

JOÃO PAULO OLIVEIRA RIBEIRO

**DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)**

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

Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias

Coorientador: Francisco Claudio Lopes de Freitas

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

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

T

R484d
2020

Ribeiro, João Paulo Oliveira, 1993-
Dessecação em pré-colheita e potencial fisiológico de
sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) / João Paulo
Oliveira Ribeiro. – Viçosa, MG, 2020.
60 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 49-59.

1. Grão-de-bico - Pré-colheita. 2. Dessecantes . 3. Diquat
(Herbicida) Grão-de-bico - Sementes - Fisiologia - Qualidade .
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6575

JOÃO PAULO OLIVEIRA RIBEIRO

DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

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

APROVADA: 17 de agosto de 2020.

Assentimento:


João Paulo Oliveira Ribeiro
Autor


Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias
Orientadora

Aos meus pais Luiz Cláudio e Maria Adriana

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus e a todos os Anjos e Santos que comigo estiveram em todas os momentos da minha vida. Por todas as graças e bençãos concedidas.

Aos meus pais Luiz Cláudio e Maria Adriana, irmã Ana Carolina, por todo amor, carinho, apoio, incentivo e orações.

Aos meus avós e familiares que me apoiaram e sempre estiveram torcendo para o meu futuro.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelo acolhimento e oportunidade, contribuindo com a minha formação.

À professora, pesquisadora e orientadora Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pelos ensinamentos, confiança, apoio e orientação.

Ao professor Dr. Francisco Cláudio pela coorientação, auxílio e ensinamentos.

Ao professor Dr. Luiz Antônio dos Santos Dias pela contribuição nas análises estatísticas.

À Embrapa Hortaliças, na pessoa do coorientador Dr. Warley Marcos Nascimento, pelo fornecimento das sementes e pelas colaborações nesta pesquisa.

A Dra. Ariadne Morbeck Santos Oliveira pela amizade, apoio e contribuição no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor Dr. Laércio Junio da Silva pela amizade e ensinamentos transmitidos durante este período.

Aos técnicos de laboratório Wander, José Custódio e Tainara e a todos os integrantes do Laboratório de Análise de Sementes e Grupo de Estudos em Tecnologia de Sementes (GSEM), por toda ajuda, apoio, companheirismo e amizade.

A Ana Clara e Rafaela (grupo do Grão-de-bico) pela amizade, apoio e ajuda incondicional em todas as fases deste trabalho.

Aos meus amigos Fernanda, Rubens, Julia, Laryssa, Nayara, Joyce, André, Johan, Bruno, Maycon, Gabriel, Phillipi e Letícia por toda ajuda na condução deste experimento.

A todos os funcionários da UEPE-Horta Nova e do MIPD-DAA/UFV (Manejo Integrado de Plantas Daninhas), pela ajuda durante a fase de campo e aplicação dos tratamentos.

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

A todos o meu muito obrigado!

RESUMO

RIBEIRO, João Paulo Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2020. **Dessecação em pré-colheita e potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Coorientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

O cultivo do grão-de-bico vem se expandindo no Brasil e, com isso, vem aumentando a demanda por sementes com alto padrão de qualidade. Dentre os fatores que afetam o potencial fisiológico das sementes destaca-se a realização da colheita no estágio de maturação adequado, principalmente para espécies de hábito de crescimento indeterminado como o grão-de-bico, onde a aplicação de dessecantes pode ser benéfica para uniformizar a maturação. Objetivou-se avaliar o efeito de dessecantes aplicados em pré-colheita em diferentes estádios de maturação sobre o potencial fisiológico das sementes de grão-de-bico. O experimento foi conduzido no campo experimental denominado “Horta Nova” - DAA/UFV durante o período de abril a outubro de 2019 com a cv. BRS Aleppo em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de cinco herbicidas dessecantes (flumioxazin, saflufenacil, diquat, amonio-glufosinate e glyphosate) em três estádios: Estádio I - plantas com terço superior com vagens de coloração verde e demais amarelas e verde-amarelas (sementes com 60-65% de umidade); Estádio II - plantas com vagens amarelas e amarelodouradas (sementes com 50-55% de umidade); Estádio III - plantas com vagens amarelodouradas e alta senescência natural, apresentando folhas somente no terço superior e ápice vegetativo (sementes com 30-35% de umidade). O tratamento controle foi composto por plantas não dessecadas. A colheita foi realizada quando as sementes atingiram aproximadamente 18% de umidade. A antecipação da colheita (dias) foi determinada calculando-se a diferença entre a data da colheita de cada tratamento e a data da colheita do controle. As sementes de cada tratamento foram avaliadas quanto ao potencial fisiológico logo após a colheita e após o armazenamento por três meses em saco de papel em ambiente de laboratório. Foram conduzidos os seguintes testes: grau de umidade, germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas, condutividade elétrica, comprimento da plântula e peso da massa seca da plântula. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo com dois fatores adicionais (5x3x2+2) e quatro repetições. As médias dos tratamentos referentes aos dessecantes e estádios de aplicação foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Utilizou-se o teste F ($p \leq 0,05$) para a comparação entre os períodos de armazenamento. Para a comparação dos tratamentos em relação ao controle, foi utilizado o teste

de Dunnett ($p < 0,05$). A aplicação do diquat no estágio I (sementes com 60-65% de umidade) resultou em maior qualidade fisiológica das sementes de grão-de-bico e antecipação da colheita em 14 dias. Os dessecantes flumioxazin e saflufenacil não afetam a qualidade das sementes quando aplicados nos estádios I e II (sementes com 60-65% e 50-55% de umidade, respectivamente); nestes estádios, o flumioxazin permitiu antecipação da colheita em 7 dias, enquanto o saflufenacil em 10 e 7 dias, respectivamente. O glyphosate e o amonio-glufosinate reduzem a qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chave: Antecipação de colheita. Dessecantes. Diquat. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

RIBEIRO, João Paulo Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2020. **Pre-harvest desiccation and physiological potential of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds.** Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-adviser: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Chickpea crop has been expanding in Brazil increasing the demand for high quality seeds. The physiological potential of seeds is affected in different ways such as harvesting at the appropriate maturation stage, especially for species of indeterminate growth habit like chickpeas, where the application of desiccants could be beneficial to uniform maturation. The objective of this study was to evaluate the effect of desiccant products applied in pre-harvest at different stages of maturation on the physiological potential of chickpea seeds. The experiment was conducted in the experimental field called "Horta Nova" - DAA/UFV from April to October 2019 with the cv. BRS Aleppo, in a randomized block design with four replications. The treatments consisted of the application of four desiccant herbicides (flumioxazin, saflufenacil, diquat, amonio-glufosinate and glyphosate) in three different stage: Stage I - plants with upper third with green and other yellow and yellow-yellow pods (seeds with 60-65% moisture); Stage II - plants with yellow and yellow-golden pods (seeds with 50-55% moisture); Stage III - plants with golden yellow pods and high natural senescence, presenting leaves only in the upper third and vegetative apex (seeds with 30-35% moisture). The control treatment was composed of non-desiccated plants. The harvest was carried out when the seeds reached approximately 18% moisture content. The anticipation of the harvest (days) was determined by calculating the difference between the date of harvest of each treatment and the date of the control harvest. The physiological potential of the seeds of each treatment was evaluated soon after harvest and after three months of storage in a paper bag in a laboratory environment. The following tests were carried out: moisture content, germination, first germination count, seedling emergence, electrical conductivity, seedling length and seedling dry mass weight. A completely randomized design was used, in a triple factorial scheme with two additional factors (5x3x2+2) and four replications. The means of treatments related to desiccants and application times were compared by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$). The F test ($p < 0.05$) was used to compare storage periods. Dunnett's test ($p < 0.05$) was used to compare the treatments in relation to the control. The application of diquat in stage I (seeds with 60-65% moisture) resulted in higher physiological quality of chickpea seeds and anticipation of harvest in 14 days. Flumioxazin and saflufenacil desiccants do not affect seed quality when applied in stage I and

II (seeds with 60-65% and 50-55% moisture, respectively); at these stages, flumioxazin allowed harvest to be anticipated by 7 days, while saflufenacil by 10 and 7 days, respectively. Glyphosate and amonio-glufosinate reduce the physiological quality of seeds.

Keywords: Harvest anticipation. Desiccants. Diquat. Physiological quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dados diários de precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período de condução do experimento em campo. Fonte dos dados climáticos: INMET (2019).....	18
Figura 2 - Temperaturas e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento das sementes de grão-de-bico.	21
Figura 3 - Padrão de plântulas normais (a) e anormais (b) adotados na avaliação do teste de germinação. Imagens: Ribeiro, J.P.O.....	22
Figura 4 - Número de dias de antecipação de colheita para cada dessecante em cada estágio de dessecação.	26
Figura 5 – Plântulas obtidas de sementes colhidas de plantas dessecadas com glyphosate. (a) plântula normal do teste de germinação; (b-e): plântulas anormais do teste de germinação. Setas brancas indicam má formação das raízes (primária e secundárias). Seta amarela indica má formação da parte aérea. Imagens: Ribeiro, J.P.O.....	33
Figura 6 - Plântulas obtidas de sementes colhidas de plantas não dessecadas (a) e dessecadas com glyphosate (b-d) no teste de emergência de plântulas. (a) plântulas do tratamento controle (0 meses); (b-d): plântulas do tratamento com glyphosate (estádio I) as quais apresentam crescimento de parte aérea reduzido e ramificado. Seta indica má formação das raízes (primária e secundárias). Barras: (a-c): 2 cm, (d): 1 cm. Imagens: Ribeiro, J.P.O.....	39
Figura 7 – Biplot da análise de componentes principais (PCA) obtidos pela combinação linear das variáveis relacionadas ao potencial fisiológico das sementes de grão-de-bico, obtidas de plantas submetidas a aplicação de cinco dessecantes em três estádios, mais o controle composto por sementes obtidas de plantas sem aplicação de dessecante. (a) após a colheita; (b) três meses de armazenamento; (c) combinação dos períodos de armazenamento. Dim1 – Componente principal 1; Dim2 – Componente principal 2.	45
Figura 8 - Agrupamento hierárquico nos componentes principais (HCPC): Grupos resultantes.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações dos dessecantes e as respectivas doses utilizadas.....	19
Tabela 2 - Médias de germinação (%) e plântulas anormais (%) provenientes de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.	29
Tabela 3 - Primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.	34
Tabela 4 - Porcentagem de germinação após envelhecimento acelerado de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.	36
Tabela 5 - Emergência de plântulas (%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) provenientes de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.	38
Tabela 6 - Comprimento da plântula (mm plântula ⁻¹) oriunda de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.	40
Tabela 7 - Peso de matéria seca da plântula (mg plântula ⁻¹) oriunda de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.....	42
Tabela 8 - Condutividade elétrica (μS cm g ⁻¹) de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.....	44

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
Instalação do experimento em campo experimental	17
Preparo da área e adubação	18
Semeadura	18
Irrigação e tratos culturais	19
Aplicação dos tratamentos de dessecação	19
Colheita	20
Determinação do número de dias de antecipação da colheita das sementes	20
Avaliação da qualidade das sementes.....	20
Avaliação da qualidade fisiológica das sementes após a colheita	21
Determinação do grau de umidade	21
Germinação	21
Primeira contagem de germinação.....	22
Envelhecimento acelerado.....	22
Emergência de plântulas	23
Índice de velocidade de emergência	23
Crescimento da plântula.....	23
Massa seca da plântula.....	24
Condutividade elétrica	24
Análise estatística.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS.....	60

INTRODUÇÃO

As Nações Unidas estimam que, até o ano de 2050, a população mundial será de 9,7 bilhões de pessoas, o que impactará principalmente na demanda por alimentos (FAO, 2018a). Diante disso, para assegurar a alimentação desta população será necessário aumentar a produção atual de alimentos em 70% (FAO, 2018b).

Diante da demanda por alimentos e da necessidade de se fornecer segurança alimentar para a população global, e da tendência da substituição da proteína animal pela dos vegetais, especialmente, os alimentos. Dentre as espécies vegetais ricas em proteínas, utilizadas na alimentação humana, destacam-se os *pulses*, ou seja, leguminosas de sementes secas comestíveis, como os feijões, a ervilha, a lentilha e o grão-de-bico, que são consideradas “super alimentos”, por serem ricas em proteína, fibras, várias vitaminas e aminoácidos, que tem papel importante nas dietas de muitos países em desenvolvimento (BOUKID *et al.*, 2019; DI STEFANO *et al.*, 2019; JAIN; GARG, 2020; MUKHERJEE; SINGH; VERMA, 2020; SWAMY; RAJA; WESLEY, 2020). Os *pulses*, então, podem tornar-se aliados na redução da desnutrição e a erradicação da fome, tendo papel importante na segurança alimentar da população mundial (AHMAD *et al.*, 2020; CONSIDINE; SIDDIQUE; FOYER, 2017; ERB *et al.*, 2016), bem como na alimentação da crescente população vegetariana e vegana (BAR-EL DADON; ABBO; REIFEN, 2017)

Dentre os *pulses*, destaca-se o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) a terceira leguminosa mais cultivada e a segunda mais consumida no mundo (MERGA; HAJI, 2019; SWAMY; RAJA; WESLEY, 2020). No ano de 2018 foram produzidos no mundo 17,1 milhões de toneladas de grão-de-bico, com produtividade de 965 kg por hectare, distribuídos em uma área de 17,81 milhões de hectares, com destaque para a Índia (11,38 milhões de ton.), Austrália (998 mil ton.), Turquia (630 mil ton.) e Rússia (620 mil ton.) (FAOSTAT, 2020).

Além de ser uma rica fonte de proteínas (20–25%), o grão-de-bico também uma excelente fonte de carboidratos (40%), β -caroteno e minerais, incluindo fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco (JUKANTI *et al.*, 2012; VARSHNEY *et al.*, 2019), como também de fibras alimentares e ácidos graxos poli-insaturados (JUKANTI *et al.*, 2012; NIKMARAM *et al.*, 2017).

Esta cultura exige menor quantidade de água no solo (DHARANGUTTIKAR; BHARUD; BORKAR, 2015; RAMAMOORTHY *et al.*, 2016, 2017), quando comparada com outras culturas, como o feijão (NASCIMENTO *et al.*, 2016), sendo também uma grande fixadora de nitrogênio atmosférico por meio de fixação simbiótica, melhorando a fertilidade do

solo (NASCIMENTO *et al.*, 2016; ASADI *et al.*, 2020; MUKHERJEE; SINGH; VERMA, 2020). Além destes benefícios, o grão-de-bico pode ser utilizado na rotação de culturas, possibilitando a quebra de ciclo de doenças (FELTON *et al.*, 1998).

O Brasil, até o ano de 2010, possuía área cultivada com grão-de-bico inexpressiva (AVELAR *et al.*, 2018), de tal forma que não está presente nos bancos de dados estatísticos sobre produção agrícola (MERGA; HAJI, 2019; FAOSTAT, 2020). Contudo, a partir do ano de 2018, a cultura atingiu uma área de aproximadamente 8 mil hectares, sendo cultivado principalmente em Goiás e Mato Grosso, em decorrência das novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do país. Fatores estes que contribuem para a redução das importações e aumento da exportação, principalmente para países consumidores como a Índia. Neste país grande parte da população tem dieta vegetariana, cuja fonte de proteínas se dá pela ingestão de proteína vegetal (NASCIMENTO; SILVA, 2019).

Para a expansão da cultura e aumento da produção, é necessário fornecer sementes de alta qualidade física, fisiológica, genética e sanitária (NASCIMENTO; SILVA, 2019). Um dos fatores que influencia a qualidade das sementes está relacionado ao seu processo de maturação e à realização da colheita na época adequada (WATERWORTH; BRAY; WEST, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

O processo de maturação das sementes compreende uma série de alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais que ocorrem a partir da fertilização do óvulo, prosseguindo até o momento em que as sementes estão em condições para a colheita (MARCOS-FILHO, 2015). No decorrer deste processo ocorrem alterações na massa da matéria seca, grau de umidade, tamanho, germinação e vigor das sementes. Na fase inicial deste processo, o teor de água das sementes é alto e o acúmulo de massa seca da semente aumenta gradativamente até atingir um valor máximo, quando a semente atinge a maturidade fisiológica. Neste ponto, cessa a translocação de assimilados planta-semente e o teor de água das sementes ainda é alto (MARCOS-FILHO, 2015).

