entre as datas de colheita de E1 e E3 de 16 dias. Assim, possivelmente, o atraso na retirada das sementes do campo pode ter influenciado no potencial de conservação das sementes de E3, uma vez que, as mesmas permaneceram por maior tempo expostas às condições ambientais e ao ataque e pragas e doenças, sobretudo as que já haviam atingido a maturidade fisiológica, provenientes de vagens na cor amarelo-amarronzadas.

Sabe-se que o marco inicial do processo de deterioração é o ponto de maturidade fisiológica das sementes. A intensidade do processo de deterioração é dependente do nível de adversidade a que as sementes são expostas (PELÚZIO et al., 2008; DINIZ et al., 2013). Segundo Zimmer (2012), os sinais da deterioração das sementes aparecem à medida que o armazenamento avança e se manifesta com redução no crescimento das plântulas, emergência, aumento no número de plântulas anormais, porcentagem de germinação, entre outros fatores, demonstrando redução do vigor, como verificou-se no presente estudo. Por isso, além da colheita no momento ideal, é importante fornecer melhores condições para preservar a qualidade da semente, tais como baixa umidade relativa do ar e temperatura, fim de se manter a semente com baixa atividade metabólica (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

#### **4. 6 4º época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento**

A 4ª época de colheita 4 foi composta por sementes obtidas em colheita realizada quando o campo de produção apresentava 6,6% de vagens na cor verde, 13,4% de vagens na cor roxa e 79,9% de vagens na cor amarelo-amarronzadas e teor de água médio das sementes de 27,7% (Figura 5).

Para esta época de colheita, na avaliação inicial de armazenamento, observou-se maior emergência e vigor de sementes (IVE) para as sementes secas artificialmente. Contudo, nas avaliações seguintes, verificou-se maior manutenção de qualidade ao longo do armazenamento, para aquelas que passaram pela secagem natural. Vale ressaltar que ao final dos nove meses de armazenamento o percentual de emergência das plântulas secas naturalmente ainda estava acima do mínimo exigido para a comercialização.

Assim como observado anteriormente, em E3, o maior nível de deterioração dessa época de colheita, devido a maior permanência no campo das sementes, possivelmente, aumentou a sensibilidade das sementes aos efeitos da secagem. Observou-se para essa época na avaliação inicial, assim como em E3 e E5, maior liberação de líquidos no teste de condutividade elétrica. Como a degradação das membranas celulares se constitui, hipoteticamente, no primeiro evento do processo de deterioração (DELOUCHE & BASKIN, 1973), os testes que avaliam a integridade das membranas seriam, teoricamente, os mais sensíveis para estimar o vigor, como é o caso do teste de condutividade elétrica. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico, revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranas das células (VIEIRA et al., 2002)

Na fase pré-colheita das sementes, verificou-se precipitação de 8 milímetros e umidade relativa do ar média acima dos 80%. Essas condições ambientais aceleram o processo de deterioração das sementes, sobretudo naquelas sementes que atingiram a maturidade precocemente, o que pode provocar a redução na germinabilidade e principalmente no vigor das sementes (DALTRO et al., 2010).

#### **4.7 5ª época de colheita versus efeito da secagem e armazenamento**

A sementes que compuseram E5 foram originadas de colheita realizada no momento em que 100% das vagens encontravam-se com coloração amarelo-amarronzadas. O teor de água médio de foi de 24% (Figura 5).

Com resultados semelhantes, observou-se para este tratamento, que o método de secagem não afetou a qualidade fisiológica das sementes. Mas, quando comparado aos as épocas de colheita anteriores, verificou-se menor qualidade das sementes deste tratamento na maior parte das variáveis analisadas.

Entre a primeira colheita, ou seja, e a última colheita que correspondeu a E5, houve uma janela de 32 dias. Nesse período, observou-se que a média de temperatura foi de 19,1 ° e 84% de UR, além do registro de 12,6 mm de precipitação (Figura 1). A alta umidade relativa pressupõe a ocorrência de hidratações e desidratações nas sementes, retardando o processo de secagem natural. Tal como observado para esta época de colheita, que apesar de todas as vagens estarem secas e fáceis de debulhar, as sementes ainda se encontravam com alto teor de água (24%), devido a higroscopicidade das sementes.

A alta umidade relativa do ar e a ocorrência de chuva em pré-colheita podem acelerar o processo de deterioração das sementes e favorecer a incidência de microrganismos, comprometendo não somente a qualidade fisiológica das sementes, mas também seu potencial de conservação (FORTI et al., 2013).

Vale ressaltar que, devido a desuniformidade de maturação das sementes da cultivar estudada, algumas sementes haviam atingido a maturidade fisiológica precocemente. Dessa forma, ficaram armazenadas no campo, sob condições que não são ideais, intensificando o processo de deterioração. Em sementes mais deterioradas, há menor integridade das membranas e, como consequência, ocorre o extravasamento do conteúdo celular para o meio, constatado pelo aumento da quantidade de lixiviados, durante o processo de embebição no teste de condutividade elétrica (KRUSE et al. 2006), tal como observado para esta época de colheita na variável CE.

Apesar da qualidade inicial não ter sido influenciada pelo método de secagem, nos tempos de armazenamento seguintes, verificou-se maior qualidade para as sementes submetidas à secagem natural. Assim como observado em E4, a deterioração mais acelerada, possivelmente, aumentou a sensibilidade das sementes aos efeitos da secagem, principalmente, a artificial, em que o tempo de secagem é mais rápido, e por tanto, maior a possibilidade de ocorrência de danos à qualidade das sementes.

## 5 CONCLUSÕES

Sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 57% têm a qualidade fisiológica reduzida quando submetidas à secagem natural. A secagem artificial de sementes com 57% de umidade propicia a obtenção de sementes de qualidade superior e permite a antecipação de colheita e melhor conservação do potencial fisiológico.

Sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 47%, apresentam maior emergência na avaliação inicial, quando submetidas à secagem artificial. Durante o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes se iguala.

Não há efeito dos métodos de secagem na emergência avaliada no início do armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 32,5%. Contudo, maior as sementes submetidas à secagem natural apresentam maior vigor. Há redução na emergência e vigor das sementes durante o armazenamento, porém, menos drástica para aquelas submetidas à secagem natural.

A secagem artificial de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 27,7%, confere maior emergência na avaliação inicial. Durante o armazenamento, há redução na qualidade fisiológica das sementes, contudo em menor intensidade para aquelas submetidas à secagem natural.

A qualidade inicial de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, com teores de água de 24% não é afetada pelo método de secagem. Durante o armazenamento, as sementes submetidas à secagem natural apresentaram melhor qualidade fisiológica.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRAKHTEH, S.; FRAHMANDFAR, E.; HAMIDI, A., RAMANDI, H.D. Evaluation of growth characteristics and seedling vigor in two cultivars of soybean dried under different temperature and fluidized bed dryer. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.5, n.21, p.2537-2544, 2013.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Efeitos imediato e latente da secagem de sementes de feijão colhidas com diferentes níveis de umidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 33-40, 2000.

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; MENDES, U. C.; COSTA, L. M.; ROCHA, A. C. Influência da secagem na qualidade fisiológica do feijão adzuki. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.311-315, 2013.

AHRENS, D.C.; LOLLATO, M.A. Qualidade de semente de feijão e velocidade de secagem ao sol e em secador de fluxo contínuo. **Informativo ABRATES**, v.5, n.2, p.52, 1995.

