

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**TESTES DE VIGOR E VIABILIDADE EM SEMENTES DE NIGER (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)**

**CARLA REGINA BAPTISTA GORDIN**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2015**

**TESTES DE VIGOR E VIABILIDADE EM SEMENTES DE NIGER (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)**

CARLA REGINA BAPTISTA GORDIN  
Engenheira Agrônoma

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Silvana de Paula Quintão Scalon

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

G661t	<p>Gordin, Carla Regina Baptista. Testes de vigor e viabilidade em sementes de niger (<i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.). / Carla Regina Baptista Gordin. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 98f.</p> <p>Orientadora: Profa. Dr. Silvana de Paula Quintão Scalon. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Qualidade fisiológica. 2. Oleaginosas. 3. Envelhecimento acelerado. 4. Tetrázólio. 5. Frio. 6. Comprimento de plântulas. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD – 633.85</p>
-------	---

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

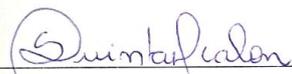
**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte**

TESTES DE VIGOR E VIABILIDADE EM SEMENTES DE NIGER  
(*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

CARLA REGINA BAPTISTA GORDIN

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM AGRONOMIA

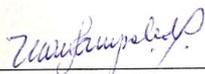
Aprovada em: 20/03/2015



Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão  
Scalon  
Orientadora – FCA/UFGD



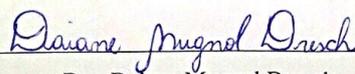
Dra. Maria Izabel Krüger Giurizatto  
Agência Estadual de Defesa Sanitária  
Animal e Vegetal – IAGRO



Profa. Dra. Mariana Zampar Toledo  
Centro Universitário da Grande  
Dourados – UNIGRAN



Prof. Dr. Rodrigo Kelson Silva Rezende  
FCA/UFGD



Dra. Daiane Mugnol Dresch  
PNPD – FCA/UFGD

*Aos meus pais, **João Pedro** e  
**Sandra** e ao meu irmão **Renan**, pelo  
amor, confiança, incentivo e  
paciência.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A minha maior gratidão é direcionada Àquele que me deu a vida e me fez digna dessa conquista, me sustentando e me dando ânimo. A **Deus** devo tudo que sou e que tenho.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade e pelas condições oferecidas para a condução desse trabalho.

Aos docentes que contribuíram para minha formação profissional desde a graduação até aqui, principalmente a minha orientadora Silvana de Paula Quintão Scalon pela confiança e amizade.

Aos colegas Técnicos Administrativos da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, pelo apoio técnico e pelos momentos de descontração, amizade e companheirismo.

Aos colegas dos laboratórios de Tecnologia de Sementes e Nutrição e Metabolismo de Plantas pela rotina agradável e produtiva.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa pelas valiosas contribuições: Lillian Maria Arruda Bachi, Alessandra Mayumi Tokura Alovisei, Silvia Correa Santos, Tathiana Elisa Masetto, Mariana Zampar Toledo, Maria Izabel Kruger Giurizzato, Rodrigo Kelson Silva Rezende e Daiane Mugnol Dresch.

Aos amigos Thiago Silvério Silva, João Augusto Machado da Silva e Fernanda Ribeiro dos Santos pelo auxílio, torcida e orações.

Aos amigos e colegas de Doutorado que se fizeram presentes aliviando as horas difíceis e alegrando ainda mais os momentos felizes.

Aos meus pais, João Pedro e Sandra e ao meu irmão Renan, pelo carinho e apoio constantes na minha caminhada.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	07
CAPÍTULO I. TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DETERIORAÇÃO CONTROLADA EM SEMENTES DE NIGER.....	10
Resumo.....	11
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Material e métodos.....	15
Resultados e discussão.....	18
Conclusões.....	32
Referências bibliográficas.....	33
CAPÍTULO II. TESTES DE FRIO E COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS NA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE NIGER.....	37
Resumo.....	38
Abstract.....	39
Introdução.....	40
Material e métodos.....	42
Resultados e discussão.....	45
Conclusões.....	54
Referências bibliográficas.....	55
CAPÍTULO III. TESTE DE TETRAZÓLIO EM SEMENTES DE NIGER.....	57
Resumo.....	58
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e métodos.....	62

Resultados e discussão.....	64
Conclusões.....	73
Referências bibliográficas.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
ANEXOS.....	77

## LISTA DE QUADROS

PÁGINA

## CAPÍTULO I

QUADRO 1. Germinação de sementes e emergência de plântulas de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) de diferentes lotes.....	19
QUADRO 2. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de caracterização inicial dos lotes e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	19
QUADRO 3. Teores de água das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o período de envelhecimento (EA) na temperatura de 41 °C. ....	21
QUADRO 4. Teores de água das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o período de envelhecimento (EA) na temperatura de 45 °C.....	22
QUADRO 5. Porcentagens iniciais de germinação das sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) e após os períodos de envelhecimento acelerado (EA) pelos procedimentos tradicional e com solução saturada de sal (NaCl) na temperatura de 41 °C.....	23
QUADRO 6. Porcentagens iniciais de germinação (G) e emergência em campo (E) das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> Cass.) e após os períodos de envelhecimento acelerado (EA) pelos procedimentos tradicional e com solução saturada de sal (NaCl) na temperatura de 45 °C.....	26
QUADRO 7. Porcentagens iniciais de germinação de sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) e após os períodos de envelhecimento acelerado (EA) pelos procedimentos tradicional e com solução saturada de sal (NaCl) na temperatura de 45 °C.....	27

QUADRO 8. Teores de água das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o teste de deterioração controlada na temperatura de 41 °C.....	29
QUADRO 9. Porcentagens iniciais de germinação de sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) e após o teste de deterioração controlada das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) na temperatura de 41 °C.....	30
QUADRO 10. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teste de deterioração controlada e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	31

