LETÍCIA BETÂNIA XAVIER DIAS

POTENCIAL FISIOLÓGICO E ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA TESTES DE VIGOR EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

URUTAÍ, GOIÁS
2020

LETÍCIA BETÂNIA XAVIER DIAS

POTENCIAL FISIOLÓGICO E ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA TESTES DE VIGOR EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano Campus - Urutaí como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Érica Fernandes Leão Araújo

URUTAÍ - GOIÁS
2020

LETÍCIA BETÂNIA XAVIER DIAS

POTENCIAL FISIOLÓGICO E ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA TESTES DE VIGOR EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano Campus - Urutaí como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em 18, DEZEMBRO, 2020.

Érica F. Leão Araújo

Profa. Dra. Érica Fernandes Leão Araújo

(Orientadora e Presidente da Banca Examinadora)

Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

Marco Antonio Moreira de Freitas

Prof. Dr. Marco Antonio Moreira de Freitas

Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

Dr. Warley Marcos Nascimento

Embrapa Hortaliças

URUTAÍ - GOIÁS

2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Dias, Letícia Betânia Xavier
DD541p Potencial fisiológico e adequação de metodologias para testes de vigor em sementes de grão-de-bico (Cicer arietinum L.). / Letícia Betânia Xavier Dias; orientadora Dra. Érica Fernandes Leão-Araújo. -- Urutaí, 2020.
46 p.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2020.

1. Cicer arietinum. 2. Condutividade elétrica. 3. Embebição. 4. Envelhecimento acelerado. I. Leão-Araújo, Dra. Érica Fernandes, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ]Tese	[ ]Monografia – Especialização
[ ]Artigo Científico	[ ]Livro
[ ]Dissertação	[**X**]TCC - Graduação
[ ]Capítulo de Livro	[ ]Trabalho Apresentado em Evento

[ ]Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Letícia Betânia Xavier Dias.

Matrícula: 2016101200240193.

Título do Trabalho: Potencial fisiológico e adequação de metodologias para testes de vigor em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: [**X**] Não [ ] Sim, justifique: _____

_____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 29/12/2020

O documento está sujeito a registro de patente? [ ] Sim [**X**] Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? [**X**] Sim [ ] Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são

de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, 29/12/2020.

Bellícia Bellânia Xavier Dias

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Érica F. Leão Araújo

Assinatura do(a) orientador(a)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
CURSO DE AGRONOMIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Aos 18 dias do mês de dezembro de dois mil e vinte reuniram-se: Profa. Dra. ÉRICA FERNANDES LEÃO ARAÚJO, Prof. Dr. MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS, e Dr. WARLEY MARCOS NASCIMENTO nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (GO), para avaliar o Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a): LETÍCIA BETÂNIA XAVIER DIAS, como requisito necessário para conclusão do Curso Superior de Bacharelado em Agronomia. O presente TC tem como título: POTENCIAL FISIOLÓGICO E ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA TESTES DE VIGOR EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

Após análise, foram dadas as seguintes notas:

Avaliadores	**Notas**
1. Profa. Dra. ÉRICA FERNANDES LEÃO ARAÚJO	10,0
2. Prof. Dr. MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS	9,0
3. Dr. WARLEY MARCOS NASCIMENTO	9,5
Média final:	9,5

OBSERVAÇÕES:

Por ser verdade firmamos a presente:

Nome e Assinatura:
1. ÉRICA FERNANDES LEÃO ARAÚJO
2. MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS
3. WARLEY MARCOS NASCIMENTO

Aos meus pais, Márcia e João Paulino,
que estiveram ao meu lado em todos os momentos,
me incentivaram a seguir em frente
e se esforçaram para me ajudar a realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, simplesmente por me conceder vida com saúde, por cuidar de todos os detalhes e segurar a minha mão, mesmo quando eu fui falha ou não tinha mais vontade de seguir. À minha mãe do céu, que sempre me cobre com seu manto sagrado e intercede a Deus por mim.

Agradeço infinitamente aos meus pais, Márcia Xavier e João Paulino Dias, mesmo não seguindo a vida juntos, seguiram juntos comigo, me fazendo sentir a filha mais amada e mais especial desse mundo. Mãe, você é mais forte que imagina e é de você que eu tiro inspiração para ser uma pessoa mais persistente e firme a cada dia. Pai, você é o meu equilíbrio, o meu exemplo de amor ao próximo, o seu cuidado e proteção são o meu refúgio nos momentos bons e ruins.

De forma especial agradeço aos meus avós maternos Lurdilina e Eraldo, e paternos, Luzia e José Dias, o "vô Zé" já não está entre nós, mas foi com certeza um dos meus maiores apoiadores nessa caminhada, sinto saudade de te contar como foi a semana e de ouvir um "estuda bastante, fia", onde estiver receba a minha gratidão. Aquele ditado que avós são pais com açúcar talvez seja o mais certo de todos, em vocês eu tenho o amor mais doce da vida, sou muito grata por tudo que tanto fizeram e fazem por mim, desejo um dia poder retribuir ao menos uma parte, rogo a Deus todos os dias pela vida e saúde de vocês!

Ao meu irmão João Vitor e minhas irmãs Marielle e Mirelle, vocês trouxeram mais alegria para os meus dias e me inspiram a ser uma pessoa melhor a cada dia, para que eu possa ser um exemplo pra vocês. A todos os meus familiares que acompanharam de perto toda a minha trajetória, tios, tias, primos, primas, afilhadas, enfim, a todos os familiares que torcem pelo meu sucesso, o meu muito obrigada!

A todos os meus amigos e amigas, alguns de longas datas e também aos mais recentes, que a faculdade me proporcionou, alguns tão próximos que se tornaram irmãos que levarei pra sempre. Àqueles amigos que ajudaram na execução dos trabalhos, o meu agradecimento especial, sem vocês esse manuscrito não seria possível.

À minha orientadora, professora Dra. Érica Fernandes Leão Araújo, além de nortear os meus estudos e de todo apoio científico, tornou-se também uma amiga, sempre me ouvindo e aconselhando da melhor forma. Érica, você me inspira a ser uma pessoa melhor, a lutar pelo que acredito e principalmente, me faz acreditar que eu sou capaz de conquistar o meu espaço, agradeço por confiar em mim desde o ínicio.

Ao professor Marco Antônio Moreira de Freitas, que me acolheu, esteve sempre disposto a me orientar e me incentivou a buscar e realizar novos desafios na pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano – campus Urutaí, por me proporcionar a realização do curso superior, pela concessão de bolsa de iniciação cinetífica para realização dos trabalhos, pelo auxílio financeiro para a publicação e tradução de alguns dos artigos científicos que compõem esse trabalho de conclusão de curso.

Ao laboratório Semear, pela estrutura e equipamentos para a realização de todos os testes e partes práticas dos trabalhos. Em especial à minha amiga Lara Bernardes, Mestre em Proteção de Plantas e Técnica do laboratório, que sempre esteve à minha disposição para a realização dos trabalhos, ou simplesmente para uma boa conversa, admiro muito o ser humano, mãe, esposa, amiga e profissional que você é, nós temos sorte em ter você!

Sumário

PREFÁCIO 14
INTRODUÇÃO 15
CAPÍTULO 2 18
Potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico 18
CAPÍTULO 3 26
Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico 26
CAPÍTULO 4 35
Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds 35
CONSIDERAÇÕES FINAIS 44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

RESUMO: O grão-de-bico é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo. As pesquisas relacionadas à produção de sementes são a base para possibilitar o desenvolvimento do cultivo da espécie. Neste contexto, o teste de germinação, avalia a formação de plântulas normais em condições ideais, por isso, este deve associar-se à testes de vigor, que refletem o potencial para germinação rápida e uniforme das sementes, mesmo em condições adversas de campo. Dentre os testes de vigor utilizados são comuns o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica, bem como o estudo da curva de absorção de água pelas sementes. Com este trabalho objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a cultura do grão-de-bico; avaliar o processo de embebição pelas sementes; adequar uma metodologia eficiente para realização do teste de condutividade elétrica; e envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina saturada para avaliação do vigor das sementes desta espécie. A condutividade elétrica é determinada pela quantidade de lixiviados, quanto maiores os valores, menor o vigor. A metodologia mais adequada é o uso de 75 sementes, volume de 100 mL de água, durante 30 h de embebição. O processo de embebição de água pelas sementes ocorre de acordo com um padrão trifásico. Em trabalhos com a espécie não houve definição nítida entre as três fases. Porém, o modelo Peleg se ajustou aos dados de embebição das cultivares analisadas. O envelhecimento acelerado baseia-se em temperatura e umidade elevadas, condições de estresse reais em campo ou armazenamento. Para o grão-de-bico, recomenda-se o uso de solução salina saturada, exposição de 24 h, à 45 ºC e avaliação na primeira contagem. Com estes resultados foi possível estabelecer metodologias para avaliação eficiente do potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico, visto que para esta espécie há pouca disponibilidade de informações, este trabalho fornece informações pioneiras importantes e úteis tanto para a pesquisa, quanto para a indústria de produção de sementes. Ainda assim, existem outras formas eficientes e inovadoras, ainda não descritas para avaliação do potencial fisiológico nesta espécie, dentre elas o uso de imagens de scanners e radiografadas, ou ainda a ressonância magnética de sementes.

Palavras-chave: *Cicer arietinum*, condutividade elétrica, embebição, envelhecimento acelerado.

ABSTRACT: Chickpeas are one of the most important legumes grown in the world. Research related to seed production is the basis to enable the development of the cultivation of the species. In this context, the germination test, evaluates the formation of normal seedlings in ideal conditions, therefore, it must be associated with vigor tests, which reflect the potential for fast and uniform seed germination, even in adverse field conditions. Among the vigor tests used, accelerated aging and electrical conductivity are common, as well as the study of the water absorption curve by the seeds. This work aimed to carry out a bibliographic review on chickpea culture; evaluate the process of imbibition by the seeds; adapt an efficient methodology for conducting the electrical conductivity test; and traditional accelerated aging with saturated saline to evaluate the vigor of seeds of this species. The electrical conductivity is determined by the amount of leachate, the higher the values, the less vigor. The most appropriate methodology is the use of 75 seeds, volume of 100 mL of water, during 30 h of soaking. The process of water imbibition by the seeds occurs according to a three-phase pattern. In studies with the species, there was no clear definition between the three phases. However, the Peleg model adjusted to the imbibition data of the analyzed cultivars. Accelerated aging is based on high temperature and humidity, real stress conditions in the field or storage. For chickpeas, the use of saturated saline solution, exposure for 24 h at 45 ºC and evaluation at the first count is recommended. With these results it was possible to establish methodologies for efficient evaluation of the physiological potential of chickpea seeds, since for this species there is little information available, this work provides important and useful pioneer information both for research and for the industry seed production. Even so, there are other efficient and innovative ways, not yet described for the evaluation of the physiological potential in this species, among them the use of images from scanners and radiographs, or even the magnetic resonance of seeds analysis.

Keywords: *Cicer arietinum*, electrical conductivity, imbibition, accelerated aging.

PREFÁCIO

O manuscrito a seguir é composto por capítulos, no qual após o capítulo introdutório, existem três capítulos, sendo cada um destes um artigo científico publicado. Respectivamente, uma revisão bibliográfica; adequação de metodologia para a condutividade elétrica e estudo da curva de embebição; e elaboração de metodologia para o envelhecimento acelerado de sementes. Por fim, tem-se as consideraçõe finais, reunindo dados e conclusões referente aos três artigos científicos publicados.

Estes trabalhos de pesquisa foram realizados a partir da demanda por estudos com a cultura do grão-de-bico, relativamente recém explorada no Brasil e até então com poucas informações disponíveis. Tudo isso associado ao incentivo e participação em projetos de iniciação científica, na busca por informações que sejam úteis para a comunidade acadêmica e para produtores rurais, interessados em iniciar o cultivo ou que já trabalhem com a espécie.

Neste momento, é importante mencionar a importância da professora Dra. Érica Fernandes Leão Araújo, responsável pela orientação da equipe executora, tanto na parte prática, bem como o apoio na escrita científica; e também por despertar a admiração pelo mundo da pesquisa e especialmente, da Análise e Tecnologia de Sementes.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas, sendo a segunda mais consumida no mundo, atrás somente da soja. É uma espécie que pode ser cultivada sob grande variedade de climas, desde o sub-tropical até ao árido e semi-árido das regiões Mediterrânicas (NASCIMENTO, 2016).

É a terceira leguminosa mais cultivada no mundo, depois do feijão e da soja, é cultivada em cerca de 12 milhões de hectares de terras de regiões temperadas a subtropicais do mundo, com cerca de 72% da produção mundial de países do sul da Ásia. Devido à sua alta concentração de proteína (aproximadamente 19,3 – 25,4%) e sua importância agronômica é demandado para a dieta de humanos e animais como fonte proteica alternativa (TRIVEDI et al., 2015; CHEN et al., 2017).

As hortaliças leguminosas, também conhecidas como pulses, têm como principais representantes a ervilha, a lentilha e o grão-de-bico. Neste trabalho os estudos foram aprofundados mais especificamente com a cultura do grão-de-bico, porém, pesquisas como essa podem auxiliar na introdução e incentivo do cultivo de outras hortaliças leguminosas (pulses), constituindo-se como excelentes alternativas para sucessão e rotação de culturas nas áreas agricultáveis do Brasil, onde nos dias atuais essas práticas não são tão expressivas.

Mais de 80% do grão-de-bico é cultivado em condições de sequeiro, em que o padrão imprevisível de chuvas ou o estresse hídrico é o fator limitante que mais afeta seu crescimento e produtividade (KHAN et al., 2019). Destacam-se para grão-de-bico cultivado dois tipos de acordo com a morfologia da semente: tipo desi com sementes pequenas de cor marrom-escura, enrugada, e tipo kabuli, com sementes maiores de cor marrom-claro (PARWEEN et al., 2015).

A Índia é o maior produtor de grão-de-bico, país responsável por 64% da produção global. Os outros principais países produtores de grão-de-bico incluem Paquistão, Turquia, Irã, Mianmar, Austrália, Etiópia, Canadá, México e Iraque. É cultivado em cerca de 30% da área cultivada nacional de pulses, que contribui para cerca de 38% da produção nacional de pulses na Índia (SUKLA et al., 2013).

Para Chen et al. (2017), alguns fatores como as mudanças climáticas podem limitar e desafiar a produção sustentável de grão-de-bico, gerando incertezas quanto à produtividade no futuro. Aliado a isso, temos a missão de levar a campo sementes de qualidade, que possuam alto vigor e potencial fisiológico, a fim de garantir um estande ideal de plantas no campo.

Segundo Van Gastel et al. (2007) diversos institutos nacionais e internacionais de pesquisa têm desenvolvido variedades de grão-de-bico com altos rendimentos, maior qualidade

nutricional e tolerância à estresses bióticos e abióticos. Porém, esses impactos só podem ser sentidos em fazendas que têm acesso à altos padrões de qualidade de sementes.

Assim, pesquisas direcionadas à otimização da produção de grão-de-bico são de suma importância, levando o Brasil à autossuficiência. Esses estudos devem explorar metodologias que sejam capazes de ranquear diferentes lotes em níveis de vigor, por meio da simulação de condições adversas de campo e outras formas capazes de inferir sobre a qualidade das sementes, possibilitando que as empresas produtoras de sementes tirem conclusões acerca do armazenamento, beneficiamento, comercialização e controle de qualidade.

Dentre os testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes são comuns o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica, bem como a criação de modelagem e estudo da curva de absorção de água pelas sementes.

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são submetidas à alta temperatura e umidade relativa do ar elevada por período relativamente curto, sendo, em seguida, colocadas para germinar. Lotes de sementes de alto vigor manterão sua viabilidade após submetidos a essas condições, enquanto os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (Nascimento et al, 2014; Marcos-Filho, 2015). Assim, a temperatura utilizada e o tempo de exposição a esta temperatura são fatores que influenciam na qualidade dos resultados gerados pelo teste. O método tem sido utilizado com sucesso para sementes de soja (Marcos-Filho, 1999; Dutra e Vieira, 2004), milho (Fessel et al., 2006) e outras espécies como crambe (Leão et al., 2016).

O uso de solução salina saturada, em metodologias alternativas do teste de envelhecimento acelerado, tem como objetivo a redução da umidade relativa do ar durante a exposição das sementes à altas temperaturas. O efeito desta redução é a menor velocidade de captação de água e consequentemente redução da deterioração das sementes (Jianhua e McDonald, 1996; Panobianco e Marcos-Filho, 2001).

O resultado da interação entre o armazenamento e o vigor das sementes pode ser determinado por meio de testes, como a condutividade elétrica, que é um teste eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes (Ferreira et al., 2017; Haesbaert et al., 2017).