Paralelamente ao aumento da massa seca, ocorre também aumento da germinação e do vigor, de modo que o máximo potencial fisiológico da semente ocorre próximo ao ponto de maturidade fisiológica (TEKRONY; EGLI, 1997; MARCOS-FILHO, 2015). Em grão-de-bico, Avelar *et al.* (2018), avaliando a produção e qualidade de sementes em diferentes estádios de semeadura na região norte de Minas Gerais, constataram que o potencial máximo de germinação foi atingido aos 114 dias após o plantio nas três estádios de plantio estudadas, coincidindo com a máxima massa seca das sementes. Trancoso (2018), ao avaliar as alterações anatômicas e fisiológicas em sementes de grão-de-bico (cv. Aleppo) obtidas de vagens em

diferentes estádios de maturação, verificaram que a maturidade fisiológica das sementes foi obtida quando as vagens apresentavam coloração amarela e as sementes tinham teor de água de 47%, concordando com as informações de Samarah; Abu-Yahya (2008). Observaram ainda que, sementes obtidas de vagens amarelas, amarelo-douradas e marrons apresentaram maior germinação e vigor em relação às de vagens verde e verde-amarelas.

Para a maioria das espécies, o ponto ideal para colheita de sementes seria quando estas atingem máxima qualidade fisiológica, o que ocorre próximo ao conteúdo máximo de matéria seca, ou seja, na maturidade fisiológica. Porém, neste ponto, a umidade das sementes ainda é alta o que inviabiliza a colheita mecanizada (MARCOS-FILHO, 2015). Além da alta umidade das sementes, outro fator limitante é a presença de ramos e folhas verdes, que também apresentam alta umidade, dificultando assim o funcionamento das colhedoras (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Como o teor de água das sementes ainda é alto por ocasião da maturidade fisiológica, as sementes devem permanecer em campo até que o teor de água seja reduzido a um nível que permita a colheita sem a ocorrência de danos às sementes (MARCOS-FILHO, 2015). No entanto, durante este período, as sementes ficam expostas às intempéries, o que pode provocar a sua deterioração e conseqüente perda de qualidade, uma vez que, variações na umidade relativa do ar, aceleram o processo de deterioração em campo contribuindo para a redução do potencial fisiológico das sementes (KOCSY, 2015; FRANÇA-NETO *et al.*, 2016; LEPRINCE *et al.*, 2017; EBONE; CAVERZAN; CHAVARRIA, 2019).

Para espécies de crescimento indeterminado, como o grão-de-bico, o crescimento vegetativo continua mesmo após o início do florescimento, ocorrendo em uma mesma planta vagens verdes e maduras (ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017) culminando na maturação desuniforme das sementes (INOUE *et al.*, 2012; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017). Isto dificulta a determinação da época ideal para a colheita, visando aliar alta qualidade de sementes e produtividade. Estudos com sementes de grão-de-bico mostram que o atraso de 30 dias na colheita reduziu a germinação de 99% para 80% (OSEI-BONSU, 1981).

Para grão-de-bico, recomenda-se que a colheita mecanizada das sementes ocorra quando estas apresentem umidade entre 13% e 15%, pois valores superiores ou inferiores a estes causam danos mecânicos às sementes (GIORDANO, 1998). Quando utilizada a colheita manual, as sementes devem apresentar umidade próxima a 20% evitando assim a degrana e perda das sementes durante o processo de colheita (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

O momento em que a colheita é realizada tem efeito significativo no potencial de conservação das sementes e no seu desempenho em campo, principalmente para espécies de crescimento indeterminado (TORRES, 2018; TRANCOSO, 2018). Nestas espécies, a antecipação da colheita por meio da aplicação de herbicidas dessecantes tem sido indicada como uma das alternativas para se reduzir os efeitos negativos da deterioração das sementes em campo e minimizar os problemas com o retardamento da colheita (DALTRO *et al.*, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2012; KAPPES *et al.*, 2012; LAMEGO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2020).

Assim, a dessecação em pré-colheita é uma técnica agrônômica que busca a uniformização da maturação, possibilitando rápida secagem de vagens e sementes, proporcionando a antecipação e planejamento da colheita sem que ocorra prejuízos na qualidade das sementes, como também, permitindo uma menor exposição à flutuações de umidade, maior eficiência no uso de máquinas e controle de plantas daninhas presentes na área (DALTRO *et al.*, 2010; KAPPES *et al.*, 2012; LAMEGO *et al.*, 2013; SOLTANI *et al.*, 2013; BOTELHO *et al.*, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017). Estudos realizados com feijão-caupi (ASSIS *et al.*, 2019; RAISSE, 2019; SILVA *et al.*, 2020), lentilha (ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017), soja (LACERDA *et al.*, 2003, 2005; KAPPES; CARVALHO; YAMASHITA, 2009; DALTRO *et al.*, 2010; INOUE *et al.*, 2012; LAMEGO *et al.*, 2013) e feijão (MCNAUGHTON *et al.*, 2015) mostraram eficiência do uso desta técnica para antecipar a colheita sem prejuízos à qualidade fisiológica das sementes e rendimento da cultura. Todavia, informações acerca dos herbicidas utilizados na dessecação e a estádio adequada para a sua aplicação são de suma importância para evitar perdas na produção e na qualidade das sementes (ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016).

Para a escolha do dessecante, deve-se atentar para o modo de ação, translocação e dose do dessecante, condições ambientais e o estádio fenológico em que a cultura se encontra no momento da aplicação, além da eventual possibilidade de presença de resíduos tóxicos no material colhido e a sua influência na germinação, vigor e crescimento de plântulas (LACERDA *et al.*, 2005; KAPPES *et al.*, 2012; ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016). Os dessecantes possuem diferentes modos de ação e translocação na planta, a depender do produto utilizado, podendo afetar a qualidade das sementes após a colheita (SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017) ou após determinado período de armazenamento (LACERDA *et al.*, 2003; KAPPES *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2020).

Os principais herbicidas dessecantes utilizados são o diquat e paraquat, que são derivados da amônia quaternária, e atuam na inibição do fotossistema I (SILVA *et al.*, 2007).

No Brasil o paraquat é considerado o principal dessecante, tendo sua eficiência comprovada em diferentes culturas (KAPPES *et al.*, 2012; LAMEGO *et al.*, 2013). Contudo diante da Resolução N° 190, de 30 de novembro de 2017, foi proibida a produção, importação e utilização deste herbicida dessecante (BRASIL, 2017). Por isso, estudos com o uso de outros dessecantes, são importantes, na busca de potenciais substituidores do paraquat, que possibilitem a antecipação da colheita sem prejudicar a qualidade das sementes.

Em países produtores de lentilhas, ervilhas e feijões há diferentes herbicidas dessecantes registrados para utilização em pré-colheita. Dentre estes estão o flumioxazin, saflufenacil, diquat, amonio-glyphosate e glyphosate (BAIG *et al.*, 2003; SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2010; SOLTANI *et al.*, 2013; MCNAUGHTON *et al.*, 2015; ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017; ZHANG *et al.*, 2017), que também têm sido utilizados como dessecantes em pré-colheita de sementes, mas seus resultados ainda são constrictantes em relação a qualidade e produtividade de sementes (PERREIRA *et al.*, 2015a; TAVARES *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2020; ZUFFO *et al.*, 2020).

No Brasil não há registros de herbicidas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura do grão-de-bico com a finalidade de dessecação em pré-colheita de sementes e/ou grãos (MAPA, 2020). Tais informações são importantes uma vez que a cultura se encontra em processo de expansão no país (WALENDORFF, 2019). Avelar (2016) recomenda que estudos sobre a aplicação de dessecantes para uniformização da maturação das sementes devem ser realizados para o grão-de-bico.

A maioria dos estudos envolvendo dessecação das plantas visando produção de sementes avalia o efeito dos produtos e estádios de aplicação no potencial fisiológico das sementes logo após a colheita (KAPPES *et al.*, 2009; MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2012; LAMEGO *et al.*, 2013; TOLEDO *et al.*, 2014; PERREIRA *et al.*, 2015a; TAVARES *et al.*, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017; ASSIS *et al.*, 2019; ZUFFO *et al.*, 2020), sendo escassos os estudos que avaliam os possíveis efeitos latentes após determinado período de armazenamento (LACERDA *et al.*, 2005; BOTELHO *et al.*, 2016; RAISSE, 2019; SILVA *et al.*, 2020). Silva *et al.* (2020) em estudos com feijão-caupi, observaram que após seis meses de armazenamento houve redução da qualidade das sementes, principalmente daquelas oriundas do tratamento com o dessecante amonio-glyphosate. Informações desta natureza ainda são escassas para sementes de grão de bico.

Desta forma, existe a necessidade de estudos para avaliar o efeito de herbicidas de ação dessecante sobre a cultura, buscando informações sobre os produtos mais adequados para tal finalidade bem como o estágio de desenvolvimento das plantas mais indicado para a aplicação e o efeito sobre a qualidade das sementes tanto recém-colhidas e como após o armazenamento.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo, avaliar o efeito de produtos dessecantes aplicados em diferentes estádios de maturação sobre o potencial fisiológico das sementes de grão-de-bico recém-colhidas e após armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalação do experimento em campo experimental

O campo experimental foi implantado na UEPE – Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Viçosa, denominada “Horta Nova”, situada no município de Cajuri – MG, coordenadas geográficas 20°45'48.7"S e 42°49'24.2"W.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x3+1, sendo cinco dessecantes, aplicados em três estádios de maturação, mais o controle que não recebeu aplicação de dessecante (testemunha).

Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, totalizando 8,0 m², entre as quais foi mantida uma distância de 1,0 m, no intuito de facilitar a aplicação dos dessecantes. Foi considerada área útil as duas linhas centrais, sendo descartados 0,50 m de cada extremidade destas, como bordaduras.

Durante todo período experimental, os dados diários de precipitação, temperatura e umidades máximas e mínimas, foram obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, situada no *campus* Viçosa da UFV (Figura 1).

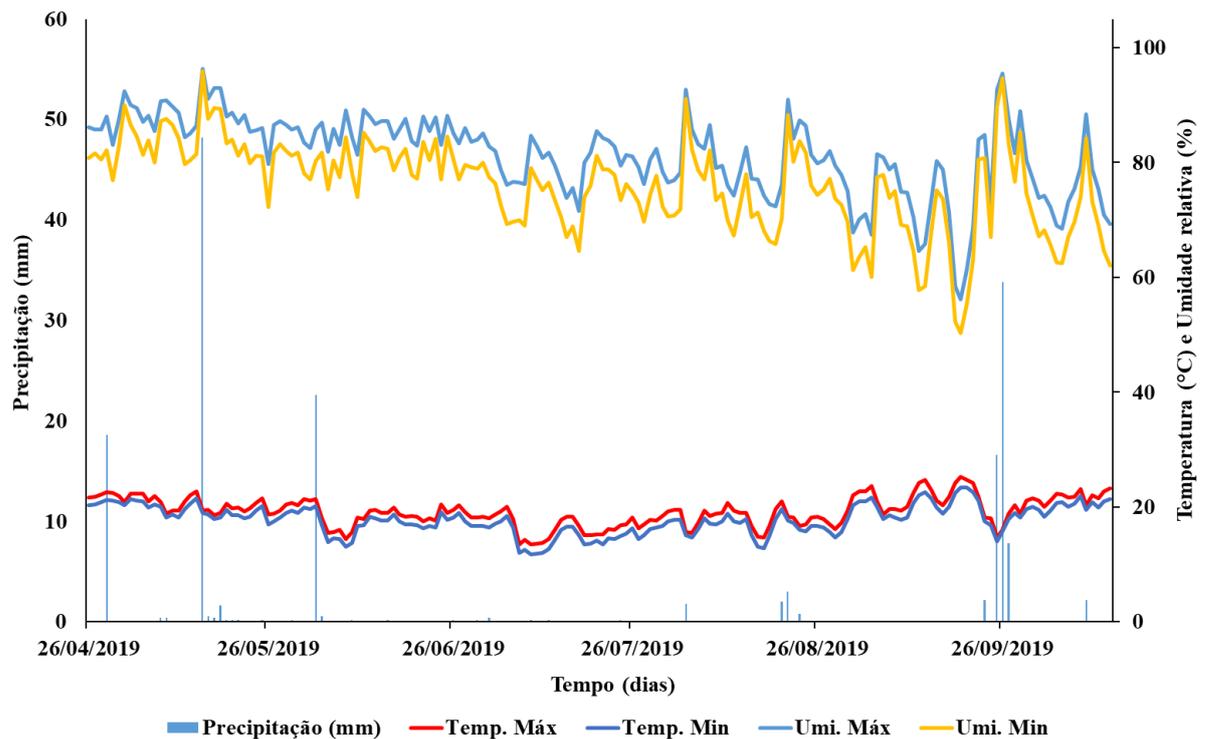


Figura 1 - Dados diários de precipitação e temperaturas máxima e mínima durante o período de condução do experimento em campo. Fonte dos dados climáticos: INMET (2019).

Preparo da área e adubação

Foi realizado o preparo convencional da área experimental com uma aração e duas gradagens. A adubação foi realizada com base nos resultados da análise do solo utilizando-se a dose de 140 kg ha^{-1} do adubo formulado N-P-K 06-30-06 (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Semeadura

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com o fungicida Protreat®, utilizando-se a dose de 200 mL p.c. para 100 kg de sementes. Após o tratamento, as sementes permaneceram por 24 h em bandejas em ambiente de laboratório para secagem.

A semeadura foi realizada no dia 26 de abril de 2019. As sementes foram distribuídas manualmente em sulcos na profundidade de 2-3 cm, colocando-se 12 sementes por metro linear, de modo a se obter uma população final equivalente a 240.000 plantas por hectare (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Irrigação e tratos culturais

As irrigações foram feitas por aspersão sempre que necessário desde a sementeira até a maturidade fisiológica das sementes, quando foram suspensas. Os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendações para a cultura (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Aplicação dos tratamentos de dessecação

Para a dessecação das plantas, foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante a base de CO₂, equipado com pontas XR 11003-VP espaçados de 0,5 m e pressão de 200 kPa, com volume de calda de 300 L ha⁻¹. Durante as aplicações, as parcelas vizinhas foram protegidas lateralmente com placas para evitar a deriva. As aplicações foram realizadas por volta das 14 horas, em dias ensolarados com a temperatura ambiente de 25 °C ± 2 °C e velocidade do vento entre 2-6 km h⁻¹, registrados com o auxílio de termômetro digital e anemômetro, respectivamente.

Os tratamentos constaram de um controle e da aplicação de cinco herbicidas utilizando-se a dosagem comercial recomendada pelo fabricante (Tabela 1), que foram aplicados em três estádios distintos na pré-colheita das sementes.

Tabela 1 - Especificações dos dessecantes e as respectivas doses utilizadas.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Dose do produto comercial*	Dose aplicada do ingrediente ativo (i.a.) / equivalente ácido (e.a.)
Flumyazin - 500®	Flumioxazin ¹	50 g ha ⁻¹	25,0 g i.a. ha ⁻¹
Heat®	Saflufenacil ¹	750 g ha ⁻¹	525 g i.a. ha ⁻¹
Reglone®	Diquat ²	2,0 L ha ⁻¹	400 g i.a. ha ⁻¹
Finale®	Amonio-glufosinate ³	2,0 L ha ⁻¹	400 g i.a. ha ⁻¹
Roundup original®	Glyphosate ⁴	3,0 L ha ⁻¹	1.110 g e.a. ha ⁻¹

Fonte: MAPA (2020). Legenda: ¹. Inibidores da Prottox; ². Inibidor do FSI; ³. Inibidor da enzima glutamina sintetase; ⁴. Inibidor da enzima EPSPs.

*Dose do produto comercial recomendada pelo fabricante para a cultura da soja.

No tratamento controle não foram aplicados dessecantes e as sementes foram colhidas com grau de umidade entre 18% e 20%, no estádio de senescência natural das plantas que apresentavam vagens e folhas marrons/amarelas. Os estádios para a dessecação foram definidas com base em características das plantas, cor das vagens e grau de umidade das sementes: 1) Estádio I - aplicação de dessecantes em parcelas cujas plantas apresentaram o terço superior com vagens de coloração verde e demais vagens amarelas e verde-amarelas (sementes com 60-

65% de umidade) e o ápice vegetativo com folhas verdes; 2) Estádio II – aplicação de dessecantes em parcelas cujas plantas apresentavam vagens em estágio amarelo e amarelo-douradas (sementes com 50-55% de umidade) e o ápice vegetativo com folhas amarelas; 3) Estádio III - aplicação de dessecantes em parcelas cujas plantas apresentaram vagens amarelo douradas e alta senescência natural, apresentando folhas somente no terço superior e ápice vegetativo (sementes com 30-35% de umidade).