## CAPÍTULO II

QUADRO 1. Germinação de sementes e emergência de plântulas de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) de diferentes lotes.....	46
QUADRO 2. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de caracterização inicial dos lotes e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	46
QUADRO 3. Germinação (%) de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) após o teste de frio nos procedimentos “com e sem terra” a 5, 10 e 15 °C, nos substratos sobre papel (SP), rolo de papel (RP), rolo com terra (RT) e caixa com terra (CT).....	48
QUADRO 4. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de frio e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	49
QUADRO 5. Comprimento de plântulas (mm) de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) oriundas de sementes germinadas nos substratos rolo de papel (RP), sobre papel com 10 sementes (SP10), sobre papel com 50 sementes (SP50) e campo (C).....	51
QUADRO 6. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de comprimento e massa de plântulas e emergência em campo, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	52

QUADRO 7. Massa seca de plântulas (g) de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) oriundas de sementes germinadas nos substratos rolo de papel (RP), sobre papel com 10 sementes (SP10), sobre papel com 50 sementes (SP50) e campo (C).....	53
--	----

### CAPÍTULO III

QUADRO 1. Porcentagem de germinação e teores de água inicial (TAI) e após o pré-condicionamento (TAP) de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	64
QUADRO 2. Porcentagem de viabilidade de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) submetidas ao teste de tetrazólio em diferentes tempos e concentrações.....	70
QUADRO 3. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teste de tetrazólio e o teste de germinação, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	71

## LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

**CAPÍTULO III**

FIGURA 1. Curvas de embebição das sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) provenientes de seis lotes.....	65
FIGURA 2. Embrião de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	66
FIGURA 3. Embriões de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) consideradas viáveis pelo teste de tetrazólio.....	66
FIGURA 4. Embriões de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.) consideradas inviáveis pelo teste de tetrazólio.....	67

## LISTA DE ANEXOS

## PÁGINA

ANEXO A. Análise de variância dos dados de germinação inicial das sementes de seis lotes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	78
ANEXO B. Análise de variância dos dados de emergência de plântulas em campo de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	78
ANEXO C. Análise de variância dos dados de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup> ), realizados a 41 °C por 24, 48, 72 e 96 horas para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	79
ANEXO D. Análise de variância dos dados de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup> ), realizados a 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	80
ANEXO E. Análise de variância dos dados de deterioração controlada realizada a 41 °C por 24 e 48 horas em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.), com teores de água pré-estabelecidos em 16, 20 e 24%.....	80
ANEXO F. Análise de variância dos dados do teste de frio realizado na temperatura de 5 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	81
ANEXO G. Análise de variância dos dados do teste de frio realizado na temperatura de 10 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	81
ANEXO H. Resumo da análise de variância do teste de frio realizado na temperatura de 15 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	82
ANEXO I. Análise de variância dos dados de comprimento de plântulas conduzido em diferentes substratos para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	82

ANEXO J. Análise de variância dos dados de massa seca de plântulas obtida em laboratório e a campo em diferentes substratos para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	83
ANEXO K. Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,075% para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	83
ANEXO L. Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,1% para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	84
ANEXO M. Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,5% para seis lotes de sementes de niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.).....	84

## Testes de vigor e viabilidade em sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Autor: Carla Regina Baptista Gordin  
Orientador: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Resumo.** A utilização de biodiesel como combustível vem apresentando potencial no mundo e o niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) destaca-se como fonte promissora. Para o sucesso do estabelecimento da cultura é necessário a utilização de sementes de qualidade e os testes de vigor são importantes na avaliação do potencial fisiológico das sementes, pois complementam as informações obtidas no teste de germinação. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho adequar as metodologias de testes de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de niger. Foram utilizados seis lotes de sementes, inicialmente caracterizados quanto ao grau de umidade; porcentagem, primeira contagem, índice de velocidade e tempo médio de germinação; porcentagem, índice de velocidade e tempo médio de emergência de plântulas em campo; estande inicial e comprimento e massa seca de plântulas. O teste de envelhecimento acelerado foi realizado pelos métodos tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup>), nas temperaturas de 41 e 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas. No teste de deterioração controlada as sementes tiveram os teores de água ajustados para 16, 20 e 24% antes de serem submetidas à temperatura de 41 °C por 24 e 48 horas. Em ambos os experimentos, após o período de deterioração, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais. O teste de frio foi realizado nos procedimentos “com” e “sem terra” nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C por cinco dias e posteriormente, realizou-se o teste de germinação. O teste de comprimento de plântulas foi realizado nos substratos sobre papel e rolo de papel e em casa de vegetação, registrando-se, ao final de 15 dias, o comprimento total e a massa seca de 10 plântulas normais. No teste de tetrazólio, as sementes foram pré-condicionadas em substrato sobre papel a 25 °C por três horas e, posteriormente, imersas em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio nas concentrações de 0,075; 0,1 e 0,5% por 2, 4, 6, 8, 16 e 24 horas a 25 °C, no escuro, sendo avaliadas quanto à viabilidade após a coloração. Para cada experimento, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Com base nos resultados, todos os testes de vigor empregados foram eficientes na distinção de lotes de sementes de niger quanto a qualidade fisiológica, exceto o teste de comprimento de plântulas e as avaliações de massa seca de plântulas. Pelo teste de envelhecimento acelerado, recomenda-se o método com 20 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup> a 41 °C por 24 horas. O método tradicional não é recomendado por proporcionar variação do teor de água entre as amostras superior ao tolerável. Pelo teste de deterioração controlada recomenda-se a utilização de sementes com 16% de teor de água por 24 horas. O teste de frio é indicado na temperatura de 5 °C em substrato sobre papel. O teste de tetrazólio é promissor para a avaliação da viabilidade de sementes de niger, recomendando-se a utilização de solução de tetrazólio com concentração de 0,5% por 24 horas.

**Palavras-chave:** Qualidade fisiológica, oleaginosas, comprimento de plântulas, envelhecimento acelerado, frio, tetrazólio.