As leituras dos valores de condutividade elétrica das soluções de imersão medem a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes, desse modo, quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes (Silva et al., 2014). Neste caso, fatores como o número de sementes, volume de água e o tempo de embebição para cada espécie, podem afetar a eficiência do teste em classificar níveis de vigor.

O processo de absorção de água é responsável pela reativação do metabolismo das sementes após o armazenamento, de forma que ocorrerão sucessivas mudanças metabólicas até chegar à protrusão radicular em sementes viáveis e não dormentes. Bewley & Black (1978) propuseram um padrão de três fases para a descrição do processo de embebição de água pelas sementes. Porém, segundo Silva et al. (2018), o padrão trifásico varia de acordo com o tipo e espécie vegetal considerada. Dessa forma, tomar conhecimento da duração de cada fase é a maneira mais eficiente de desenvolver técnicas anteriores à germinação, como condicionamento fisiológico, tratamento de sementes e ainda avaliar a existência de dormência em espécies vegetais.

Diante disso, obejtivou-se com os capítulos deste estudo, promover a adequação de metodologias eficientes para a espécie, identificando as melhores variáveis para cada parâmetro por meio de resultados consistentes. Além disso, foi feita uma revisão bibliográfica detalhada sobre os aspectos relacionados à cultura do grão-de-bico, a fim, de incrementar e impulsionar a produção de sementes de qualidade desta espécie no nosso país.

CAPÍTULO 2

Potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico[1]

Letícia Betânia Xavier Dias[2]; Érica Fernandes Leão Araújo[2]

[1] Capítulo publicado como artigo de revisão no periódico científico Scientific Eletronic Archives

[2] Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil.

DIAS, L. B. X.; LEÃO-ARAÚJO, É. F. Potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico. **Scientific Eletronic Arcives**, Sinop, v. 13, n. 12, p. 116 - 122, 2020.

Scientific Electronic Archives
Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (12)
December 2020
DOI: http://dx.doi.org/10.36560/131220201159
Article link
http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=1159&path%5B%5D=pdf
Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef, ICI Journals Master List.

ISSN 2316-9281

Potencial fisiológico de sementes de grão-de-bico

Physiological potential of chickpea seeds

L. B. X. Dias & É. F. Leão-Araújo

Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí

*** Author for correspondence:** leticia_bxd@hotmail.com

Resumo. A cultura do grão-de-bico é cultivada predominantemente nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A Índia é o maior país produtor, no Brasil a produção é escassa, levando o país a importar a quase totalidade do que é consumido. Os grãos são uma boa fonte de carboidratos, proteínas e ainda aminoácidos essenciais. Um dos primeiros passos para uma produção rentável é o conhecimento em relação à disponibilidade de sementes de alta qualidade. O teste de germinação, avalia a formação de plântulas normais em condições ideais, por isso, este deve associar-se à testes de vigor, germinação rápida e uniforme das sementes, simulando adversidades do campo. Dentre os testes utilizados são comuns o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica, bem como o estudo da curva de absorção de água pelas sementes. O envelhecimento acelerado baseia-se em temperatura e umidade elevadas, condições de estresse reais em campo ou no armazenamento. Para o grão-de-bico, recomenda-se o uso de solução salina saturada, exposição de 24 h, à 41 ºC e avaliação na primeira contagem. A condutividade elétrica é determinada pela quantidade de lixiviados, quanto maiores os valores, menor o vigor. A metodologia mais adequada é o uso de 75 sementes, volume de 100 mL de água, durante 30 h de embebição. O processo de embebição de água pelas sementes ocorre de acordo com um padrão trifásico. Em trabalhos com a espécie não houve definição nítida entre as três fases. Porém, o modelo Peleg se ajustou aos dados de embebição das cultivares analisadas. Existem outras formas eficientes, ainda não descritas, para avaliação do potencial fisiológico nesta espécie, dentre elas o teste de tetrazólio, imagens de scanners e radiografadas, ou ainda ressonância magnética de sementes. Embora essas ferramentas demandem equipamentos de alto custo, elas podem agilizar e aumentar a precisão da análise de sementes.
Palavras-chaves: *Cicer arietinum*, condutividade elétrica, embebição, envelhecimento acelerado.

Abstract. The chickpea crop is grown predominantly in the arid and semi-arid regions of the world. India is the largest producing country, in Brazil production is scarce, leading the country to import almost all of what is consumed. Grains are a good source of carbohydrates, proteins and even essential amino acids. One of the first steps towards profitable production is knowledge about the availability of high-quality seeds. The germination test, evaluates the formation of normal seedlings in ideal conditions, so it must be associated with vigor tests, rapid and uniform germination of the seeds, simulating adversities in the field. Among the tests used, accelerated aging and electrical conductivity are common, as well as the study of the water absorption curve by the seeds. Accelerated aging is based on high temperature and humidity, real stress conditions in the field or in storage. For chickpeas, it is recommended to use saturated saline solution, 24 h exposure, at 41 ºC and evaluation at the first count. The electrical conductivity is determined by the amount of leachate, the higher the values, the less vigor. The most suitable methodology is the use of 75 seeds, volume of 100 mL of water, during 30 h of soaking. The process of water imbibition by the seeds occurs according to a three-phase pattern. In studies with the species, there was no clear definition between the three phases. However, the Peleg model adjusted to the imbibition data of the analyzed cultivars. There are other efficient ways, not yet described, for evaluating the physiological potential in this species, among them the tetrazolium test, images from scanners and radiographs, or even magnetic resonance of seeds. Although these tools require expensive equipment, they can streamline and increase the accuracy of seed analysis.
Keywords: accelerated aging, *Cicer arietinum*, electrical conductivity, imbibition.

Contextualização e análise

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa, diploide (2n=16), autógama, em que a polinização é completada antes da abertura das flores, fenômeno denominado de cleistogamia. Pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Cicereae e gênero Cicer. A germinação é do tipo hipógea, uma vez que os cotilédones permanecem sob o solo (Nascimento, 2016). É uma planta classificada como herbácea e de ciclo anual (Ghribi et al., 2015).

A cultura do grão-de-bico é considerada como a segunda, na categoria das leguminosas para grão, mais importante do ponto de vista mundial. É cultivada predominantemente por agricultores pobres em recursos nas regiões áridas e semi-áridas do mundo (Singh et al., 2016). No Brasil a produção é escassa, levando o país a importar a quase totalidade do que é consumido, principalmente de países da América Latina como a Argentina e o México (Nascimento, 2016).

Os grãos são caracterizados como uma boa fonte de carboidratos e proteínas, e a qualidade da proteína é considerada melhor do que outras pulses. Possui quantidades significativas de todos os aminoácidos essenciais. O amido é o principal carboidrato armazenado seguido de fibra alimentar, os lipídios são presentes em quantidades baixas, mas o grão-de-bico é rico em ácidos graxos insaturados nutricionalmente importantes, como ácido linoleico e oleico (Hirdyani, 2014).

É uma fonte barata e importante de proteínas para aquelas pessoas que não podem comprar proteína animal ou que seguem dietas restritivas com relação ao uso de alimentos de origem animal – vegetarianos e veganos (Rasool et al., 2015). Segundo Santos et al. (2017), além de ser uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e fibras, diferencia-se de outras leguminosas pela sua maior digestibilidade, baixo teor de substâncias antinutricionais, e ainda apresenta alta disponibilidade de ferro, sendo considerado um alimento de elevado valor nutricional.

O desenvolvimento do cultivo desta espécie no mundo depende do melhoramento vegetal para adaptação das plantas em diversas regiões do mundo. Para isso, o maior banco de genes para raças de grão-de-bico no mundo é o ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), com 17.250 acessos. A maior diversidade é da Índia (6930), seguida pelo Irã (4850), Etiópia (930), Afeganistão (700), Paquistão (480), Turquia (470), México (390), Síria (220), Chile (139), antiga União Soviética (133) e vários países do sul da Europa, norte da África, leste da África, América do Sul e América do Norte (Redden & Berger, 2007).

O grão-de-bico é uma das mais antigas leguminosas cultivadas e é consumido amplamente em todo o mundo (Rasool et al., 2015). Os primeiros registros de colheita e utilização desta leguminosa na alimentação, ocorreram em 8.000 aC em Tell Abu Hureyra, na Síria; de 7.500 a 6.800 em Cayonu, na Turquia; e 5450 aC em Hacilar, também na Turquia (Redden & Berger, 2007). Segundo Vavilov (1951), existem quatro prováveis centros de diversidade do grão-de-bico: Mediterrâneo, Ásia Central, Oriente Médio e Índia.

São reconhecidos dois tipos de grão-de-bico cultivados, Kabuli e Desi, cujas diferenças mais importantes se relacionam com a característica da semente, da planta e do comportamento a nível geral em relação aos fatores bióticos e abióticos adversos. O tipo Kabuli apresenta sementes de forma arredondada, cor creme e massa de 100 sementes maior que 25 g, enquanto que 100 sementes do tipo Desi apresentam massa menor que 25 g, têm forma angular e podem ser de cor verde, preta, amarelo, marrom e também creme. O tipo Kabuli apresentam plantas de maior altura (até 1 m) e seus ramos, folhas e flores nunca contém pigmentação antociânica. Por outro lado, o tipo Desi tem plantas mais baixas e, em geral, apresentam pigmentação antociânica (Espeche et al., 2014).

Conceitos mais modernos descreveram como sendo cinco centros de diversidade de cultivo com base nos dois tipos de sementes - Desi e Kabuli: a bacia do mar Mediterrâneo – para tipos de Kabuli de sementes brancas; Ásia Central; Ásia Ocidental como centro secundário de formas intermediárias entre Desi e Kabuli; Subcontinente indiano para tipo Desi colorido; Etiópia como um centro secundário para sementes do tipo Desi (Vishnyakova et al., 2017).

A Índia é o maior país produtor de grão-de-bico atingindo anualmente aproximadamente mais de 60% da produção global. Os outros principais países produtores de grão-de-bico incluem Paquistão, Turquia, Irã, Mianmar, Austrália, Etiópia, Canadá, México e Iraque. É cultivado em cerca de 30% da área cultivada nacional de pulses e contribui para cerca de 38% da produção nacional de pulses na Índia (Sukla et al., 2013).

No Brasil a pequena produção de grão-de-bico tem sido insuficiente para atender ao consumo interno, havendo necessidade de importar quantidades crescentes. As importações brasileiras, em sua maior parte provenientes do México e da Argentina, aumentaram consideravelmente nos últimos anos. Segundo relatório do SECEX/DECEX (Secretaria de Comercio Exterior/Departamento de Operações de Comercio Exterior) no ano de 2013 o Brasil importou 7.571 toneladas de grão-de-bico a um custo total FOB de US$ 8.970.965 (Artiaga et al., 2015).

Apesar de ser considerado um legume típico de climas frios, ele adapta-se muito bem às regiões tropicais, apresentando bom desenvolvimento e boa produtividade. Os poucos estudos realizados no Brasil mostram que a produtividade deste grão no solo e nas condições climáticas do país é alta quando comparada à média mundial de produtividade (Hoskem et al., 2017). Assim, o cultivo no Brasil pode ser uma excelente alternativa para

obtenção de grãos de alta qualidade para a alimentação e ainda uma boa possibilidade para rotação ou sucessão de culturas.

Um dos fatores que pode influenciar no aumento da produção e a possível autossuficiência do país é a existência de informações sobre cultivo de alta produtividade para a espécie. Um dos primeiros passos para uma produção rentável é o conhecimento adequado sobre os aspectos relacionados à disponibilidade de sementes de alta qualidade (Dias et al., 2019). Para Marcos Filho (2015), a excelência das sementes está diretamente relacionada à junção dos quatro pilares essenciais, são eles os atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários.

O componente físico está relacionado com a pureza das sementes, de forma que não ocorram no lote materiais indesejados como galhos, palhas ou partes de tegumento, dentre outras impurezas. A parte fisiológica refere-se à capacidade da semente de completar as suas atividades metabólicas, rumo à germinação rápida e uniforme, que caracteriza o vigor. O genético busca a fidelidade do material em questão, garantindo que o melhoramento genético ou mesmo a cultivar escolhida pelo produtor chegará ao campo com sucesso. Por fim, os atributos sanitários buscam a garantia de que as sementes não sofrem influência inicial negativa de insetos-pragas e doenças, o que pode ser favorecido por meio do tratamento de sementes.

A transformação e melhoria da agricultura está diretamente relacionada à utilização de sementes de alta qualidade na implantação das culturas. Segundo Van Gastel et al. (2007) diversos institutos nacionais e internacionais de pesquisa têm desenvolvido variedades de grão-de-bico com altos rendimentos, maior qualidade nutricional e tolerância à estresses bióticos e abióticos. Porém, estes impactos só podem ser absorvidos em sua totalidade por fazendas e empresas que têm acesso à lotes de sementes com altos padrões de qualidade.

Como entraves ao acesso à materiais de ponta tem-se os altos custos de tecnologia, produção e multiplicação de sementes, agregando um alto valor de compra desses insumos, impedindo também a consolidação de uma indústria de sementes de hortaliças leguminosas como o grão-de-bico e a ervilha, por exemplo. Além disso, problemas relacionados à mecanização principalmente em países em desenvolvimento também prejudicam o sucesso da indústria de sementes.

O sucesso do cultivo, em geral, está associado ao estabelecimento do estande ideal de plantas em campo, este por sua vez, relaciona-se entre outros fatores com a qualidade fisiológica das sementes utilizadas no plantio. De acordo com Martins et al. (2014) as empresas produtoras de sementes utilizam-se de testes de vigor associados com testes de germinação para tomar decisões na comparação de lotes e, assim, estabelecer políticas de armazenamento, comercialização e controle de qualidade.

Segundo Smaniotto et al. (2014), a qualidade de sementes é de extrema importância para que se obtenha produtividades satisfatórias, o armazenamento é uma forma de manutenção da qualidade fisiológica das sementes, sendo também uma forma de preservar o seu vigor e viabilidade até a semeadura. Sabe-se que a deterioração é um processo irreversível à semente, porém, os seus efeitos podem ser amenizados com medidas como o armazenamento adequado, retardando o processo de perca da qualidade das sementes.

A germinação de sementes é definida como o processo de formação de plântulas normais, com a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, sob condições favoráveis em campo (Brasil, 2009). Porém, as condições em que as sementes se encontram no solo para a germinação nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos salinos, sódicos ou com déficit hídrico (Guedes et al., 2013). Assim, resultados obtidos em laboratório sob condições ideais podem não ser confirmados em campo.

Vigor compreende as propriedades das sementes que determinam o seu potencial para a emergência rápida e uniforme e desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições de ambiente (Aosa, 2009). Embora não exista metodologia padronizada de testes de vigor para todas as culturas, a associação destes ao teste de germinação pode proporcionar uma maior confiabilidade dos dados, simulando de forma mais eficiente as condições adversas existentes em campo e contribuindo para o controle da qualidade de sementes.

Dentre os testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes são comuns o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica, bem como a criação/modelagem e estudo da curva de absorção de água pelas sementes podem contribuir para melhor compreensão dos fenômenos que ocorrem durante o processo de formação da plântula, sempre com o objetivo de otimizar tal processo.

Envelhecimento acelerado

Este teste baseia-se no fornecimento de temperatura e umidade relativa do ar elevadas, simulando condições de estresse reais em campo ou durante o armazenamento. Tais condições são proporcionadas pela forma de execução do teste, na qual uma camada uniforme de sementes é colocada sobre tela no interior de caixas de germinação do tipo Gerbox®, com água no fundo, tampadas e expostas à altas temperaturas em câmara de envelhecimento. Isso ocorre por períodos relativamente curtos, sendo as sementes colocadas pra germinar logo após estes períodos.

Aqueles lotes de sementes de alto vigor manterão sua viabilidade após submetidos a essas condições, enquanto os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (Nascimento et al, 2014; Marcos-Filho, 2015). De forma análoga, é possível identificar qual seria o comportamento dos lotes logo

após a semeadura ou mesmo durante o período armazenado, possibilitando a seleção daqueles que forem favoráveis ao cultivo ou manutenção no armazém.

O método tem sido utilizado com sucesso para sementes de soja (Marcos-Filho, 1999; Dutra & Vieira, 2004), milho (Fessel et al., 2006) e outras espécies como crambe (Leão et al., 2016). Porém, vários fatores podem afetar a qualidade dos resultados gerados pelo teste, dentre eles estão a temperatura e o tempo de exposição a esta temperatura.

Condições altamente estressantes podem interferir na eficiência do teste de vigor, de maneira que a deterioração acelerada das sementes pode prejudicar os resultados esperados com o teste. Segundo Marini et al. (2012), a temperatura influencia na viabilidade e no vigor da semente, interferindo no processo respiratório, comprometendo a atividade de enzimas importantes neste processo.