Colheita

Para todos os tratamentos a colheita foi realizada quando as sementes apresentaram grau de umidade entre 18% e 20% (GIORDANO, 1998). Para monitorar o grau de umidade das sementes foram feitas amostragens periódicas coletando-se vagens das bordaduras de cada unidade experimental. As plantas foram colhidas manualmente e levadas para um galpão onde foi efetuada a trilha.

As sementes foram mantidas em bandejas em ambiente de laboratório à temperatura de $25,0 \pm 3,0$ °C e UR 60%, até atingirem grau de umidade de cerca de 11% para a realização dos testes de avaliação da qualidade das sementes.

Determinação do número de dias de antecipação da colheita das sementes

Foi contabilizado o tempo (em dias) calculando-se a diferença entre a data da colheita de cada tratamento e a data da colheita do controle, que ocorreu quando as plantas apresentavam vagens secas e as sementes com umidade de 18-20%.

Avaliação da qualidade das sementes

As sementes de cada tratamento foram submetidas à avaliação da qualidade no Laboratório de Sementes do DAA/UFV, logo após a colheita, e após o armazenamento por três meses. Para o armazenamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliado e mantidas em ambiente de laboratório à temperatura ($25,0 \pm 3,0$ °C) e umidade relativa ($70 \pm 5\%$).

As condições do ambiente de armazenamento foram registradas por meio de termohigrógrafo digital. A variação de temperatura e umidade do ar são apresentadas em Figura 2.

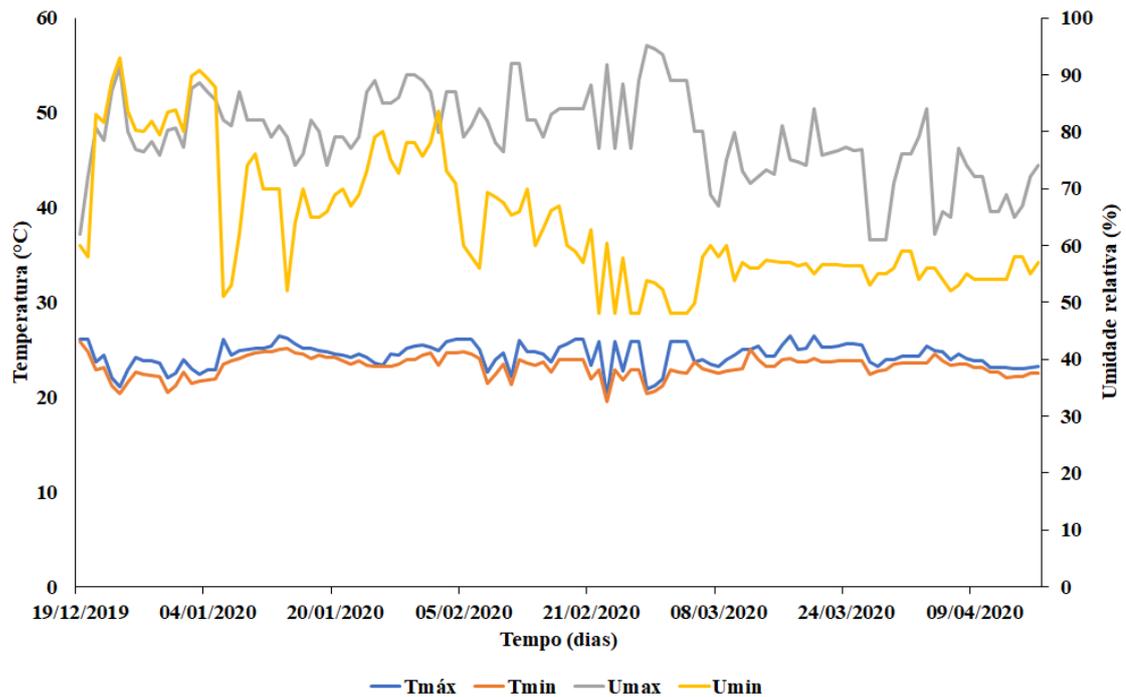


Figura 2 - Temperaturas e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento das sementes de grão-de-bico.

Avaliação da qualidade fisiológica das sementes após a colheita

Após a colheita, as sementes de cada tratamento foram avaliadas pelos seguintes testes descritos a seguir.

Determinação do grau de umidade

Determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se de 2 repetições com 10 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem (b.u.).

Germinação

Foram utilizadas quatro repetições contendo 50 sementes cada. As sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel do tipo *Germitest*, umedecido com água destilada com volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram confeccionados rolos que foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no quinto e oitavo dia após semeadura (BRASIL, 2009), os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais e anormais.

Na Figura 3, é possível verificar o padrão de plântulas normais e anormais adotado na avaliação do teste de germinação.

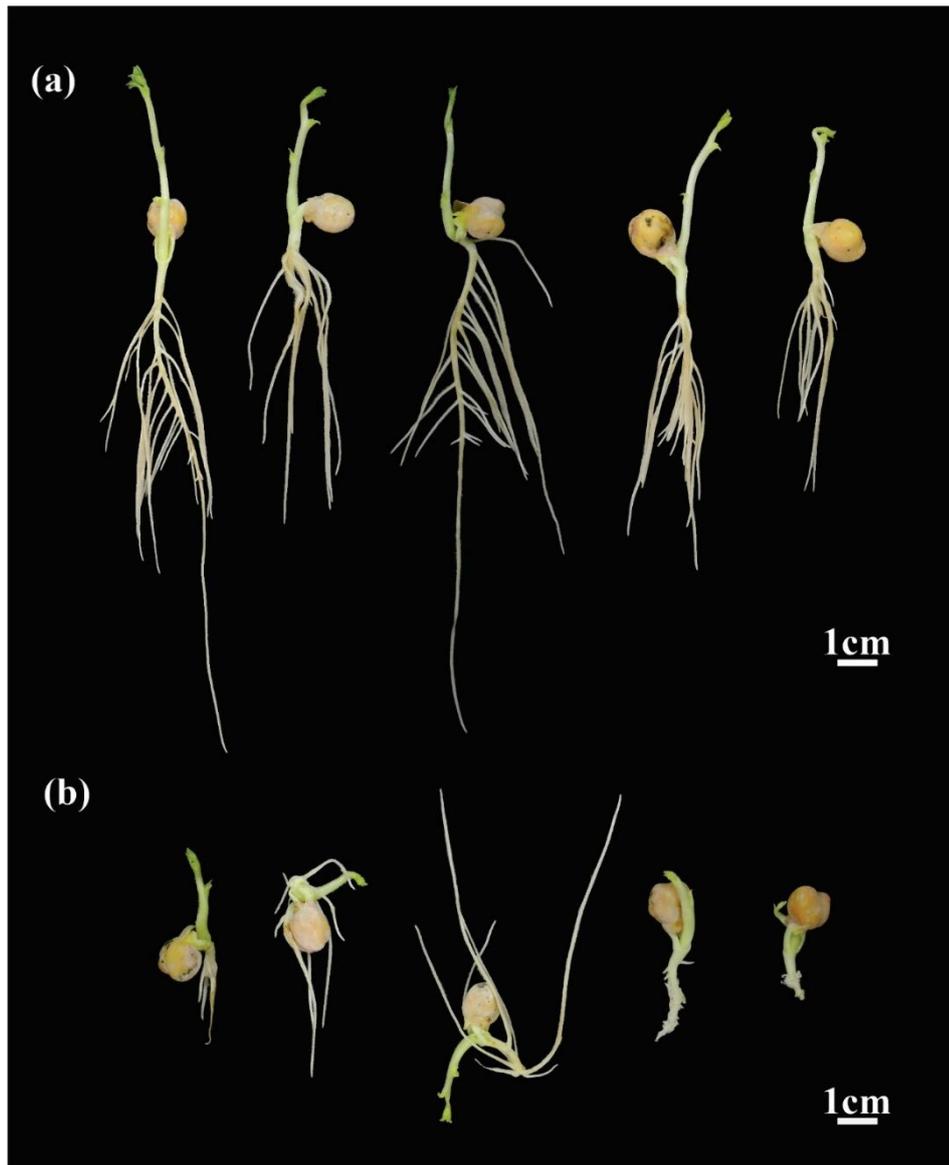


Figura 3 - Padrão de plântulas normais (a) e anormais (b) adotados na avaliação do teste de germinação. Imagens: Ribeiro, J.P.O.

Primeira contagem de germinação

Conjuntamente ao teste de germinação foram coletados os dados de primeira contagem da germinação, avaliada ao quinto dia após semeadura (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado

Foi utilizado o método alternativo descrito por Marcos-Filho (1999). Foram utilizadas caixas tipo gerbox contendo 40 mL de solução saturada de NaCl. As sementes foram distribuídas em camada única sobre bandeja de tela acoplada ao interior do gerbox. As caixas

foram tampadas, obtendo-se umidade relativa em torno de 76% em seu interior, e mantidas em incubadora tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), a $41 \pm 0,5$ °C por 48 horas (ARAÚJO, 2019). Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito acima realizando-se a avaliação no quinto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Emergência de plântulas

Conduzido em sala de crescimento de plântulas sob temperatura constante de 25 °C, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes, distribuídas a 1,0 cm de profundidade em mistura de solo e areia na proporção de 1:1, previamente umedecidos com o volume de água correspondente a 50% da capacidade de campo, contidas em bandejas de isopor.

Foram realizadas contagens diárias a partir da emergência da primeira plântula, até a estabilização do número de plântulas. Plântulas emergidas foram consideradas somente aquelas que apresentavam o epicótilo com tamanho ≥ 5 milímetros, acima da superfície do solo. Os resultados foram expressos em porcentagem de emergência de plântulas.

Índice de velocidade de emergência

Foram utilizados os dados diários do número de plântulas emergidas obtidos no teste de emergência descrito acima, para o cálculo do índice de velocidade de emergência de plântulas foi utilizado o pacote *SeedCalc* do *software* R (SILVA; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2019).

Crescimento da plântula

Foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes cada, dispostas sobre uma linha traçada no terço superior do papel de germinação, *Germitest*, umedecido com o volume de 2,5 vezes o peso do papel seco (NAKAGAWA, 1999). Foram confeccionados rolos que ficaram mantidos em germinador à temperatura constante de 25 °C. No quinto dia após a semeadura, os rolos foram abertos na base do suporte do tipo *copystand*, o qual foi acoplado uma câmera digital Nikon®, modelo Coolpix P510, para a obtenção de imagens fotográficas.

As imagens foram armazenadas e por meio do *software* ImageJ®, foram determinados o comprimento total (parte aérea e raiz) das plântulas. Os resultados foram expressos em milímetros por plântula.

Massa seca da plântula

As plântulas obtidas no teste de crescimento de plântula descrito acima tiveram os cotilédones removidos com auxílio de um estilete e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, à temperatura de 65 °C (AVELAR *et al.*, 2018). Após este período, foi realizada a pesagem em balança com precisão de 0,001 g para determinação da matéria seca das plântulas, sendo os resultados médios expressos em miligramas por plântula.

Condutividade elétrica

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes pesadas em balança com precisão de 0,001 g e colocadas em copos plásticos contendo 100 mL de água destilada. Foram mantidas em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, durante 24 horas (ARAÚJO, 2019). Após este período, foi determinada a condutividade elétrica em condutivímetro Digimed®, modelo: DM-32. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Análise estatística

Em laboratório, os experimentos referentes aos testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial $5 \times 3 \times 2 + 2$, sendo cinco tratamentos com produtos dessecantes, três estádios de dessecação, dois períodos de armazenamento das sementes e os controles referentes ao tratamento sem aplicação de dessecante nos dois períodos de armazenamento.

Os dados foram testados quanto à homocedasticidade e à distribuição normal dos erros pelos testes de pelo teste de Bartlett e Jarque–Bera ($p > 0,05$), respectivamente. Foi realizada a análise de variância e, constatada a interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os fatores, procedeu-se o desdobramento destes. As médias dos tratamentos referentes aos dessecantes e estádios de aplicação foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Utilizou-se o teste F ($p \leq 0,05$) para a comparação entre os controles para os períodos de armazenamento. Para a comparação dos tratamentos em relação aos controles, foi utilizado o teste de Dunnett ($p < 0,05$). Ademais, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para todas as características avaliadas. Também foi realizado o agrupamento hierárquico dos componentes principais (HCPC) utilizando os dois primeiros componentes, para agrupar os tratamentos com

base na qualidade fisiológica das sementes, que foi combinado junto a PCA para facilitar a visualização dos dados. O PCA e o HCPC foram gerados utilizando o pacote “FactoMineR” (HUSSON *et al.*, 2020).

Para as análises estatísticas foram utilizados os *softwares* R 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020) para realizar o teste de Dunnett e gerar a PCA e o HCPC. Enquanto, para a ANOVA foi utilizado o *Spreadsheet program* “SPEED Stat 2.3” (CARVALHO; MENDES, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de antecipação de colheita das sementes, observa-se resultados distintos para os estádios de dessecação. Assim, para a estádio I, o produto diquat foi o que possibilitou a maior antecipação da colheita, sendo está reduzida em 14 dias, seguido pelos produtos amonio-glufosinate (13 dias), saflufenacil e glyphosate (10 dias) e flumioxazin (7 dias). Para a estádio II, a maior antecipação ocorreu quando se aplicou o diquat (12 dias), seguido pelo produto amonio-glufosinate (10 dias), e os demais produtos 7 dias. Para a estádio III não houve antecipação da colheita (Figura 4).

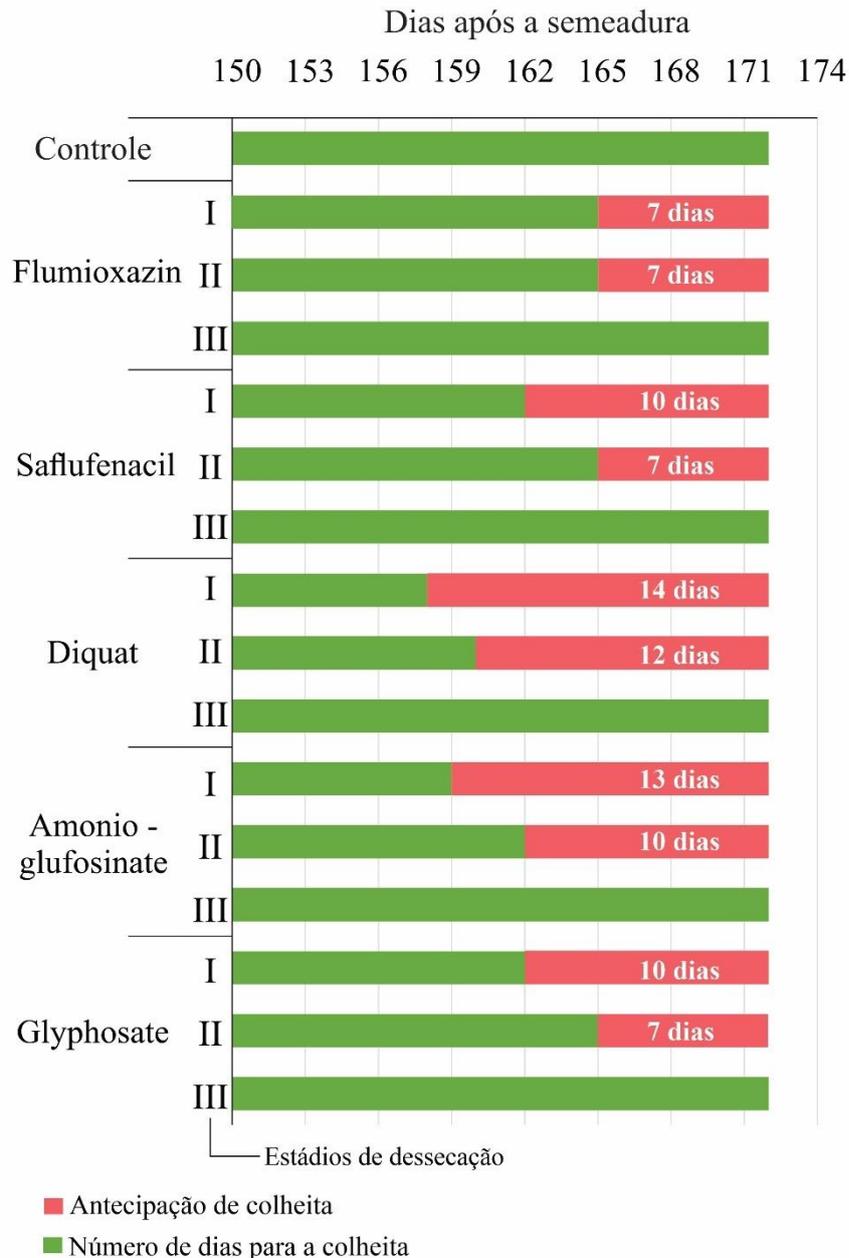


Figura 4 - Número de dias de antecipação de colheita para cada dessecante em cada estágio de dessecação.