ASSIS, M.O.; ARAUJO, E.F.; FREITAS, F.C.L.; SILVA, L.J.; ARAUJO, R.F. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of Cowpea seeds. **Planta daninha**, v. 37, p. 1-11, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece normas específicas e os padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes**. Brasília, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, vol. 150, n. 183, p 36-37. Seção 1. 2013. Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_24861657\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_45\\_DE\\_17\\_DE\\_SETEMBRO\\_DE\\_2013.aspx](http://www.lex.com.br/legis_24861657_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_45_DE_17_DE_SETEMBRO_DE_2013.aspx). Acesso em 30 de abr. 2020.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2012. 590 p.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra Brasileiro – grãos: oitavo levantamento, maio 2020 – safra 2019/2020**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-graos>

- CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessecamento e do calor esotérico de dessecamento para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, p.39-48, 2005.
- CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **Design of seed storage facilities for genetic conservation**. International Board of Plant Genetic Resources, 1985. 100p.
- DINIZ, F. O. REIS, M. S.; DIAS, L. A. S.; ARAÚJO, E. F.; SEIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 147-152, 2013.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 166-170, 2006.
- DUTRA, A. S.; TEOFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Journal of Seed Science**, v.29, n.1, p.193-197, 2007.
- EICHELBERGER, L.; MAIA, M.S.; PESKE, S.T.; MORAES, D.M. Efeito do retardamento da secagem na qualidade fisiológica de sementes armazenadas de azevém anual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.643-650, 2003.
- FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por 'umidade' e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113- RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Plantas de soja de alto rendimento y productividad. **Análisis de Semillas**, v.7, n.25, p.77-80, 2013.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. DE. A Secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.
- GONÇALVES, V.D., D.H. MUELLER, C.L.F. FAVA AND E.C. CAMILI. Physiological ripeness of pepper bode vermelha seeds. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, pp.137-146, 2015.
- HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. The Effect of Drying Temperatures and Storage of Seeds on the Growth of Soybean Seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 38, p.287–295. 2016.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**, Viçosa, MG, Brasil. 2018
- KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A.; DALMAZ, C.; TREZZI, M.M.; SIQUEIRA, I. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos

- herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 379-390, 2006.
- LEPRINCE, O.; PELLIZZARO, A.; BERRIRI, S.; BUITINK, J. Late seed maturation: drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, v.68, n. 4, p. 827–84, 2017.
- LUDWIG, M. P. **Princípios da pós-colheita de grãos e sementes**. IFRS, 2017, 191p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**. v.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS-FILHO, J. **Importância do potencial fisiológico da semente de soja**. Informativo ABRATES. vol.23, n.1, 2013.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015a. 660p
- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**. v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b.
- MENEZES, N. L. DE.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Drying temperatures on physical integrity, physiological quality and chemical composition of rice seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.430-436, 2012.
- MIRANDA, L.C.; DA SILVA, W.R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I. Monitoramento físico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2097-2108, 1999.
- MORAIS, S. J. S.; DEVILLA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.455-463, 2013.
- NOGUEIRA, N.W.; FREITAS, R.M.O.; TORRES, S.B.; LEAL, C.C.P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.3, p.312-317, 2014
- OLIVEIRA, I. J. de; FONTES, J. R. A.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M. **BRS Tumucumaque: cultivar de feijão-caupi com valor nutritivo para o Amazonas**. 2014. 4 p. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental (Comunicado técnico, 106).
- PELÚZIO, J.M.; RAMO, L.N.; FIDELIS, R.R.; AFFÉRI, F.S.; CASTRO-NETO, M.D.; CORREIA, M.A.R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.24, n.2, p.77-82, 2008.
- QUEIROS, L. A. F.; VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, J. A.; FERREIRA, V. F.; CARVALHO, B. O.; BUENO, A. C. R. Época de colheita e secagem na qualidade de

- sementes de pimenta habanero yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, nº 3 p. 472 - 481, 2011.
- 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**, v.32, p.151-155, 2012.
- ROSSETTO, C.A.V.; LIMA, T.M.; VIEGAS, E.C. Contaminação fúngica do amendoim em função das doses de calcário e das épocas de amostragem. **Bragantia**, v.62, n.3, p.437-445, 2003.
- SAMARAH, N.H., MULLEN, R.E., GOGGI, S. AND GAUL, A. Effect of drying treatment and temperature on soybean seed quality during maturation. **Seed Science and Technology**, v.37, p.469-473, 2009.
- SARATH, K. L. L.; GONELI, A. L. D.; FILHO, C. P. H.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.3, 233-240, 2016.
- SILVA, M. A. P.; LIMA, J. J. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C.; FERREIRA, G. Qualidade de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 358-365. 2016.
- SILVA, L. J. da; DIAS, D. C. F. dos S; OLIVEIRA, G. L; SILVA JUNIOR, R. A. da. The effect of fruit maturity on the physiological quality and conservation of *Jatropha curcas* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 487-495, 2017.
- TIMOTEO, T. S.; MARCOS-FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 207-215, 2013.
- ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Seed quality of *Jatropha* under different drying air conditions. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.442-447, 2010.
- VERGARA, R.DE O.; CAPILHEIRA, A. F.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. **Journal of Seed Science**, v.40, n.2, p.193-198, 2018.
- VIEIRA, A. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, C. E.; CARVALHO, F. E. de. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Journal of Seed Science**, v.29, p.76-82, 2007.

VIEIRA, R. D; PENARIO, A. L; PERECIN, D; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 09, p. 1333-1338, 2002.

ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPEL, 2012. cap. 2, p. 106-160.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. DOS S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p. 721-731, 2011.

### **CAPÍTULO 3: ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DE VAGENS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI, CV. BRS TUMUCUMAQUE**

**RESUMO:** Características visuais, como cor de vagem, têm sido utilizadas para caracterizar o momento de maturidade fisiológica de sementes. O estágio de maturação influencia não somente a qualidade fisiológica inicial das sementes, mas também o seu potencial de conservação. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar alterações físicas e fisiológicas durante o armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, obtidas de vagens em diferentes estádios de maturação. As sementes foram avaliadas quanto pelos testes de peso de mil sementes, uniformidade, teor de água, germinação, primeira-contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. As avaliações de peso de mil sementes e uniformidade foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado. Nas avaliações de qualidade fisiológica, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os estádios de maturação (vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas) e na subparcela os tempos de armazenamento (0, 3 e 6 meses). As sementes foram armazenadas em ambiente não controlado. Houve efeito significativo do estágio de maturação de vagens nas variáveis peso de mil sementes e uniformidade. Apenas para a variável índice de velocidade de emergência não houve interação significativa entre estádios de maturação e tempos de armazenamento. Os teores de água das sementes durante os tempos de armazenamento variaram de 13,6% a 11,8%. As sementes provenientes de vagens com coloração verde, apresentaram menor valor de peso de mil sementes em relação às sementes dos demais estádios de maturação. Os estádios de maturação com vagens com coloração roxa e amarelo-amarronzadas proporcionaram a obtenção de sementes de maior tamanho e em número uniforme. Maior percentual de emergência foi verificado para sementes oriundas de vagens de coloração amarelo-amarronzadas e roxa, em relação às sementes de vagens verdes. As sementes de vagens roxas apresentaram menor valor de condutividade elétrica. Vigor intermediário foi observado para sementes de vagens amarelo-amarronzadas e vigor inferior para sementes de vagens verde. O peso de mil sementes e uniformidade de tamanho das sementes aumentaram nos estádios de maturação de vagens com coloração externa roxas e amarelo-amarronzadas. Em geral, sementes obtidas de vagens com

coloração externa roxa e amarelo-amarronzadas apresentam maior germinação e vigor. Nessas sementes, a germinação foi mantida até seis meses de armazenamento. Durante o armazenamento, houve redução mais acentuada no vigor das sementes oriundas de vagens de coloração amarelo-amarronzadas. Menor qualidade fisiológica foi observada em sementes de vagens verdes em todos os tempos de armazenamento.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*; germinação; vigor; colheita; secagem armazenamento.

### CHAPTER 3: STADIUM PODS MATURATION PHYSIOLOGICAL QUALITY BEAN-COWPEA SEEDS, CV. BRS TUMUCUMAQUE

**ABSTRACT:** Visual characteristics, such as pod color, have been used to characterize the moment of physiological maturity of seeds. The maturation stage influences not only the initial physiological quality of the seeds, but also their conservation potential. Thus, the objective of the present work was to evaluate physical and physiological changes during the storage of cowpea seeds, cv. BRS Tumucumaque, obtained from pods at different maturation stages. The seeds were evaluated by tests of weight of a thousand seeds, uniformity, water content, germination, first germination count, emergence, emergence speed index, accelerated aging and electrical conductivity. The thousand seed weight and uniformity assessments were conducted in a completely randomized design. In evaluations of physiological quality, the experiment was conducted in a completely randomized design, with four replications, in a split-plot scheme. The maturation stages (green, purple and yellow-brown pods) were allocated in the plots and the storage times in the subplot (0, 3 and 6 months). The seeds were stored in an uncontrolled environment. There was a significant effect of the pod maturation stage on the variables weight of a thousand seeds and uniformity. Only for the emergency speed index variable there was no significant interaction between maturation stages and storage times. The water content of the seeds during storage times varied from 13.6% to 11.8%. The seeds from pods with green color, presented a lower weight value of a thousand seeds in relation to the seeds of the other maturation stages. The maturation stages with pods with purple and yellow-brown coloring provided the obtaining of larger seeds and in uniform number. A higher percentage of emergence was observed for seeds from yellowish-brown and purple colored pods, in relation to green pod seeds. The seeds of purple pods showed a lower electrical conductivity value. Intermediate vigor was observed for seeds of yellow-brown pods and inferior vigor for seeds of green pods. The weight of a thousand seeds and uniformity of seed size increased in the stages of maturation of pods with purple and brown-yellow external color. In general, seeds obtained from pods with purple and yellow-brown external color have greater germination and vigor. In these seeds, germination was maintained for up to six months of storage. During storage, there was a more marked reduction in the vigor of seeds from yellow-brown pods. Lower physiological quality was observed in green pod seeds at all storage times.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*; germination; vigor; harvest; drying storage.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa de origem africana com grande importância socioeconômica, sobretudo em regiões carentes, fornecendo segurança alimentar, renda e nutrição a milhões de pessoas (BOUKAR et al., 2019). É amplamente cultivado em todo o mundo, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, ocupando área global de cerca de 14 milhões de hectares. Os principais produtores mundiais são Nigéria, Níger e Brasil (FAOStat, 2018; CONAB, 2019).