Uma alternativa do modelo tradicional do teste de envelhecimento acelerado é ser o uso de solução salina saturada. Este método tem o objetivo de reduzir a umidade relativa do ar durante a exposição das sementes às altas temperaturas. Alternativa que tem sido recomendada para avaliação de várias espécies como o tomate (Panobianco & Marcos-Filho, 2001), coentro (Radke et al., 2016), arroz (Monteiro et al., 2017) e soja (Marcos-Filho et al., 2000). O resultado da redução de umidade é a menor velocidade de captação de água e consequentemente redução da deterioração das sementes (Jianhua & McDonald, 1996; Panobianco & Marcos-Filho, 2001), com possíveis reflexos na melhoria do ranqueamento dos lotes em níveis de vigor.

Para o grão-de-bico, em metodologia descrita por Dias et al. (2020), os melhores resultados foram obtidos com o uso de solução salina saturada, com tempo de exposição de 24 h, à temperatura de 41 ºC e avaliação de germinação na data da primeira contagem, que é aos cinco dias após a semeadura.

Estudos de Leão et al. (2016), com sementes de crambe, concordam com estes resultados, onde os autores descreveram como melhor metodologia a de solução salina, por 24 h, à 41 ou 45 ºC, também com avaliação na primeira contagem. Um dos argumentos descritos para a não recomendação do método tradicional é de que este proporciona uma variação do teor de água, superior ao tolerável, entre as amostras. Resultados semelhantes a este foram obtidos por Gordin et al. (2015), utilizando-se o método tradicional com sementes de niger.

Condutividade elétrica

Após a maturidade, ainda em campo aguardando a colheita ou já em ambiente de armazenamento, as sementes são expostas à diversas mudanças, que caracterizam o processo degenerativo, o que faz com que o componente fisiológico seja objeto de pesquisa (Freitas & Nascimento, 2006). O resultado da interação entre o armazenamento e o vigor das sementes pode ser determinado por meio de testes, como a condutividade elétrica, que é um teste eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de várias espécies como ervilha (Ferreira et al., 2017), girassol (Haesbaert et al., 2017), soja (Diniz et al., 2013) e feijão (Gomes Júnior et al., 2014).

As leituras dos valores de condutividade elétrica das soluções de imersão medem a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes. Deste modo, quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes (Silva et al., 2014).

O teste é realizado incialmente com a obtenção da massa das sementes em balança de precisão, com número de sementes previamente determinado. As sementes são então imersas em recipiente com água deionizada, também contendo um volume conhecido, mantidos em temperatura constante, por determinado período. Ao final deste tempo faz-se a leitura da condutividade elétrica da solução, com o auxílio de um condutivímetro.

Entretanto, fatores como o número de sementes, volume de água e o tempo de embebição para cada espécie, podem afetar a eficiência do teste em classificar níveis de vigor. Para o grão-de-bico a metodologia mais adequada foi descrita por Dias et al. (2019) que relata que a execução do teste deve ser com o uso de sub-amostras de 75 sementes, com o volume de 100 mL de água, durante 30 h de embebição.

O volume de 100 mL de água, também foi eficientemente adotado em sementes de aveia-preta (Nogueira et al., 2013) e para espécies leguminosas como o feijão-caupi (Batista et al., 2012). O número mais elevado de sementes também foi relatado como eficiente por Medeiros et al. (2017) com sementes de *Moringa oleífera* Lam.

Curva de embebição

A reativação do metabolismo de sementes após o armazenamento ocorre a partir da absorção de água. Como a cultura do grão-de-bico é comumente propagada por sementes, informações neste sentido podem ser úteis aos estudos sobre a espécie. O processo de embebição desencadeia uma sequência de mudanças metabólicas que culminam com a protrusão da raiz primária, quando se refere às sementes viáveis e não dormentes (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Bewley & Black (1978) propuseram um padrão de três fases para a descrição do processo de embebição de água pelas sementes. Porém, segundo Silva et al. (2018), o padrão trifásico varia de acordo com o tipo e espécie vegetal considerada. Dessa forma, tomar conhecimento da duração de cada fase é a maneira mais eficiente de desenvolver técnicas anteriores à germinação, como

condicionamento fisiológico, tratamento de sementes e ainda avaliar a existência de dormência em espécies vegetais.

A identificação das fases da curva é feita com a pesagem sistemática das sementes inicialmente e em intervalos de tempo específicos, até as 12 h a cada 1 h e posteriormente de 6 em 6 h, até ser atingido o total de 50% de emissão de raiz primária. Também pode ser feito o ajuste do modelo de Peleg (1988), para representação da cinética de hidratação das sementes de grão-de-bico, sendo este um modelo eficiente e comumente utilizado na descrição do processo de absorção de água pelas sementes.

A eficiência da modelagem de Peleg foi comprovada por Silva et al. (2018) que avaliaram o ajuste das curvas de embebição de cinco espécies à cinco modelos, estes autores concluíram que, para ervilha e lentilha, não houve definição nítida do início da terceira fase, ajustando-se assim o modelo de Peleg. A duração das fases depende, dentre outros fatores, das características morfológicas das sementes e do potencial hídrico da semente e do substrato (Rodrigues et al., 2008; Marcos-Filho, 2015).

De acordo com estudos de Dias et al. (2019) com duas cultivares de grão-de-bico, 'Cícero' e 'BRS Aleppo', não houve definição nítida entre as três fases do processo de germinação conforme proposto por Bewley & Black (1978). O maior tempo para início da fase de protrusão radicular pode ser condicionado por diferenças das sementes em relação ao tamanho, composição química e permeabilidade do tegumento. Porém, ainda assim, o modelo Peleg se ajustou aos dados de embebição das sementes das duas cultivares.

Considerações Finais

O grão-de-bico é uma hortaliça leguminosa altamente nutritiva, fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e outros nutrientes e aminoácidos essenciais, a sua utilização tem sido bastante difundida. Atualmente o Brasil não é autossuficiente na produção dessa leguminosa, embora a produção no país tenha aumentado nos últimos anos ainda é necessário importar grande quantidade do grão. Apesar disso, as características edafoclimáticas do país já se mostraram altamente favoráveis ao cultivo da espécie, especialmente a região de Brasília e norte de Minas Gerais.

A produção de sementes de grão-de-bico, de maneira geral é semelhante à produção de grãos, porém, para obtenção de sementes de alta qualidade alguns critérios devem ser considerados. Como a escolha da área, que esteja livre de pragas e doenças, provenientes de cultivos com espécies da mesma família; a realização de inspeções de campo, o rouguing, para garantir a pureza genética, varietal e física; regular bem colheitadeiras, para evitar a ocorrência de danos mecânicos; bem como outros cuidados no processo de beneficiamento, tratamento, embalagem e transporte das sementes.

Para avaliar a qualidade dos lotes devem ser utilizadas ferramentas de análise das sementes, geralmente é feito o teste de germinação padronizado para a espécie e outros testes de vigor, que geralmente não possuem metodologia bem definida e descrita para esta cultura. Por ser uma espécie de exploração relativamente recente no Brasil, o grão-de-bico pode ser alvo de diversos estudos com o objetivo de adequação de testes de vigor para determinação do potencial fisiológico das sementes.

Dentre as possibilidades que impulsionam as pesquisas nesse sentido, tem-se o teste de tetrazólio, que pode ser uma alternativa altamente eficiente por ser um teste realizado em um período de tempo relativamente curto e, além disso, fornecer um grande número de informações como níveis de viabilidade e vigor, possibilitando ainda identificar a origem dos danos (mecânico, umidade ou percevejo).

Outras alternativas são os testes que envolvem análise de imagens para determinação de vigor e viabilidade, seja de plântulas por meio de imagem de *scanner*, de sementes com o uso de imagens radiografadas, ou ainda, a ressonância magnética de sementes. Embora essas ferramentas demandem equipamentos de alto custo e altas tecnologias, elas podem agilizar ainda mais e aumentar a precisão do processo de análise de sementes, portanto, devem ser objeto de pesquisas futuras.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí pela concessão de bolsa à primeira autora.

Referências

AOSA - Association of Official Seed Analysts. Seed vigour testing handbook. East Lansing: AOSA, 334 p. 2009.

ARTIAGA, O.P., SPEHAR, C.R., BOITEUX, L.S., NASCIMENTO, W.M. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 10: 102-109, 2015.

BATISTA, N.A.S., DA LUZ, P.B., SOBRINHO, S. DE P., NEVES, L.G., KRAUSE, W. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica. Revista Ceres, 59: 550-554, 2012.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. Physiology and biochemistry of seed in relation to germination. Berlin: Springer Verlag, 306p. 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 399 p. 2009.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p. 2000.

DIAS, L.B.X., QUEIROZ, P.A. DE M., FERREIRA, L.B. DA S., DE FREITAS, M.A.M., LEÃO-ARAÚJO, É.F., DA SILVA, P.P., NASCIMENTO, W.M. Accelerated ageing as

a vigour test on chickpea seeds. Australian Journal of Crop Science, 14: 339-346, 2020.

DIAS, L.B.X., QUEIROZ, P.A. DE M., FERREIRA, L.B. DA S., DOS SANTOS, W.V., DE FREITAS, M.A.M., DA SILVA, P.P., NASCIMENTO, W.M., LEÃO-ARAÚJO, É.F. Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 14: 1-8, 2019.

DINIZ, F.O., REIS, M.S., DIAS, L.A. DOS S., ARAÚJO, E.F., SEDIYAMA, T., SEDIYAMA, C.A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. Journal of Seed Science., 35: 147-152, 2013.

DUTRA, A.S., VIEIRA, R.D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. Ciência Rural, 34: 715-721, 2004.

ESPECHE, C.M., VIZGARRA, O.N., PLOPER, L.D. Introducción y selección de líneas de garbanzo (Cicer arietinum L.) tipo Kabuli para ser difundidas como nuevos cultivares en zonas de producción del Noroeste Argentino. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, 91: 11-17, 2014.

FERREIRA, L.B. DA S., FERNANDES, N.A., AQUINO, L.C. DE, SILVA, A.R. DA, NASCIMENTO, W.M., LEÃO-ARAÚJO, E.F. Temperature and seed moisture contente affect electrical conductivity test in pea seeds. Journal of Seed Science, 39: 410-416, 2017.

FESSEL, S.A., VIEIRA, R.D., CRUZ, M.C.P., PAULA, R.C., PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41: 1551-1559, 2006.

FREITAS, R.A. DE, NASCIMENTO, W.M. Accelerated aging test on lentil seeds. Revista Brasileira de Sementes, 28: 59-63, 2006.

GHRIBI, A.M., SILA, A., GAFSI, I.M., BLECKER, C., DANTHINE, S., ATTIA, A., BOUGATEF, A., BESBES, S. Structural, functional, and ACE inhibitory properties of water-soluble polysaccharides from chickpea flours. International Journal of Biological Macromolecules, 75: 276-282, 2015.

GOMES JUNIOR, F. G., CHAMMA, H.M.C.P., CICERO, S. M. Automated image analysis of seedlings for vigor evaluation of common bean seeds. Acta Scientiarum. Agronomy, 36: 195-200, 2014.

GORDIN, C.R.B., SCALON, S. DE P.Q., MASETTO, T.E. Accelerated aging test in niger seeds. Journal of Seed Science, 37: 234–240, 2015.

GUEDES, R.S., ALVES, E.U., VIANA, J.S., GONÇALVES, E. P., LIMA, C.R., SANTOS, S.R.N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. Ciência Florestal, 23: 45-53, 2013.

HAESBAERT, F.M., LOPES, S.J., MERTZ, L.M., LÚCIO, A.D., HUTH, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. Bragantia, 76: 54-61, 2017.

HIRDYANI, H. Nutritional composition of Chickpea (*Cicer arietinum* L) and value added products - a review. Indian Journal Community Health, 26: 102-106, 2014.

HOSKEM, B.C.S., DA COSTA, C. A., NASCIMENTO, W.M., SANTOS, L.D.T., MENDES, R.B., MENEZES, J.B. DE C. Productivity and quality of chickpea seeds in Northern Minas Gerais, Brazil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 12: 261-268, 2017.

JIANHUA, Z., McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. Seed Science and Technology, 25: 123-131, 1996.

LEÃO, É.F., SANTOS, J.F. DOS, BARBOSA, R.M., VIEIRA, R. D. Accelerated ageing as a vigour test for crambe (*Crambe abyssinica*) seeds. Australian Journal of Crop Science, 10: 660-665, 2016.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina: ABRATES, 660p. 2015.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p. 1-24. 1999.

MARCOS-FILHO, J., NOVEMBRE, A.D.C., CHAMMA, H.M.C.P. Tamanho da semente e o teste de envelhecimento acelerado para soja. Scientia Agricola, 57: 473-482, 2000.

MARINI, P., MORAES, C.L., MARINI, N., MORAES, D.M. DE, AMARANTE, L. DO. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. Revista Ciência Agronômica, 43: 722-730, 2012.

MARTINS, C.C., SILVA, N. DA; MACHADO, C.G. Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigor e à longevidade das sementes. Ciência Rural, 44: 768-774, 2014.

MEDEIROS, M.L. DE S.; PÁDUA, G.V.G. DE; PEREIRA, M.D. Adaptação do teste de condutividade elétrica para sementes de Moringa oleifa. Pesquisa Florestal Brasileira, 37: 269-275, 2017.

MONTEIRO, D.T., TUNES, L.M., PACHECO, C., LEMES, E.S., ALMEIDA, A.S., MUNIZ, M.F.B. Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz. Revista de Ciências Agrárias, 40: 94-104, 2017.

NASCIMENTO, W. M. editor técnico. – Hortaliças leguminosas / Brasília, DF: Embrapa, 232 p. 2016.

NASCIMENTO, W.M., SILVA, P.P. DA, FREITAS R. A. DE. Produção de sementes de ervilha. In: NASCIMENTO, W. M. editor técnico. Produção de sementes de hortaliças – Brasília, DF: Embrapa, p. 198. 2014.

NOGUEIRA, J.L., SILVA, B.A. DA, CARVALHO, T.C. DE, PANOBIANCO, M. Electrical conductivity test for assessing the physiological potential of black oat seeds. Revista Ceres, 60: 896-901, 2013.

PANOBIANCO, M., MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. Scientia Agricola, 58: 525-531, 2001.

PELEG, M. An empirical-model for the description of the moisture sorption curves. Journal of Food Science, 53: 1216-1219, 1988.

RADKE, A.K., REIS, B.B., GEWEHR, E., ALMEIDA, A.S., TUNES, L.M., VILLELA, F.A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. Ciência Rural, 46: 95-99, 2016.

RASOOL, S., LATEF, A., ARAFAT, AHMAD, PARVAIZ. Chickpea. In book: Legumes under Environmental Stress, p.67-79. 2015.

REDDEN, ROBERT, BERGER, J. History and origin of chickpea. Chickpea Breeding and Management. p. 1-13. 2007.

RODRIGUES, A.P.D.C., LAURA, V.A., CHERMOUTH, K.D.S., GADUM. J. Absorption of water by parsley seed at two temperatures. Revista Brasileira de Sementes, 30: 49-54, 2008.

SANTOS, I. H. V. DA S.; SOUZA, I. C. DE F.; SILVA, S. C. B. DA; KELLY PRISCILA DA SILVA MAIA NASCIMENTO, K. P. DA S. M.; OLIVEIRA, T. W. DE; LIMA, E. M. C.; SOUZA, S. F. N. DE. Análise nutricional e de aceitabilidade de empada à base de grão-de-bico, com recheio de frango e pupunha. Saber Científico, 6: 26 – 34, 2017.

SHUKLA, M., PATEL, R.H., VERMA, R., DEEWAN, P., DOTANIYA, M. L. Effect of Bio-Organics and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Chickpea (Cicer arietinum L.) Under Middle Gujarat Conditions. Vegetos, 26: 183-187, 2013.

SILVA, A.R. DA, LEÃO-ARAÚJO, E.F., REZENDE, B.R., SANTOS, W.V. DOS, SANTANA, H.A., SILVA, S.C.M., FERNANDES, N.A., COSTA, D.S., MESQUITA, J.C.P. DE. Modeling the three phases of the soaking kinetics of seeds. Agronomy Journal, 110: 164-170, 2018.

SILVA, V.N., ZAMBIASI, C.A., TILLMANN, M.A.A., MENEZES, N.L., VILLELA, F.A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. Revista de Ciências Agrárias, 37: 206-213, 2014.

SINGH, V.K., KHAN, A.W., JAGANATHAN, D., THUDI, M., ROORKIWAL, M., TAKAGI, H., GARG, V., KUMAR, V., CHITIKINENI, A., GAUR, P. M., SUTTON, T., TERAUCHI, R., VARSHNEY, R. K. QTL-seq for rapid identification of candidate genes for 100-seed weight and root/total plant dry weight ratio under rainfed conditions in chickpea. Plant Biotechnology Jornal, 14: 2110-2119, 2016.