Diversos dessecantes proporcionam rápida secagem e perda de folhas das plantas, auxiliando na programação da colheita e no beneficiamento das sementes (TERASAWA *et al.*, 2009; ZUFFO *et al.*, 2020). A antecipação de colheita reduz os riscos de deterioração, em decorrência menor tempo de exposição das sementes às condições adversas no campo, as quais resultam em redução na qualidade das sementes (DALTRO *et al.*, 2010; DINIZ *et al.*, 2013; ASSIS *et al.*, 2019; VERGARA *et al.*, 2019; ZUFFO *et al.*, 2020).

Estes resultados mostraram a eficiência do uso dos herbicidas dessecantes para a antecipação de colheita, quando aplicados nos estádios I (plantas com vagens verdes, amarelas e verde-amarelas) e II (plantas com vagens amarelas e amarelo-douradas), corroborando com os resultados observados com uso dos dessecantes diquat e amonio-glufosinate na cultura da soja (LACERDA *et al.*, 2003; KAPPES; CARVALHO; YAMASHITA, 2009; DALTRO *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2015b), feijão-caupi (ASSIS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020), feijão comum (PENCKOWSKI; PODOLAN; LÓPEZ-OVEJERO, 2005) e lentilha (ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016).

A antecipação da colheita foi menor quando foi utilizado o flumioxazin, aplicado nos estádios I e II, e os dessecantes saflufenacil e glyphosate aplicados no estágio II. Isso pode ter ocorrido pois, os herbicidas inibidores da Prototox (flumioxazin e saflufenacil) embora sejam herbicidas de contato, possuem ação lenta (SOLTANI *et al.*, 2013). Enquanto que o glyphosate, causa a morte da planta lentamente, podendo esta ocorrer entre 10 e 14 dias após aplicação (OLIVEIRA; CONSTANTIN; INOUE, 2011). A secagem lenta das plantas de soja foi observada por Daltro *et al.* (2010) após dessecação com glyphosate, em relação aos dessecantes paraquat, diquat, paraquat+diquat e paraquat+diuron.

O grau de umidade das sementes após a secagem em ambiente de laboratório variou entre 10,9% a 11,6% e, após três meses de armazenamento, de 13,0% a 13,8%. Estes valores demonstram uniformidade entre os tratamentos, uma vez que a variação observada foi inferior a 1 ponto percentual. Na execução dos diferentes testes de avaliação da qualidade das sementes é importante que o grau de umidade esteja uniforme, sendo menor amplitude aceita de 1 a 2 pontos percentuais para obtenção de resultados consistentes. Esta uniformização evita que possíveis diferenças de atividade metabólica e velocidade de umedecimento das sementes que afetem os resultados dos testes (MARCOS-FILHO, 2015).

Houve interação tripla significativa ($p < 0,05$) entre os fatores armazenamento (A), dessecantes (D) e estádios de dessecação (E) para todas as variáveis estudadas, exceto plântulas normais (PA) e matéria seca da plântula (MS) (Anexo A).

Na Tabela 2 encontram-se os dados de germinação de sementes. Avaliando-se as estádios de dessecação dentro de cada dessecante observa-se que, após a colheita (0 meses), não houve diferença estatística entre as estádios de aplicação, exceto para o glyphosate quando aplicado no estágio I (sementes com 60 a 65% de umidade) com menor porcentagem de germinação observando-se também para esta estágio a maior porcentagem de plântulas anormais (Tabela 2). Porém, para as sementes armazenadas por três meses (Tabela 2), somente o dessecante saflufenacil não afetou a germinação nos diferentes estádios de aplicação. Para os

dessecantes flumioxazin e diquat, a menor porcentagem de germinação ocorreu quando a aplicação foi realizada no estágio II (sementes com umidade de 50-55%). Já com o dessecante amonio-glufosinate, menores porcentagens de germinação ocorreram nos estádios I e III (sementes com 60-65% e 30-35% de umidade, respectivamente).

Avaliando os dessecantes dentro dos estádios de aplicação (Tabela 2) logo após a colheita (0 meses), observa-se que não houve diferença na germinação quando a aplicação foi realizada no estágio III. No estágio I, a germinação foi maior para os tratamentos flumioxazin e saflufenacil, os quais também foram superiores aos demais juntamente com o diquat e amonio-glufosinate no estágio II, com menor germinação para as sementes do tratamento glyphosate (estádios I e II). Com três meses de armazenamento, de modo geral, menores valores de germinação foram obtidos para as sementes dos tratamentos amonio-glufosinate e glyphosate aplicados nos estádios I e III e, diquat e glyphosate no estágio II. Assim, para a estágio III, observa-se que o glyphosate, apesar de não ter afetado a germinação das sementes recém-colhidas como aconteceu com os demais dessecantes, causou redução na germinação após o armazenamento. Verifica-se, em geral, que com a aplicação de glyphosate tanto em pós-colheita quanto após o armazenamento houve maiores porcentagens de plântulas anormais (Tabela 2).

Na comparação dos tratamentos de dessecação com o controle logo após a colheita (0 meses) e após 3 meses de armazenamento (Tabela 2), apenas o dessecante glyphosate aplicado no estágio I afetou negativamente a germinação das sementes de grão-de-bico. Enquanto que, o diquat quando aplicado no estágio I em comparação com o controle (3 meses) foi superior a este. Nota-se que as sementes provenientes de plantas não dessecadas apresentaram, após a colheita, 82% de germinação, valor superior ao mínimo exigido para a comercialização de sementes (BRASIL, 2012). Porém, as sementes deste tratamento ao serem armazenadas por três meses tiveram redução de 15 pontos percentuais na germinação, sendo o valor obtido (67%) inferior ao padrão mínimo exigido.

Tabela 2 - Médias de germinação (%) e plântulas anormais (%) provenientes de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádio de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
Germinação (%)						
I	0	89Aaa	90Aaa	83Baa	77Baa	57Cβa*
	3	78Aab	74Aab	82Aaa+	67Bβb	55Cβa
II	0	84Aaa	87Aaa	83Aaa	81Aaa	72Baa
	3	68Bβb	73Aab	62Bβb	77Aaa	64Baa
III	0	78Aaa	83Aaa	78Aaa	76Aaa	82Aaa
	3	81Aaa	74Aaa	74Aaa	66Bβa	69Bab
Controle (0 meses)			82a			
Controle (3 meses)			67b			
C.V. (%)			9,13			
Plântulas anormais (%)						
I	0	9Bab	6Bab	12Baa	16Baa	43Aaa*
	3	18Baa	19Baa	11Caa	22Baa	40Aaa+
II	0	13Bab	10Bab	12Baa	15Baa	26Aβa
	3	23Baa	20Baa	20Baa	17Baa	29Aβa
III	0	19Aaa	9Aaa	13Aaa	19Aaa	15Aγa
	3	12Aaa	16Aaa	18Aaa	22Aaa	18Aγa
Controle (0 meses)			15a			
Controle (3 meses)			23a			
C.V. (%)			32,7			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Difere do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Difere do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Ainda na Tabela 2, comparando-se os períodos de armazenamento, verifica-se que quando os dessecantes foram aplicados nos estádios I e II, quando as plantas continham sementes com umidade entre 60-65% e 50-55% respectivamente, houve redução da porcentagem de germinação aos três meses de armazenamento, exceto para os tratamentos diquat (estádio I), amonio-glufosinate (estádio II) e glyphosate (estádios I e II), que apresentaram, em geral, menores valores para plântulas anormais (Tabela 2). No entanto, no estágio III, quando as sementes apresentavam umidade entre 30-35%, somente o dessecante glyphosate reduziu a porcentagem de germinação aos três meses de armazenamento (Tabela 2).

Para a comercialização de sementes de grão-de-bico, o padrão mínimo exigido é de 80% de germinação (BRASIL, 2012). Após a colheita, valores abaixo do padrão mínimo foram observados para sementes obtidas de plantas dessecadas com flumioxazin no estágio III, diquat

no estágio III, amonio-glufosinate nos estádios I e III e glyphosate nos estádios I e II de dessecação. Após o armazenamento das sementes, valores acima do padrão mínimo foram observados apenas para o flumioxazin aplicado no estágio III e diquat no estágio I de dessecação (Tabela 2).

Os maiores resultados de germinação e menores porcentagens de plântulas anormais foram obtidos, em geral, com os dessecantes flumioxazin, saflufenacil e diquat o que pode ser atribuído a sua mobilidade na planta, ou seja, herbicidas de contato, com mobilidade limitada, ao contrário do glyphosate que possui ação sistêmica. Deste modo, a translocação daqueles dessecantes é considerada como baixa ou inexistente, fazendo que com os compostos não atinjam as sementes (SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2010; SOLTANI *et al.*, 2013; ZHANG; JOHNSON; WILLENBORG, 2016; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017) e, conseqüentemente, não interferindo negativamente na sua qualidade. A aplicação de diferentes herbicidas de contato não afetou a germinação de sementes de lentilha, ocorrendo redução da germinação quando se utilizou o glyphosate (SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017). Em sementes de soja, diversos estudos indicam que a aplicação de glyphosate em estádios que antecedem a maturidade fisiológica (R6 e R6.5) reduz significativamente a germinação das sementes (DALTRO *et al.*, 2010; MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2012; TOLEDO *et al.*, 2014; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2015).

A redução da porcentagem de germinação das sementes com a aplicação do glyphosate, pode ser atribuída à translocação do produto para as sementes, pois, principalmente nos estádios de aplicação I e II, as plantas apresentavam muitas folhas e vagens verdes, com sementes ainda em desenvolvimento. O glyphosate, após entrar em contato com as folhas e ser absorvido, alcança regiões metabolicamente ativas como os meristemas (apicais do caule e raiz) e tecidos que apresentam altas taxas metabólicas e de crescimento, ocorrendo translocação pelos tecidos vasculares via floema, pela rota dos fotoassimilados (SATCHIVI *et al.*, 2000; FENG; CHIU; SAMMONS, 2003; MONQUERO *et al.*, 2004; DILL *et al.*, 2010; NGUYEN *et al.*, 2016; LAMEGO; SCHAEGLER, 2019). Quando ocorre a aplicação de glyphosate em estádios que as sementes ainda estão em processo de maturação, este dessecante pode se acumular nos tecidos de reserva e embrião (CESSNA *et al.*, 2002; SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017), podendo reduzir a germinação (BAIG *et al.*, 2003; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2015).

O amonio-glufosinate embora seja um herbicida dessecante de contato, contrariamente aos demais dessecantes de contato utilizados, reduziu a porcentagem de germinação das

sementes, pois apresenta translocação mais fácil do que o paraquat (LACERDA *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2015a). Alguns estudos com a cultura da soja, mostraram que o amonio-glufosinate é o dessecante menos recomendado para dessecação de plantas, quando a finalidade for a produção de sementes (DELGADO; COELHO; BUBA, 2015; MCNAUGHTON *et al.* 2015; PEREIRA *et al.*, 2015a; BOTELHO *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2018; RAISSE, 2019; ZUFFO *et al.*, 2020).

É importante destacar que com a aplicação do Diquat no estágio I de dessecação, resultou em altas porcentagens de germinação, tanto logo após a colheita quanto após o 90 dias de armazenamento (Tabela 2), além de resultar em maior antecipação de colheita (14 dias) (Figura 4) e, germinação superior ao padrão mínimo exigido para a comercialização de sementes de grão-de-bico.

O Diquat é um dessecante de contato, que após a sua aplicação causa rápida morte planta, limitando assim o transporte do produto até às sementes (OLIVEIRA; CONSTANTIN; INOUE, 2011). Deste modo, não apresenta influência negativa sobre a qualidade de sementes (BEZERRA *et al.*, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2018). Penckowski *et al.* (2005) observaram que não houve redução da germinação das sementes quando foi aplicando o dessecante diquat (dose: 300 e 600 g i.a. ha⁻¹) em plantas de feijão com 55% das vagens secas.

É importante ressaltar que, no estágio II de dessecação, as plantas de grão-de-bico apresentavam sementes com umidade entre 50-55%, ponto considerado próximo a maturidade fisiológica (TRANCOSO, 2018). Para este estágio, menor porcentagem de germinação foi obtida com a aplicação de glyphosate independente do período de armazenamento. Em sementes de feijão azuki (*Vigna angularis* Willd.) a aplicação do herbicida glyphosate em R7 (maturidade fisiológica) também reduziu a germinação (TAVARES *et al.*, 2016). Em sorgo, aplicando-se diferentes doses (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹) dos produtos glyphosate e paraquat após a maturidade fisiológica das sementes, foi observado que com o aumento da dose de glyphosate houve severa redução da qualidade das sementes (BARROS *et al.*, 2019).

Contudo, o glyphosate quanto aplicado no estágio III, diferentemente dos estágios anteriores, não afetou a germinação das sementes. Vale lembrar que neste estágio de dessecação, as plantas apresentavam folhas amareladas, com alta senescência natural das folhas baixas, havendo vagens e sementes com reduzida atividade metabólica. Neste estágio, pode ter ocorrido baixa translocação do produto nas plantas, principalmente pelo fato de que, para uma adequada translocação do herbicida deve haver alta atividade metabólica dos órgãos vegetativos e reprodutivos (SATCHIVI *et al.*, 2000; CESSNA *et al.*, 2002; FENG; CHIU; SAMMONS, 2003; ROMAN *et al.*, 2007). Após a maturidade fisiológica cessa a translocação

de fotoassimilados da planta para a semente e o teor de água das sementes decresce rapidamente (MARCOS-FILHO, 2015). O grau de umidade das sementes no momento da aplicação dos desseccantes no estágio III era menor (30-35% de umidade) quando comparado com as sementes provenientes dos estádios I (60-65%) e II (50-55%). Em lentilha, quando a dessecação foi realizada em plantas cujas sementes apresentam menor grau de umidade (32 - 40%), a redução da germinação foi menos acentuada, o que foi atribuído à provável menor translocação do glyphosate (SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017).

As plântulas anormais obtidas de sementes provenientes de plantas desseccadas com o glyphosate apresentaram crescimento reduzido da raiz principal e atrofiamento das raízes secundárias (Figura 5). Na Figura 5a, pode-se observar que as plântulas normais apresentam características de boa formação da raiz primária e de raízes secundárias, e epicótilo bem desenvolvido. Contudo, o padrão de plântulas anormais observado tem como particularidade o menor desenvolvimento da raiz primária (encurtamento e engrossamento) e por sua vez um atrofiamento das raízes secundárias (Figura 5 b-d).

O crescimento anormal das raízes também foi observado em plântulas de soja principalmente quando a dessecação ocorreu nos estágios R6 (MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011) e R6.5 (DALTRO *et al.*, 2010). Segundo Daltro *et al.* (2010), essa anomalia pode ser atribuída à fitotoxicidade causada pelo glyphosate. Para Marcandalli *et al.* (2011) pelo fato de o glyphosate ser um produto sistêmico, este pode ser translocado até as sementes que ainda se encontram em desenvolvimento. A presença de resíduos de glyphosate provocam o déficit de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos secundários que afetam a organogênese, gerando impedimento à diferenciação das raízes (NAGATA *et al.*, 2000).