Espécies de crescimento indeterminado, como o feijão-caupi, apresentam florescimento e maturação de sementes desuniformes. No campo, é possível encontrar desuniformidade de maturação não somente na população de plantas, mas numa mesma planta é possível observar vagens e sementes em diferentes estádios de maturação. Essas características dificultam a determinação do momento ideal de colheita dos campos de sementes, podendo trazer prejuízo tanto à qualidade fisiológica quanto ao rendimento de sementes.

A disponibilidade de características que permitam identificar, de maneira mais simples, a época ideal de colheita é essencial para o sementeiro. O monitoramento de características morfológicas da planta tem sido considerado um mecanismo eficiente e prático para atingir tal objetivo (MARCOS-FILHO, 2015).

Características visuais, como cor de vagem, têm sido utilizadas para caracterizar o momento de maturidade fisiológica de sementes. Samarah e Abu-Yahya (2008), observaram que sementes de grão-de-bico atingiram a maturidade fisiológica quando a coloração da vagem se tornou amarela. Entretanto, os mesmos autores também verificaram que valores máximos de germinação e vigor ocorreram após a maturidade fisiológica, em sementes provenientes de vagens de coloração marrom. Já Samarah et al. (2004) observaram que sementes de ervilhaca (*Vicia sativa* L.) atingiram a maturidade fisiológica quando as vagens se tornaram amarelas. Khatum et al. (2009) verificaram que sementes de lentilha apresentavam máximo conteúdo de matéria seca quando as vagens se encontravam com coloração levemente marrom mesclada de amarelo.

O estágio de maturação influencia não somente a qualidade fisiológica inicial das sementes, mas também o seu potencial de conservação (FANAN et al., 2009; NERY et al., 2014). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), sementes colhidas antes ou depois do ponto de maturidade fisiológica possuem menor potencial de armazenamento, ou por não terem atingido ainda o máximo vigor, ou por já terem iniciado o processo de deterioração.

Os mesmos autores comentam que, ao serem armazenadas, as sementes apresentam diferentes níveis de qualidade, em função, principalmente, do que aconteceu em fases anteriores.

Trabalhos científicos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estudar a maturidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, sem, contudo, considerar características visuais que permitam identificar a época ideal de colheita e sua relação com o potencial de conservação das sementes. Desse modo, objetivou-se neste trabalho avaliar alterações físicas e fisiológicas durante o armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, obtidas de vagens em diferentes estádios de maturação.

## 2 MATERIAL E METODOS

As amostras para os testes de qualidade foram tomadas em campo experimental, com área de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>, implantado em fevereiro de 2018, no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 20°45'14" latitude sul e 42°52'53" longitude oeste, a 650 m de altitude (Figura 1).



Figura 1. Campo experimental de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, localizado na UEPE Professor Diogo Alves de Mello.

### 2. 1 Implantação do campo de produção de sementes

O preparo do solo e a semeadura foram realizados no dia 01 de fevereiro de 2018, em sistema de plantio direto com semeadora-adubadora tratorizada. O espaçamento entre linhas de plantio foi de 0,5 m e a densidade de semeadura de 10 sementes por metro linear, resultando em uma população de 200.000 plantas por hectare. O cultivar utilizado foi a BRS Tumucumaque, de arquitetura semiereta e tipo de crescimento indeterminado (OLIVEIRA et al., 2014). A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo, na qual se aplicaram 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K na formulação 08-28-16.

O manejo químico de plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida bentazon + imazamox (1200+56 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), para o controle de plantas daninhas de folhas largas, e do herbicida fluazifob-p-butyl (250 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), para o controle de gramíneas anuais e perenes. O controle de *Diabrotica speciosa* foi realizado com duas aplicações do inseticida deltametrina (3 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), e o controle de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) foi realizado com aplicação do fungicida químico tiofanato metílico+mancozeb (2 kg ha<sup>-1</sup> de i.a.).

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar, do período de condução do experimento, estão apresentados na Figura 1. Os registros climatológicos foram obtidos da estação do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, instalada no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

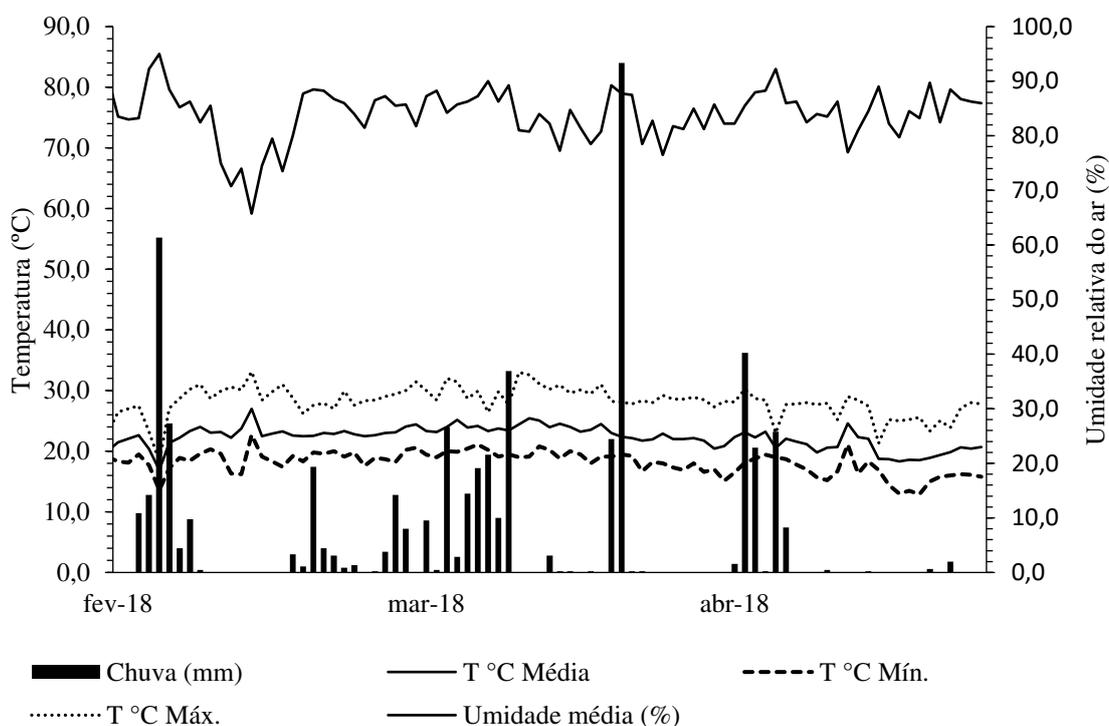


Figura 2. Dados diários de precipitação, temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período de condução do experimento. Fonte: INMET (2018).

Não foi necessário realizar irrigação suplementar durante o desenvolvimento do campo de produção de sementes.

Colheu-se as vagens de feijão-caupi, pelo arranquio manual das plantas. No momento da colheita, 55% das vagens do campo de produção se encontravam no estágio

de amarelo-amarronzadas, ou seja, aspecto de secas e de fácil debulha (Figura 3 C). As vagens foram destacadas das plantas e separadas em lotes de mesma coloração, vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas, conforme Figuras 3 A, B e C respectivamente. Na Figura 3, constam também o teor de água e o aspecto geral das sementes no momento da colheita, bem como, o aspecto geral das sementes após a secagem até  $\pm 13\%$  de umidade.