SMANIOTTO, T.A. DE S., RESENDE, O., MARÇAL, K.A.F., OLIVEIRA, D.E.C., SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18: 446–453, 2014.

VAN GASTEL, A.J.G., BISHAW, Z., NIANE, A.A., GREGG, B.R., GAN, Y. Chickpea Seed Production, 417-444 p. 2007.

VAVILOV, N.I., The origin, variation immunity and breeding of cultivated plants, Chronica Botanica, 13: 1–366, 1951.

VISHNYAKOVA, M.A., BURLYAEVA, M.O., BULYNTSEV, S.V., SEFEROVA, I.V., PLEKHANOVA, E.S., NUZHDIN, S.V. Phenotypic diversity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces accumulated in the Vavilov collection from the centers of the crop's origin. Russian Journal of Genetics: Applied Research, 7: 170–179, 2017.

CAPÍTULO 3

Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico[1]

Letícia Betânia Xavier Dias[2], Pedro Afonso de Melo Queiroz[2], Lara Bernardes da Silva Ferreira[2], Wilhan Valasco dos Santos[2], Marco Antonio Moreira de Freitas[2], Patrícia Pereira da Silva[3], Warley Marcos Nascimento[3], Érica Fernandes Leão-Araújo[2]

[1] Capítulo publicado como artigo no periódico científico Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

[2] Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil.

[3] Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil.

DIAS, L. B. X.; QUEIROZ, P. A. DE M.; FERREIRA, L. B. DA S.; SANTOS, W. V. DOS; FREITAS, M. A. M. DE; SILVA, P. P. DA; NASCIMENTO, W. M.; LEÃO-ARAÚJO, É. F. Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, 2019.

AGRONOMIA (AGRONOMY)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias
ISSN (on line) 1981-0997
v.14, n.2, e5641, 2019
Recife, PE, UFRPE. www.agraria.pro.br
DOI:10.5039/agraria.v14i2a5641
Protocolo 5641 - 23/04/2018 • Aprovado em 21/01/2019

Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico

Letícia Betânia Xavier Dias[1], Pedro Afonso de Melo Queiroz[1], Lara Bernardes da Silva Ferreira[1], Wilhan Valasco dos Santos[1], Marco Antonio Moreira de Freitas[1], Patrícia Pereira da Silva[2], Warley Marcos Nascimento[2], Érica Fernandes Leão-Araújo[1]

[1] Instituto Federal Goiano, Departamento de Agronomia, Urutaí, GO, Brasil. E-mail: leticia_bxd@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-2935-4382); pedro.melo.100@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-1611-606X); larabernardes.ferreira@gmail.com (ORCID: 0000-0002-2924-2850); wilhanvalasco@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-6533-2407); marco.freitas@ifgoiano.edu.br (ORCID: 0000-0001-6718-4906); erica.leao@ifgoiano.edu.br (ORCID: 0000-0002-0978-3756)

[2] Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil. E-mail: patricia.pereira@colaborador.embrapa.br (ORCID: 0000-0001-7925-9637); warley.nascimento@embrapa.br (ORCID: 0000-0002-6235-0917)

RESUMO: O processo de germinação tem início com a embebição, por ocasião da água disponível, a qual desencadeia uma sequência de mudanças metabólicas que culminam com a protrusão da raiz primária, em sementes viáveis. Pela organização do sistema de membranas celulares, um método que pode indicar o nível de vigor das sementes é a condutividade. Objetivou-se avaliar e modelar o processo de embebição de sementes de grão-de-bico, além de estabelecer metodologia eficiente para volume de água, tempo de embebição e número de sementes no teste de condutividade elétrica. Foram utilizados oito lotes, sendo quatro da cultivar BRS Aleppo e quatro da cultivar Cícero que foram submetidos ao teste de germinação e vigor para caracterização inicial. A condutividade elétrica foi conduzida com subamostras de 50 e 75 sementes utilizando 75 e 100 mL de água deionizada, e avaliou-se os períodos 2, 4, 8, 12, 18, 24 e 30 h, mantidas à temperatura de 25 °C. O experimento de condutividade elétrica foi em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Para cinética de embebição foi ajustado o modelo de Peleg. A metodologia mais adequada foi a utilização de 75 sementes, volume de 100 mL de água durante 30 h. O modelo de Peleg foi eficiente na descrição do processo de absorção de água, ainda que haja diferenças no potencial fisiológico dos lotes.

Palavras-chave: *Cicer arietinum* L.; lixiviados; metabolismo; modelo de Peleg; vigor

Electrical conductivity test and soaking of chickpea seeds

ABSTRACT: The germination process begins with the imbibition, during the available water, which triggers a sequence of metabolic changes that culminate in the protrusion of the primary root into viable seeds. By the organization of the cell membrane system, a method that can indicate the level of seed vigor is the conductivity. The objective of this study was to evaluate and model the process of imbibition of chickpea seeds, in addition to establishing an efficient methodology for water volume, imbibition time and number of seeds in the electric conductivity test. Eight lots were used, four of the BRS Aleppo cultivar and four of the Cícero cultivar, which were submitted to the germination and vigor test for initial characterization. The electrical conductivity was conducted with 50 and 75 seed subsamples using 75 and 100 mL of deionized water, and the periods 2, 4, 8, 12, 18, 24 and 30 h were maintained at 25 °C. The experiment of electrical conductivity was in a completely randomized design with four replicates. The Peleg model was adjusted for imbibition kinetics. The most appropriate methodology was the use of 75 seeds, volume of 100 mL of water for 30 h. The Peleg model was efficient in describing the process of water absorption, although there were differences in the physiological potential of the lots.

Key words: *Cicer arietinum* L.; leachate; metabolism; Peleg model; vigor

Introdução

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas, sendo a segunda mais consumida no mundo. No Brasil, a produção é escassa, levando o país a importar a quase totalidade do que é consumido, principalmente da Argentina e México (Nascimento et al., 2016).

Um dos fatores que pode influenciar no aumento da produção e a possível autossuficiência do país é a existência de informações sobre cultivo de alta produtividade para a espécie. Um dos primeiros passos para uma produção rentável é o conhecimento adequado sobre os aspectos relacionados à disponibilidade de sementes de alta qualidade.

O grão-de-bico é uma espécie propagada por sementes e a reativação do metabolismo das sementes armazenadas se inicia com a embebição. O processo de embebição desencadeia uma sequência de mudanças metabólicas que culminam com a protrusão da raiz primária, quando se refere às sementes viáveis e não dormentes (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Bewley & Black (1978) propuseram um padrão trifásico para a evolução do processo de absorção de água pelas sementes. No entanto, este padrão varia de acordo com a espécie vegetal considerada (Silva et al., 2018). Assim, conhecer a duração de cada fase é a base para estudos de técnicas de pré-germinação como condicionamento fisiológico, tratamento de sementes e ainda avaliar a existência de dormência em espécies vegetais.

O componente fisiológico da qualidade de sementes tem sido objeto de inúmeros estudos, em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas após a maturidade (Freitas & Nascimento, 2006). Para a determinação do potencial fisiológico dos lotes de sementes são feitos testes que podem fornecer informações sobre o resultado da interação entre o armazenamento e o vigor das mesmas.

Dentre os testes que avaliam a qualidade fisiológica das sementes pode-se destacar a condutividade elétrica (Ferreira et al., 2017; Haesbaert et al., 2017). As leituras dos valores de condutividade elétrica das soluções de imersão medem a intensidade da corrente elétrica entre dois pontos, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes, desse modo, quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes (Silva et al., 2014a), porém, fatores como o número de sementes, volume de água e o tempo de embebição para cada espécie, podem afetar a eficiência do teste em classificar os lotes em níveis de vigor.

Diante dessas considerações, objetivou-se com este trabalho avaliar a embebição de modo a modelar este processo, como também estabelecer metodologia eficiente no que se refere ao volume de água, tempo de embebição e número de sementes para o teste de condutividade elétrica em sementes de grão-de-bico.

Material e Métodos

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agronomia do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí. Utilizou-se oito lotes de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), sendo quatro lotes da cultivar BRS Aleppo e quatro da cultivar Cícero. As sementes foram mantidas em sacos de papel tipo kraft e armazenadas em câmara fria (16 °C e 50-60% UR do ar) durante a condução dos experimentos.

Inicialmente os lotes foram submetidos aos testes, a seguir, para caracterização inicial:

Teor de água: determinado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C/24 h (Brasil, 2009), utilizando-se duas subamostras de aproximadamente 10,0 g de sementes de cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

Peso de mil sementes (PMS): obtidos através da massa de oito repetições de 100 sementes de cada lote (Brasil, 2009), com os resultados expressos em gramas.

Germinação (G): quatro repetições de 50 sementes por lote foram distribuídas sob duas folhas de papel de germinação e cobertas com uma terceira previamente umedecidas com o equivalente, em volume de água, a 3,0 vezes o peso do substrato seco, para confecção dos rolos. Em seguida, os rolos foram colocados em germinador do tipo Mangelsdorf a temperatura constante de 20 °C durante oito dias após a semeadura, quando foram obtidos os dados de germinação final. As avaliações das plântulas foram efetuadas de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem (PC): conduzida juntamente com o teste de germinação das sementes, porém as avaliações foram realizadas aos cinco dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Emergência de plântulas em campo (EC): foram semeadas quatro repetições de 50 sementes por lote, dispostas em canteiros de terra sem adubação em linhas de 2,5 m de comprimento e espaçadas 0,5 m. A semeadura foi realizada de modo que as sementes permanecessem a 3,0 cm de profundidade, utilizando-se o sistema de irrigação por aspersão. As avaliações foram efetuadas aos 21 dias, sendo consideradas apenas as plântulas que apresentaram hipocótilo maior que 1 cm, determinando-se a porcentagem de plântulas normais emergidas.

Índice de velocidade de emergência (IVE): conduzido juntamente com o teste de emergência de plântulas em campo, com contagens a cada 72 h até o 21º dia o número de plântulas que apresentavam os cotilédones acima da superfície do solo. Ao final do teste foi calculado o IVE, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

Tempo médio de emergência (TME): com os mesmos dados obtidos para o IVE foi utilizada a fórmula de Labouriau (1983) para obtenção destes valores, sendo o resultado expresso em dias.

Comprimento de plântulas (CP): foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes posicionadas no terço superior do papel de germinação no sentido longitudinal, o qual foi umedecido da mesma forma como descrito para o teste de germinação. As sementes foram posicionadas de forma que a região da radícula estivesse voltada para a parte inferior do papel e os rolos mantidos nas mesmas condições mencionadas para o teste de germinação. Aos oito dias após a semeadura, efetuou-se a medida das partes das plântulas normais emergidas (parte aérea [PA] e sistema radicular [SR]) utilizando-se um paquímetro digital. O somatório CP-PA e CP-SR foi chamado de CP-T, que consiste no comprimento total médio das plântulas normais. Os resultados foram expressos em centímetros.

Após a caracterização inicial procedeu-se para a instalação de dois experimentos:

Experimento 1: Adequação de metodologia de avaliação de vigor em sementes de grão-de-bico por meio do teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica (CE) foi conduzido com quatro subamostras de 50 e 75 sementes de cada lote, pesadas com precisão de 0,0001 g, colocadas em copos de plástico contendo 75 e 100 mL de água deionizada e avaliados os períodos de embebição de 2, 4, 8, 12, 18, 24 e 30 h, as quais foram mantidas à temperatura constante de 25 °C. Após estes períodos, a condutividade elétrica da solução de embebição foi determinada com auxílio de um condutivímetro de massa e os valores expressos em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de sementes.

Realizou-se a análise estatística para o teste de condutividade, separadamente para cada cultivar, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os resíduos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade e teste de Bartlett que avalia a homocedasticidade. Atendidos os pressupostos para a análise de variância, esta foi realizada individualmente para cada variável do teste e para comparação das médias foi utilizado o teste de LSD, a 5% de probabilidade. Ao final foi realizado o estudo da associação entre as variáveis por meio da análise da correlação de Pearson (Cor) e do percentual de coincidência dos testes de média (CTM) entre as variáveis da CE e EC. O percentual CTM foi calculado de modo que 0% representou nenhuma letra coincidente na classificação dos lotes na EC e na CE e 100% quando todas as letras de ranqueamento do teste de médias foram iguais para os testes de EC e CE. Todas as análises de dados foram realizadas utilizando o ambiente R (R Core Team, 2014) de computação estatística.

Experimento 2: Modelagem da curva de embebição de sementes de grão-de-bico

Visando identificar as fases do processo de germinação nesta espécie os dados de embebição de cada lote, foram obtidos por meio de pesagem sistemática de quatro repetições de 50 sementes, inicialmente e em intervalos de uma hora, nas primeiras 12 horas e então a cada seis horas. As sementes foram dispostas em rolo de papel de germinação com três folhas umedecidas com água deionizada, no volume de 3,0 vezes o peso seco do papel.

Imediatamente antes da obtenção da massa, as sementes foram secas superficialmente com o auxílio de papel de germinação. O percentual de água absorvida foi obtido com base na massa inicial e massa úmida das sementes nos diferentes intervalos pela seguinte expressão:

$$\%\ \text{de água absorvida:} \left[\frac{Mf - Mi}{Mi}\right] \times 100$$

sendo: Mi: massa inicial das sementes; e Mf: massa final das sementes em cada intervalo citado.

A obtenção da massa das sementes foi realizada até que 50% destas apresentassem emissão de raiz primária.

Para cinética de hidratação das sementes de grão-de-bico, foi ajustado o modelo de Peleg (Peleg, 1988). Foram construídas bandas de confiança e apresentados em gráfico para comparação estatística das curvas de embebição de cada lote em cada cultivar. Todas as análises de dados foram realizadas utilizando o ambiente R (R Core Team, 2014) de computação estatística.

Resultados e Discussão

O teor de água inicial das sementes variou de 9,62 a 10,05% para os quatro lotes da cultivar BRS Aleppo e de 8,80 a 9,33% para as sementes da cultivar Cícero. Sabe-se que o teor de água das sementes influencia diretamente vários aspectos de sua qualidade fisiológica (Sarmento et al., 2015). A determinação do grau de umidade inicial das sementes garante a confiabilidade dos testes de vigor, não havendo variação superior a 2 pontos percentuais (Marcos-Filho, 2015).

Os dados obtidos nos testes de caracterização inicial estão contidos na Tabela 1, observa-se que, para BRS Aleppo, os resultados dos testes de TME, CP-PA e CP-T, não ranquearam os lotes em níveis de vigor. Para CP-SR os lotes foram classificados em dois níveis. Nos testes de G, EC e IVE houve semelhante classificação dos lotes e a distinção em três níveis de vigor, sendo o lote 1 classificado como mais vigoroso e o lote 3 com vigor inferior. Já para PC obteve-se quatro níveis de vigor, mantendo o lote 1 e 3 como alto e baixo vigor respectivamente. Amaro et al. (2015), também obtiveram resultados satisfatórios com o teste de PC para a classificação de lotes de feijão da cultivar Madrepérola. Isso pode ser explicado uma vez que um dos primeiros efeitos da deterioração é a redução da velocidade de germinação (Marcos-Filho, 2015), como o teste de PC avalia a velocidade deste processo, este teste pode ser utilizado como um bom indicativo do vigor das sementes. De modo geral, com a caracterização inicial, o lote 1 apresentou-se como mais vigoroso, seguido dos lotes 4 e 2 como intermediários e o lote 3 com o pior desempenho.

Para a cultivar Cícero, o teste de TME não apresentou sensibilidade para detecção de níveis de vigor entre os quatro

Tabela 1. Caracterização inicial de lotes de sementes de grão-de-bico por meio dos testes de primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), emergência a campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), comprimento de plântulas (CP) – parte aérea (CP-PA), sistema radicular (CP-SR) e total (CP-T). Urutaí, 2017.