## Vigor and viability tests for niger seeds (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Author: Carla Regina Baptista Gordin  
Advisor: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Abstract.** The biodiesel is used as a fuel with potential in the world and the niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) stands out as a promising source. For the success of crop establishment is required the use of quality seeds and vigor tests are important in assessing the physiological potential of seeds, because complement the information obtained in the germination test. Thus, the aim of this work was adapt methodologies of vigor tests to evaluate the niger seeds physiological quality. Six lots of seeds were used, initially characterized as the water content; germination percentage, first count, germination speed index and mean germination time; emergence percentage, emergence speed index and mean emergence time on the field; initial stand and seedling length. The accelerated aging test was carried out by traditional and saturated salt solution (20, 40 g NaCl 100 ml<sup>-1</sup>) methods at temperatures of 41 and 45 °C for 24, 48, 72 and 96 hours. In controlled deterioration test the seeds had the water content adjusted to 16, 20 and 24% before being subjected to a temperature of 41 °C for 24 and 48 hours. In both experiments, after the deterioration period, the seeds were submitted to the germination test, accounting for the normal seedlings percentage. The cold test was performed procedures "with" and "without soil" in temperatures of 5, 10 and 15 °C for five days and was held the germination test. The seedling length test was performed on the substrates on paper and paper roll and in a greenhouse for 15 days, recording the total length and dry weight of 10 normal seedlings. In tetrazolium test, seeds were preconditioned on paper substrate at 25 °C for three hours and then immersed in a solution of 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride in concentrations of 0.075, 0.1 and 0.5% by 2, 4, 6, 8, 16 and 24 hours at 25 °C in the dark, and evaluated for viability after staining. The experimental design was completely randomized with four replications of 50 seeds. Data were subjected to variance analysis and means were compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). Based on the results, all of vigor tests used were efficient in physiological quality distinction of niger seeds, except the seedling length test and the seedlings dry mass evaluations. For the accelerated aging test recommended 20 g NaCl 100 ml<sup>-1</sup> at 41 °C for 24 hours method. The traditional method is not suitable for providing varying the water content between samples between the upper tolerable. For the controlled deterioration test recommends the use of seeds with 16% of water content for 24 hours. The cold test is indicated in temperature of 5 °C on paper. The tetrazolium test is promising for assessing the viability niger seed, recommending the use of 0.5% concentration of tetrazolium solution with for 24 hours.

**Keywords:** Length seedlings, accelerated age, cold, oilseed, physiological quality, tetrazolium.

## INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de biodiesel como combustível vem apresentando um potencial promissor no mundo, sendo um mercado que cresce aceleradamente por dois motivos: primeiro pela sua contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos e, segundo, em virtude de servir como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo, reduzindo a dependência de importação dos mesmos (FERRARI et al., 2005; MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

A zona tropical é considerada a mais adequada para a produção de biodiesel, destacando o Brasil com posição privilegiada em relação a muitos países no mundo. Aliado a este fato há ainda o incentivo do Governo Federal à sua utilização na matriz energética brasileira (BONACIN et al., 2009). Com isso, o aumento do incentivo às pesquisas com plantas potencialmente produtoras de óleo tem crescido nos últimos anos. Devido à diversidade climática e à grande extensão territorial, muitas culturas são indicadas para a extração de óleo para a produção de biodiesel no Brasil, dentre elas pode-se citar o dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), o coco (*Cocos nucifera* L.), a palma (*Opuntia cochenillifera* (L.) Mill.) e o babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), que têm a vantagem de serem culturas perenes e com colheita contínua durante o ano, o que diminui os dispêndios energético e financeiro para a produção dessas espécies e evita a sazonalidade do fornecimento de matéria-prima.

Nos Estados das regiões Central e Sul do país, as culturas anuais são as mais recomendadas, sendo elas: mamona (*Ricinus communis* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill), canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), crambe (*Crambe abyssinica* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e amendoim (*Arachis hypogaea* L.), entre outras (SILVA e FREITAS, 2008).

Dentre as espécies vegetais com potencial comercial para a obtenção de biodiesel, o niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) destaca-se como fonte promissora. O gênero *Guizotia*, pertencente à família Asteraceae, é originário da África tropical, com maior concentração das espécies na Etiópia, mas também pode ser encontrado na Índia e em outros países da África e da Ásia (GETINET e SHARMA, 2006;

SOLOMON e ZEWDU, 2009; GELETA et al., 2010). BaagØe (1974), em revisão taxonômica sobre o gênero *Guizotia*, reduziu o número de espécies em seis, sendo: *G. arborescens* I. FRIIS, *G. jacksonii* (S. Moore), *G. scabra* (VIS.) CHIOV. ssp. *scabra*, *G. scabra* (VIS.) CHIOV. ssp. *schimperii* (SCH. BIP. In WALP.) J. BAAGØE stat. nov, *G. villosa* SCH.BIP. in WALP., *G. zavattarii* LANZA in CHIOV e *G. abyssinica* (L. F.) CASS., a única espécie cultivável do gênero (BAAGØE, 1974; GELETA et al., 2010). Duas décadas depois da revisão taxonômica, duas novas populações foram descobertas, sendo denominadas de ‘Chelelu’ e ‘Ketcha’ (DAGNE, 1995; GELETA et al., 2010).

O niger é uma planta herbácea, dicotiledônea, de ciclo anual e alógama, sendo polinizada por insetos, principalmente as abelhas. Sua germinação é do tipo epígea e as plântulas possuem hipocótilo e cotilédones de verde pálido a marrom; o caule tem muitas ramificações, apresentando até 2 m de altura e coloração de roxo escuro a verde claro; as folhas são opostas e as flores são amarelas, raramente esverdeadas; os capítulos abrem aproximadamente dois meses após o plantio, levando seis semanas para completar o florescimento. Possuem de 15 a 50 mm de diâmetro, sendo que cada disco floral, que vai do amarelo ao alaranjado, produz aproximadamente 40 frutos (GETINET e SHARMA, 1996).

Em geral, as sementes de niger são pouco angulosas, com seção longitudinal obovada afilando gradativamente em direção à base, e seção transversal elíptica. Externamente são lisas, glabras e negras, enquanto o embrião é branco. Possuem dimensões semelhantes entre si, obtendo-se em média 4,54 mm de comprimento, 1,39 mm de largura, 1,15 mm de espessura e peso de 0,0043 g (GETINET e SHARMA, 1996; GORDIN et al., 2012).

Possuem de 30 a 50%, em massa, de óleo composto por ácidos graxos comuns às espécies da família Asteraceae, caracterizando-se por teor elevado de ácido linoleico, que varia de 55 a 75% em função do local onde as plantas se desenvolvem. No entanto, em qualquer condição o teor de óleo é considerado mais elevado que outras espécies oleaginosas, como o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), por exemplo, que possui 34,3% de óleo, aproximadamente (SARIN et al., 2009). Após a extração do óleo a torta remanescente contém, aproximadamente, 30% de proteína e 23% de fibra bruta, entretanto, esses valores também são variáveis de acordo com o local de desenvolvimento das plantas e com a espessura do tegumento da semente (GETINET e SHARMA, 1996).