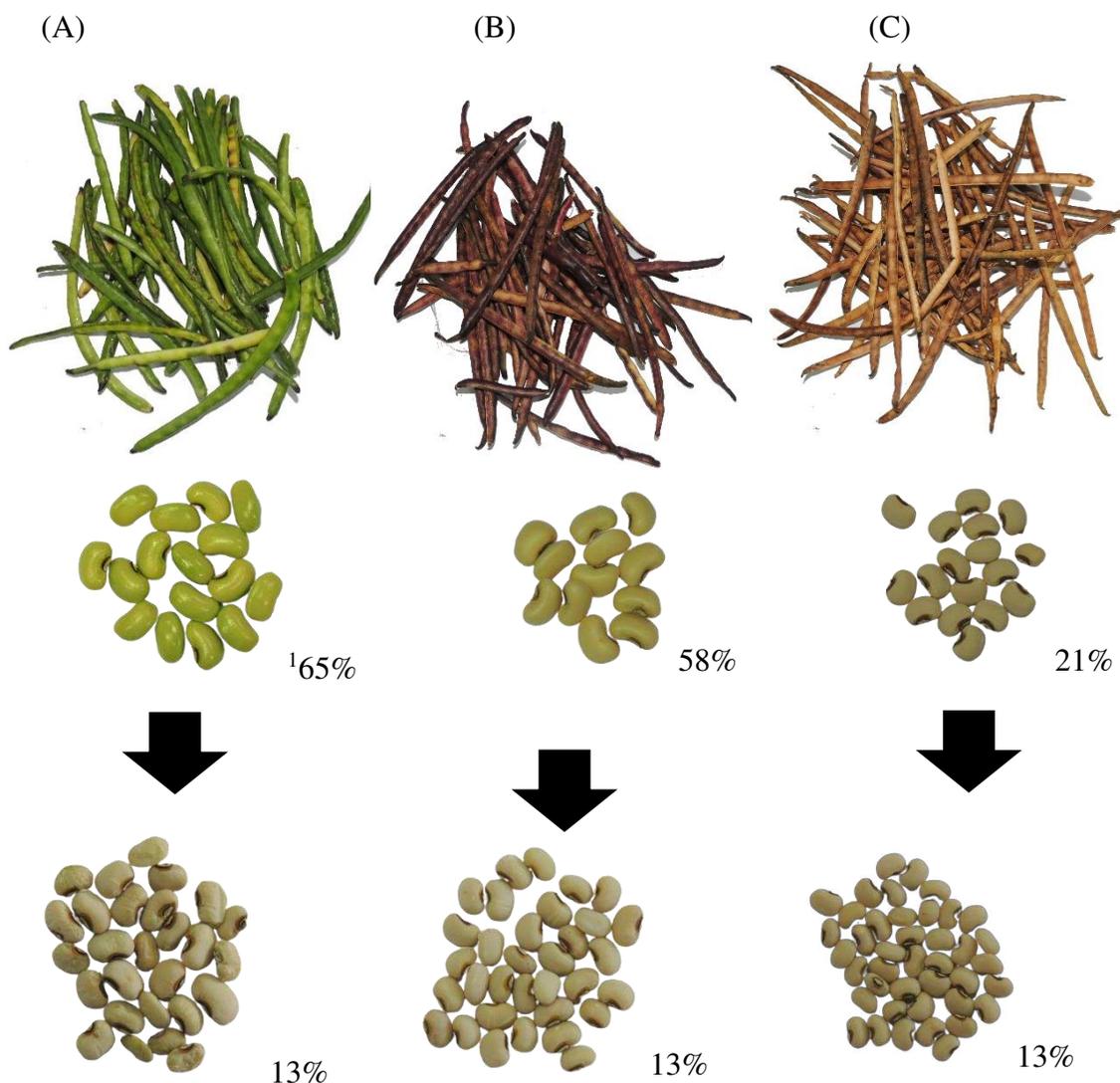


Figura 3. Vagens e sementes de feijão-caupi em diferentes estádios de maturação. Vagens de coloração verde (A), vagens de coloração roxa (B) e vagens de coloração amarelo-amarronzadas (C). <sup>1</sup> Teor de água das sementes no momento da colheita.

Uma amostra de sementes, manualmente debulhada, foi retirada de cada estágio de maturação, para determinação do grau de umidade, no momento da colheita, pelo método de estufa  $105 \pm 3$  °C, por 24 horas (BRASIL, 2009).

As sementes foram submetidas ao processo de secagem, ainda no interior das vagens intactas, em estufa com circulação de ar forçada, previamente regulada a 30 °C e umidade relativa média do ar de secagem de 60%. A secagem prosseguiu até as vagens apresentarem aspecto de secas e de fácil debulha. Posteriormente, aferiu-se o teor de água das sementes pelo método de estufa, descrito anteriormente e, quando necessário, completou-se o processo de secagem das sementes já debulhadas em estufa com circulação de ar forçada, conforme descrição anterior, até atingirem, aproximadamente, 13% de teor de água.

A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas até elas atingirem teor de água desejado, utilizando-se a equação proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i (100 - U_i) = M_f (100 - U_f)$$

Onde:

$M_i$  = massa inicial das sementes (g);

$U_i$  = teor de água inicial das sementes (%);

$M_f$  = massa final das sementes após secagem (g); e

$U_f$  = teor de água final das sementes após secagem (%).

## 2.2 Avaliação da qualidade física das sementes

Após secagem, as sementes foram limpas e beneficiados manualmente. Em seguida foram submetidas às seguintes avaliações:

### 2.2.1 *Peso de mil sementes*

Determinado utilizando-se oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,001 g), com resultados expressos em gramas (BRASIL, 2009). Ao final foi realizada a correção do peso de mil sementes para o teor de água de 13%.

### 2.2.2 *Teste de uniformidade de sementes (retenção em peneiras)*

As amostras totais de cada parcela, após pesagem, foram passadas em um conjunto de peneiras metálicas de crivos oblongos, de cinco dimensões, em fração da polegada: 13/64 x ¾ (Peneira 13), 12/64 x ¾ (Peneira 12), 11/64 x ¾ (Peneira 11), 10/64 x ¾

(Peneira 10) e  $9/64 \times 3/4$  (Peneira 9). Ao final, cada fração retida por peneira foi pesada e o resultado expresso em porcentagem (BRASIL, 2009).

### **2. 3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**

Para avaliação da qualidade fisiológica, utilizou-se as sementes retidas nas peneiras com dimensões  $13/64 \times 3/4$ ,  $12/64 \times 3/4$ ,  $11/64 \times 3/4$ , pois apresentaram maior percentual de retenção e maior uniformidade de sementes. Foram descartadas as sementes de qualidade não satisfatória para comercialização, como: sementes imaturas, mal formadas, chochas, deformadas, atacadas por patógenos e insetos, etc.

Foram efetuados os seguintes testes de qualidade, no início do armazenamento e a cada três meses, no período de junho de 2018 a dezembro de 2018. Os tempos de armazenamento foram: inicial, três e seis meses.

#### *2. 3. 1 Germinação*

Quatro repetições de 50 sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel (tipo Germitest), umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a preparação dos rolos, esses foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em câmara de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), à temperatura constante de 30 °C. A contagem das plântulas normais foi realizada no oitavo dia após a instalação do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais segundo (BRASIL, 2009).

#### *2. 3. 2 Primeira contagem de germinação*

Realizado em conjunto com o teste de germinação, avaliando-se o número de plântulas normais ao quinto dia após o início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

### 2. 3. 3 *Emergência*

Conduzido em sala de crescimento climatizada à temperatura constante de 25 °C, com quatro repetições de 50 sementes. Estas foram semeadas na profundidade de três centímetros, em bandejas de isopor contendo areia lavada e esterilizada. A irrigação foi feita com borrifadores, quando observada a necessidade de umedecimento do substrato. A contagem das plântulas emergidas foi realizada no oitavo dia após a semeadura. Foram contadas as plântulas que apresentaram os cotilédones acima do substrato. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### 2. 3. 4 *Índice de velocidade de emergência*

Determinado em conjunto com o teste de emergência. Diariamente, as plântulas que apresentarem os cotilédones acima do substrato foram contadas até estabilização. O índice de velocidade de germinação das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962).

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots En/Nn$$

Onde: IVE = índice de velocidade de emergência.

E1, E2,... En = número de plântulas com cotilédones acima do substrato computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem.

N1, N2,... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem

### 2. 3. 5 *Envelhecimento acelerado*

Quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre tela suspensa no interior de caixa Gerbox plástica (11x11x3,0cm), contendo 40 mL de água deionizada. As caixas foram mantidas em câmara de germinação tipo B.O.D., regulada a 42°C, durante 72 horas (DUTRA et al., 2007). Após este período de exposição, as sementes foram colocadas para germinar conforme descrição anterior no item germinação. A avaliação foi realizada no quinto dia após a semeadura e, os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais.