Lote	PC	G	EC	IVE	TME	CP-PA	CP-SR	CP-T
	(%)				(dias)	(cm plântula $^{-1}$)		
Cultivar BRS Aleppo								
1	86,0 a	94,0 a	95,0 a	14,7 a	16,9 a	16,0 a	14,3 a	20,3 a
2	56,5 c	79,0 b	73,5 bc	11,6 bc	26,7 a	6,0 a	11,4 b	17,3 a
3	43,0 d	52,5 c	65,0 c	9,9 c	37,2 a	4,9 a	11,5 b	16,3 a
4	72,5 b	88,0 ab	88,0 ab	13,3 ab	47,1 a	5,4 a	11,1 b	16,4 a
CV (%)	9,83	8,19	13,18	15,18	4,85	12,73	12,37	11,36
Cultivar Cícero								
1	20,0 b	48,0 b	72,0 ab	7,9 bc	9,7 a	3,4 b	7,9 b	11,3 b
2	42,5 a	76,5 a	81,0 ab	9,6 a	9,0 a	4,4 a	10,2 a	14,6 a
3	35,5 a	55,5 b	63,0 b	7,3 c	9,4 a	3,3 b	8,9 ab	12,2 b
4	18,0 b	59,5 b	76,5 ab	9,1 ab	9,0 a	3,2 b	8,5 b	11,7 b
CV (%)	22,30	15,44	10,32	13,20	8,08	14,00	11,00	7,50

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

lotes. Os testes de PC, G, EC e CP classificaram em dois níveis, sendo o lote 2 com vigor superior aos demais (Tabela 1). No IVE houve a distinção em três níveis de vigor. A alta capacidade de classificação dos lotes pelo IVE pode ser explicada pelo fato de que, segundo Matthews et al. (2010), o progresso da deterioração das sementes pode ser expresso pela redução da velocidade de germinação, assim, diferenças no potencial fisiológico são facilmente detectadas pelos valores de IVE. De modo geral, os testes de caracterização inicial classificaram o lote 2 com maior vigor, e os lotes 1 e 3 com desempenho inferior.

As sementes da cultivar Cícero têm apresentado, em outros estudos (dados não publicados), menor qualidade fisiológica quando comparada com outros cultivares. Neste trabalho pode-se evidenciar que esta cultivar apresenta desempenho fisiológico inferior à cultivar BRS Aleppo.

Experimento 1: Adequação de metodologia de avaliação de vigor em sementes de grão-de-bico por meio do teste de condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica em função da quantidade de sementes, volume de água e tempos de exposição estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, para as cultivares BRS Aleppo e Cícero, respectivamente. Nota-se o aumento da quantidade de lixiviados na solução com aumento

Tabela 2. Condutividade elétrica de sementes de grão-de-bico BRS Aleppo sob diferentes períodos de exposição. Urutaí, 2017.

Lotes	Períodos (horas)						
	2	4	8	12	18	24	30
50 sementes e 75 mL de água							
1	30,0 b	41,4 a	57,2 b	67,3 b	77,3 b	87,5 b	99,5 b
2	19,9 a	39,2 a	46,1 a	52,6 a	63,1 a	71,9 a	82,1 a
3	48,6 c	79,7 c	104,7 d	119,1 d	137,8 d	153,1 d	166,4 d
4	31,2 b	54,3 b	69,9 c	81,1 c	99,2 c	113,1 c	122,4 c
CV (%)	15,40	11,60	9,30	9,18	8,96	8,70	8,77
50 sementes e 100 mL de água							
1	15,3 a	23,6 a	35,8 a	42,7 b	50,7 b	60,3 a	70,3 a
2	11,9 a	37,3 b	27,5 a	33,1 a	40,4 a	52,3 a	66,7 a
3	21,2 a	42,0 b	54,5 b	68,7 d	86,0 d	147,3 b	137,1 c
4	18,2 a	36,1 b	47,9 b	55,5 c	68,4 c	78,3 a	89,2 b
CV (%)	31,60	27,00	18,46	13,51	11,82	41,61	10,26
75 sementes e 75 mL de água							
1	29,6 a	45,6 a	92,4 b	108,7 a	125,4 b	140,0 a	157,8 a
2	25,7 a	44,4 a	72,3 a	87,7 a	103,5 a	124,6 a	142,3 a
3	54,4 c	70,5 a	164,5 c	185,8 b	213,4 d	236,2 c	256,3 c
4	36,1 b	63,9 a	111,5 b	101,1 a	152,8 c	167,4 b	179,60 b
CV (%)	8,56	31,50	13,75	29,03	7,82	7,39	6,99
75 sementes e 100 mL de água							
1	15,7 a	49,9 c	59,1 a	69,4 a	83,2 a	96,9 a	115,5 a
2	20,2 a	29,6 a	48,3 a	62,1 a	75,7 a	99,3 a	122,5 a
3	21,7 a	43,1 bc	83,3 b	108 c	130,9 c	152,4 c	181,0 c
4	18,6 a	34,0 ab	72,4 b	88,2 b	109,9 b	126,6 b	142,5 b
CV (%)	35,5	19,80	15,78	13,27	13,37	11,84	8,27

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson (Cor) e percentual de coincidência dos testes de médias (CTM). Correlações entre a emergência à campo e a condutividade elétrica com variação no número de sementes (50 e 75), volume de água (75 e 100 mL) e períodos de exposição (2, 4, 8, 12, 18, 24 e 30 horas). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'							'Cícero'						
	Período (horas)													
	2	4	8	12	18	24	30	2	4	8	12	18	24	30
50 sementes e 75 mL de água														
Cor	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,1	-0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0
CTM (%)	50	75	0	0	0	0	0	75	75	75	75	75	50	75
50 sementes e 100 mL de água														
Cor	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5
CTM (%)	50	75	50	0	0	50	50	75	75	75	75	75	75	75
75 sementes e 75 mL de água														
Cor	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	0,0	-0,1	0,0	0,3	-0,2	-0,4	-0,4
CTM (%)	75	50	50	50	0	75	75	75	75	75	75	75	75	75
75 sementes e 100 mL de água														
Cor	-0,8	-0,1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,1	0,2	0,5	0,5	0,0	-0,3	-0,3
CTM (%)	50	50	50	75	75	75	75	100	100	50	50	75	100	100

do período de embebição, o que confirma as expectativas para o teste, de que um tempo maior de embebição resulta em maior liberação de íons, assim como foi observado em sementes de soja (Dias & Marcos-Filho, 1996).

Não foi possível estabelecer um padrão quanto à distinção de níveis de vigor em função do tempo para a cultivar BRS Aleppo (Tabela 2). Houve a organização dos lotes em quatro níveis de vigor a partir de 8 h para a variação de 50 sementes e 75 mL de água.

Ainda na Tabela 2, verifica-se que, as 50 sementes embebidas em 75 mL de água não foi eficiente para classificação dos lotes, de modo que em nenhum dos períodos de embebição o lote 1 foi o mais vigoroso. Para a combinação de 50 sementes e 100 mL de água apenas 12 e 18 h de embebição separaram os lotes em quatro níveis de vigor, mantendo o lote 3 como de baixo vigor, assim como na caracterização inicial. Quando a condutividade foi lida com 75 sementes e 75 mL de água, apenas com 18 h de embebição houve o ranqueamento em quatro níveis de vigor. Utilizando-se 100 mL de água, com 50 ou 75 sementes, durante 2 h, não foram suficientes para detectar diferenças no vigor dos lotes.

Observou-se que a combinação 75 sementes e 100 mL de água apresentou a mesma classificação dos lotes a partir de 12 h. De modo semelhante ao observado na G, EC e IVE, os lotes 1 e 2 classificados com vigor superior e o lote 3 com baixo vigor. A melhor separação dos lotes com maiores quantidades de sementes foi explicada por Silva et al. (2014b), os quais afirmaram que isso gera maior quantidade de eletrólitos na solução, o que pode favorecer na diferenciação dos lotes. Medeiros et al. (2017) também relataram melhor eficiência do teste com maior número de sementes de *Moringa oleífera* Lam.

Com a análise de correlação e coincidência das letras dos testes de médias foi possível observar que para a cultivar BRS Aleppo houve a maior porcentagem de médias coincidentes com o teste de EC, com o número de 75 sementes e volume de água de 100 mL (Tabela 3). Além disso, para essas mesmas condições obteve-se os maiores valores de correlação de Pearson. Adotando-se os maiores valores para ambos critérios, pode-se eleger como período mais adequado para essa cultivar 24 e 30 h de embebição para leitura da condutividade.

A análise da cultivar Cícero evidenciou, de forma geral, dificuldade de diferenciação em níveis de vigor, consequentemente uma menor sensibilidade ao teste (Tabela 4). Para 50 sementes e 75 mL de água apenas o período de 24 h ordenou os lotes em níveis. As combinações de 50 sementes e 100 mL de água e 75 sementes e 75 mL de água não demonstraram nenhuma sensibilidade para detectar diferenças no vigor dos lotes desta cultivar. No entanto, com 75 sementes e 100 mL de água foi possível ranquear os lotes, ainda que com poucos níveis mostrou-se mais eficiente.

Assim como para Dalanhol et al. (2014), ambas cultivares (Tabelas 2 e 4) no volume de 100 mL apresentaram menores valores de condutividade elétrica, devido à maior diluição dos íons na solução de embebição.

Para a cultivar Cícero, a coincidência com a EC foi também expressiva com 75 sementes e 100 mL de água, porém nessas condições a correlação de Pearson não se mostrou tão elevada. Analisando-se o período de tempo ideal para a leitura da condutividade também foi de 24 e 30 h. Ao se comparar ambas condições, notou-se uma diferença apenas no número de sementes, de 75 para BRS Aleppo e de 50 para a cultivar Cícero, isso pode ser explicado pelo tamanho das sementes (Tabela 5), a cultivar Cícero possui sementes com tamanhos consideravelmente maiores que as sementes de 'BRS Aleppo', o que pode influenciar na imersão das sementes na solução e consequentemente, na realização do teste.

Em estudo similar Silva et al. (2013) determinaram metodologia eficiente para a condutividade elétrica em sementes de feijão e concluíram que 20 ou 24 h são eficientes para a leitura da condutividade nesta espécie. No presente trabalho, adotou-se como período de tempo 30 h, uma vez que os valores de correlação de Pearson foram máximos.

Visando a criação de um padrão para o teste em sementes de grão-de-bico, considerou-se 75 sementes como a ideal, essa escolha é justificada devido aos dados mais promissores

Tabela 4. Condutividade elétrica de sementes de grão-de-bico 'Cícero' sob diferentes períodos de exposição. Urutaí, 2017.

Lotes	Períodos (horas)						
	2	4	8	12	18	24	30
				50 sementes e 75 mL de água			
1	37,8 a	63,9 a	105,1 a	129,5 a	166,2 a	189,1 c	204,6 a
2	39,7 a	63,7 a	112,5 a	133,4 a	164,9 a	188,0 bc	203,0 a
3	34,5 a	60,3 a	95,3 a	124,9 a	155,2 a	175,4 a	193,8 a
4	30,1 a	58,5 a	109,2 a	130,5 a	121,9 a	179,4 ab	196,6 a
CV (%)	23,63	20,79	13,11	6,67	23,40	4,01	3,8
				50 sementes e 100 mL de água			
1	14,6 a	29,2 a	67,4 a	82,8 a	110,2 a	128,2 a	147,5 a
2	15,3 a	32,2 a	62,4 a	79,0 a	101,8 a	125,0 a	147,2 a
3	15,2 a	38,1 a	62,9 a	82,4 a	111,3 a	132,8 a	154,2 a
4	14,6 a	32,7 a	68,0 a	89,0 a	118,4 a	138,7 a	156,3 a
CV (%)	23,98	16,18	14,04	14,05	12,95	10,46	9,78
				75 sementes e 75 mL de água			
1	33,9 a	57,9 a	165,0 a	182,0 a	210,6 a	232,4 a	251,3 a
2	34,9 a	66,0 a	164,6 a	186,0 a	211,5 a	237,7 a	253,9 a
3	31,8 a	64,7 a	156,9 a	173,8 a	227,7 a	255,1 a	273,5 a
4	26,6 a	54,7 a	153,5 a	176,3 a	207,7 a	226,6 a	240,2 a
CV (%)	22,65	18,32	13,81	12,03	10,04	8,86	7,95
				75 sementes e 100 mL de água			
1	15,4 b	39,2 b	125,5 c	144,5 c	175,0 a	196,4 ab	211,2 a
2	16,1 b	38,8 b	115,9 bc	141,1 bc	168,7 a	187,5 a	210,3 a
3	17,6 b	34,6 ab	91,3 a	129,6 a	173,0 a	201,6 ab	224,8 b
4	12,7 a	29,8 a	105,3 b	134,2 ab	166,9 a	187,5 a	202,8 a
CV (%)	13,45	11,11	7,89	5,74	3,45	4,25	3,59

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Peso de mil sementes de oito lotes de sementes de grão-de-bico, cultivares BRS Aleppo e Cícero. Urutaí, 2017.

Lote	PMS (g)	
	'BRS Aleppo'	'Cícero'
1	382,43	648,30
2	344,29	542,55
3	384,73	476,27
4	390,99	595,67

terem sido obtidos neste trabalho com a cultivar BRS Aleppo. Novos trabalhos podem ser realizados com o objetivo de avaliar o teste em cultivares de grão-de-bico de maiores valores de peso de mil sementes (PMS).

O volume de água foi estabelecido em 100 mL, resultados semelhantes em quantidade de água foram encontrados utilizando-se sementes de aveia preta (Nogueira et al., 2013) e também para espécies leguminosas como o feijão caupi (Batista et al., 2012).

Experimento 2: Modelagem da curva de embebição de sementes de grão-de-bico

As duas cultivares não demonstraram definição nítida entre as três fases do processo de germinação conforme proposto por Bewley & Black (1978).

O modelo Peleg se ajustou aos dados de embebição das sementes das duas cultivares (Figura 1 e 2), com coeficiente de determinação (R^2 e R^2 ajustado) entre 0,98 e 0,99 (Tabela 6). Configuração semelhante foi encontrada por Silva et al. (2018) que avaliaram o ajuste das curvas de embebição de cinco espécies à cinco modelos, estes autores concluíram que,

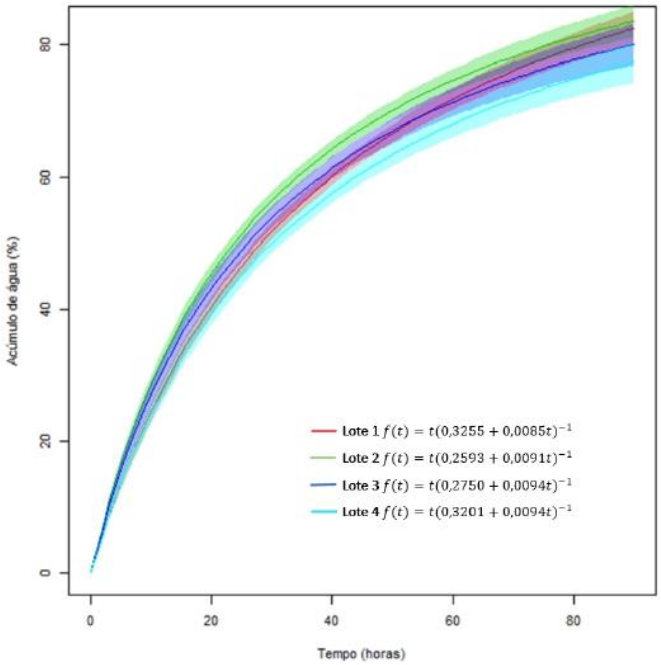

Figura 1. Ajuste do modelo de Peleg para a curva de embebição (acúmulo de água, %) de quatro lotes de sementes de grão-de-bico 'BRS Aleppo'. Urutaí, 2017.

para ervilha e lentilha, não houve definição nítida do início da terceira fase, ajustando-se assim o modelo de Peleg.

Para 'BRS Aleppo', a protrusão radicular nos lotes 1, 2 e 3 teve início após 42 h de embebição, enquanto que para o lote 4 apenas após 60 h ocorreu o rompimento do tegumento e emissão da raiz (Figura 1). Possivelmente devido as diferenças

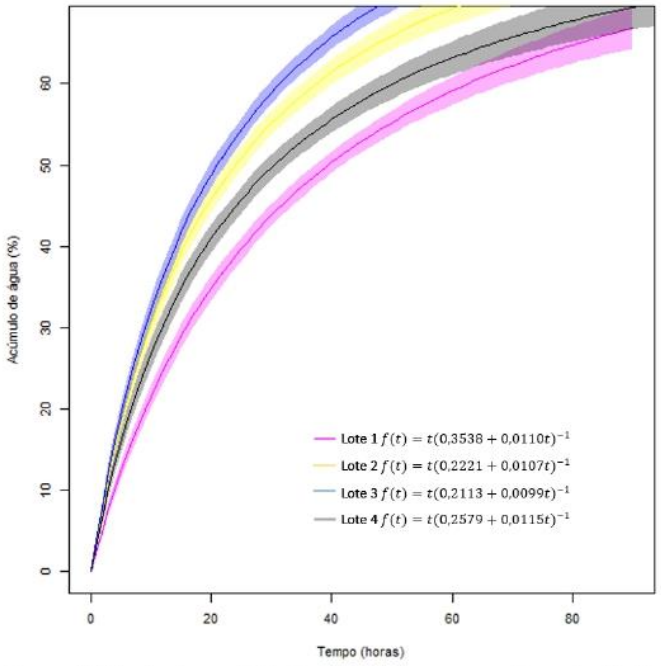

Figura 2. Ajuste do modelo de Peleg para a curva de embebição (acúmulo de água, %) de quatro lotes de sementes de grão-de-bico 'Cícero'. Urutaí, 2017.