Além da utilização do óleo, as plantas de niger podem ser utilizadas na bordadura dos campos de cereais para evitar que animais danifiquem a produção e na alimentação de ovinos e bovinos, devendo ser fornecidas aos últimos apenas como silagem (GETINET e SHARMA, 1996; SARIN et al., 2009). A espécie também é promissora como adubo verde e para a produção de fitomassa, quando utilizada como cobertura do solo no outono/inverno, proporcionando incrementos de matéria orgânica na área (GETINET e SHARMA, 1996; CARNEIRO et al., 2008).

É uma espécie cultivada nas temperaturas moderadas dos trópicos e adapta-se a altas ou baixas temperaturas e pluviosidades, dependendo da variedade; tolera todos os tipos de solo, exceto os de textura grosseira ou extremamente pesados; a colheita é feita quando os capítulos atingem coloração de marrom a negra e as plantas são empilhadas para a secagem, sendo trilhadas manualmente. Apresenta baixa resposta aos fertilizantes nitrogenados e fosforados e é acometido por baixa infestação de plantas daninhas, sendo a *Cuscuta campestris* (Yunck) a principal espécie invasora. Quanto aos insetos-praga, 24 espécies foram registradas na cultura do niger na Índia e na Etiópia, destes a mosca do niger (*Dioxya sororcula* (Wiedemann) e *Eutretosoma spp.*) e os besouros do pólen negro (*Meligethes spp.*) são os mais importantes. Das doenças relatadas para esta cultura a *Alternaria sp.* é a mais prejudicial (GETINET e SHARMA, 1996).

Na América existem registros do seu cultivo nos Estados Unidos e no Brasil, podendo-se citar os Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais, tornando-se promissora, principalmente na região Centro-Oeste, sendo utilizada, inclusive, em rotação com outras culturas durante a safrinha, ocupando áreas que anteriormente eram mantidas em pousio nessa época (GORDIN et al., 2012). Entretanto, apesar do seu potencial econômico, não constam recomendações nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e poucos estudos têm sido realizados para avaliar a qualidade fisiológica das suas sementes, bem como as maneiras de avaliação do vigor das mesmas.

O potencial fisiológico das sementes pode ser afetado por quaisquer fatores ambientais que ocorram no período pós-colheita. Sementes com alto potencial fisiológico são mais efetivas na mobilização de suas reservas energéticas, permitindo uma germinação rápida e uniforme, de forma que produzam plantas de qualidade superior em condições de campo, contribuindo para que máximas produtividades sejam alcançadas (MARCOS FILHO, 2005).

O processo de germinação de sementes com baixa qualidade fisiológica é mais sensível às variações nas condições ambientais de campo, o que pode contribuir para ocorrência de menores porcentagens de emergência de plântulas, aumentando os custos da produção pela necessidade de replantio devido às falhas na formação do estande final (GUEDES et al., 2009). Assim, de acordo com Tekrony e Egli (1991), o potencial fisiológico das sementes pode afetar indiretamente a produção da lavoura ao afetar a velocidade e a porcentagem de emergência das plântulas e o estande inicial, bem como pode afetar diretamente o rendimento de grãos, através de sua influência no vigor das plantas resultantes.

Uma das maneiras de avaliar a qualidade fisiológica das sementes é o teste de germinação, entretanto, esse teste fornece condições ideais ao processo, o que possibilita ao lote expressar seu potencial máximo de formação de plântulas normais, diferindo muitas vezes dos resultados obtidos em campo (DEMIR, 2008). Em virtude disso, os testes de vigor tornam-se importantes, pois complementam as informações obtidas no teste de germinação, com resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto (MARCOS FILHO, 2005; CASAROLI et al., 2009).

Assim, dentro de um programa de controle de qualidade, a avaliação do vigor torna-se fundamental e necessária para estimar o potencial fisiológico dos lotes de sementes, utilizando-se as informações em conjunto com os resultados do teste de germinação, visto que a utilização de sementes de alta qualidade constitui-se na base para a obtenção de estandes uniformes, plantas bem desenvolvidas, alta produtividade e elevado rendimento de óleo (MARCOS FILHO, 2005; MENDES et al., 2010).

Um dos testes utilizados com essa finalidade é o teste de envelhecimento acelerado, que baseia-se na deterioração artificial das sementes por meio da exposição das mesmas a altas temperaturas e umidades relativas, fatores importantes na intensidade e velocidade da redução da qualidade das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Jianhua e McDonald (1996) propuseram a substituição da água por soluções salinas saturadas ou diluídas, como forma de adequar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado para sementes pequenas, que provavelmente absorvam água mais rapidamente, atingindo teores de água muito variáveis ao final do teste de envelhecimento acelerado, prejudicando a uniformidade entre as amostras e a eficiência do teste na avaliação do potencial fisiológico das sementes (COSTA et al., 2008). Dependendo da solução e da concentração utilizadas, são obtidos níveis específicos de umidade relativa do ar, possibilitando o ajuste da taxa de absorção de água, o que afeta

a velocidade e intensidade de deterioração das sementes (JIANHUA e MCDONALD, 1996).

O teste de deterioração controlada emprega uma técnica similar a do envelhecimento acelerado, incorporando um maior controle do teor de água inicial da semente durante o período de deterioração, onde todos os lotes são submetidos a um mesmo nível de teor de água antes do início do teste (ALVES et al., 2011). Essa técnica tem sido utilizada para detectar diferenças de vigor, principalmente entre os lotes de sementes de menor tamanho, utilizando combinações de teor de água/temperatura/período de exposição que variam de 15 a 24%, 40 a 45 °C e 12 a 72 horas, respectivamente (SILVA e VIEIRA, 2010; ALVES et al., 2011).