### 2. 3. 6 Condutividade elétrica

Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, que previamente foram pesadas com precisão de 0,01 g e em seguida colocadas para embeber em 75 ml de água deionizada em copos plásticos (capacidade de 200 mL), durante 24 horas, a 25 °C em câmara de germinação tipo B.O.D. (DUTRA et al., 2006). Após esse período, foi obtida a condutividade da solução de embebição com o auxílio de um condutímetro Digimed (modelo DM 31), sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  de semente.

Os dados de temperaturas (máxima, mínima e média) e umidade relativa média do local de armazenamento foram monitorados diariamente por um Datalogger (Figura 5).

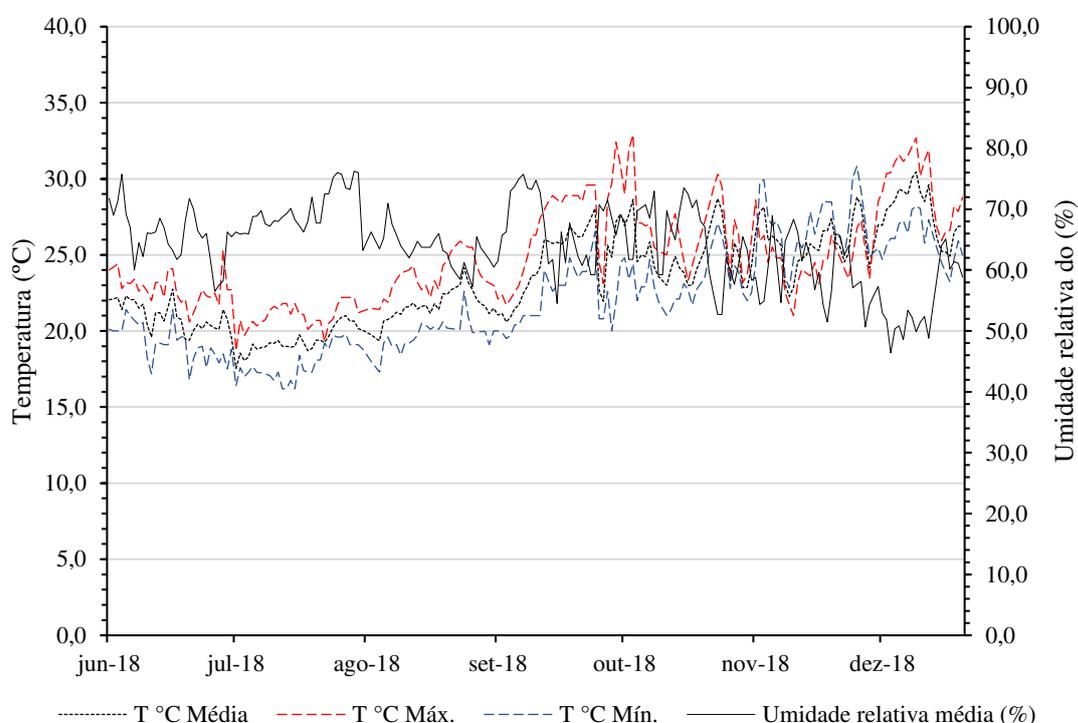


Figura 4. Dados diários de temperatura média ( $T^{\circ}\text{C}$  Média), máxima ( $T^{\circ}\text{C}$  Máx.) e mínima ( $T^{\circ}\text{C}$  Mín.) e umidade relativa do ar do ambiente (%) durante o período de armazenamento de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque.

### 2. 4 Delineamento experimental e análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, após avaliar a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade de variância pelo teste de Oneill e Mathews com significância  $p < 0,05$ .

As avaliações de peso de mil sementes e uniformidade foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado. O efeito dos estádios de maturação das vagens foi estudado pelo teste de Tukey a 5% de significância

Nas avaliações de qualidade fisiológica, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os estádios de maturação (vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas) e na subparcela os tempos de armazenamento (0, 3 e 6 meses). O efeito dos estádios de maturação das vagens e dos tempos de armazenamento foram estudados pelo teste de Tukey a 5%.

### 3 RESULTADOS

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância das variáveis peso de mil sementes (PMS) e uniformidade de sementes (peneiras 13, 12, 11 e descarte). Observa-se que houve efeito significativo do estágio de maturação de vagens em todas as variáveis analisadas. Já, quanto ao resumo da análise de variância das variáveis de qualidade fisiológica, verifica-se que apenas para a variável índice de velocidade de emergência (IVE) não houve interação significativa entre estágios de maturação e tempos de armazenamento (Tabela 2).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos dados de peso de mil sementes e uniformidade (peneira 13, 12, 11 e descarte) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o estágio de maturação das vagens (verde, roxa e amarelo-amarronzadas).

Fonte de variação	GL	Peso de mil sementes	Peneira 13	Peneira 12	Peneira 11	Descarte
Estádio de Maturação	2	4297.895058 **	85.799100**	621.505733**	59.658058**	170.564033**
Resíduo	9	32.921575	2.726244	2.166336	3.846083	1.092981
Total	11					
CV. (%)		3,14	8,80	3,00	7,18	21,18
Média		182,45	18,76	48,9	27,3	4,9

\*\*Significativo a 1 e 5%; \*Significativo a 1%; <sup>ns</sup> não significativo

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos dados de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o estágio de maturação das vagens (verde, roxa e amarelo-amarronzadas) e tempos de armazenamento.

Fonte de Variação	GL	GE	PCG	EM	IVE	EA	CE
Estádio de Maturação (EM)	2	16783.572469**	13471.043953**	16873.009136**	357.892603**	2771.945803**	26722.112986**
Resíduo (A)	9	16.352758	13.903910	5.281976	0.893743	12.788684	29.947881
Tempos de Armazenamento	2	221.302286**	326.467469**	580.843953**	8.061303**	1358.825619**	158.803011 <sup>ns</sup>
EM x Tempos de Armazenamento	4	238.380340**	165.347840	54.976544**	1.887636 <sup>ns</sup>	452.766174**	437.906836**
Resíduo (B)	18	14.379178	14.881380**	11.618273	0.649629	8.661215	67.867117
Total	35						
CV.A (%)		6,9	7.17	3,43	10,77	9,50	4,91
CV. B (%)		6,5	7.42	5,08	9,18	7,82	7,38
Média Geral		58,6	52,0	67,0	8,7	38,0	111,5

\*\*Significativo a 1 e 5%; \*Significativo a 1%; <sup>ns</sup> não significativo

### 3. 1 Teor de água das sementes

Os teores de água das sementes durante os tempos de armazenamento variaram de 13,6% a 11,4% (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de água (%) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, provenientes de vagens verdes, roxas e amarelo-amarronzadas, nos tempos de armazenamento 0, 3 e 6 meses.

Coloração das vagens	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
Verde	13,6	11,9	12,1
Roxa	12,8	12,0	12,4
Amarelo-amarronzadas	12,5	11,8	11,4

### 3. 2 Peso de mil sementes e uniformidade de sementes

As sementes provenientes de vagens com coloração verde, apresentaram menor valor de PMS em relação às sementes dos demais estádios de maturação, que entre si não diferiram (Tabela 4).

Já na variável uniformidade de sementes, verifica-se maior retenção de sementes na peneira 13 para as sementes provenientes de vagens de coloração verde, valores intermediários para as sementes de vagens roxas e menor retenção para as sementes de vagens de coloração amarelo-amarronzadas (Tabela 4). Na peneira 12, verificou-se menor percentual de retenção de sementes das vagens verde em relação aos demais lotes, que entre si não diferiram. Já na peneira 11, vagens com coloração roxa apresentaram menor percentual de retenção de sementes em relação aos demais tratamentos, que entre si não diferiram. Maior percentual de descarte de sementes foi observado para vagens de coloração verdes. Entre os lotes de vagens roxa e amarelo-amarronzadas não houve diferença significativa quanto ao percentual de sementes descartadas.

Tabela 4. Peso de mil sementes (PMS) e uniformidade de sementes (%) (peneiras 13, 12, 11 e descarte), de acordo com o estágio de maturação de vagens de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque.

Variáveis	Estádio de maturação		
	Verde	Roxa	Amarelo-amarronzadas
Peso de mil sementes (g)	145B	204A	199A
Uniformidade de sementes (%)			
Peneira 13	23A	20,0B	14,0C
Peneira 12	35B	56,0A	56,0A
Peneira 11	30A	23,0B	29,0A
Descarte	12,0B	1,0A	1,0A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

### 3.3 Germinação

Avaliando o efeito dos estádios de maturação de vagens em cada tempo de armazenamento, observou-se que, no tempo de armazenamento inicial, percentual superior de germinação foi verificado para sementes provenientes de vagens na coloração amarelo-amarronzadas e roxa e inferior para as sementes provenientes de vagens verdes (Tabela 5).