Tabela 6. Critérios de qualidade do ajuste do modelo de Peleg para curvas de reidratação de sementes de grão de bico.

Lote	R^2	R^2 ajustado	AIC	EMAP
Cultivar BRS Aleppo				
1	0,99	0,99	108,8	9,47
2	0,99	0,99	111,5	8,86
3	0,98	0,98	123,3	10,96
4	0,98	0,98	119,5	11,32
Cultivar Cícero				
1	0,98	0,98	111,9	10,88
2	0,98	0,98	120,1	9,61
3	0,99	0,98	117,2	8,67
4	0,98	0,98	121,3	10,52

AIC: critério de informação de Akaike, EMAP: erro médio absoluto percentual, NC: não convergência do modelo.

das sementes de grão-de-bico em relação ao tamanho, composição química e permeabilidade do tegumento, que condicionam este maior tempo para início da fase III. Em lotes de sementes de soja com diferenças no potencial fisiológico apresentaram protrusão da raiz primária após 30 h de embebição (Villela et al., 2007). A duração das fases depende, dentre outros fatores, das características morfológicas das sementes e do potencial hídrico da semente e do substrato (Rodrigues et al., 2008; Marcos-Filho, 2015)

As curvas de embebição dos quatro lotes desta cultivar foram semelhantes, o que pode ser observado pela sobreposição dos intervalos de confiança (Figura 1), isso deve estar relacionado com a pequena diferença na G (Tabela 1) entre pelo menos três dos quatro lotes, o que evidencia estruturação de membranas celulares semelhantes entre os lotes avaliados. Após 84 h mais de 50% das sementes já haviam emitido o sistema radicular caracterizando a germinação do ponto de vista biológico.

Para a cultivar Cícero houve diferença na absorção de água pelos quatro lotes de sementes, apenas os lotes 1 e 4, após 60 h de embebição, mostraram-se semelhantes quanto ao acúmulo de água (Figura 2). Estes dois lotes não diferiram entre si no potencial fisiológico avaliado pelos testes de PC, G, EC e CP da caracterização inicial. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da qualidade dos lotes estarem relacionadas com semelhanças do processo de absorção de água pelas sementes.

A protrusão radicular nos lotes 2, 3 e 4 teve início após 42 h de embebição, enquanto que para o lote 1 levou mais 6 h para iniciar o rompimento do tegumento e emissão da raiz (Figura 2). O lote 1 classificado como pouco vigoroso nos testes de caracterização inicial, apresentou menor acúmulo de água ao longo do tempo, além disso levou mais tempo para emissão da raiz primária que caracteriza a fase III do processo de embebição.

Lotes com baixo potencial fisiológico apresentam membranas desestruturadas e consequentemente levam mais tempo para reorganização celular e desenvolvimento do processo de embebição (Vieira et al., 1994).

Para ambas cultivares, o modelo de Peleg apresentou AIC ~ 110 e EMAP ~ 10 (Tabela 6), caracterizando o modelo com bom ajuste para a embebição das sementes desta espécie. Silva et al. (2018) encontraram valores semelhantes para AIC e EMAP para o modelo de Peleg estudando a curva de embebição de sementes de ervilha. Este modelo não identifica claramente o início da fase III do processo de ganho de água pelas sementes. Em algumas espécies, as três fases podem ocorrer simultaneamente (Marcos-Filho, 2015).

O modelo de Peleg foi recomendado para a descrição da cinética de hidratação com sementes de feijão (Resende & Corrêa, 2007). Este modelo também foi eficiente para explicar o fenômeno de absorção de água por sementes de sorgo (Kashiri et al., 2010).

Conclusões

A metodologia do teste de condutividade elétrica mais adequada para a classificação dos lotes de sementes de grão-de-bico em níveis de vigor é o uso de 75 sementes, volume de 100 mL de água durante 30 h de embebição.

Na curva de embebição, as sementes de grão-de-bico da cultivar BRS Aleppo não exibem diferenças significativas na quantidade de água absorvida ao longo do tempo. Os lotes da cultivar Cícero apresentam estas diferenças.

O modelo de Peleg é eficiente para descrever o processo de absorção de água, ainda que existam diferenças no potencial fisiológico dos lotes.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela concessão de bolsa de estudos de Iniciação Científica.

Literatura Citada

Amaro, H.T.R.; David, A.M.S.S.; Assis, M.O.; Rodrigue, B.R.A.; Cangussú, L.V.S.; Oliveira, M.B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. Revista de Ciências Agrárias, v.38, n.3, p.383-389, 2015. http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v38n3/v38n3a13.pdf. 20 Abr. 2018.

Batista, N.A.S.; Luz, P.B. da; Sobrinho, S. de P.; Neves, L.G.; Krause, W. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica. Revista Ceres, v.59, n.4, p.550-554, 2012. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400017.

Bewley, J.D.; Black, M. Physiology and biochemistry of seed in relation to germination. Berlin: Springer Verlag, 1978. 306p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA, 2009. 399p.

Carvalho, N.M.; Nakagawa J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

Dalanhol, S.J.; Rezende, E.H.; Abreu, D.C.A. de; Nogueira, A.C. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. Floresta e ambiente, v.21, n.1, p.69-77, 2014. https://doi.org/10.4322/floram.2014.013.

Dias, D.C.F.S.; Marcos-Filho, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Scientia Agricola, v.53, n.1, p.31-42, 1996. https://doi.org/10.1590/S0103-90161996000100005.

Ferreira, L.B. da S.; Fernandes, N.A.; Aquino, L.C. de; Silva, A.R. da; Nascimento, W.M.; Leão-Araújo, E.F. Temperature and seed moisture contente affect electrical conductivity test in pea seeds. Journal of Seed Science, v.39, n.4, p.410-416, 2017. https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n4181021.

Freitas, R.A. de; Nascimento, W.M. Accelerated aging test on lentil seeds. Revista Brasileira de Sementes, v.28, n.3, p.59-63, 2006. https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300009.

Haesbaert, F.M.; Lopes, S.J.; Mertz, L.M.; Lúcio, A.D.; Huth, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. Bragantia, v.76, n.1, p.54-61, 2017. https://doi.org/10.1590/1678-4499.389.

Kashiri, M.; Kashaninejad, M.; Aghajani, N. Modeling water absorption of sorghum during soaking. Latin American Applied Research, v.40, n.4, p.383-388, 2010. http://www.scielo.org.ar/pdf/laar/v40n4/v40n4a14.pdf. 20Abr. 2018.

Labouriau, L.G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

Maguire, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, v.2, n.1, p.176-177. 1962. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.

Marcos-Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

Matthews, S.; El-Khadem, R.; Casarini, E.; Khajed-Hosseini, M.; Nasehzadeh, M.; Wagner, M.H.; Rate of physiological germination compared with the cold test and accelerated ageing as a repetable vigour test for maize. Seed Science and Technology, v.38, n.2, p.379-389, 2010. https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.11.

Medeiros, M.L. de S.; Pádua, G.V.G. de; Pereira, M.D. Adaptação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Moringa oleifa*. Pesquisa Florestal Brasileira, v.37, n.91, 2017. https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1384.

Nascimento, W.M.; Silva, P.P. da; Artiaga, O.P.; Suinaga, F.A. Grão-de-bico. In: Nascimento, W. M. (Ed.). Hortaliças leguminosas. Brasília: Embrapa, 2016. p.89-118.

Nogueira, J.L.; Silva, B.A. da; Carvalho, T.C. de; Panobianco, M. Electrical conductivity test for assessing the physiological potential of black oat seeds. Revista Ceres, v.60, n.6, p.896-901, 2013. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600019.

Peleg, M. An empirical-model for the description of the moisture sorption curves. Journal of Food Science, v.53, n.4, p.1216-1219, 1988. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb13565.x

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2004. http://www.Rproject.org. 26 Ago. 2018.

Resende, O.; Corrêa, P. C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. Acta Scientiarum Agronomy. v.29, n.3, p.373-378, 2007. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i3.387.

Rodrigues, A.P.D.C.; Laura, V.A.; Chermouth, K.D.S.; Gadum. J. Absorption of water by parsley seed at two temperatures. Revista Brasileira de Sementes, v.30, n.1, p.49-54, 2008. https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100007.

Sarmento, H.G. dos S.; David, A.M.S. de S.; Barbosa, M.G.; Nobre, D.A.C.; Amaro, H.T.R. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. Revista Energia na Agricultura, v.30, n.3, p.249-256, 2015. https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n3p250-256.

Silva, A.R. da; Leão-Araújo, E.F.; Rezende, B.R.; Santos, W.V. dos; Santana, H.A.; Silva, S.C.M.; Fernandes, N.A.; Costa, D.S.; Mesquita, J.C.P. de. Modeling the three phases of the soaking kinetics of seeds. Agronomy Journal, v.110, n.1, p.164-170, 2018. https://doi.org/10.2134/agronj2017.07.0373.

Silva, J. E. N.; Filho, A. L. M.; Silva, R. G. P. de O. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão manteiguinha. Ensaios e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v.17, n.6, p.37-46, 2014b. http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/ensaioeciencia/article/viewFile/2290/2190. 20 Abr. 2018.

Silva, S.S. da; Vieira, R.D; Grzybowski, C.R. de S.; Carvalho, T.C. de; Panobianco, M. Electrical conductivity of different common bean seeds genotypes. Journal of Seed Science, v.35, n.2, p.216-224, 2013. https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200011.

Silva, V.N.; Zambiasi, C.A.; Tillmann, M.A.A.; Menezes, N.L.; Villela, F.A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. Revista de Ciências Agrárias, v.37, n.2, p.206-213, 2014a. http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v37n2/v37n2a11.pdf. 20 Abr. 2018.

Vieira, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. (Eds.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

Villela. F.A.; Novembre, A.D. da L.C.; Marcos-Filho, J. Estado energético da água na germinação de semente de soja. Revista Brasileira de Sementes, v.29, n.1, p.27-34, 2007. https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100004.

CAPÍTULO 4

Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds[1]

Letícia Betânia Xavier Dias[2], Pedro Afonso de Melo Queiroz[2], Lara Bernardes da Silva Ferreira[2], Marco Antonio Moreira de Freitas[2], Érica Fernandes Leão-Araújo[2], Patrícia Pereira da Silva[3], Warley Marcos Nascimento[3].

[1] Capítulo publicado como artigo no periódico científico Australian Journal of Crop Science.

[2] Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil.

[3] Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil.

DIAS, L. B. X.; QUEIROZ, P. A. DE M.; FERREIRA, L. B. DA S.; FREITAS, M. A. M. DE; LEÃO-ARAÚJO, É. F.; SILVA, P. P. DA; NASCIMENTO, W. M. Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 2, p. 339-346, 2020.

Australian Journal of Crop Science AJCS

AJCS 14(02):339-346 (2020) ISSN:1835-2707
doi: 10.21475/ajcs.20.14.02.p1957

Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds

Letícia Betânia Xavier Dias[1], Pedro Afonso de Melo Queiroz[1], Lara Bernardes da Silva Ferreira[1], Marco Antônio Moreira de Freitas[1], Érica Fernandes Leão-Araújo[1*], Patrícia Pereira da Silva[2], Warley Marcos Nascimento[2]

[1]Instituto Federal Goiano, Rodovia Geraldo Silva Nascimento, km 2.5, Zona Rural, 75790-000 – Urutaí, GO – Brasil
[2]Embrapa Hortaliças, Núcleo Rural Vargem da Benção, Gama, Caixa Postal 280, 70275-970 – Brasília, DF, Brasil

***Corresponding author: erica.leao@ifgoiano.edu.br**

Abstract

The objective of this work was to establish the temperature and the period of exposure needed to perform the traditional accelerated ageing test with saturated NaCl salt solution on chickpea seeds. Eight seed lots from two cultivars, including four seeds each, were subjected to germination and vigour tests for initial characterization. Following the methodology of the traditional accelerated ageing test. The seeds were placed on stainless steel screens in boxes with 40 mL deionized water. They were kept at 41 and 45º Celsius for 24 and 48 hours. Furthermore, the accelerated ageing test using [40 g of NaCl in 100 mL of water, thus providing 76% of relative humidity in air] NaCl (salt) solution in place of the deionized water was performed. Aged seeds were sowed in germination paper and kept in a germination chamber at 41º and 45º Celsius. The evaluations were performed five and eight days after sowing. The statistical analysis was performed with a completely randomized design and four replications. The traditional ageing of both cultivars showed a water content higher than the tolerated limits at 48 hour period and 41 and 45 °C. In the saturated saline test, the cultivar BRS Aleppo produced consistent results at temperatures 45 °C for 24 h. The cultivar Cícero showed a low correlation with the initial characterization as the results of accelerated ageing. Thus, for 'BRS Aleppo', the recommended accelerated ageing methodology was application of saturated saline solution, when seed exposed to 41 °C for 24 hours with germination evaluation at the first count date. For 'Cicero', satisfactory results were not obtained, and new studies are required to establish a methodology.

Keywords: *Cicer arietinum* L.; germination; legume; saline solution; vigour.
Abbreviations: AA_Accelerated ageing; AASS_accelerated ageing with saturated saline solution; Cor_Pearson correlation; CIM_coincidence index of the means tests; ESI_emergence speed index; FC_germination first count; G_germination; GSI_germination speed index; h_hours; LC_evaluations in the last count, eight days after sowing; MC_seed moisture content; MET_mean emergence time; SE_seedlings emergence on field; SL_seedlings length; SL-AP_seedlings length of the aerial part; SL-RS_ seedlings length of the root system; SL-T_total seedlings length; °C_degrees Celsius; TSW_thousand seeds weight.

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a highly nutritious legume and an excellent source of protein, carbohydrates, minerals, vitamins, and fiber (Santos et al., 2017). It also has better digestibility than other grains and a low content of anti-nutritional substances. It is estimated that 11.6 million tons of this grain are produced annually in the world, especially in developing countries (ICRISAT, 2018).

In Brazil there has been an increase in the consumption of chickpeas over the last 10 years, mainly due to the high protein content. According to Paula Júnior and Venzon (2007), the main form of consumption in Brazil is as whole grains cooked and served in the form of salad or pasta. According to Hoskem et al. (2017), despite being a cold climate plant, the chickpea adapts well to tropical regions like Brazil, producing crops with good development and high productivity.

World production of chickpeas has only marginally increased over the last three decades due to the decline in planted area, while productivity has increased by around 37% over the same period. The increasing productivity of this legume is due to improvements in the cultivation, which includes research on the material used in planting, as well as cultivation techniques (Nascimento et al., 2016). The choice of high quality seeds directly influences the satisfactory establishment of the plants in the field and, consequently, high productivity indexes.

One of the aspects that interferes with the productivity of the crops is the of plants in the field. Among many factors, population of depends depends on the quality of the seeds. In order to establish storage, commercialization, and quality control policies, seed companies have used the results of vigour tests in conjunction with germination tests for

decision making, especially in the comparison of lots (Martins et al., 2014).

Among the tests that evaluate the physiological quality of the seeds, we have the accelerated ageing test, which is a commonly used test of vigour. It has been successfully used for soybean seeds (Marcos-Filho, 1999; Dutra and Vieira, 2004), corn (Fessel et al., 2006), and other species such as crambe (Leão et al., 2016). In this test, the seeds are subjected to high temperature and relative humidity for a relatively short period and then placed to germinate. Lots of high-vigour seeds will remain viable after being submitted to these conditions, while those of low vigour will have their viability reduced (Nascimento et al., 2014; Marcos-Filho, 2015). Thus, the temperature used and the time of exposure to this temperature are factors that influence the quality of the results generated by the test.

The use of saturated salt solution in alternative acceleration ageing methodologies aims to reduce the relative humidity of the air during the exposure of the seeds to high temperatures. The effect of this reduction is the slower rate of water uptake and consequently a reduction in seed deterioration (Jianhua and McDonald, 1996; Panobianco and Marcos-Filho, 2001). This alternative has been recommended for evaluation of several species such as tomato (Panobianco and Marcos-Filho, 2001), coriander (Radke et al., 2016), and rice (Monteiro et al., 2017).

The objective of this study was to establish an efficient methodology to perform the traditional accelerated ageing test (with water) and alternative test with saturated NaCl salt solution (76% relative humidity in air) to determine the optimal period and temperature of exposure for chickpea seeds.