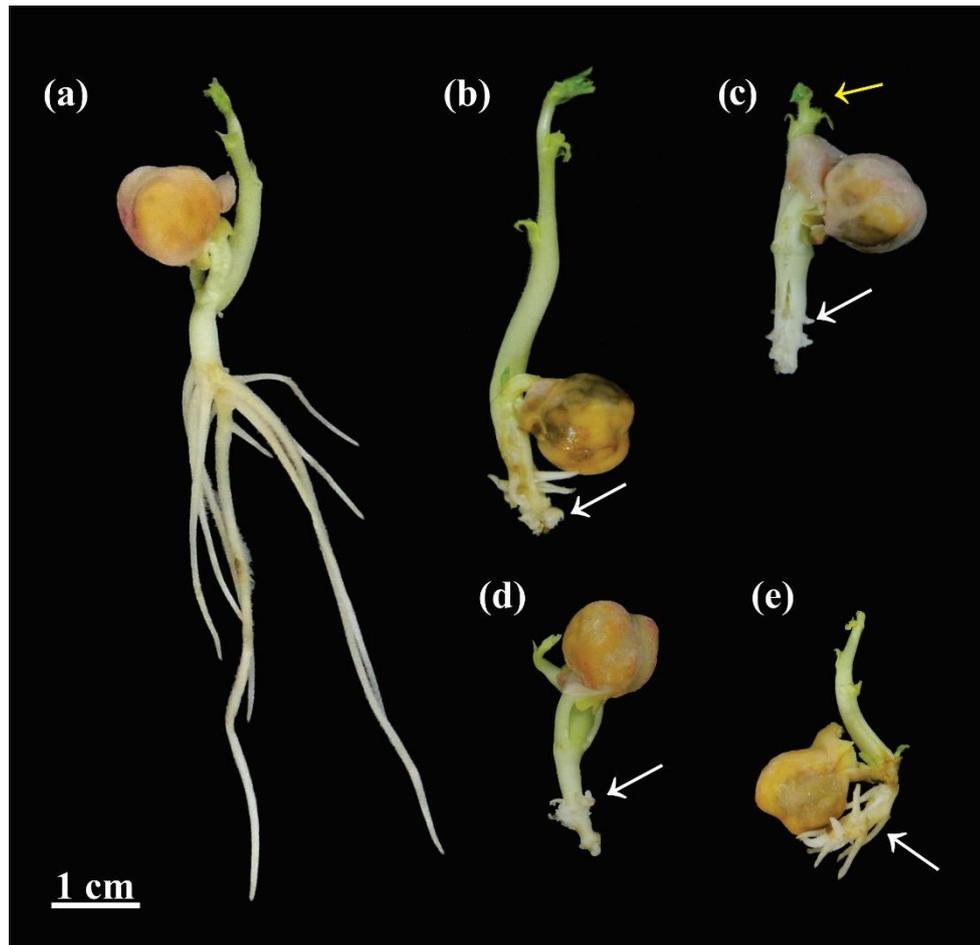


Figura 5 – Plântulas obtidas de sementes colhidas de plantas dessecadas com glyphosate. (a) plântula normal do teste de germinação; (b-e): plântulas anormais do teste de germinação. Setas brancas indicam má formação das raízes (primária e secundárias). Seta amarela indica má formação da parte aérea. Imagens: Ribeiro, J.P.O.

Observa-se que sementes de plantas dessecadas nos estádios I e II com amonio-glufosinate e glyphosate apresentaram menor vigor em ambos períodos de armazenamento (0 e 3 meses) (Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8). O efeito negativo destes dois dessecantes sobre o vigor das sementes após aplicação em estádios precoces é relatado na literatura em sementes soja (DELGADO; COELHO; BUBA, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2018; BOTELHO *et al.*, 2019), feijão (MCNAUGHTON *et al.* 2015) e em feijão-caupi (SILVA *et al.*, 2020), após a aplicação de amonio-glufosinate. E em lentilha (SUBEDI; WILLENBORG; VANDENBERG, 2017), ervilha (BAIG *et al.*, 2003), soja (DALTRO *et al.*, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2012; TOLEDO *et al.*, 2014) e sorgo (BARROS *et al.*, 2019), após a aplicação de glyphosate. No entanto, o maior vigor das sementes foi observado quando as plantas foram dessecadas no estágio I com flumioxazin e principalmente com diquat.

Pela primeira contagem de germinação (Tabela 3), que avalia indiretamente a velocidade de germinação das sementes (NAKAGAWA, 1999), observa-se nas sementes

recém-colhidas (0 meses) que não houve diferença entre os dessecantes nas diferentes estádios de aplicação, exceto para o glyphosate no estágio I, que foi inferior aos demais tratamentos (Tabela 3). Já aos 3 meses de armazenamento, a maior velocidade de germinação é observada para os tratamentos diquat (estádio I) e amonio-glufosinate (estádio II), que foram superiores aos demais dessecantes.

Avaliando o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante (Tabela 3), tal como observado na germinação (Tabela 2), não houve diferença estatística para os dessecantes flumioxazin, saflufencil, diquat e amonio-glufosinate. Somente o glyphosate no estágio I de aplicação e para sementes não armazenadas (0 meses) apresentou valores inferiores aos obtidos nas demais estádios, sendo também significativamente inferior ao controle aos 0 meses. Os demais tratamentos não diferiram do controle assim como observado na porcentagem de germinação (Tabelas 2 e 3). Aos 3 meses de armazenamento, o flumioxazin nos estádios I e II apresentou valores inferiores ao observado no estágio III, já o diquat no estágio I, apresentou valores superiores, sendo ainda, significativamente superior ao controle (3 meses) (Tabela 3).

Comparando-se os períodos de armazenamento (Tabela 3), com exceção dos dessecantes flumioxazin (estádio III), diquat (estádio I), amonio-glufosinate (estádios II e III) e glyphosate (estádio I), houve reduções significativas na primeira contagem de germinação das sementes armazenadas por 3 meses.

Tabela 3 - Primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
I	0	66A $\alpha\alpha$	71A $\alpha\alpha$	70A $\alpha\alpha$	64A $\alpha\alpha$	41B $\beta\alpha$ *
	3	43B $\beta\alpha\beta$	51B $\alpha\beta$	66A $\alpha\alpha$ +	50B $\alpha\beta$	44B $\alpha\alpha$
II	0	66A $\alpha\alpha$	66A $\alpha\alpha$	68A $\alpha\alpha$	66A $\alpha\alpha$	60A $\alpha\alpha$
	3	43B $\beta\beta$	49B $\alpha\beta$	45B $\beta\beta$	57A $\alpha\alpha$	47B $\alpha\beta$
III	0	57A $\alpha\alpha$	63A $\alpha\alpha$	64A $\alpha\alpha$	57A $\alpha\alpha$	64A $\alpha\alpha$
	3	51A $\alpha\alpha$	49A $\alpha\beta$	47A $\beta\beta$	49A $\alpha\alpha$	47A $\alpha\beta$
Controle (0 meses)			62a			
Controle (3 meses)			49b			
C.V. (%)			12,42			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Difere do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Difere do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

No teste de envelhecimento acelerado (Tabela 4) avaliou-se o vigor das sementes por meio da exposição destas a condições de estresse por altas temperaturas (41 °C) e umidade relativa (76%) por 48 horas. Comparando-se os dessecantes em cada estágio de dessecação, observa-se que, no estágio I, o maior vigor de sementes foi obtido quando se utilizou o dessecante diquat, sendo superior a todos os demais dessecantes, enquanto o menor vigor ocorreu nas sementes do tratamento com o glyphosate, tanto após a colheita quanto após o armazenamento. Ainda para a estágio I, nota-se que o amonio-glufosinate também apresentou maior vigor de sementes aos 3 meses de armazenamento. No estágio II, para após a colheita, sementes com maior vigor foram obtidas com os tratamentos diquat e saflufenacil, seguidos pelos dessecantes flumioxazin e amonio-glufosinate que não diferiram entre si, e o menor vigor foi observado nas sementes do tratamento com glyphosate. Neste estágio, aos 3 meses de armazenamento, o menor vigor foi observado quando utilizado o dessecante saflufenacil. Já no estágio III de dessecação, aos 3 meses de armazenamento não houve diferença estatística entre os dessecantes.

Avaliando o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante (Tabela 4), observa-se que, não houve diferença entre estágios de aplicação quando foram utilizados os herbicidas saflufenacil (aos 0 e 3 meses) e amonio-glufosinate (aos 0 meses). Para este dessecante, aos 3 meses de armazenamento das sementes, foi observado maior vigor no estágio I de aplicação e menor vigor para a estágio III. Para os dessecantes flumioxazin e diquat, observou-se maior vigor das sementes do estágio I em relação às demais. Quando a dessecação foi feita com o glyphosate, o vigor das sementes no estágio III de dessecação foi superior ao vigor obtido nas demais estágios, enquanto aos 3 meses de armazenamento isto ocorreu somente no estágio II de dessecação (Tabela 4).

Exceto para o Glyphosate, obteve-se maior vigor das sementes quando a dessecação foi realizada no estágio I (sementes com 60-65 % de umidade) (Tabela 4). Em trabalho realizado por Lamego *et al.* (2013) com a aplicação de paraquat (240 g i.a.ha⁻¹) em três estágios de desenvolvimento da soja, observou-se, pelo teste de envelhecimento acelerado que, maior vigor ocorreu quando a aplicação foi realizada no estágio R6, havendo redução do vigor nos estágios posteriores (R7.1 e R7.3). Pelúzio *et al.* (2008) também utilizando o dessecante paraquat, observaram queda do vigor das sementes de soja com o retardamento da colheita, sendo o maior vigor observado quando a dessecação foi realizada no estágio R7.

Ao comparar os dessecantes aplicados com o controle aos 0 meses de armazenamento (Tabela 4), observa-se que somente o tratamento diquat no estágio I apresentou vigor superior. Na comparação dos tratamentos com o controle após o armazenamento, observa-se no estágio

I, verifica-se maior vigor das sementes dos tratamentos com os dessecantes diquat e amonio-glufosinate, e vigor inferior ao controle para sementes do tratamento com glyphosate. No estágio II, somente o saflufenacil difere com o controle, apresentando vigor inferior a este. Para a estágio III, somente o diquat não se diferiu estatisticamente do controle, sendo que, os demais tratamentos apresentaram vigor inferior ao do controle (Tabela 4). Observa-se na Figura 4, que com a aplicação do diquat foi possível antecipar a colheita em 14 dias, o que pode resultar em benefício significativo para o potencial fisiológico das sementes, principalmente em situações em que ocorrem chuvas ou alta umidade relativa antes da colheita, condições estas que podem resultar em deterioração das sementes em campo ou até mesmo em germinação das sementes na vagem (MARCOS-FILHO, 2015).

Com relação aos períodos de armazenamento, aos 3 meses de armazenamento (Tabela 4) houve redução significativa do vigor das sementes, com exceção do tratamento amonio-glufosinate (estádio I), o qual não apresenta diferença estatística. Observa-se, de modo geral, que os valores obtidos no teste de envelhecimento acelerado para as sementes armazenadas por 3 meses foram relativamente baixos variando de 54% (diquat) a 31% (glyphosate). Verifica-se ainda que, houve redução significativa do vigor das sementes do tratamento controle (sem dessecação) com o armazenamento por 3 meses (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de germinação após envelhecimento acelerado de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
I	0	66Baa	64Baa	75Aaa*	56Caa	42Dya
	3	46Bab	39Cab	54Aab+	53Aaa+	31Dbb+
II	0	57Bba	65Aaa	67Aba	57Baa	49Cba
	3	39Aβb	34Bab+	41Aβb	44Aβb	41Aab
III	0	53Bba	64Aaa	66Aba	54Baa	56Baa
	3	35Aβb+	33Aab+	39Aβb	33Aγb+	35Aβb+
Controle (0 meses)			64a			
Controle (3 meses)			43b			
C.V. (%)			8,45			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Difere do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Diferem do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Para a emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) (Tabela 5), observa-se de modo geral, que tanto aos 0 como aos 3 meses de armazenamento, maiores valores foram obtidos para os dessecantes flumioxazin, saflufenacil e diquat em comparação com o amonio-glufosinate e glyphosate quando aplicados nos estádios I e II. Já no estágio III de aplicação não houve diferença entre os dessecantes para as sementes recém-colhidas (0 meses) e aos 3 meses de armazenamento a maior porcentagem de emergência foi obtida para os dessecantes flumioxazin, diquat e glyphosate. Para o IVE, não houve diferença estatística significativa em nenhum dos períodos de armazenamento (Tabela 5).

Avaliando o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante (Tabela 5), observa-se que não houve diferença na emergência de plântulas obtidas nos diferentes estádios de aplicação para o saflufenacil, após a colheita, enquanto, aos 3 meses de armazenamento a menor porcentagem de emergência foi obtida no estágio III de dessecação. Para o flumioxazin, em pós-colheita (0 meses) a menor emergência foi obtida no estágio III em comparação as demais estádios, já aos 3 meses de armazenamento não se observou diferença significativa entre os estádios de dessecação. Para o amonio-glufosinate a menor porcentagem ocorre nos estádios II (0 meses) e III (aos 3 meses de armazenamento), enquanto para o glyphosate a maior porcentagem de emergência foi obtida no estágio III de dessecação (Tabela 5).

Ao se comparar os diferentes tratamentos com o controle (Tabela 5), observa-se valores inferiores de emergência e IVE em relação ao controle (0 meses) para os dessecantes glyphosate (estádios I e II), amonio-glufosinate (estádio II) e flumioxazin (estádio III). Os dessecantes diquat (estádio II) e amonio-glufosinate (estádio I) não diferiram do controle quanto à porcentagem de emergência, mas apresentaram valores inferiores ao controle para o IVE. Aos 3 meses de armazenamento, os tratamentos diquat (estádio II), glyphosate (estádio II) e amonio-glufosinate (estádio III) foram inferiores ao controle (Tabela 5).

Com exceção dos tratamentos flumioxazin (estádio III), amonio-glufosinate (estádio II) e glyphosate (estádio I), a porcentagem de emergência de plântulas foi reduzida aos 3 meses de armazenamento (Tabela 5). Além da redução observada na porcentagem de emergência, exceto para o tratamento amonio-glufosinate (estádio II), o IVE também apresentou redução significativa aos 3 meses de armazenamento das sementes (Tabela 5).

Conforme já comentando no teste de germinação (Tabela 2) com a aplicação do dessecante glyphosate nos estádios I e II, houve redução da porcentagem de germinação e aumento do número de plântulas anormais (Tabela 2). Este fato pode ser explicado pela provável translocação e efeito fitotóxico do produto nas sementes (DALTRO *et al.*, 2010). As

plântulas anormais do teste de germinação eram caracterizadas pelo menor desenvolvimento de parte aérea e/ou encurtamento do sistema radicular como foi apresentado na Figura 5.

Tabela 5 - Emergência de plântulas (%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) provenientes de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
Emergência de plântula (%)						
I	0	94A $\alpha\alpha$	93A $\alpha\alpha$	91A $\alpha\alpha$	77B $\alpha\alpha$	66B $\beta\alpha^*$
	3	76A $\alpha\beta$	79A $\alpha\beta$	74A $\alpha\beta$	55B $\alpha\beta$	55B $\alpha\alpha$
II	0	84A $\alpha\alpha$	83A $\alpha\alpha$	76A $\beta\alpha$	65B $\beta\alpha^*$	64B $\beta\alpha^*$
	3	69A $\alpha\beta$	70A $\alpha\beta$	47B $\beta\beta+$	60A $\alpha\alpha$	44B $\beta\beta+$
III	0	72A $\beta\alpha^*$	79A $\alpha\alpha$	80A $\beta\alpha$	81A $\alpha\alpha$	88A $\alpha\alpha$
	3	62A $\alpha\alpha$	52B $\beta\beta$	69A $\alpha\alpha$	43B $\beta\beta+$	65A $\alpha\beta$
Controle (0 meses)			93a			
Controle (3 meses)			65b			
C.V. (%)			12,17			
Índice de velocidade de emergência (IVE)						
I	0	5,71A $\alpha\alpha$	5,22A $\alpha\alpha$	5,07A $\alpha\alpha$	3,63B $\beta\alpha^*$	3,09B $\beta\alpha^*$
	3	3,56A $\alpha\beta$	3,73A $\alpha\beta$	3,88A $\alpha\beta$	2,29B $\alpha\beta$	2,23B $\beta\beta$
II	0	4,41A $\beta\alpha$	4,35A $\beta\alpha$	3,48B $\beta\alpha^*$	3,29B $\beta\alpha^*$	3,10B $\beta\alpha^*$
	3	3,11A $\alpha\beta$	2,97A $\beta\beta$	2,15B $\gamma\beta+$	2,77A $\alpha\alpha$	1,99B $\beta\beta+$
III	0	3,90A $\beta\alpha^*$	4,38A $\beta\alpha$	4,50A $\alpha\alpha$	4,56A $\alpha\alpha$	4,85A $\alpha\alpha$
	3	2,63A $\alpha\beta$	2,52A $\beta\beta$	2,98A $\beta\beta$	2,02A $\alpha\beta+$	2,99A $\alpha\beta$
Controle (0 meses)			5,05a			
Controle (3 meses)			3,14b			
C.V. (%)			12,49			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Diferem do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Diferem do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Na Figura 6 são apresentadas imagens do teste de emergência de plântulas. Na Figura 6a, são apresentadas as plântulas do tratamento controle (0 meses), as quais apresentavam parte aérea bem desenvolvida e com desenvolvimento uniforme. Já algumas plântulas provenientes do tratamento com glyphosate estágio I (Figura 6b-d) apresentaram desenvolvimento completo (Figura 6b), enquanto outras apresentam-se com fraco desenvolvimento da parte aérea ou parte aérea com ramificações (Figura 6c-d).