O teste de frio é o mais antigo e mais popular dos testes de vigor utilizados, desenvolvido para avaliar o vigor de sementes expostas a condições adversas de ambiente, como baixa temperatura e presença de microrganismos de solo (VIEIRA et al., 2010). A temperatura subótima incentiva a perda de solutos celulares, devido à configuração do sistema de membranas e a atividade dos microrganismos, que exercem efeito prejudicial ao desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Dessa forma, é possível simular as condições a que estas sementes estariam susceptíveis em condições de semeadura em campo.

A determinação do comprimento médio das plântulas normais é realizada, tendo em vista que as amostras que expressam os maiores valores de comprimento são mais vigorosas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). De acordo com Guedes et al. (2009), isso ocorre porque as sementes mais vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário.

O teste de tetrazólio possibilita a avaliação do potencial fisiológico das sementes com rapidez e eficiência quando executado criteriosamente, sendo comumente utilizado para analisar sementes de grandes culturas, como soja e milho (CERVI e MENDONÇA, 2009). Baseia-se na atividade de enzimas do grupo das desidrogenases, particularmente a desidrogenase do ácido málico, envolvidas na atividade respiratória das sementes, que catalisam a redução dos íons do sal de tetrazólio (cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio) nos tecidos vivos. Íons de hidrogênio são transferidos para o sal de tetrazólio, que atua como um receptor. O tetrazólio, que é um sal incolor e difusível é, então, reduzido a um composto não difusível de cor vermelha, conhecido por trifetilformazan, o que indica que as desidrogenases estão ativas, e consequentemente

que há atividade respiratória nas mitocôndrias e, portanto, há viabilidade celular e do tecido (GASPAR OLIVEIRA et al., 2009). Por outro lado, nos tecidos mortos ou muito deteriorados as enzimas desidrogenases estão inativadas e por isso não ocorre a reação com o sal de tetrazólio e, conseqüentemente, a coloração dos tecidos (MARCOS FILHO et al., 2005).

Embora os testes de vigor complementem o teste de germinação, atuando como ferramentas mais sensíveis para a detecção de diferenças entre os lotes de sementes, muitas espécies oleaginosas de importância econômica e com potencial para a produção de biodiesel ainda não possuem metodologias estabelecidas para sua realização. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho adequar as metodologias dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com saturação salina, deterioração controlada, frio, comprimento de plântulas e tetrazólio para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de niger.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C. Z.; GODOY, A. R.; CANDIDO, A. C. S.; SÁ, M. E. Qualidade fisiológica de sementes de *Eruca sativa* L. pelo teste de deterioração controlada. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2090-2095, 2011.
- BAAGØE, J. The genus *Guizotia* (Compositae): a taxonomic revision. **Botanical Tidsskr**, v. 69, p. 1-39, 1974.
- BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T. J. D.; CRUZ, M. C. P.; BANZATTO, D. A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 111-116, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009, 395p.
- CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 5. Ed., 2012, 590 p.
- CASAROLI, D.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L.; MUNIZ, M. F. B.; MANFRON, P. A. Testes para determinação do potencial fisiológico de sementes de abóbora. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 337-343, 2009.
- CERVI, F.; MENDONÇA, E. A. F. Adequação do teste de tetrézólio para sementes de algodoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.177-186, 2009.
- COSTA, C. J.; TRZECIAK, M. B.; VILLELA, F. A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 144-148, 2008.
- DAGNE, K. Karyotypes, C-banding and nucleolar numbers in *Guizotia* (Compositae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 195, p. 121-135, 1995.
- DEMIR, I. Prediction of germination and vigour in naturally aged commercially available seed lots of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) using the bulk conductivity method. **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 3, p. 509-523, 2008.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

GASPAR OLIVEIRA, C. M.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Método de preparo das sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.) para o teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.160-167, 2009.

GELETA, M.; BRYNGELSSON, T.; ENDASHAW, B.; DAGNE, K.; BRYNGELSSON, T. Phylogenetics and taxonomic delimitation of the genus *Guizotia* (Asteraceae) based on sequences derived from various chloroplast DNA regions. **Plant Systematics Evolution**, v. 289, p. 77-89, 2010.

GETINET, A.; SHARMA, S. M. **Niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 59 p., 1996.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F. M.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4 p. 619-627, 2012.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; MEDEIROS, M. S.; LIMA, C. R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 4, p. 793-802, 2009.

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.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, v.12, 495 p., 2005.

MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; DIAS, L. A. S. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotécologia**, v. 34, n. 1, p. 114-120, 2010.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B. C. F.; SILVA, S. R. S.; GRANJA, J. A. A.; ALVES, M. C. J. L.; POMPELLI, M. F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, s. v., n. 44, p. 684– 690, 2013.

SARIN, R.; SHARMA, M. & KHAN, A. A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 4187-4192, 2009.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 843-851, 2008.

SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada em sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 69-76, 2010.

SOLOMON W. K.; ZEWDU, A. D. Moisture-dependent physical properties of niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed. **Industrial crops and products**, v. 29, p. 165–170, 2009.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, v. 31, p. 816-822, 1991.

VIEIRA, B. G. T. L.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B. Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 540-545, 2010.

**CAPÍTULO I**  
**TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DETERIORAÇÃO**  
**CONTROLADA EM SEMENTES DE NIGER**

## Testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de niger

Autora: Carla Regina Baptista Gordin

Orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Resumo.** O niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) é uma espécie oleaginosa promissora para a produção de biodiesel, entretanto existem poucas informações a respeito da avaliação do potencial fisiológico das suas sementes. Dessa forma, objetivou-se adequar as metodologias dos testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada para a avaliação do vigor de sementes de niger. Foram utilizados seis lotes de sementes, inicialmente caracterizados quanto ao grau de umidade; porcentagem, primeira contagem, índice de velocidade e tempo médio de germinação; porcentagem, índice de velocidade e tempo médio de emergência de plântulas em campo; estande inicial e crescimento de plântulas. O teste de envelhecimento acelerado foi realizado pelos métodos tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup>), nas temperaturas de 41 e 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas. No teste de deterioração controlada as sementes tiveram os teores de água ajustados para 16, 20 e 24% antes de serem submetidas à temperatura de 41 °C por 24 e 48 horas. Em ambos os experimentos, após o período de deterioração, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e procedeu-se a avaliação, aos sete dias após a semeadura, contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Os testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada correlacionaram-se com o teste de emergência de plântulas em campo e proporcionaram estratificação dos lotes em pelo menos dois níveis de vigor, recomendando-se, pelo teste de envelhecimento acelerado, o método com 20 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup> a 41 °C por 24 horas. O método tradicional não é recomendado por proporcionar variação do teor de água entre as amostras superior ao tolerável. Pelo teste de deterioração controlada recomenda-se a utilização de sementes com 16% de teor de água por 24 horas.