Aos três meses de armazenamento, menor percentual de germinação foi verificado para sementes de vagens verdes em relação aos demais estádios, que entre si não diferiram. Já aos seis meses de armazenamento, percentual superior de germinação foi observado para as sementes de vagens roxas, intermediário para vagens amarelo-amarronzadas e bem inferior para vagens verdes.

Para as sementes oriundas de vagens colhidas no estágio de maturação verde, observou-se que o percentual superior de germinação antes do armazenamento em relação aos demais tempos de armazenamento, que entre si não diferiram (Tabela 5).

Já para vagens roxas, houve diferença apenas entre o tempo de armazenamento inicial e seis meses, sendo esse último superior. Em sementes provenientes de vagens de coloração amarelo-amarronzadas, houve redução do percentual de germinação das sementes durante o armazenamento. Observou-se nesse estágio de maturação, germinação inferior para a avaliação realizada aos seis meses de armazenamento, em relação aos demais tempos, que entre si não diferiram.

Tabela 5. Germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (EM), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, nos tempos de armazenamento 0, 3 e 6 meses, de acordo com o estágio de maturação da vagem.

Estádio de maturação	Germinação (%)		
	Tempo de armazenamento (meses)		
	Inicial	3	6
Verde	22 Ba	14 Bb	11 Cb
Roxa	79 Ab	84 Aab	86 Aa
Amarelo-amarronzadas	85 Aa	83 Aa	65 Bb
Primeira contagem de germinação (%)			
Verde	22 Ca	13 Bb	6 Cb
Roxa	68 Ba	74 Aa	71 Aa
Amarelo-amarronzadas	77 Aa	78 Aa	61 Bb
Emergência (%)			
Verde	29 Ba	15 Cb	27 Ba
Roxa	94 Aa	86 Ab	87 Ab
Amarelo-amarronzadas	96 Aa	78 Bb	92 Aa
Envelhecimento acelerado (%)			
Verde	0 Ca	0 Ca	0 Ca
Roxa	68 Ba	53 Bb	45 Ac
Amarelo-amarronzadas	77 Aa	61 Ab	35 Bc
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )			
Verde	178,3 Cb	148,0 Ca	168,0 Cb
Roxa	74,0 Aa	78,0 Aa	72,0 Aa
Amarelo-amarronzadas	94,0 Ba	98,0 Ba	94,0 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

### 3. 4 Primeira contagem de germinação

Avaliando o efeito dos estádios de maturação de vagens em cada tempo de armazenamento, observou-se que, no tempo de armazenamento inicial, vigor superior foi verificado para as sementes provenientes de vagens na coloração amarelo-amarronzadas, vigor intermediário para as de vagens roxas e vigor inferior para as sementes provenientes de vagens verdes (Tabela 5).

Aos três meses de armazenamento, vigor inferior foi observado para sementes de vagens verdes em relação aos demais estádios, que entre si não diferiram. Já aos seis meses de armazenamento, vigor superior foi observado para as sementes de vagens

roxas, vigor intermediário para sementes de vagens na coloração amarelo-amarronzadas e vigor inferior para as sementes de vagens verdes.

As sementes oriundas de vagens colhidas no estágio de maturação verde apresentaram maior vigor na avaliação realizada antes do armazenamento; após esse tempo houve decréscimo no vigor das sementes que se manteve até os seis meses de armazenamento (Tabela 5). Já para vagens roxas, não houve diferença significativa entre os tempos de armazenamento. Para as sementes provenientes de vagens de coloração amarelo-amarronzadas, observou-se maior vigor de sementes no tempo de armazenamento inicial e três meses em relação a última avaliação.

### **3. 5 Emergência**

Avaliando o efeito dos estádios de maturação de vagens em cada tempo de armazenamento, observa-se que, no tempo de armazenamento inicial, maior percentual de emergência foi verificado para sementes oriundas de vagens de coloração amarelo-amarronzadas e roxa, em relação às sementes de vagens verdes (Tabela 5). Aos três meses de armazenamento, percentual superior de emergência foi observado para sementes de vagens roxas, percentual intermediário para sementes de vagens amarelo-amarronzadas e inferior para sementes de vagens verde. Já, aos seis meses de armazenamento, assim como no tempo inicial de armazenamento (armazenamento inicial), as sementes de vagens verdes apresentaram menor percentual de emergência em relação aos demais estádios, que entre si não diferiram.

Para as sementes oriundas de vagens colhidas no estágio de maturação verde, menor emergência de sementes foi constatado aos três meses de armazenamento; entre os demais tempos não houve diferença. Já, para as sementes provenientes de vagens de coloração roxa, verificou-se maior emergência no tempo de armazenamento inicial em relação aos demais tempos, que entre si não diferiram (Tabela 5).

### **3. 6 Envelhecimento acelerado**

Avaliando o efeito dos estádios de maturação de vagens em cada tempo de armazenamento, observa-se que, no tempo de armazenamento inicial e três meses, vigor superior foi verificado para as sementes provenientes de vagens na coloração amarelo-amarronzadas, vigor intermediário para as de vagens roxa e vigor inferior para as

sementes provenientes de vagens verdes (Tabela 5). Já aos seis meses de armazenamento, maior vigor foi observado para as sementes de vagens roxas, vigor intermediário para sementes de vagens amarelo-amarronzadas e menor vigor para as sementes de vagens verdes.

Na comparação entre os tempos de armazenamento, observou-se que as sementes provenientes de vagens verdes não apresentaram germinação após tempo de envelhecimento acelerado. Já para as sementes de vagens roxas e amarelo-amarronzadas, verificou-se que o vigor de sementes superior no tempo de armazenamento inicial, vigor intermediário aos três meses e inferior aos seis de meses de armazenamento (Tabela 5).

### **3.7 Condutividade elétrica**

Avaliando o efeito dos estádios de maturação de vagens em cada tempo de armazenamento observa-se, em todos os tempos de armazenamento, que as sementes provenientes de vagens roxas apresentaram menor valor de condutividade elétrica, ou seja, vigor superior de sementes em relação aos demais estádios de maturação (Tabela 5). Vigor intermediário foi observado para sementes de vagens amarelo-amarronzadas e vigor inferior para sementes de vagens verde.

Houve diferença significativa entre os tempos de armazenamento somente para as sementes provenientes de vagens verdes (Tabela 5). Nesse caso, observou-se menor valor de condutividade elétrica para a avaliação realizada aos três meses de armazenamento em relação aos demais tempos de armazenamento, que entre si não diferiram.

### **3.8 Índice de velocidade de emergência**

Sementes provenientes de vagens no estágio de maturação amarelo-amarronzadas apresentaram maior velocidade de emergência, ou seja, maior vigor de sementes (Tabela 6). Vigor intermediário foi verificado para sementes de vagens roxas e vigor inferior para sementes de vagens verdes.

Tabela 6. Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, de acordo com o estágio de maturação da vagem.

Índice de velocidade de emergência		
Estádios de maturação		
Verde	Roxa	Amarelo-amarronzadas
2,5C	11,1B	13,0A
Índice de velocidade de emergência		
Tempo de armazenamento (meses)		
Inicial	3	6
9,7a	8,1b	8,6b

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na comparação entre os tempos de armazenamento, observou-se vigor superior para tempo inicial de armazenamento em relação aos demais, que entre si não diferiram (Tabela 6).

#### 4. DISCUSSÃO

Em decorrência das flutuações de umidade relativa do ar do ambiente de armazenagem, observou-se variação no teor de água das sementes ao longo do armazenamento (Tabela 3). A semente, devido à sua capacidade higroscópica, tende a equilibrar o seu teor de água com o meio onde se encontram (CORRÊA et al., 2005). Contudo, os teores de água se mantiveram dentro dos níveis aceitáveis de armazenamento (10 a 12%), conforme Marcos-Filho (2015), para o armazenamento durante seis a oito meses.

Os estádios de maturação, nos quais foram colhidas as sementes, influenciaram na uniformidade de tamanho das mesmas (Tabela 4). Observa-se que os estádios de maturação com vagens com coloração roxa e amarelo-amarronzadas proporcionaram a obtenção de sementes de maior tamanho e em número uniforme, quando comparadas ao lote de sementes oriundos de vagens verdes; nesse estágio houve maior descarte de sementes, ou seja, maior proporção de sementes imaturas, pequenas e mal formadas.