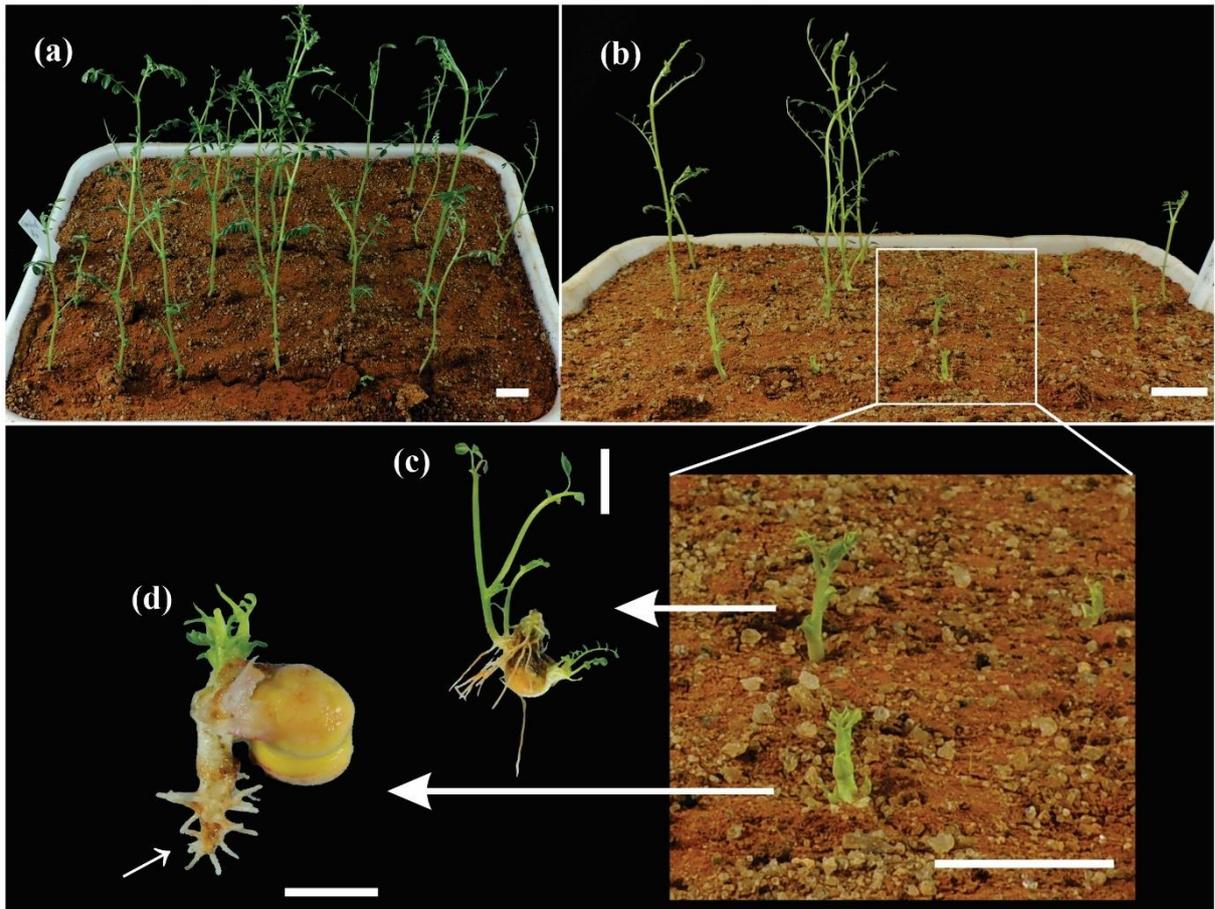


Figura 6 - Plântulas obtidas de sementes colhidas de plantas não dessecadas (a) e dessecadas com glyphosate (b-d) no teste de emergência de plântulas. (a) plântulas do tratamento controle (0 meses); (b-d): plântulas do tratamento com glyphosate (estádio I) as quais apresentam crescimento de parte aérea reduzido e ramificado. Seta indica má formação das raízes (primária e secundárias). Barras: (a-c): 2 cm, (d): 1 cm. Imagens: Ribeiro, J.P.O.

Para o comprimento de plântula (Tabela 6), ao avaliarmos os dessecantes em cada estágio de dessecação, observa-se que no estágio I o menor comprimento da plântula ocorreu quando foi utilizado o dessecante glyphosate, tanto após a colheita quanto aos 3 meses de armazenamento. Ainda para a estágio I, o tratamento amonio-glufosinate apresentou menor comprimento das plântulas após o armazenamento das sementes. No estágio II, o maior comprimento de plântula ocorreu para o saflufenacil em ambos os períodos, enquanto aos 3 meses de armazenamento, os tratamentos flumioxazin, diquat e glyphosate apresentaram menores valores de comprimento de plântula. Para o estágio III, observa-se diferença significativa somente aos 3 meses de armazenamento, sendo observado maiores comprimentos de plântula para os tratamentos saflufenacil, diquat e glyphosate.

Ainda na Tabela 6, ao avaliar o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante, observa-se que com a aplicação de flumioxazin e diquat, maior comprimento de plântula foi observado no estágio I de dessecação em ambos períodos de armazenamento. Para o

saflufenacil, não houve diferença entre os estádios de aplicação após a colheita; contudo, aos 3 meses de armazenamento, maior comprimento de plântulas é observado no estágio II de dessecação. Com a aplicação do dessecante amonio-glufosinate, verificou-se que após a colheita, o maior comprimento de plântula ocorre no estágio I, enquanto aos 3 meses de armazenamento, o maior comprimento ocorreu no estágio II de dessecação. O glyphosate por sua vez, apresentou maior comprimento somente no estágio III de dessecação (Tabela 6).

Observa-se ainda (Tabela 6) que no estágio I, houve maior comprimento de plântula quando aplicados os dessecantes flumioxazin, diquat e amonio-glufosinate quando comparado com o controle (0 meses). No estágio II, o comprimento foi maior somente para o dessecante saflufenacil em relação ao controle (0 e 3 meses).

Após 3 meses de armazenamento, observa-se que, com exceção dos tratamentos saflufenacil (estádios I e II), diquat (estádio I) amonio-glufosinate (estádio II), glyphosate (estádios I e II) e o controle. Para os demais tratamentos houve redução significativa do comprimento das plântulas (Tabela 6).

Tabela 6 - Comprimento da plântula (mm plântula⁻¹) oriunda de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
I	0	58,62A $\alpha\alpha$ *	49,28A $\alpha\alpha$	54,46A $\alpha\alpha$ *	55,81A $\alpha\alpha$ *	32,45B $\beta\alpha$
	3	43,82A $\alpha\beta$	42,57A $\beta\alpha$	48,53A $\alpha\alpha$	32,96B $\beta\beta$	24,91B $\alpha\alpha$
II	0	43,07B $\beta\alpha$	58,69A $\alpha\alpha$ *	41,44B $\beta\alpha$	36,31B $\beta\alpha$	31,09B $\beta\alpha$
	3	31,72C $\beta\beta$	55,66A $\alpha\alpha$ +	26,38C $\gamma\beta$	42,49B $\alpha\alpha$	27,20C $\alpha\alpha$
III	0	46,33A $\beta\alpha$	50,61A $\alpha\alpha$	40,3A $\beta\alpha$	38,14A $\beta\alpha$	44,56A $\alpha\alpha$
	3	25,02B $\beta\beta$	36,04A $\beta\beta$	37,57A $\beta\alpha$	27,95B $\beta\beta$	34,53A $\alpha\beta$
Controle (0 meses)		37,78a				
Controle (3 meses)		38,94a				
C.V. (%)		17,32				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Diferem do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Difere do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

O menor comprimento de plântulas foi observado para o estágio I quando as plantas foram dessecadas com glyphosate. Em soja, após a aplicação deste produto em estágio precoce (R6.5) foi observado o menor comprimento de plântulas (DALTRO *et al.*, 2010). Para a estágio II, o efeito negativo sobre o comprimento das plântulas foi observado para os produtos amonio-

glufosinate e glyphosate, que pode ser explicado pela facilidade de translocação destes produtos até as sementes (LACERDA *et al.*, 2005). O menor comprimento das plântulas após a aplicação de glyphosate também foi observado por Toledo *et al.* (2012) em estudos com soja.

Com relação ao peso de matéria seca da plântula (Tabela 7), observa-se que menores valores ocorreram para os dessecantes amonio-glufosinate e glyphosate em ambos períodos de avaliação. No estágio II, o menor peso ocorreu somente para os tratamentos diquat (0 meses) e glyphosate (0 e 3 meses). Para a estágio III de dessecação, o menor peso ocorreu somente para o produto amonio-glufosinate aos 3 meses de armazenamento (Tabela 7).

Avaliando o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante (Tabela 7), observa-se diferença estatística entre os estágios de dessecação somente para os dessecantes diquat, amonio-glufosinate e glyphosate. Para o diquat o menor peso de matéria seca ocorreu no estágio II de aplicação, enquanto que o dessecante amonio-glufosinate apresentou menor peso de matéria seca nos estágios I e III aos 3 meses de armazenamento. Para o dessecante glyphosate o maior peso é observado somente no estágio III (Tabela 7).

Comparando os produtos com o controle, observa-se que o diquat se difere estatisticamente do controle (0 e 3 meses) nos estágios I e III de dessecação, sendo em ambos períodos, com o peso de matéria seca de plântula superior ao controle. Para o saflufenacil diferença estatística é observada nos estágios I e II, sendo que no estágio I o mesmo difere-se com o controle (3 meses) enquanto que no estágio II com o controle (0 meses), em ambos os períodos o tratamento apresentou peso de matéria seca da plântula superior ao do controle. Já o amonio-glufosinate diferem-se estatisticamente do controle (3 meses), apresentando peso de matéria seca inferior a ao controle.

Após 3 meses de armazenamento, observa-se que, para todos os tratamentos, que não houve diferença significativa do peso de matéria seca das plântulas (Tabela 7).

Tabela 7 - Peso de matéria seca da plântula (mg plântula⁻¹) oriunda de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
I	0	15,28A $\alpha\alpha$	15,27A $\alpha\alpha$	16,60A $\alpha\alpha$ *	13,2aB $\alpha\alpha$	11,67B $\beta\alpha$
	3	16,65A $\alpha\alpha$	17,23A $\alpha\alpha$ +	18,94A $\alpha\alpha$ +	12,15B $\beta\alpha$ +	13,02B $\beta\alpha$
II	0	15,56A $\alpha\alpha$	16,48A $\alpha\alpha$ *	13,14B $\beta\alpha$	14,50A $\alpha\alpha$	11,28B $\beta\alpha$
	3	16,27A $\alpha\alpha$	16,88A $\alpha\alpha$	15,10A $\beta\alpha$	15,86A $\alpha\alpha$	12,75B $\beta\alpha$
III	0	14,74A $\alpha\alpha$	16,06A $\alpha\alpha$	16,50A $\alpha\alpha$ *	13,52A $\alpha\alpha$	15,25A $\alpha\alpha$
	3	15,43A $\alpha\alpha$	17,04A $\alpha\alpha$	18,61A $\alpha\alpha$ +	12,83B $\beta\alpha$	16,94A $\alpha\alpha$
Controle (0 meses)			12,36a			
Controle (3 meses)			13,65a			
C.V. (%)			11,93			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Diferem do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Diferem do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 8 encontram-se os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica. Este teste está relacionado à capacidade de reorganização das membranas celulares durante a embebição das sementes, de modo que maiores valores indicam maior lixiviação de solutos e, conseqüentemente, menor vigor das sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Quando se avaliou os dessecantes dentro de cada estágio de dessecação (Tabela 8), observa-se que no estágio I, quando as sementes tinham umidade entre 60-65%, o maior valor de condutividade elétrica, que por sua vez resulta em menor vigor, foi observado para o dessecante amonio-glufosinate, corroborando com o observado nas tabelas 2 e 5, que mostram que quando foi aplicado este dessecante, houve redução da porcentagem de germinação, emergência de plântulas e também do IVE, tanto após a colheita quanto após o armazenamento. Para a estágio II, os menores valores ocorrem para os dessecantes saflufenacil e flumioxazin, com exceção do flumioxazin após a colheita, onde a condutividade elétrica das sementes foi alta. No estágio III, menores valores são observados para os dessecantes diquat e glyphosate após a colheita e diquat e saflufenacil após o armazenamento das sementes.

Como apresentado na Tabela 8, as sementes do tratamento com glyphosate apresentaram menor condutividade elétrica no estágio I de dessecação, indicando maior vigor. A menor condutividade elétrica observada para este tratamento, pode ser explicada pelo modo de ação do produto, visto que, diferente dos demais, este tem ação enzimática inibindo a enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase) ocorrendo o bloqueio de síntese de

aminoácidos aromáticos e redução da eficiência fotossintética (OLIVEIRA; CONSTANTIN; INOUE, 2011), não ocorrendo destruição de células e membranas como ocorre para os demais dessecantes estudados.

Avaliando o fator estágio de dessecação dentro de cada dessecante, observa-se para o produto flumioxazin, menor valor de condutividade elétrica no estágio I de dessecação. Para o saflufenacil, menor valor ocorre nos estágios I e II, diquat nos estágios I e III e, amonio-glufosinate nos estágios II e III de dessecação. Para o produto glyphosate, a menor condutividade elétrica ocorre no estágio I, valor intermediário é observado no estágio III e maior valor no estágio II de dessecação (Tabela 8).

Analisando diferença estatística entre os produtos e o controle, observam-se valores de condutividade elétrica menores que o controle para os produtos flumioxazin e saflufenacil no estágio I de dessecação. Já valores estatisticamente diferentes, porém com valores superiores ao do controle são observados para os produtos amonio-glufosinate na época I e, diquat e amonio-glufosinate no estágio II de dessecação.

Observa-se que, após o armazenamento das sementes houve aumento significativo da condutividade elétrica em todos os tratamentos (Tabela 8). Este aumento da condutividade elétrica reforça o efeito da deterioração das sementes, visto que, a desestruturação da membrana é considerada como um dos primeiros eventos que caracterizam a deterioração de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Corroborando com o observado após o período de armazenamento, no qual houve a redução da porcentagem de germinação (Tabela 2), velocidade de germinação (Tabela 3), do vigor pelo teste de envelhecimento acelerado que indica a capacidade de suportar condições de estresse (Tabela 4), e da emergência (Tabela 5) e comprimento das plântulas (Tabela 6).

Tabela 8 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm g}^{-1}$) de sementes de grão-de-bico cv. Aleppo colhidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas dessecantes em três estádios, avaliados em pós-colheita e após três meses de armazenamento.

Estádios de dessecação	Armazenamento (meses)	Dessecantes				
		Flumioxazin	Saflufenacil	Diquat	Amonio-glufosinate	Glyphosate
I	0	89,62bB β *	93,73bB β *	94,70bB β	119,73bA α *	94,40bB γ
	3	108,54aB β +	112,73aB α	108,35aB β +	135,20aA α +	111,67aB β
II	0	106,79bA α	98,23bB β	114,47bA α *	114,27bA β *	110,17bA α
	3	117,64aB α	111,14aB α	125,27aA α	125,69aA β	121,30aA α
III	0	111,15bA α	107,58bA α	97,11bB β	111,09bA β	101,77bB β
	3	121,49aA α	114,52aB α	113,47aB β	126,32aA β	120,53aA α
Controle (0 meses)		103,77				
Controle (3 meses)		120,07				
C.V. (%)		4,16				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada estágio de aplicação e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra grega na coluna para cada dessecante e tempo de armazenamento não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$) e comparam tempos de armazenamento para cada dessecante e estágio de aplicação.