**Palavras-chave:** Biodiesel, *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., oleaginosa, vigor.

## Accelerated aging and controlled deterioration tests in niger seeds

Author: Carla Regina Baptista Gordin  
Adviser: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Abstract.** The niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) is a promising oilseed specie for biodiesel production, however there is little information about the evaluation about their seeds physiological potential. Thus, the aim was adapt the methodologies of accelerated aging and controlled deterioration tests to evaluate the effect on niger seeds. Six lots of seed were used, initially characterized as the water content; germination percentage, first count, germination speed index and mean germination time; emergence percentage, emergence speed index and mean emergence time; initial stand and seedlings length. The accelerated aging test was carried out by traditional and with saturated salt solution (20 and 40 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup>) methods at temperatures of 41 and 45 °C for 24, 48, 72 and 96 hours. In controlled deterioration test the seeds had the water content adjusted to 16, 20 and 24% before being subjected to a temperature of 41 °C for 24 and 48 hours. In both experiments, after the deterioration period, the seeds were submitted to the germination test and proceeded to review the seven days after sowing, accounting for the normal seedlings percentage. The experimental design was completely randomized with four replications of 50 seeds, the data were subjected to variance analysis and means were compared by Tukey test (p<0.05). The accelerated aging and controlled deterioration tests correlated with field seedling emergence test and provided lots classification in at least two levels of vigor. We recommended by the accelerated aging test, the method with 20 g NaCl 100 ml<sup>-1</sup> at 41 ° C for 24 hours. The traditional method is not suitable for providing varying the water content between samples the upper tolerable. For the controlled deterioration test we recommended the use of seeds with 16% of water content for 24 hours.

**Keywords:** Biodiesel, *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., oilseed, vigor.

## INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível alternativo que, desde a década passada, tem atraído atenção em função de ser renovável, biodegradável e não tóxico. Somado a essas características pode-se citar, ainda, o menor impacto ambiental gerado quando comparado aos derivados de petróleo, cujas reservas têm diminuído expressivamente. Nesse contexto, várias espécies vegetais produtoras de óleo tem se tornado uma alternativa aos combustíveis provenientes do petróleo, despertando o interesse dos pesquisadores (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

Dentre as espécies com potencial para a produção comercial de biodiesel destaca-se o niger (*Guizota abyssinica* (L.f.) Cass.), caracterizado pela alta produção de óleo (30% da massa das sementes) com elevado teor de ácido linoleico. Na África Tropical, seu centro de origem, o óleo apresenta vários usos, principalmente na alimentação humana e, no Brasil, é considerada promissora para a produção de fitomassa quando utilizada como cobertura do solo no outono/inverno (GETINET e SHARMA, 1996; KUO et al., 2007; CARNEIRO et al., 2008; SARIN et al., 2009; SOLOMON e ZEWDU, 2009). Entretanto, embora a espécie tenha potencial econômico, existem poucas informações a respeito da avaliação do potencial fisiológico das suas sementes, visto que ainda são inexistentes tecnologias de produção e padrões para comercialização das mesmas.

O vigor das sementes expressa a soma de todas as propriedades que determinam seu potencial e desempenho durante a germinação e a emergência das plântulas, estimando a capacidade de um lote de sementes em estabelecer estande com sucesso quando exposto a diferentes condições de ambiente (FINCH-SAVAGE et al., 2010). Sementes vigorosas são mais efetivas na mobilização de suas reservas energéticas, garantindo uma rápida e uniforme emergência de plântulas no campo (VENTURA et al., 2012). Por outro lado, sementes com vigor comprometido apresentam germinação baixa, lenta e desuniforme, uma vez que são mais sensíveis às variações nas condições ambientais de campo (CHEN e ARORA, 2012), implicando no aumento dos custos de produção pela necessidade de replantio inerente à densidade populacional subótima (KHALILIAQDAM et al., 2012).

Na avaliação da qualidade fisiológica de sementes, o teste de germinação proporciona informações essenciais sobre as melhores condições para a germinação, de

forma a explorar todo o potencial das sementes. No entanto, não fornece informações necessárias sobre a capacidade dos lotes de sementes em estabelecer um estande em condições adversas de campo (VENTURA et al., 2012). Dessa forma, os testes de vigor podem ser utilizados para avaliar o estabelecimento satisfatório do estande sob diferentes condições ambientes, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação (GREY et al., 2011).

Dentre os testes de vigor, o teste de envelhecimento acelerado consiste em submeter as sementes à elevadas temperaturas e umidades relativas, simulando condições normais de armazenamento, mas com um aumento da velocidade de deterioração (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013). Assim, um dos fatores mais importantes nesse teste é a interação entre temperatura/período de exposição, pois afetam o comportamento das sementes. Outro fator é a velocidade e intensidade de absorção de água pelas sementes, originando variações acentuadas no grau de umidade ao final do teste. Com o objetivo de evitar a desuniformidade de absorção de água entre as amostras, que pode resultar em deterioração diferenciada, comprometendo os resultados pós-envelhecimento, Jianhua e McDonald (1996) propuseram a substituição da água por soluções saturadas de sais. Com esse procedimento, há redução da umidade relativa do ambiente, garantindo que os efeitos da deterioração devam-se à temperatura e ao período de exposição (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

O teste de deterioração controlada constitui-se em uma técnica semelhante ao teste de envelhecimento acelerado, incorporando melhor controle da temperatura e do grau de umidade das sementes, que é submetido a um mesmo nível em todas as amostras antes do início do período de deterioração, sendo inicialmente desenvolvido para a avaliação do vigor de lotes de sementes pequenas, como as de niger, procurando obter informações referentes ao potencial de armazenamento (HAMPTON e TEKRONY, 1995; TORRES et al., 2012).