A diferença no tamanho e uniformidade de semente se refletiu no peso de mil sementes. O reflexo do tamanho na massa final das sementes pode ocorrer, devido esse está condicionado ao processo de acúmulo de reservas durante a maturação (MARCOS-FILHO, 2015).

Observa-se que sementes provenientes de vagens com coloração verde apresentaram menor PMS, em comparação às sementes de vagens roxas e amarelo-amarronzadas (Tabela 4). Provavelmente, sementes colhidas nesse estágio de maturação ainda estavam em processo de maturação, ou seja, se encontravam imaturas, sendo verificado também teor de água elevado (Figura 2). Com a colheita, provavelmente, houve a interrupção do acúmulo de matéria seca que ainda estava ocorrendo nas sementes. Diante disso, houve maior produção de sementes menores, como verificado anteriormente e conseqüentemente menor massa. Assis et al. (2019), também, observaram menor massa de sementes de feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque, quando essas foram colhidas em estágio com maior proporção de vagens verdes. Shaheb et al. (2015) observaram menores valores de peso de mil em sementes de *Phaseolus vulgaris* L. obtidas de vagens verdes, enquanto maiores valores foram encontrados em sementes de vagens amarelo-dourado e marrons.

Vale ressaltar que, apesar de não significativa, houve redução no PMS de sementes de vagens amarelo-amarronzadas em relação à vagens roxas, indicando que,

possivelmente, as sementes colhidas nesse estágio já havia atingido a maturidade fisiológica, uma vez que o teor de água das sementes nesse estágio de maturação também foi inferior ao estágio de maturação anterior (Figura 3). A redução contínua do teor de água, sendo mais acentuada no final da maturação, é um comportamento comum na maturação de sementes ortodoxas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A máxima massa de matéria seca é alcançada quando as sementes apresentam teor de água elevado, pois a presença de água é imprescindível para permitir a movimentação dos solutos (MARCOS-FILHO, 2015), tal como observado para sementes de vagens roxas que, assim como maior PMS, apresentaram teor de água de 58% (Figura 3). Sob o ponto de vista da comercialização de sementes pelo produtor, o peso de mil sementes reflete diretamente na produtividade, visto que a safra é comercializada por tonelada de sementes. Assim, maior peso de mil sementes pode implicar em maior retorno financeiro.

#### **4. 1 Qualidade fisiológica**

Antes de mais nada, é preciso ressaltar que a diferença observada nos resultados de germinação e emergência (Tabela 5) pode estar relacionada à maior incidência de fungos no teste de germinação; condições proporcionadas pelo teste de germinação são ideais para o desenvolvimento fúngico e, conseqüentemente, comprometendo os resultados. No teste de emergência, a possibilidade de interferência direta de fungos é reduzida, pois, ao emergirem, as plântulas deixam o tegumento contaminado na areia, ficando os cotilédones livres desses patógenos (ASSIS et al., 2019).

Diante dos resultados, constatou-se qualidade fisiológica das sementes provenientes de vagens verdes, em todos os tempos de armazenamento. Fatores como grau de maturidade das sementes, tolerância à desidratação, organização de membranas celulares, entre outros, podem ter contribuído para a menor qualidade das sementes desse estágio de maturação.

Como já apresentado e discutido, as sementes de vagens verdes apresentaram menor PMS, indicando que pode ter ocorrido interrupção do acúmulo de matéria seca da planta-mãe para as sementes. Durante o processo germinativo as reservas armazenadas são usadas na síntese de novos compostos e tecidos necessários para o desenvolvimento inicial do embrião, seu crescimento subsequente e o estabelecimento da plântula (ZIEGLER, 1995; BEWLEY et al., 2013). Diante disso, é imprescindível que o processo

de maturação transcorra normalmente até o momento em que as sementes atinjam a maturidade fisiológica.

Além disso, diante da interrupção brusca da maturação das sementes, seguida da desidratação rápida dos tecidos celulares, possivelmente, grande parte das sementes ainda não possuíam habilidade de tolerar dessecação, e conseqüentemente, menor capacidade de germinar rapidamente e formar plântulas normais (GOLOVINA et al., 2001). A dessecação prematura afeta a síntese de proteínas, bem como a de enzimas essenciais ao desenvolvimento e a germinação (BEWLEY et al., 2013).

A secagem muito rápida pode causar considerável desorganização das membranas celulares e da estrutura interna; como resultado tem-se menor controle da permeabilidade seletiva, evidenciada no teste de condutividade elétrica (Scariot et al., 2017); perda da compartimentalização celular (MARCOS-FILHO, 2015; PAMMENTER et al., 2014); desorganização do metabolismo celular (Silva et al., 2007); ineficiência dos mecanismos de reparo e de síntese (MARCOS-FILHO, 2015; BERJAK e PAMMENTER, 2013), eventos que afetam diretamente o desempenho das sementes, como pode ser verificado, não somente na qualidade inicial, mas ao longo tempo de armazenamento daquelas provenientes de vagens verdes.

Moreno (2017) observou que sementes de feijão-caupi, Cv. BRS Guariba, oriundas de vagens com coloração verde, após secagem, não apresentaram capacidade de germinar. Segundo a mesma autora, isto indica que as sementes ainda não tinham adquirido tolerância à dessecação, fazendo com que a secagem causasse danos à capacidade de germinação das sementes.

Em lentilha, Kathun et al. (2009) observaram menor germinação em sementes colhidas nos estádios verde e verde-amarela. Esses autores atribuíram a baixa porcentagem de germinação à presença de sementes imaturas e mal granadas. Em feijão-verde, Shaheb et al. (2015) verificaram os maiores valores de germinação em sementes obtidas de vagens com coloração amarela, amarela-dourada e marrom, em relação àquelas obtidas de vagens verdes e verde-amarelas.

Diante dos resultados de PMS de sementes de vagens roxas e amarelo-amarronzadas, provavelmente, não houve interrupção brusca na translocação de matéria seca para as sementes, como foi observado para sementes de vagens verdes. Considerando apenas o potencial germinativo, demonstrado pelo teste de emergência, verifica-se que entre esses estádios não houve diferença ao longo do armazenamento (Figura 7). Vale destacar que, ao fim, do armazenamento, os percentuais de emergência desses lotes

ficaram acima do percentual mínimo de germinação para comercialização dessa espécie, que é de 80% (BRASIL, 2013).

Contudo, houve diferenças no vigor das sementes na comparação entre esses dois estádios de maturação. No tempo de armazenamento inicial, com exceção do teste de condutividade elétrica, as sementes de vagens amarelo-amarronzadas apresentaram maior vigor. No entanto, ao longo do armazenamento, ocorreu decréscimo significativo do vigor das sementes desse estádio, enquanto para as sementes de vagens roxas houve pequeno decréscimo no seu vigor.

O teste de germinação, seja em papel ou areia, é conduzido sob condições consideradas ótimas; portanto, deve proporcionar germinação teoricamente máxima de determinado lote (POPINIGIS, 1985). Entretanto, pode haver divergência com o comportamento da semente sob ampla variação das condições de ambiente, uma vez que o teste de germinação foi desenvolvido para determinar a germinação rápida e máxima e não o vigor das sementes (BEWLEY et al., 2013).

Provavelmente, a melhor organização do sistema de membranas e consequente menor lixiviação de exsudados, evidenciado no teste de condutividade elétrica para as sementes de vagens roxas, possibilitaram maior manutenção do vigor das mesmas ao longo do armazenamento, mesmo em ambiente não controlado.

Em função da desorganização das membranas celulares, as sementes tendem a reduzir o vigor, o que pode ser verificado pelo aumento da quantidade de lixiviados durante o processo de embebição das sementes (SANTOS et al., 2005; FESSEL et al., 2010; ARAUJO et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Um ponto importante a se destacar é que a lixiviação de constituintes celulares das sementes pode constituir em excelente substrato para o desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento e também no suco de semeadura (PÁDUA e VIEIRA, 2001; MARCOS-FILHO, 2015), prejudicando a qualidade fisiológica das sementes.

Entre os fatores que podem ter contribuído para perda de vigor mais acentuada das sementes de vagens amarelo-amarronzadas está o atraso de colheita, em decorrência do estádio de maturação mais avançado. Como consequência do atraso de colheita, pode haver maior exposição das sementes a condições ambientais desfavoráveis, como flutuações de temperatura e umidade relativa do ar, e a incidência de pragas e doenças (VERGARA et al., 2018). Segundo Lamego, et al. (2013), a deterioração das sementes manifesta-se no decorrer do tempo, ocasionando reflexos negativos no vigor.