Results and Discussion

Physiological characterization of the seed lots

Table 1 shows the data obtained in the initial physiological characterization tests. For 'BRS Aleppo', the germination first count (FC) ranked the lots in four levels, as the most sensitive test to detect differences in the vigour of this cultivar. The FC was also efficient to identify differences in the vigour of lots of okra seeds, as reported by Torres et al. (2014), which compared FC with germination and seedling emergence tests. The FC test is recommended for evaluating the seed vigour of several species such as *Cucumis melo* L. (Bhering et al., 2004) and *Beta vulgaris* L. (Silva and Vieira, 2006). The efficiency of the test can be explained, according to Marcos-Filho (2015), by the fact that one of the first expressions of the process of seed deterioration is the reduction of the germination process speed. In the G, SE and ESI tests, there was a distinction in three levels of vigour, in which lot 1 was classified as the best and lot 3 the worst. In the SL-RS, lots were classified into two levels. Finally, the MET and SL-AP and SL-T tests did not rank the vigour levels of seed lots and were not efficient in classifying them. In general, after initial characterization, lot 1 had the most vigour, followed by lots 4 and 2 as intermediates and lot 3 with the worst performance. In the case of the Cícero cultivar, the ESI was the test that efficiently classified the lots, resulting in three levels. As with FC, the ESI test evaluates the speed of the germination process, which is strongly affected by the physiological state of the seeds, i.e. deteriorating seeds will take more time to complete germination process tasks (Marcos-Filho, 2015). In *Sorghum bicolor* L. Moench Ullmann et al. (2015), used ESI as a method to evaluate the effect of temperatures during the drying of seeds, observing satisfactory results with the use of this test.

The FC, G, SE and SL tests ranked the lots within two levels, with lot 2 having higher vigour (Table 1). The MET test did not rank the lots at vigour levels. Therefore, according to the tests, lot 2 presented better results, while lots 1 and 3 had worse performance.

Initial seed moisture content and after the variations of AA tests

The seed moisture content of the seeds directly influenced several aspects of its physiological quality. Therefore, its determination is fundamental in quality tests of seed lots (Sarmento et al., 2015). Thus, the determination of the initial seed moisture content and moisture content after the ageing of the seeds guarantees the reliability of the vigour tests. The initial seed moisture content should not vary by more than 2.0 percentage points between lots (Marcos-Filho, 2015), which was the variation obtained in this experiment (Table 2) for both cultivars. After the ageing of the seeds, the same variation is expected according to Marcos-Filho (2015). In our study, this variation was exceeded at 45 °C for 48 hours of exposure for both cultivars, which makes it difficult to recommend these variables. For this same period, the variation was slightly higher than 2.0 percentage points at 41 °C. The higher values of MC were observed at 45° C compared t 41° C. This finding can be explained by the fact that, at higher temperatures, the kinetic energy of the system is high so there is greater absorption of water by the seeds (Dias and Marcos-Filho, 1995). The MC obtained after AASS were lower than those found with AA (Table 3). Using the methodology with saturated saline solution, the relative humidity is reduced from 100% to 76% (Jianhua and McDonald, 1996). Thus, the deterioration rates of seeds are reduced compared to the AA test, due to the lower water absorption. This test could simulate moisture conditions during seed storage (Peñaloza et al., 2005). In AASS the seed moisture content after ageing test met the maximum variation of 2.0 percentage points suggested by Marcos-Filho (2015), ensuring consistency of results.

Thousand seeds weight

The TSW test revealed that the seeds of the cultivar Cícero are substantially larger than the seeds of the BRS Aleppo cultivar (Table 4). The seeds of the lot 1 of the Cícero cultivar presented TSW approximately twice as large as seeds of the lot 2 of 'BRS Aleppo'. The characteristics of the cultivars are the results of the crosses and/or selections made by breeding programs. The size of the seeds may vary between cultivars and influence in several aspects such as the physiological quality of the seeds.

Accelerated ageing – traditional and with saturated saline solution

The cultivar BRS Aleppo showed the best overall performance of accelerated ageing (AA), considering the temperatures of 41 and 45 ºC for the periods of 24 h and 48

Table 1. Initial characterization of seed lots of chickpea seeds by germination first count (FC), germination (G), seedlings emergence on field (SE), speed emergence index (ESI), average time of emergence (MET), seedling length (SL) - aerial part (SL-AP), root system (SL-RS) and total (SL-T). Urutaí, 2017.

'BRS Aleppo'															
Seed lot	FC		G		SE		ESI		MET		SL-AP		SL-RS		SL-T	
	%								days		cm seedling $^{-1}$					
1	86.0	a*	94.0	a	95.0	a	14.7	a	16.9	a	16.0	a	14.3	a	20.3	a
2	56.5	C	79.0	b	73.5	bc	11.6	bc	26.7	a	6.0	a	11.4	b	17.3	a
3	43.0	D	52.5	c	65.0	c	9.9	c	37.2	a	4.9	a	11.5	b	16.3	a
4	72.5	B	88.0	ab	88.0	ab	13.3	ab	47.1	a	5.4	a	11.1	b	16.4	a
CV (%)	9.83		8.19		13.18		15.18		4.85		12.73		12.37		11.36	
'Cícero'																
Seed lot	FC		G		SE		ESI		MET		SL-AP		SL-RS		SL-T	
	%								days		cm seedling $^{-1}$					
1	20.0	b	48.0	b	72.0	ab	7.9	bc	9.7	a	3.4	b	7.9	b	11.3	b
2	42.5	a	76.5	a	81.0	ab	9.6	a	9.0	a	4.4	a	10.2	a	14.6	a
3	35.5	a	55.5	b	63.0	b	7.3	c	9.4	a	3.3	b	8.9	ab	12.2	b
4	18.0	b	59.5	b	76.5	ab	9.1	ab	9.0	a	3.2	b	8.5	b	11.7	b
CV (%)	22.30		15.44		10.32		13.20		8.08		14.00		11.00		7.50	

*Means followed by the same letter in the column do not differ by the LSD test at 10% probability.

Table 2. Initial seed moisture content and after traditional accelerated ageing under two temperatures (41 and 45 °C) and two exposure periods (24 and 48 hours). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'				
Seed lot		41 °C		45 °C	
	Initial	24 hours	48 hours	24 hours	48 hours
1	9.63	17.14	21.19	18.83	25.35
2	10.04	17.71	22.12	20.49	25.45
3	10.06	17.56	21.94	18.93	24.92
4	9.71	16.94	23.72	20.12	22.42
	'Cícero'				
Seed lot		41 °C		45 °C	
	Initial	24 hours	48 hours	24 hours	48 hours
1	8.80	15.78	19.47	17.32	23.19
2	9.30	16.50	21.69	17.14	20.03
3	9.07	17.79	19.63	16.00	24.46
4	9.33	16.71	19.17	15.33	25.71

Table 3. Initial seed moisture content and after accelerated ageing with saturated saline under two temperatures (41 and 45 °C) and two exposure periods (24 and 48 hours). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'				
Seed lot		41 °C		45 °C	
	Initial	24 hours	48 hours	24 hours	48 hours
1	9.63	12.12	14.02	13.09	13.54
2	10.04	12.28	13.95	12.57	15.20
3	10.06	12.20	13.02	12.13	14.76
4	9.71	12.16	13.07	12.13	14.89
	'Cícero'				
Seed lot		41 °C		45 °C	
	Initial	24 hours	48 hours	24 hours	48 hours
1	8.80	11.50	12.47	12.32	13.83
2	9.30	11.59	13.22	13.41	13.59
3	9.07	11.54	13.34	12.46	14.12
4	9.33	11.80	13.78	12.72	13.41

Table 4. Thousand seeds weight (TSW) of seed lots of chickpea seeds, BRS Aleppo and Cícero cultivars. Urutaí, 2017.

Seed lot	TSW (g)	
	'BRS Aleppo'	'Cícero'
1	382.43	648.30
2	344.29	542.55
3	384.73	476.27
4	390.99	595.67

Table 5. Germination after exposure of chickpea seeds to the traditional accelerated ageing test under two temperatures (41° and 45° C) and two exposure periods (24 and 48 hours). Germination evaluated on the date of the first count (FC) and on the date of the final count (LC). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'															
	41 °C								45 °C							
Seed lot	24 hours				48 hours				24 hours				48 hours			
	FC		LC		FC		LC		FC		LC		FC		LC	
1	58.00	a*	93.50	a	70.00	a	87.50	a	87.00	a	95.00	a	79.50	a	90.00	a
2	50.00	a	64.00	b	44.00	b	63.00	b	55.00	b	69.00	b	49.50	b	52.50	c
3	21.50	b	34.50	c	14.00	c	21.00	c	25.50	c	32.00	c	27.50	c	29.50	d
4	43.50	a	70.00	b	42.00	b	60.00	b	58.50	b	76.00	ab	57.00	b	68.50	b
CV (%)	16.43		12.01		13.58		13.34		22.79		17.57		11.10		10.79	
	'Cícero'															
	41 °C								45 °C							
Seed lot	24 hours				48 hours				24 hours				48 hours			
	FC		LC		FC		LC		FC		LC		FC		LC	
1	6.50	b	34.00	b	19.00	ab	40.50	a	29.50	b	57.50	b	19.50	a	33.50	c
2	9.00	b	49.50	a	27.50	a	53.50	a	59.50	a	87.50	a	32.00	a	59.50	a
3	18.50	a	51.50	a	16.50	b	46.00	a	31.50	b	66.00	b	33.00	a	52.50	ab
4	13.00	ab	54.50	a	10.50	b	36.50	a	45.50	ab	69.50	ab	20.50	a	35.50	bc
CV (%)	30.88		14.94		26.89		22.14		18.72		13.88		23.74		18.36	

*Means followed by the same letter in the column do not differ by the LSD test at 10% probability.

Table 6. Germination after exposure of chickpea seeds to the accelerated ageing test with saturated saline under two temperatures (41 and 45 °C) and two exposure periods (24 and 48 hours). Germination evaluated on the date of the first count (FC) and on the date of the final count (LC). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'															
	41 °C								45 °C							
Seed lot	24 hours				48 hours				24 hours				48 hours			
	FC		LC		FC		LC		FC		LC		FC		LC	
1	79.00	a*	91.00	a	76.50	a	92.50	a	86.50	a	96.50	a	87.00	a	97.00	a
2	72.50	ab	80.00	ab	42.50	bc	64.50	b	57.50	b	79.50	b	62.50	b	77.00	b
3	42.50	c	48.00	c	27.00	c	40.50	c	28.00	c	42.50	c	40.50	c	49.50	c
4	58.00	bc	73.50	b	46.50	b	68.50	b	67.50	b	89.50	ab	71.00	b	88.50	ab
CV (%)	12.24		9.66		16.33		15.51		9.46		7.54		8.18		7.82	
	'Cícero'															
	41 °C								45 °C							
Seed lot	24 hours				48 hours				24 hours				48 hours			
	FC		LC		FC		LC		FC		LC		FC		LC	
1	24.00	b	46.00	b	15.50	a	46.00	a	33.50	bc	58,50	a	31,00	a	59,50	b
2	45.00	a	74.00	a	20.00	a	64.50	a	41.00	ab	82,50	a	49,50	a	77,00	a
3	27.00	b	54.00	b	13.00	a	51.00	a	46.00	ab	68,00	a	41,00	a	61,50	b
4	26.50	b	67.50	a	20.00	a	54.50	a	28.50	c	72,00	a	40,00	a	62,00	b
CV (%)	12.89		9.69		33.33		19.44		15.38		11.95		15.84		9.25	

*Means followed by the same letter in the column do not differ by the LSD test at 10% probability.

Table 7. Pearson correlation coefficient (Cor) and coincidence percentage index of the means tests (CIM). Correlations between seedlings emergence in the field (SE) and traditional accelerated ageing (AA) tests and accelerated ageing with saturated salt solution (AASS) under two temperatures (41 and 45 °C) and two exposure periods (24 and 48 hours). Germination evaluated on the date of the first count (FC) and on the date of the final count (LC). Urutaí, 2017.

	'BRS Aleppo'				'Cícero'			
	Period (hours)							
	24		48		24		48	
	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
	41 °C AA							
Cor	0.71	0.76	0.72	0.72	-0.44	0.00	0.25	0.16
CIM (%)	50	100	100	100	50	25	50	50
	41 °C AASS							
Cor	0.35	0.53	0.53	0.63	0.31	0.44	0.26	0.22
CIM (%)	100	100	100	100	25	25	50	50
	45 °C AA							
Cor	0.71	0.74	0.66	0.69	0.29	0.16	-0.20	-0.03
CIM (%)	100	100	100	75	25	25	50	25
	45 °C AASS							
Cor	0.74	0.72	0.63	0.65	-0.20	0.49	0.49	0.48
CIM (%)	100	100	100	100	25	50	50	25

hours and the analysis of FC and LC (Table 5). Then Lot 4 and 2 had an intermediate performance and Lot 3 the lowest in all cases. The results showed classification of the lots in three vigour levels, except for the FC at 41 ºC for 24 h, in which only two levels of vigor were obtained. For FC at 45 ºC for 48 h, the lots were classified into four vigour levels, similar to the classification found in the initial characterization. Similarly, Leão et al. (2016) reported that crambe seeds should be exposed to 41 ºC for 48 h in the AA test.

For Cícero cultivar, Lot 2 showed the best performance, except for FC at 41 ºC for 24 h. Lots 3 and 4 were generally classified as intermediary performances, with some differences in rank. Finally, lot 1 presented the worst performance compared to others.

In most cases, the lots distinction was occurred in only two vigour levels in FC, except for 41° C and 45 °C for 48 h. On the other hand, the FC at 45 ºC for 48 h showed three levels of vigour ranking of the lots. This classification with some small differences is similar with that initial characterization. Similar results were found by Silva and Cícero (2014) with tomato seeds, in which the initial characterization tests classified the lots differently from the classification obtained in accelerated ageing tests. This can be explained by the definition of vigour. According to ISTA (2014): a set of properties will determine the performance of lots under wide range of environmental conditions. Therefore, using a single test or tests that are based on the same principles that affect seed performance cannot generate complete information about seed quality, according to Hampton and Coolbear (1990).

The germination of the seeds submitted to the AASS presented the same tendency obtained for AA, differing in some points. For the cultivar BRS Aleppo, lot 1 showed better performance in all cases, lot 4 soon followed in intermediate position along with lot 2, and finally lot 3, which under all conditions had the worst performance (Table 6). There was a three-level strength ranking for all variations in the AASS test with BRS Aleppo cultivar, a classification that matches the results obtained in the initial characterization tests.

With the exposure to saturated saline solution, the lot 2 of cultivar Cícero showed the best performance, excluding only one case for FC at 45 ºC for 24 hours, in which this lot was classified as intermediate, as well as lot 3 (41 °C for 48 h in FC and LC; 45 °C for 24 h in FC; and 45 °C for 48 h in FC). The others classified the lots at only two levels (41 °C for 24 h in FC and LC, 45 °C for 24 h in FC and 45 °C for 48 h in LC). Only in one case, the classification showed three levels of vigour (45 ºC per 24 h, FC). However, for this cultivar, the classification was not similar to the results obtained in the initial characterization.

The larger seed size of the Cícero cultivar (Table 4) may be responsible for the low efficiency of the accelerated ageing tests to detect the vigour of the lots. Jianhua and McDonald (1996) reported that seed size can interfere with accelerated ageing. Larger seeds may exhibit variations in water absorption during ageing, as well as variations in the effect of temperature along the whole seed length, influencing the level of deterioration reached by the seeds of the sample during the test. Consequently, it also affects the efficiency of these tests in ranking seed lots for vigor levels.

Variables association

Pearson correlation (Cor) and coincidence index of the means (CIM) results are available in Table 7. For 'BRS Aleppo' CIM values were high, mainly in AASS. Using as a criterion, the highest values for Cor and CIM was observed for the AA test, which is best correlated with SE when performed at 41 °C for 24 h in LC and for 48 h in FC and LC. One of the requirements of the vigour tests is that they are fast. For agile decision making by the seed industries, the variable 41 °C for 48 h and evaluation in the FC would be the best alternative for the AA test. However, changes in seed moisture content, before and after exposure to AA, greater than 2 percentage points (Table 2) precluded the recommendation of this test. Similar results were obtained by Gordin et al. (2015), which did not recommend the use of the traditional method in *Guizotia abyssinica* seeds because it provides variation of the seed moisture content between the samples greater than the tolerable standard.

For the AASS test, the temperature of 45 °C for 24 h and evaluation in both FC and LC were the most consistent. Following the criterion of agility, the best option is the evaluation in the FC. These results agree with those obtained by Leão et al. (2016) studying the AASS test for crambe seeds. The authors concluded that 24 h at 41 or 45 °C is best to determine vigour in this species. These authors also agreed that post-ageing assessment is best performed on the date of the first count.

The results for the cultivar Cicero did not present the same tendency, as the values of CIM were low. In addition, results were found to be null or negative for Cor, due to the fact that there was no relation between the SE test in the initial characterization and the AA. This may also be due to the effect of seed size on the efficiency of ageing procedures, as discussed earlier. Amaro et al. (2014), used the Pearson correlation methodology in crambe seeds. They also reported the absence of correlation between combinations of the accelerated ageing test and those of the other initial characterization tests that had been useful in the stratification of lots for vigour and initial quality assessment tests.