Assim, diante do potencial econômico da espécie e da necessidade de conhecimento de métodos de avaliação do vigor de suas sementes, objetivou-se com esse trabalho adequar as metodologias dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com soluções saturadas de sal e deterioração controlada para a avaliação do vigor de sementes de niger.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em 2013. Foram utilizados seis lotes de sementes de niger, sendo um deles produzido na safra 2009/2010 (Lote 1), em Primavera do Leste-MT, quatro produzidos em diferentes épocas na safra de 2011/2012 (Lotes de 2 a 5) na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD (FAECA) e o último produzido também na FAECA, na safra 2012/2013 (Lote 6). As sementes foram mantidas em embalagem de papel e armazenadas em câmara fria e seca (15 °C e 45% UR) até a instalação dos experimentos.

Os lotes foram inicialmente avaliados quanto aos seguintes testes e determinações: **grau de umidade** - realizado utilizando-se o método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, com 4 repetições, conforme Brasil (2009); **teste de germinação** - realizado sobre papel Germitest<sup>®</sup>, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, no interior de caixas de germinação do tipo “gerbox”, acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada a 25 °C com luz contínua (seis lâmpadas fluorescentes tipo "luz do dia" Philips<sup>®</sup> de 20 watts e com irradiância de fótons de  $32,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes (GORDIN et al., 2012). As avaliações foram realizadas aos sete dias após a semeadura, registrando-se a porcentagem de germinação, levando-se em consideração a formação de plântulas normais (parte aérea e sistema radicular desenvolvidos); **primeira contagem de germinação** - realizada juntamente com o teste de germinação, contabilizando-se o número de plântulas normais obtidas ao terceiro dia após a semeadura, de acordo com resultados obtidos em pré-testes; **índice de velocidade de germinação**, de acordo com Maguire (1962); **tempo médio de germinação**, conforme fórmula proposta por Edmond e Drapalla (1958) e **comprimento e massa seca de plântulas inteiras**, por meio da escolha aleatória de dez plântulas normais, medidas com paquímetro digital e secas em estufa regulada a 65 °C por 72 horas, seguido de pesagem em balança de precisão; **emergência de plântulas em campo** - obtida da semeadura em bandejas preenchidas com Latossolo Vermelho Distroférico, acondicionadas em casa de vegetação revestida com Sombrite<sup>®</sup>, com redução da luminosidade de 30%, em área experimental da FCA/UFGD. A temperatura e a

umidade relativa médias no período da condução do experimento foram de 31 °C e 58%, respectivamente. Registrou-se o índice de velocidade e o tempo médio de emergência e, aos 15 dias após a sementeira, foram realizadas as avaliações de porcentagem de emergência e comprimento e massa seca de plântulas inteiras, obtidos da mesma forma que para o teste de germinação; **estande inicial** – realizado juntamente com o teste de emergência em campo, registrando-se o número de plântulas emergidas ao terceiro dia após a sementeira, conforme resultados obtidos em pré-testes.

O **teste de envelhecimento acelerado tradicional** foi realizado para cada lote em câmaras individuais constituídas de tela metálica suspensa em seu interior, onde foi distribuída uma camada uniforme de sementes de niger (1 g). Dentro de cada compartimento individual foram adicionados 40 mL de água destilada, constituindo-se umidade relativa de 100% (JIANHUA e MCDONALD, 1996) e as caixas foram acondicionadas em estufa a 41 e 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas. Após esses períodos as sementes foram imersas por cinco minutos em hipoclorito de sódio a 2% e submetidas ao teste de germinação (GORDIN et al., 2012), registrando-se a porcentagem de germinação aos sete dias após a sementeira. Foi determinado também o grau de umidade das sementes (BRASIL, 2009) antes e após o período de envelhecimento. Para o teste de **envelhecimento acelerado com solução saturada** empregou-se a mesma metodologia que para o teste tradicional, substituindo-se a água destilada por 40 mL de solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), nas concentrações de 20 e 40 g 100 mL<sup>-1</sup>, correspondentes a 76 e 55% de umidade relativa, respectivamente (JIANHUA e MCDONALD, 1996).

Para o **teste de deterioração controlada** o grau de umidade das sementes foi inicialmente ajustado para 16, 20 e 24%, por meio da embebição das sementes em papel germitest umedecido com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Posteriormente, as sementes foram incubadas em germinador do tipo B.O.D. a 25 °C. Durante o umedecimento artificial, o grau de umidade das sementes foi monitorado, por meio de pesagens sucessivas, até a obtenção dos valores desejados; nesta ocasião, cada amostra foi colocada em recipiente de alumínio hermeticamente fechado e incubado a 10 °C por 15 horas para atingir o equilíbrio higroscópico. As amostras foram, então, colocadas em banho-maria a 45 °C por 24 e 48 horas, seguindo-se de imersão em água fria para a redução da temperatura. Prosseguiu-se com o teste de germinação e a avaliação da porcentagem de germinação sete dias após a sementeira (GORDIN et al., 2012). Foi

determinado também o grau de umidade das sementes após cada período de deterioração (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011). Posteriormente, calcularam-se os coeficientes de correlação simples de Pearson ( $r$ ) entre os testes de avaliação da qualidade das sementes e a emergência em campo, determinando-se a significância dos valores de  $r$  pelo teste  $t$ , a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lotes de sementes de niger diferiram entre si quanto à qualidade fisiológica das sementes em todas as características avaliadas, exceto para a porcentagem de germinação (Anexo A) e comprimento total de plântulas do teste de emergência de plântulas em campo (Anexo B), que não foram sensíveis em detectar as diferenças entre os lotes (Quadro 1).

Embora as diferenças entre os lotes sejam comuns, considerando-se condições de cultivo distintas, muitas vezes o teste de germinação não é sensível em detectá-las entre lotes de germinação semelhante, como foi verificado no presente trabalho (Quadro 1), confirmando a necessidade de complementação dos resultados pelos testes de vigor.

Pela primeira contagem de germinação os lotes 1, 2 e 4 apresentaram vigor intermediário, observando-se que os lotes 3 e 5 apresentaram o mais baixo e o 6 elevado vigor em relação aos demais. Pelo índice de velocidade de germinação, o lote 6 também foi considerado superior em relação aos demais, assim como pelo tempo médio de germinação, que também identificou o lote 1, 2, 3 e 4 com vigor elevado em relação lote 5. O vigor elevado do lote 6 também foi identificado pelo comprimento de plântulas e pela massa seca (tanto no teste de germinação quanto de emergência), que também detectou os lotes 1, 2, 4 e 5 com alto vigor em relação aos demais (Quadro 1).