Já, as sementes de vagens roxas, provavelmente, foram colhidas próxima ao ponto de maturidade fisiológica, uma vez que, no momento da colheita, apresentavam teor de água médio de 58%. Esse valor estar próximo ao encontrado por Nogueira et al. (2014) em sementes de feijão-caupi, Cv. BRS Guariba, que no momento de maior germinação e vigor apresentavam teor de água de 53,6%-14%, entre 14-18 dias após a antese, respectivamente.

A antecipação da colheita reduz os riscos de deterioração no campo e permite a obtenção de sementes de qualidade superior, colhidas mais próximo da maturidade fisiológica (TERASAWA et al., 2009; MARCANDALLI et al., 2011; TSUKAHARA, et al., 2016).

Outro fator que, aliado aos citados anteriormente, pode ter contribuído para menor vigor das sementes com o decorrer do armazenamento foi o ambiente de armazenagem. As sementes dos três estádios de maturação, após secagem e avaliação inicial de qualidade, foram armazenadas em sala sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Verifica-se, na Figura 4, que houve intensa variação na temperatura e umidade relativa do ar. A temperatura e a umidade relativa são determinantes no processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento (KONG et al., 2008; MALAKER et al., 2008).

Carvalho et al. (2014) observaram queda de atividade dos sistemas isoenzimáticos malato desidrogenase, álcool desidrogenase, esterase, isocitrato liase, superóxido dismutase e peroxidase, principalmente após seis meses de armazenamento de sementes de soja em ambiente não controlado. Essas enzimas são importantes removedoras de radicais livres, que causam, principalmente, a peroxidação de lipídeos de membranas (DRIEDONKS et al., 2015). A produção de radicais livres exerce papel muito importante na deterioração das sementes, pois afeta sítios importantes, como os mitocôndrios, indispensáveis para o funcionamento normal da célula (BAILLY et al., 2004).

## 5 CONCLUSÕES

O peso de mil sementes e uniformidade de tamanho das sementes aumentaram nos estádios de maturação de vagens com coloração externa roxas e amarelo-amarronzadas.

Sementes obtidas de vagens com coloração externa roxa e amarelo-amarronzadas apresentaram maior germinação e vigor. Nessas sementes, a germinação foi mantida até seis meses de armazenamento. Durante o armazenamento, houve redução mais acentuada no vigor das sementes oriundas de vagens de coloração amarelo-amarronzadas.

Menor qualidade fisiológica ocorreu em sementes de vagens verdes em todos os tempos de armazenamento

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R.F.; ZONTA, J.B.; ARAÚJO, E.F.; HERBELE, E.; ZONTA, F.M.G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p. 123-130, 2011.
- ASSIS, M.O.; ARAÚJO, E.F.; FREITAS, F.C.L.; SILVA, L.J.; ARAÚJO, R.F. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of Cowpea seeds. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-11, 2019.
- BAILLY, C.; LEYMARIE, J.; LEHNER, A.; ROUSSEAU, S.; COÛME, D.; CORBINEAU, F. Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.475-483, 2004.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N.W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p. 478–511, 2013.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.W.M. & NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3º ed. Springer, 2013. 376 p.
- BOTELHO, F.J.E.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.D.R.; CARVALHO, E.R.; FIGUEIREDO, Í. B. D.; ANDRADE, V. Qualidade de sementes de soja obtidas de diferentes cultivares submetidas à dessecação com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. **Revista Agro@mbiente**, v.10, n.2, p.137-144, 2016.
- BOUKAR, O.; TOGOLA, A.; CHAMARTHI, S.; BELKO, N.; ISHIKAWA, H; SUZUKI, K; FATOKUN, C. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Breeding. In: AL-KHAYRI J., JAIN S., JOHNSON D. **Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes**. Springer, 2019. p. 201-243.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece normas específicas e os padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes**. Brasília, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, vol. 150, n. 183, p 36-37. Seção 1. 2013.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.
- CARVALHO, E.R.; MAVAIEIE, D.P.R.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.V.; VIEIRA, A.R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em

diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.967-76, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra Brasileiro** – grãos: oitavo levantamento, maio 2020 – safra 2019/2020. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessecção e do calor esotérico de dessecção para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, p.39-48, 2005.

CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **Design of seed storage facilities for genetic conservation**. International Board of Plant Genetic Resources, 1985. 100p.

DRIEDONKS, N.; XU, J.; PETERS, J. L.; PARK, S.; RIEU, I. Multi-level interactions between heat shock factors, heat shock proteins, and the redox system regulate acclimation to heat. **Front. Plant Science**, v. 6, p.999, 2015.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 166-170, 2006.

DUTRA, A. S.; TEOFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Journal of Seed Science**, v.29, n.1, p.193-197, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Tecnologias de produção de soja** - Paraná - 2005/EMBRAPA Soja. Londrina, 2005. 224 p. (Sistemas de Produção/EMBRAPA Soja, n.5).

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.150-159, 2009.

FAOStat. FAOSTAT, **Statistical data base, 2018**. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 20 jun. 2020.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.69, n.1, p.207-214. 2010.

GOLOVINA, E. A.; HOEKSTRA, F. A.; VAN AELST, A. C. The competence to acquire cellular desiccation tolerance is independent of seed morphological development. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 358, p. 1015-1027, 2001.

ANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.150-159, 2009.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Viçosa, MG, Brasil. 2018.

KHATUN, A.; KABIR, G.; BHUIYAN, M. A. Effect of harvesting stages on the seed quality of lentil (*Lens culinaris* L.) during storage. **Bangladesh Agricultural Research**, v. 34, n. 4, p. 565-576, 2009.

KONG, F.; CHANG, S. K. C.; LIU, Z.; WILSON, L. A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, v.73, p.134-144, 2008.

LAMEGO, F.P., GALLON, M., BASSO, C.J., KULCZYNSKI, S.M., RUCHEL, Q., KASPARY, T.E.; SANTI, A.L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 929- 938, 2013.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MALAKER, P. K.; MIAN, I. H.; BHUIYAN, K. A.; AKANDA, A. M.; REZA, M. M. A. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v.33, p.469-477, 2008.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.241-250, 2011.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MATHIAS, V; PEREIRA, T; MANTOVANI, A; ZÍLIO, M; MIOTTO, P; COELHO, C. M. M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@mbiente**, v.11, n.3, p.223-231, 2017.

MORENO, L. A. **Aquisição da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi**. 2017, 64 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.

NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M. DE; OLIVEIRA, A. DOS S.; PEREIRA, J.; NERY, F. C. Harvesting, processing and quality control of oil radish seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 143-153, 2014.

- NOGUEIRA, N.W.; FREITAS, R.M.O.; TORRES, S.B.; LEAL, C.C.P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.3, p.312-317, 2014.
- OLIVEIRA, I. J. de; FONTES, J. R. A.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M. **BRS Tumucumaque**: cultivar de feijão-caupi com valor nutritivo para o Amazonas. 2014. 4 p. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental (Comunicado técnico, 106).
- PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 255-262, 2001.
- PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Physiology of desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds and the implications for cryopreservation. **International Journal of Plant Science**, v.175, n.1, p.21-28, 2014.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: PAX, 1985. 289p.
- SAMARAH, N. H.; ABU-YAHYA, A. Effect of maturity stages of winter- and spring-sown chickpea (*Cicer arietinum* L.) on germination and vigour of the harvested seeds. **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 177–190, 2008.
- SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.104-114. 2005.
- SCARIOT, M. A.; TIBURSKI, G.; REICHERT JUNIOR, F. W.; RADUNZ, L. L.; MENEGUZZO, M. Moisture content at harvest and drying temperature on bean seed quality. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 93-101, 2017.
- SHAHEB, M. R.; ISLAM, M. N.; NESSA, A.; HOSSAIN, M. A. Effect of harvest times on the yield and seed quality of French bean. **SAARC Journal of Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2015.
- SILVA, P. A.; DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, E. V. R. V. Ultra-structural and physiological analysis during the development and drying soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v.29, n.2, p.15-22, 2007.
- SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.2 p.206-213, 2014.
- TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.
- TSUKAHARA, R. Y.; FONSECA, I. C. DE B.; SILVA, M. A. DE A. E.; KOCHINSKI, E. G.; PRESTES NETO, J.; SUYAMA, J. T. Produtividade de soja em

consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.905-915, 2016.

VERGARA, R.DE O.; CAPILHEIRA, A. F.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. **Journal of Seed Science**, v.40, n.2, p.193-198, 2018.

ZIEGLER, P. Carbohydrate degradation during germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G (Eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.447-474.