Materials and Methods

Plant material

Four lots of chickpea (*Cicer arietinum* L.) of BRS Aleppo cultivar and four of cultivar Cícero were used. Before the beginning of the experiments the seeds were stored in a 'kraft' paper bag in a cold room (16 °C and 50% of relative humidity in air) for one month. The research was conducted at the Federal Institute Goiano, Campus Urutaí, Laboratory of Seed Analysis.

Initial characterization of the seed lots

Routine tests for physical and physiological characterization of seeds were initially developed to allow comparison with the variables of accelerated aging tests. For the initial characterization of the lots, the tests described below were conducted:

Seed moisture content (MC): determined by the oven-drying method at 105 ± 3 ºC for 24 h (Brasil, 2009), using two sub-samples of approximately 10.0 g of seeds for each lot. The results were expressed as percentage (wet basis). It was carried out initially to characterize the lots and after each variable of the tests of traditional accelerated ageing and with saturated saline solution.

Thousand seeds weight (TSW): the mass of eight replicates of 100 seeds of each lot were obtained (Brasil, 2009). The variance, standard deviation and coefficient of variation were calculated for each lot. With coefficient of variation values lower than 4%, the mean weight was multiplied by 10 and the results were expressed in grams.

Germination (G): for each lot, four replicates of 50 seeds were randomly assigned to the portion of pure seeds, arranged under two sheets of germinating paper and another sheet over the seeds, and then rolled up. The papers were previously moistened with water the equivalent of 3.0 times the weight of the dry substrate. The rolls were conditioned in a germinator at constant temperature of 20 °C. After the five-day period the data of germination first count (FC) were obtained, and eight days after sowing, data of final germination (G) were obtained (Brasil, 2009). The results were expressed as a percentage of normal seedlings.

Seedlings Length (SL): four replicates of 10 seeds, in longitudinal direction, were placed in the upper 1/3 of the germination paper. The papers were moistened as described for the germination test. The seeds were positioned so that the radicle region was facing the bottom of the paper. The rolls were kept under the same conditions mentioned for the germination test. Eight days after sowing, measurements of the emergent normal seedlings (aerial part [AP] and root system [RS]) were carried out using a digital caliper. The sum of SL-AP and SL-RS was called SL-T, which revealed the average total length of normal seedlings. The results were expressed in centimeters.

Seedlings emergence on field (SE): a sprinkler irrigation system was used on the field. Four replications of 50 seeds per lot were sown so that the seeds remained at 3.0 cm depth, arranged in a soil bed without fertilization in lines of 2.5 m of length and spaced 0.5 m. A hypocotyl greater than 1 cm in length at the time of the evaluation (21 days) was adopted as an evaluation criterion for determining the percentage of emerged normal seedlings.

Emergence speed index (ESI): calculated at the end of the SE test, using the formula proposed by Maguire (1962). Performed together with the SE test with seedling counting every 72 h until the 21st day, considering the number of seedlings that presented the cotyledons above the soil surface.

Mean emergence time (MET): values were expressed in days and obtained from the formula of Labouriau (1983), with the same data obtained for ESI.

Adaptation of the accelerated aging test methodology – traditional and saturated saline solution

To adapt the accelerated ageing test methodology, as a method to evaluate the vigour of chickpea seeds, the lots were submitted to the following tests:

Accelerated ageing (AA): the seeds were distributed in a single layer on the stainless-steel screen, placed in a Gerbox type box with 40 mL deionized water at the bottom and kept in an ageing chamber. The seed boxes remained at 41 and 45 ºC for 24 and 48 h. After these periods, four replicates of 50 seeds were used for the germination test as described previously. The evaluations were performed at five (FC) and eight days (LC) after sowing and the results expressed as a percentage of normal seedlings. *Accelerated ageing with saturated saline solution (AASS):* The same procedure described for conducting the traditional procedure was used, except that the 40 mL volume of deionized water was replaced with NaCl salt solution (Jianhua and McDonald, 1996). This solution was obtained by diluting 40 g of NaCl in 100 mL of water, thus providing 76% of relative humidity in air. Evaluations were also performed with five (FC) and eight days (LC) and the results expressed as a percentage of normal seedlings.

Statistical analysis

The initial physiological characterization tests were installed separately for each cultivar and the analysis performed individually for each test (FC, G, SL, SE, ESI and MET). They were installed in a completely randomized design with four

replicates. The residues were tested with the Shapiro-Wilk (for normality) and Bartlett tests (homoscedasticity). The data were submitted to analysis of variance by the F-test. For comparison of the means, the LSD test was used, at 10% probability.

In the interest of the accuracy of the AA and AASS methodologies, the tests were set up separately for each cultivar and the analysis performed individually for each variation of the methodology: temperature, exposure period and period to evaluate. The residues were tested with the Shapiro-Wilk (for normality) and Bartlett tests (homoscedasticity). The data were submitted to analysis of variance by the F-test. For comparison of the means, the LSD test was used at 10% probability.

To compare the initial characterization more precisely, the test of SE with each methodological variation of the AA, and tests of association of the variables were performed. The test for association for the variables was analyzed using the Pearson correlation (Cor) and the coincidence index of the means tests (CIM) in percentage, between the variables of AA or AASS tests and SE. This percentage was calculated as follows: 0% was used when no letter was matched between AA or AASS and SE tests and 100% when all letters of the mean tests were the same, comparing AA or AASS with SE. All analyzes were performed using the R software (R Core Team, 2014).

Conclusions

For BRS Aleppo cultivar, the recommended accelerated ageing methodology to evaluate seed vigour is the use of saturated saline solution, with the seed exposure for 24 h at 41 °C and germination evaluation at the first count data, at five days after sowing. As for Cicero cultivar, satisfactory results were not obtained, and new studies are required in order to establish a methodology.

Acknowledgment

To the Federal Institute Goiano - campus Urutaí, for granting scientific scholarship.

References

Amaro HTR, David AMS de S, Neta ICS, Assis M de O, Araújo EF, Araújo RF (2014) Accelerated ageing test in seeds of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. Rev Ceres. 61:202-208.

Bhering MC, Dias DCFS, Tokuhisa D, Dias LAS (2004) Avaliação do vigour de sementes de melão pelo teste de deterioração controlada. Rev Bras de Sementes. 26:125-129.

BRASIL. MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária) (2009) Regras para análise de sementes. Mapa/ACS, Brasília. 399p.

Dias DCSF, Marcos Filho J (1995) Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: II. Lixiviação de potássio. Informativo ABRATES. 5:37-41.

Dutra AS, Vieira RD (2004) Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. Cienc Rural. 34:715-721.

Fessel SA, Vieira RD, Cruz MCP, Paula RC, Panobianco M (2006) Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. Pesqui Agropecu Bras. 41:1551-1559.

Gordin CRB, Scalon S de PQ, Masetto TE (2015) Accelerated ageing test in niger seeds. J Seed Sci. 37:234-240.

Hampton JG, Coolbear P (1990) Potential versus actual seed performance can vigour testing provide an answer. Seed Sci Technol. 18:215-228.

Hoskem BCS, Costa CA, Nascimento WM, Santos LDT, Mendes RB, Menezes JB de C (2017) Productivity and quality of chickpea seeds in Northern Minas Gerais, Brazil. Rev Bras Cienc Agr. 12:261-268.

ICRISAT - International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (2018) Chickpea. http://www.icrisat.org/what-we-do/crops/ChickPea/Chickpea.htm. 14 Aug. 2018.

ISTA - International Seed Test Association (2014) Seed vigour testing. In: International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Zurich, 15.

Jianhua Z, McDonald MB (1996) The saturated salt accelerated ageing test for small-seeded crops. Seed Sci Technol. 25:123-131.

Labouriau LG (1983) A germinação de sementes. Secretaria geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 174p.

Leão EF, Santos, JF dos, Barbosa RM, Vieira RD (2016) Accelerated ageing as a vigour test for crambe (*Crambe abyssinica*) seeds. Aust J Crop Sci. 10:660-665.

Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. 2: 176-177.

Marcos-Filho J (2015) Physiology of cultivated plant seeds. Abrates, Londrina. 660p.

Marcos-Filho J (1999) Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB (eds) Vigour de sementes: conceitos e testes. Abrates, Londrina. 3.

Martins CC, Silva N da, Machado CG (2014) Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigour e à longevidade das sementes. Cienc Rural. 44:768-774.

Monteiro DT, Tunes LM, Pacheco C, Lemes ES, Almeida AS, Muniz MFB (2017) Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz. Rev Cienc Agrar. 40:94-104.

Nascimento WM, Silva PP da, Artiaga OP, Suinaga FA (2016) Grão-de-bico. In: Nascimento WM (ed) Hortaliças Leguminosas. Embrapa, Brasília. 3.

Nascimento WM, Silva PP da, Freitas RA de (2014) Produção de sementes de ervilha. In: Nascimento WM (ed) Produção de sementes de hortaliças. Embrapa, Brasília. 6.

Panobianco M, Marcos-Filho J (2001) Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em semente de tomate. Sci Agric. 58:525-531.

Paula-Junior TJ de, Venzon M (2007) 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. EPAMIG, Belo Horizonte. 800p.

Peñaloza P, Ramirez-Rosale SG, McDonald MB, Benett MA (2005) Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated ageing and the seed vigour imageing system. Electron J Biotechn. 8:299-307.

R CORE TEAM (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. http://www.Rproject.org/. 26 Aug. 2018.

Radke AK, Reis BB, Gewehr E, Almeida AS, Tunes LM, Villela FA (2016) Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. Cienc Rural. 46:95-99.

Santos IHV da S, Souza IC de F, Silva SCB da, Nascimento KP da SM, Oliveira TW de, Lima EMC, Souza SFN de (2017) Análise nutricional e de aceitabilidade de empada à base de grão-de-bico, com recheio de frango e pupunha. Saber Cient. 6:26-34.

Sarmento HG dos S, David AMS de S, Barbosa MG, Nobre DAC, Amaro HTR (2015) Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. Energ Agric. 30:249-256.

Silva VN, Cicero SM (2014) Image seedling analysis to evaluate tomato seed physiological potential. Cienc Agron. 45:327-334.

Silva JB, Vieira RD (2006) Avaliação do potencial fisiológico de sementes de beterraba. Rev Bras Sementes. 28:128-134.

Torres SB, Silva FG da, Gomes MD de A, Benedito CP, Pereira FECB, Silva EC da (2017) Diferenciação de lotes de sementes de quiabo pelo teste de envelhecimento acelerado. Cienc Rural. 44:2103-2110.

Ullmann R, Resende O, Chaves TH, Oliveira DEC de, Costa LM (2015) Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. Rev Bras Eng Agric Ambient. 19:64-69.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O elevado teor de proteínas presente no grão-de-bico impulsiona o consumo entre os vegetarianos e outros grupos de pessoas que possuem restrição alimentar a fontes proteicas de origem animal, impulsionando o cultivo e os nichos de mercado que envolvem a leguminosa.

Atualmente o Brasil ainda não é autossuficiente na produção dessa leguminosa, embora a produção no país tenha aumentado nos últimos anos, assim, é necessária a atividade de exportação, realizada principalmente do México e Argentina. Apesar disso, as características edafoclimáticas do país, especialmente a região do PAD, no Distrito Federal, e norte de Minas Gerais, já se mostraram altamente favoráveis ao cultivo da espécie. Podendo ocorrer ainda em diversas épocas, pois a espécie é capaz de tolerar níveis de seca e estresse e ainda assim produzir.

Portanto, este trabalho é extremamente importante e inovador, de forma que pela primeira vez ocorre a publicação de um manuscrito que reúne informações de interesse a respeito da espécie por meio de uma revisão bibliográfica detalhada. Além disso, reúne informações sobre como devem der conduzidos alguns testes de vigor e quais são as melhores formas de realiza-los, configurando-se como uma excelente fonte de consulta por meio da publicação de dados confiáveis.

Assim, tem-se que a condutividade elétrica para sementes de grão-de-bico deve ser realizada com o total de 75 sementes, com volume de água de 100 mL por recipiente e a um período de tempo total para leitura de 30 horas. Já para testes que simulam o envelhecimento acelerado de sementes, a melhor forma é a utilização de solução salina em detrimento ao envelhecimento acelerado tradicional, a uma temperatura de 45 ºC, por 24 horas de exposição e contagem aos 5 dias (primeira contagem).

Em suma, o grão-de-bico é uma espécie de exploração relativamente recente no Brasil, ainda pouco difundida no território nacional, restingindo-se à algumas regiões específicas, porém, a sua diversidade de cultivo nos leva a concluir que há grande possibilidade de expansão e êxito em diversas áreas. Logo, além dos resultados reunidos neste material, deve ser levada em consideração a possibilidade de novas pesquisas que possam direcionar outros métodos eficientes de alavancar a produção e a produtividade, bem como incentivar os produtores a adesão à essa espécie e a levarem o Brasil à uma posição de destaque no cultivo do grão-de-bico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seed in relation to germination. Berlin: Springer Verlag, 306p. 1978.

CHEN, Y.; GHANEM, M. E.; KADAMBOT HM SIDDIQUE, K. H. M. Characterising root trait variability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. Journal of Experimental Botany, v. 68, n. 8, p. 1987–1999, 2017.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. Ciência Rural, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.

FERREIRA, L.B. DA S.; FERNANDES, N.A.; AQUINO, L.C. DE; SILVA, A.R. DA; NASCIMENTO, W.M.; LEÃO-ARAÚJO, E.F. Temperature and seed moisture contente affect electrical conductivity test in pea seeds. Journal of Seed Science, v. 39, p. 410-416, 2017.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; PAULA, R. C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

HAESBAERT, F.M.; LOPES, S.J.; MERTZ, L.M.; LÚCIO, A.D.; HUTH, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. Bragantia, v. 76, p. 54-61, 2017.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. Seed Science and Technology, v.25, p.123-131, 1996.

KHAN, N.; BANO, A.; RAHMAN, M. A.; RATHINASABAPATHI, B.; BABAR, M. A. UPLC-HRMS-based untargeted metabolic profiling reveals changes in chickpea (*Cicer arietinum*) metabolome following long-term drought stress. Plant Cell and Environment, v. 42, p. 115–132, 2019.

LEÃO, É. F.; SANTOS, J. F. DOS; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. Accelerated ageing as a vigour test for crambe (Crambe abyssinica) seeds. Australian Journal of Crop Science, p. 660-665, 2016.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999, p. 1-24.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

NASCIMENTO, W. M. editor técnico. – Hortaliças leguminosas / Brasília, DF: Embrapa, 232 p. 2016.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P. da; FREITAS R. A. de. Produção de sementes de ervilha. In: NASCIMENTO, W. M. editor técnico. Produção de sementes de hortaliças – Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 6, p. 198.

PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. Scientia Agricola, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001.

PARWEEN, S.; NAWAZ, K.; ROY, R.; POLE, A. K.; SURESH, B. V.; MISRA, G.; JAIN, M.; YADAV, G.; PARIDA, S. K.; TYAGI, A. K.; BHATIA, S.; CHATTOPADHYAY, D. An advanced draft genome assembly of a *desi* type chickpea (*Cicer arietinum* L.). Scientific Reports, v. 5, 12806, p. 1-14, 2015.

SHUKLA, M.; PATEL, R.H.; VERMA, R.; DEEWAN, P.; DOTANIYA, M. L. Effect of Bio-Organics and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Chickpea (Cicer arietinum L.) Under Middle Gujarat Conditions. Vegetos, v. 26, p. 183-187, 2013.

SILVA, A.R. DA; LEÃO-ARAÚJO, E.F.; REZENDE, B.R.; SANTOS, W.V. DOS; SANTANA, H.A.; SILVA, S.C.M.; FERNANDES, N.A.; COSTA, D.S.; MESQUITA, J.C.P. DE. Modeling the three phases of the soaking kinetics of seeds. Agronomy Journal, v. 110, p. 164-170, 2018.

SILVA, V.N.; ZAMBIASI, C.A.; TILLMANN, M.A.A.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. Revista de Ciências Agrárias, v. 37, p. 206-213, 2014.
TRIVEDI, M. K.; BRANTON, A.; TRIVEDI, D.; NAYAK, G.; MONDAL, S. C.; JANA, S. Evaluation of Plant Growth, Yield and Yield Attributes of Biofield Energy Treated Mustard (Brassica juncea) and Chick Pea (Cicer arietinum) Seeds. Agriculture, Forestry and Fisheries, Science Publishing Group, v. 6, n. 4, p. 291-295, 2015.
VAN GASTEL, A.J.G.; BISHAW, Z.; NIANE, A.A.; GREGG, B.R.; GAN, Y. Chickpea Seed Production, 417-444 p. 2007.