(*) Diferem do tratamento controle após a colheita pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

(+) Diferem do tratamento controle após três meses de armazenamento pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

A partir da análise de componentes principais (PCA) (Figura 7) pode-se observar que os componentes 1 (Dim1) e 2 (Dim2) após a colheita e após três meses de armazenamento explicaram respectivamente 81,2% (Figura 7a) e 72,1% (Figura 7b) da variabilidade total, enquanto que, quando os dois períodos foram combinados a variabilidade total foi de 79,4% (Figura 7c).

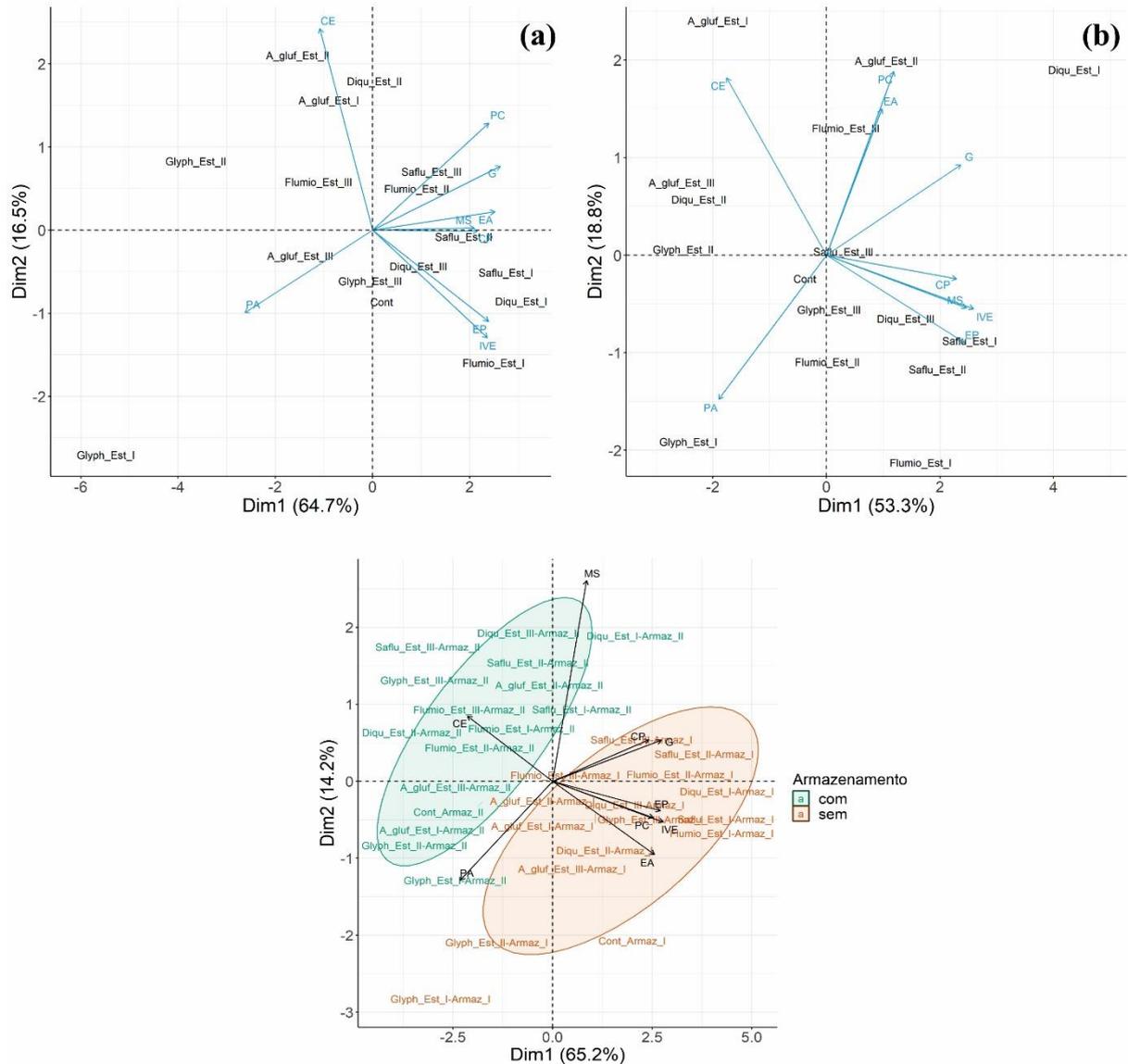


Figura 7 – Biplot da análise de componentes principais (PCA) obtidos pela combinação linear das variáveis relacionadas ao potencial fisiológico das sementes de grão-de-bico, obtidas de plantas submetidas a aplicação de cinco dessecantes em três estádios, mais o controle composto por sementes obtidas de plantas sem aplicação de dessecante. (a) após a colheita; (b) três meses de armazenamento; (c) combinação dos períodos de armazenamento. Dim1 – Componente principal 1; Dim2 – Componente principal 2.

Conforme apresentado em Figura 7, observa-se que no diagrama de ordenação da PCA para os dados após a colheita (Figura 7a) os tratamentos flumioxazin (estádio III), diquat (estádio II), amônio-glufosinate (estádios I, II e III) e glyphosate (estádios I e II), apresentaram tendência de agrupamento no escore negativo do Dim1, no qual corresponde às variáveis de condutividade elétrica (CE) e porcentagem de plântulas anormais (PA) (Figura 7a). Já aos três meses de armazenamento (Figura 7b), a tendência de agrupamento no escore negativo do Dim1 ocorreu para os tratamentos controle, flumioxazin e diquat (estádio II), amônio-glufosinate

(estádios I e III) e glyphosate (estádios I e II), no qual também corresponde às variáveis de condutividade elétrica (CE) e porcentagem de plântulas anormais (PA) (Figura 7b).

Por meio dos diagramas de ordenação da PCA (Figuras 7a,b) nota-se que tanto em após a colheita (Figura 7a) quanto aos três meses de armazenamento (Figura 7b) que os tratamentos flumioxazin (estádio I), saflufenacil (estádios I, II e III), diquat (estádio I e II) e glyphosate (estádio III) se apresentam no escore positivo do Dim.1, no qual se concentram também as variáveis, germinação (G) emergência de plântula (EP), índice de velocidade de emergência (IVE), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA) e comprimento da plântula (CP) e matéria seca da plântula (MS) (Figuras 7a, b). De acordo com Medeiros *et al.* (2018) o uso de análise de componentes principais auxilia na interpretação de variáveis relacionadas à qualidade das sementes.

Contudo em Figura 7c, observa-se que, quando analisamos os dados de zero meses (sem armazenamento) e três meses (com armazenamento) no mesmo diagrama de ordenação da PCA que, em após a colheita (0 meses), com exceção do tratamento glyphosate (estádios I e II), os tratamentos apresentaram tendência de agrupamento no escore positivo do Dim.1. no qual se concentram também as variáveis G, EP, IVE, PC, EA, CP e MS (Figura 7c). E aos três meses de armazenamento, exceto para o tratamento diquat (estádio I), o agrupamento dos tratamentos se deu no escore negativo do Dim.1 correspondendo às variáveis CE e PA (Figura 7c).

Para elucidar melhor a classificação dos tratamentos, foi realizado o agrupamento hierárquico nos componentes principais (HCPC) integrando os resultados da PCA com os resultados em grupos (Figura 8). Foram utilizados os dois primeiros componentes principais, que juntos explicam 79,4% da variabilidade total dos dados, sendo possível separar os tratamentos em três grupos. Com isso, observa-se que os grupos 1 e 2 estão localizados na região delimitada na Figura 7c pelos tratamentos situados no escore negativo do diagrama de ordenação da PCA, que compreendeu, com exceção do tratamento diquat (estádio I), os tratamentos referentes à três meses de armazenamento das sementes, enquanto que, no grupo 3 com exceção dos tratamentos glyphosate (estádios I e II) observa-se os tratamentos referentes à pós-colheita (Figuras 7c, 8).

Levando em consideração os dados das tabelas já apresentadas, podemos considerar que por meio do HCPC (Figura 8), o grupo 1 compreendeu aqueles tratamentos cujas sementes apresentaram menor qualidade, enquanto no grupo 2 foi constituído por aqueles com qualidade intermediária. O grupo 3, por sua vez, foi composto principalmente por aqueles tratamentos que apresentaram sementes com maior qualidade (Figura 8).

Ainda na Figura 8, observa-se no grupo 1, que o tratamento glyphosate (estádio I e II), foi agrupado tanto após a colheita (Armaz_I) quanto aos três meses de armazenamento (Armaz_II). No grupo 3, o tratamento diquat (estádio I) se apresentou em ambos os períodos (com e sem armazenamento) (Figura 8). Já para o tratamento controle, observa-se que o mesmo foi separado em dois grupos, sendo o grupo 3 para os dados após a colheita, enquanto que, aos três meses de armazenamento o grupo 1, onde situam aqueles tratamentos que as sementes apresentam menor qualidade, evidenciando que o retardamento da colheita acarretou perdas significativas no potencial de armazenamento das sementes.

Os resultados apresentados na PCA e no HCPC confirmam os observados anteriormente por meio dos testes de comparação de médias, principalmente nos estádios I e II, onde o dessecante glyphosate contribuiu para a redução da germinação e vigor das sementes. No entanto, a aplicação do dessecante diquat no estágio I resultou além da maior antecipação de colheita (14 dias), como já comentado, em maior qualidade fisiológica das sementes.

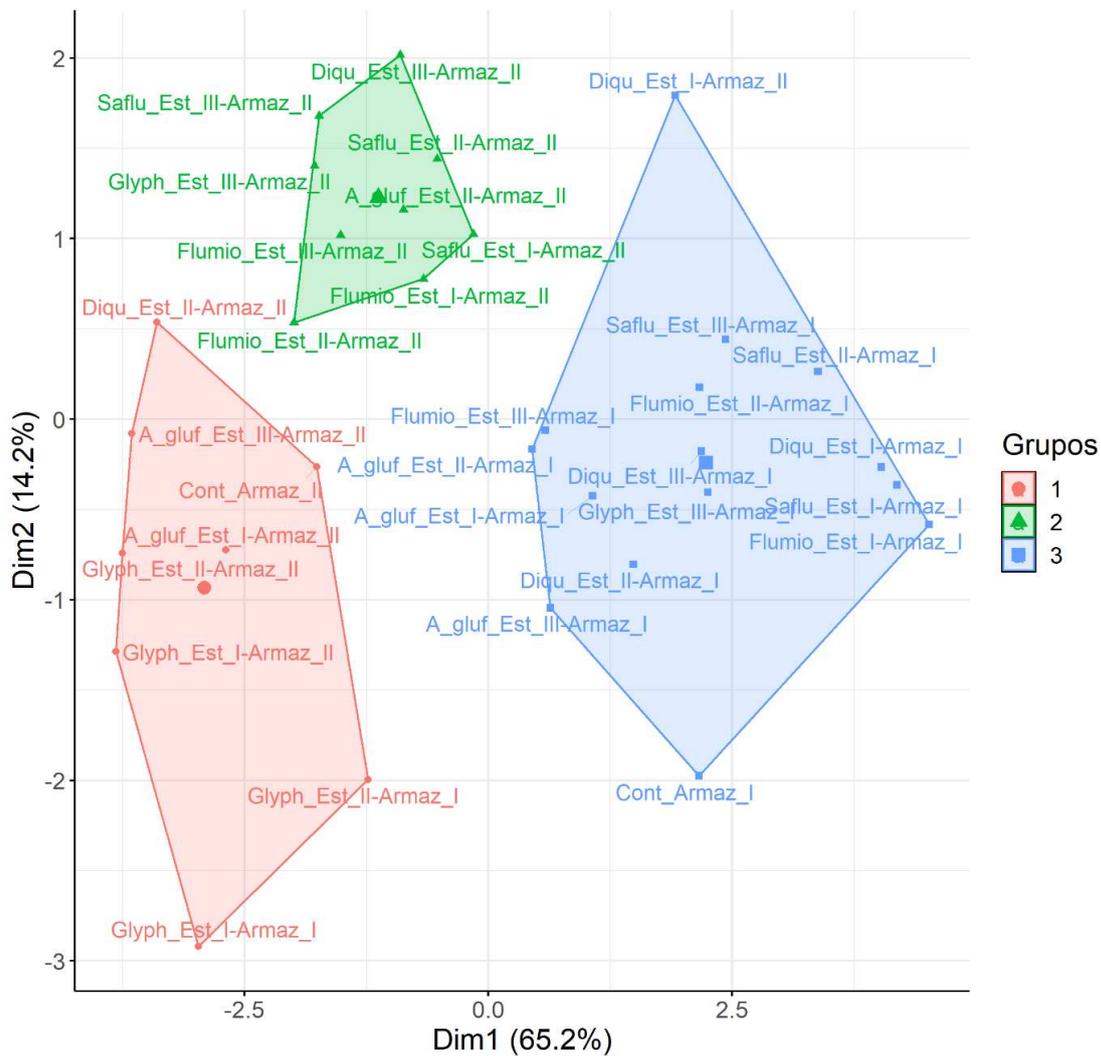


Figura 8 - Agrupamento hierárquico nos componentes principais (HCPC): Grupos resultantes.

CONCLUSÕES

A aplicação do diquat no estágio I (sementes com 60 a 65% de umidade) resultou em maior qualidade fisiológica das sementes de grão-de-bico e antecipação da colheita em 14 dias.

Os dessecantes flumioxazin e saflufenacil não afetam a qualidade das sementes quando aplicados nos estádios I e II (sementes com 60-65% e 50-55% de umidade, respectivamente); nestes estádios, o flumioxazin permitiu antecipação da colheita em 7 dias, enquanto o saflufenacil em 10 e 7 dias, respectivamente.

O glyphosate e o amônio-glufosinate reduzem a qualidade fisiológica das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, B. et al. Genome-wide identification and expression analysis of two component system genes in *Cicer arietinum*. **Genomics**, v. 112, n. 2, p. 1371–1383, 2020.
- ARAÚJO, D.L.; LAZZARI, M.P.; DUTRA, R.; LAJÚS, C.R.; KLEIN, C.; CERICATO, A.; SORDI, A.; JUNGES, M. Influence of soybean desiccation periods on its germination potential and yield components. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, p. 1–6, 2018.
- ARAÚJO, J.O. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.): testes de vigor e atividade de enzimas antioxidantes. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. p. 86, 2019.
- ASADI, A.A.; EBRAHIMI, A.; RASHIDI-MONFARED, S.; BASIRI, M.; AKBARI-AFJANI, J. Comprehensive functional analysis and mapping of SSR markers in the chickpea genome (*Cicer arietinum* L.). **Computational Biology and Chemistry**, v. 84, p. 107169, 2020.
- 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: e019177741, 2019.
- AVELAR, R.I.S. Produção e qualidade de sementes de grão-de-bico em diferentes épocas de plantio e colheita no Norte de Minas Gerais. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais. p.95, 2016.
- AVELAR, R.I.S.; COSTA, C.A.; BRANDÃO JÚNIOR, D.S.; PARAÍSO, H.A.; NASCIMENTO, W.M. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 146–155, 2018.
- BAIG, M.N.; DARWENT, A.L.; HARKER, K.N.; O'DONOVAN, J.T. Preharvest Applications of Glyphosate Affect Emergence and Seedling Growth of Field Pea (*Pisum sativum*). **Weed Technology**, v. 17, n. 4, p. 655–665, 2003.
- BAR-EL DADON, S.; ABBO, S.; REIFEN, R. Leveraging traditional crops for better nutrition and health - The case of chickpea. **Trends in Food Science and Technology**, v. 64, p. 39–47, 2017.

BARROS, A.F.; PIMENTEL, L.D.; FREITAS, F.C.L.; CECOM, P.R.; TOMAZ, A.C.; SOUSA, E.A.M.; LADEIRA, L.M.; BIESDORF, E.M. Dessecação pré-colheita em sorgo granífero: qualidade fisiológica das sementes e efeito sobre a rebrota. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1–8, 2019.

BEZERRA, A.R.G.; SEDIYAMA, T.; NOBRE, D.A.C.; FERREIRA, L.V.; SILVA, F.C.S.; SILVA, A.F.; ROSA, D.P. Effect of desiccation with ethephon on yield and quality of soybean. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 312–319, 2014.

BOTELHO, F.J.E.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, É.V.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@Mambiente on-Line**, v. 10, n. 2, p. 137, 2016.

BOTELHO, F.J.E.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, É.V.R.; CARVALHO, E.R.; RESENDE, P.M.; REIS, L.V. Quality of soybean seeds with different lignin content obtained from desiccated plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1–7, 2019.

BOUKID, F.; ZANNINI, E.; CARINI, E.; VITTADINI, E. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? **Trends in Food Science and Technology**, v. 88, p. 416–428, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução de diretoria colegiada - rdc nº 190, de 30 de novembro de 2017. 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/649195/do1-2017-12-01-resolucao-rdc-n-190-de-30-de-novembro-de-2017-649191. Acesso em 07 de set. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 365p.

BRASIL. Sistema de Consulta à Legislação - SISLEGIS. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **PORTARIA Nº 111**, set. 2012.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. *In: Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria*; 24-28 de julho de 2017; Lavras – MG, Brasil. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2017. p.333.

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

CESSNA, A.J.; DARWENT, A.L.; TOWNLEY-SMITH, L.; HARKER, K.N.; KIRKLAND, K.J. Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in field pea, barley and flax seed following preharvest applications. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 82, n. 2, p. 485–489, 2002.

CONSIDINE, M.J.; SIDDIQUE, K.H.M.; FOYER, C.H. Nature's pulse power: Legumes, food security and climate change. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 8, p. 1815–1818, 2017.

DALTRO, E.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; NETO, J.B.F.; GUIMARÃES, Sebastião C.; GAZZIERO, D.L.P.; HENNING, A.A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: Efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 111–122, 2010.

DELGADO, C.M.U.; COELHO, C.M.M.; BUBA, G.P. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 154–161, 2015.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427–452, 1973.

DHARANGUTTIKAR, V.M.; BHARUD, R.W.; BORKAR, V.H. Physiological responses of chickpea genotypes for drought tolerance under induced moisture stress. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 5, n. 9, p. 1–11, 2015.

DI STEFANO, E.; TSOPMO, A.; OLIVIERO, T.; FOGLIANO, V.; UDENIGWE, C.C. Bioprocessing of common pulses changed seed microstructures, and improved dipeptidyl peptidase-IV and α -glucosidase inhibitory activities. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2019.

DILL, G.M. et al. Glyphosate: Discovery, Development, Applications, and Properties. *In*: Nandula, V.K. (Ed.). **Glyphosate Resistance in Crops and Weeds: History, Development, and Management**. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, USA. Chapter 1, 2010.

DINIZ, F.O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.A. Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja submetidas ao retardamento de colheita e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 147–152, 2013.

EBONE, L.A.; CAVERZAN, A.; CHAVARRIA, G. Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 145, p. 34–42, 2019.

ERB, K.-H.; LAUK, C.; KASTNER, T.; MAYER, A.; THEURL, M.C.; Haberl, H. Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. **Nature communications**, v. 7, p. 11382, 2016.

FAO. Food and agriculture organization of the united nations. **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**. Rome, 2018a. 60p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

FAO. Food and agriculture organization of the united nations. **World food and agriculture - Statistical Pocketbook 2018**. Rome, 2018b. 254p. Disponível: <http://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

FAOSTAT. **Production. Crops**. 2020. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FELTON, W.L.; MARCELLOS, H.; ALSTON, C.; MARTIN, R.J.; BACKHOUSE, D.; BURGESS, L.W.; HERRIDGE, D.F. Chickpea in wheat-based cropping systems of northern New South Wales. II. Influence on biomass, grain yield, and crown rot in the following wheat crop. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 49, n. 3, p. 401–408, 1998.

FENG, P.C.C.; CHIU, T.; SAMMONS, R.D. Glyphosate efficacy is contributed by its tissue concentration and sensitivity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 77, n. 3, p. 83–91, 2003.

FINCH-SAVAGE, W.E.; BASSEL, G.W. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P.; LORINI,

I.; HENNING, F.A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **EMBRAPA Soja – Documentos**, n. 380, p. 76, 2016.

GIORDANO, L.B. Colheita. *In*: NASCIMENTO, W.M.P.; VEIGA, H.B.S.; GIORDANO, L.B. (Org.). **Cultivo do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L)**. Brasília, DF: Embrapa, 1998. p. 9–9.

GUIMARÃES, V.F.; HOLLMANN, M.J.; FIOREZE, S.L.; ECHER, M.M.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; ANDREOTTI, M. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 567–573, 2012.

HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAINTAINER, J.M. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. **R package version**, v. 1, p. 1–100, 2020. Disponível em: <http://factominer.free.fr>.

INOUE, M.H.; PEREIRA, P.S.X; MENDES, K.F.; BEN, R.; DALLACORT, R.; MAINARDI, J.T.; ARAÚJO, D.V.; CONCIANI, P.A. Determinação do estágio de dessecação em soja de hábito de crescimento indeterminado no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 71, 2012.

JAIN, M.; GARG, R. (Eds.). **Legume Genomics**. New York, NY: Humana Press, v. 2107. 2020. 409p.

JUKANTI, A.K.; GAUR, P.M.; GOWDA, C.L.L.; CHIBBAR, R.N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. S1, p. S11–S26, 2012.

KAPPES, C.; ARF, O.; FERREIRA, J.P.; PORTUGAL, J.R.; ALCALDE, A.M.; ARF, M.V.; VILELA, R.G. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-Colheita. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 42, n. 1, p. 9–18, 2012.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M. Physiological potential for desiccated soybean seed with. **Scientia Agraria**, v. 10, p. 001–006, 2009.

KOCSY, G. Die or survive? Redox changes as seed viability markers. **Plant, Cell and Environment**, v. 38, n. 6, p. 1008–1010, 2015.

KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; FRANÇA-NETO, J.B.; LORINI, I.; HENNING,

F.A. Tecnologias para produção de sementes de soja. **EMBRAPA Soja**, n. 43, p. 33, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117793/1/CATALOGO-SEMENTES-2015-OL1.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

LACERDA, A.L.S.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; FILHO, W.V.V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 447–457, 2005.

LACERDA, A.L.S.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; FILHO, W.V.V. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 97–105, 2003.

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.

LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E. Fisiologia Vegetal e a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. *In*: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de Aplicação Culturas Anuais**. 2. ed. Fepaf, 2019. 373 p.

LEPRINCE, O.; PELLIZZARO, A.; BERRIRI, S.; BUITINK, J. Late seed maturation: Drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 4, p. 827–841, 2017.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT - Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 2020. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 mar. 2020.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.C. Épocas de aplicação de desseccantes na cultura da soja: Qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 241–250, 2011.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1-3.24.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MCNAUGHTON, K.E.; BLACKSHAW, R.E.; WADDELL, K.A.; GULDEN, R.H.; SIKKEMA, P.H.; GILLARD, C.L. Effect of five desiccants applied alone and in combination with glyphosate in dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, n. 6, p. 1235–1242, 2015. DOI: 10.4141/CJPS-2015-098.

MERGA, B.; HAJI, J. Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, 2019.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; PRADO, R.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445–451, 2004.

MUKHERJEE, A.; SINGH, B.K.; VERMA, J.P. Harnessing chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed endophytes for enhancing plant growth attributes and bio-controlling against *Fusarium* sp. **Microbiological Research**, v. 237, p. 126469, 2020.

NAGATA, R.T.; DUSKY, J.A.; FERL, R.J.; TORRES, A.C.; CANTLIFFE, D.J. Evaluation of glyphosate resistance in transgenic lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 6, p. 669–672, 2000.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1. ed. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.P. Grão-de-bico: Nova aposta do agronegócio Brasileiro. **Revista Seed News**, v. 23, n. 3, p. 18–22, 2019.

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.P.; ARTIAGA, O.P.; SUINAGA, F.A. Grão-de-bico. In: NASCIMENTO, W.M. (org.). **Hortaliças leguminosas**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2016. p. 89–120.

NGUYEN, T.H.; MALONE, J.M.; BOUTSALIS, P.; SHIRLEY, N.; PRESTON, C. Temperature influences the level of glyphosate resistance in barnyardgrass (*Echinochloa colona*). **Pest Management Science**, v. 72, n. 5, p. 1031–1039, 2016.

NIKMARAM, N.; DAR, B.N.; ROOHINEJAD, S.; KOUBAA, M.; BARBA, F.J.; GREINER, R.; JOHNSON, Stuart K. Recent advances in γ -aminobutyric acid (GABA) properties in pulses:

an overview. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 9, p. 2681–2689, 2017.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011. 348p.

OSEI-BONSU, K. Storage and vigour problems in grain legume seeds. **Ph. D. Thesis**, University of Reading, Reading, p.216. 1981.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Efeito de herbicidas aplicados na pré-colheita na qualidade fisiológica das sementes de feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 102–113, 2005.

PEREIRA, T.; COELHO, C.M.M.; SOBIECKI, M.; SOUZA, C.A. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da dessecação pré-colheita. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 441–450, 2015. a.

PEREIRA, T.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A.; MANTOVANI, A.; MATHIAS, V. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2383–2394, 2015. b.

RAMAMOORTHY, P.; LAKSHMANAN, K.; UPADHYAYA, H.D.; VADEZ, V.; VARSHNEY, R.K. Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Field Crops Research**, v. 201, p. 146–161, 2017.

RAMAMOORTHY, P.; LAKSHMANAN, K.; UPADHYAYA, H.D.; VADEZ, V.; VARSHNEY, R.K. Shoot traits and their relevance in terminal drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Field Crops Research**, v. 197, p. 10–27, 2016.

R CORE TEAM. **R Development Core TeamR: A Language and Environment for Statistical Computing**, 2020.

RAISSE, E.R. Efeito de herbicidas desseccantes na antecipação da colheita, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, p. 45, 2019,

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. 1. ed. Passo Fundo: Editora Berthier, 2007.

152p.

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.

SATCHIVI, N.M.; WAX, L.M.; STOLLER, E.W.; BRISKIN, D.P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675–679, 2000.

SILVA, A.A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A. SILVA, J.F. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 367 p.

SILVA, J.N.; COSTA, E.M.; SPÍNDOLA, L.; CRISTINA, E.; GONÇALVES, Z.; ZUCHI, J. Cowpea yield and quality after application of desiccating herbicides. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1–11, 2020.

SILVA, L.J.; MEDEIROS, A.D.; OLIVEIRA, A.M.S. SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 250–257, 2019.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Sensitivity of Leguminous Crops to Saflufenacil. **Weed Technology**, v. 24, n. 2, p. 143–146, 2010.

SOLTANI, N.; BLACKSHAW, R.E.; GULDEN, R.H.; GILLARD, C.L.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Desiccation in dry edible beans with various herbicides. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 93, n. 5, p. 871–877, 2013.

SUBEDI, M.; WILLENBORG, C.J.; VANDENBERG, A. Influence of Harvest Aid Herbicides on Seed Germination, Seedling Vigor and Milling Quality Traits of Red Lentil (*Lens culinaris* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. March, 2017.

SWAMY, S.G.; RAJA, D.S.; WESLEY, B.J. Susceptibility of stored chickpeas to bruchid infestation as influenced by physico-chemical traits of the grains. **Journal of Stored Products Research**, v. 87, p. 101583, 2020.

TAVARES, C.J.; FERREIRA, P.C.; JAKELAITIS, A.; SALES, J.F.; RESENDE, O.O. Physiological and Sanitary Quality of Desiccated and Stored Azuki Bean Seeds. **Revista**

Caatinga, v. 29, n. 1, p. 66–75, 2016.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Accumulation of Seed Vigour During Development and Maturation. *In*: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J.; HONG, T. D. (org.). **Basic and Applied Aspects of Seed Biology. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. Dordrecht: Springer, 1997. p. 369–384.

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.

TILMAN, D.; CLARK, M. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 518–522, 2014.

TOLEDO, M.Z.; ISHIZUKA, M.S.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J.B.; PICOLI, L.B. Pre-harvest desiccation with glyphosate and quality of stored soybean seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 765–773, 2014.

TORRES, P.C. Alterações fisiológicas, bioquímicas e anatômicas em sementes de lentilha em diferentes. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, p. 57, 2018.

TRANCOSO, A.C.R. Alterações anatômicas, histoquímicas e fisiológicas durante a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. p.35, 2018.

VARSHNEY, R.K. et al. Resequencing of 429 chickpea accessions from 45 countries provides insights into genome diversity, domestication and agronomic traits. **Nature Genetics**, v. 51, n. 5, p. 857–864, 2019.

VERGARA, R.; SILVA, R.N.O.; NADAL, A.P.; GADOTTI, G.I.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Harvest delay, storage and physiological quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 506–513, 2019.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. *In*: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1-4.26.

WALENDORFF, R. **Área com grão-de-bico cresce 1.000% no Brasil, diz Embrapa**. 2019.

Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/rural-noticias/area-grao-de-bico-cresce-mil/>. Acesso em: 21 set. 2019.

WATERWORTH, W.M.; BRAY, C.M.; WEST, C.E. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 12, p. 3549–3558, 2015.

ZHANG, T.; JOHNSON, E.N.; MUELLER, T.C.; WILLENBORG, C.J. Early application of harvest aid herbicides adversely impacts lentil. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 1, p. 239–248, 2017.

ZHANG, T; JOHNSON, E.N.; WILLENBORG, C.J. Evaluation of Harvest-Aid Herbicides as Desiccants in Lentil Production. **Weed Technology**, v. 30, n. 3, p. 629–638, 2016.

ZUFFO, A.M.; AGUILERA, J.G.; CARVALHO, E.R.; EDUARDO, P. Harvest times with chemical desiccation and the effects on the enzymatic expression and physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 361–370, 2020.

ANEXOS

Anexo A - Resumo da análise de variância dos dados de germinação (G), porcentagem de plântulas anormais (PA), primeira contagem da germinação (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE), comprimento da plântula (CP) e matéria seca da plântula (MS) das sementes de grão-de-bico, oriundas de plantas submetidas à aplicação de cinco herbicidas dessecantes em três estádios e colhidas sem dessecação, com e sem armazenamento de três meses.

FV	GL	Quadrado médio								
		G	PA	PC	EA	EP	IVE	CE	CP	MS
A	1	2466,13*	607,5*	5713,2*	11465,68*	9937,20*	63,00*	5826,03*	2757,61*	36,69*
D	4	742,53*	896,95*	329,95*	654,25*	980,87*	4,12*	913,72*	827,22*	52,46*
E	2	9,73 ^{ns}	112,63*	48,23 ^{ns}	330,11*	1013,73*	4,62*	626,74*	432,99*	9,03 ^{ns}
A x D	4	35,13 ^{ns}	62,91 [~]	89,78 [~]	309,60*	41,53 ^{ns}	0,11 ^{ns}	6,88 ^{ns}	75,30 [~]	4,21 ^{ns}
A x E	2	98,53 [~]	51,3 [~]	82,3 [~]	133,38*	97,20 ^{ns}	1,17*	75,29*	129,68 ^o	0,16 ^{ns}
D x E	8	306,48*	317,43*	228,4*	186,35*	621,57*	3,01*	355,40*	449,78*	20,46*
A x D x E	8	145,28*	53,09 ^{ns}	137,38*	39,75*	212,03*	0,53*	25,60*	128,95*	1,24 ^{ns}
Tratamentos	31	310,61*	254,11*	353,09*	614,68*	807,61*	4,18*	467,57 ^{ns}	392,39*	15,92*
Resíduo	96	47,08	34,22	47,93	17,70	74,63	0,25	21,42*	49,15	3,22
Total	127									
Média		75,16	17,89	55,73	49,81	70,97	3,55	111,33	40,48	15,02

*significativo a 5% de probabilidade, ns: não significativo. A: armazenamento; D: dessecante; E: estádio de aplicação.

Anexo B - Resumo da análise de variância dos dados de germinação (G), porcentagem de plântulas anormais (PA), primeira contagem da germinação (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE), comprimento da plântula (CP) e matéria seca da plântula (MS) das sementes de grão-de-bico, oriundas de plantas sem a aplicação de dessecantes, com e sem armazenamento de três meses.

FV	GL	Quadrado médio								
		G	PA	PC	EA	EP	IVE	CE	CP	MS
A	1	450*	128 ^{ns}	364,5*	882*	1568*	7,31*	531,13*	2,68 ^{ns}	3,34 ^{ns}
Resíduo	6	23,67	29,33	27,17	38,33	78,67	0,35	20,91	79,93	1,64
Total	7									
Média		74	19	55	53,50	79	4,09	111,92	38,36	13
C.V. (%)		6,57	28,51	9,43	11,57	11,23	14,36	4,09	23,31	9,87

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ns: não significativo. A: armazenamento.