No teste de emergência de plântulas em campo as sementes do lote 6 apresentaram-se mais vigorosas em relação aos demais lotes pela porcentagem de emergência, estande inicial e índice de velocidade de emergência, verificando-se no último teste que os lotes 1 e 3 apresentaram menor velocidade de emergência, sendo classificados como menos vigorosos quando comparados aos lotes 2, 4 e 5, de vigor intermediário. Os lotes de 2 a 6 não diferiram entre si quanto ao tempo médio de emergência, apresentando elevado vigor em relação ao lote 1 (Quadro 1).

Possivelmente, as condições adversas de campo predominantes no teste de emergência permitiram distinguir os lotes pela porcentagem de emergência, ao contrário do observado com a porcentagem de germinação, que proporcionou condições ótimas para a expressão do máximo potencial fisiológico das sementes (BOLEK, 2010).

**QUADRO 1.** Germinação de sementes e emergência de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) de diferentes lotes

Lotes	Germinação						Emergência					
	G	PC	IVG	TMG	CT	MS	E	EI	IVE	TME	CT	MS
	(%)			dias	mm	g plântula <sup>-1</sup>	(%)			dias	mm	g plântula <sup>-1</sup>
1	86 a <sup>1</sup>	51 bc	6,2 b	2,4 ab	53,9 ab	0,0028 ab	33 b	9 b	1,3 c	5,2 b	65,4 a	0,0042 ab
2	81 a	48 bc	9,3 b	2,0 a	26,4 b	0,0033 a	38 b	26 b	2,5 bc	4,1 ab	69,0 a	0,0037 ab
3	85 a	29 c	5,2 b	2,2 ab	46,8 b	0,0023 b	30 b	20 b	1,5 c	4,2 ab	73,1 a	0,0028 b
4	84 a	53 bc	8,5 b	2,1 ab	57,6 ab	0,0030 a	44 ab	27 b	3,4 b	3,5 a	65,8 a	0,0052 a
5	84 a	59 ab	5,3 b	2,6 b	48,2 ab	0,0030 a	41 ab	18 b	2,4 bc	5,0 ab	72,2 a	0,0044 ab
6	91 a	79 a	20,7 a	1,9 a	79,1 a	0,0030 a	71 a	55 a	7,4 a	3,8 ab	78,2 a	0,0043 ab
C.V.(%)	6,1	11,3	20,5	11,8	27,2	10,3	15,2	22,6	25,3	16,8	13,4	22,0

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (G) germinação; (PC) primeira contagem; (IVG) índice de velocidade de germinação; (TMG) tempo médio de germinação; (E) emergência; (EI) estande inicial; (IVE) índice de velocidade de emergência; (TME) tempo médio de emergência; (CT) comprimento total de plântulas e (MS) massa seca de plântulas.

**QUADRO 2.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de germinação e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

	Germinação						Emergência				
	G	PC	IVG	TMG	CT	MS	EI	IVE	TME	CT	MS
E	0,729 <sup>**</sup>	0,900 <sup>*</sup>	0,949 <sup>**</sup>	-0,537 <sup>**</sup>	0,753 <sup>ns</sup>	0,386 <sup>**</sup>	0,933 <sup>**</sup>	0,992 <sup>**</sup>	-0,465 <sup>**</sup>	0,647 <sup>**</sup>	0,408 <sup>**</sup>

(\*)Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (E) porcentagem de emergência; (G) porcentagem de germinação; (PC) primeira contagem de germinação; (IVG) índice de velocidade de germinação; (TMG) tempo médio de germinação; (CT) comprimento total de plântulas; (MS) massa seca de plântulas; (EI) estande inicial; (IVE) índice de velocidade de emergência e (TME) tempo médio de emergência.

Todos os testes caracterização inicial dos lotes correlacionaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) com a emergência das plântulas em campo, exceto a avaliação de comprimento total de plântulas conduzida durante o teste de germinação (Quadro 2). Houve correlação negativa do teste de emergência de plântulas com os testes de tempo médio de germinação e emergência de plântulas e correlação positiva com os demais testes, entretanto, a correlação com o teste de massa seca de plântulas conduzido nos dois ambientes foi considerada baixa. Dessa forma, as avaliações de porcentagem de germinação, índices de velocidade de emergência e germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de plântulas a campo e estande inicial são indicados para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de niger, pois estimam a emergência em campo.

Nos quadros 3 e 4 encontram-se os valores dos teores de água das sementes antes e após o período de exposição às altas temperaturas e concentrações de NaCl. Comparando-se os procedimentos tradicional e modificado, observou-se, de maneira geral, que o teor de água das sementes foi bastante elevado no método tradicional, nas duas temperaturas.

De acordo com Peng et al. (2011), o aumento da exposição das sementes ao envelhecimento artificial leva a uma maior deterioração em função do acúmulo de espécies reativas de oxigênio, que causam a peroxidação de lipídios e, conseqüentemente, danos no sistema de membranas, provocando menor integridade e seletividade. Assim, permite a entrada de água mais rapidamente nas células, elevando o grau de umidade das sementes. No entanto, a utilização de solução saturada de sal promove maior controle da umidade relativa da câmara de envelhecimento, proporcionando o retardamento da absorção de água pelas sementes (JIANHUA e MCDONALD, 1996).

Dessa forma, as sementes tendem a alcançar o equilíbrio higroscópico em teores de água mais elevados conforme se aumenta a umidade relativa do ar, como verificado por Samarah e Al-Kofahi (2008) em sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). Braz et al. (2008) também observaram menores e mais uniformes teores de água das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), considerando que o uso da solução saturada conseguiu retardar a absorção de água pelas sementes dessa espécie.

O teor de água inicial das sementes não apresentou variação superior a dois pontos percentuais entre as amostras, como recomendado por Marcos Filho (2005). Entretanto, após o período de envelhecimento, o método tradicional proporcionou, em

ambas as temperaturas, variação do teor de água entre as amostras superior ao tolerável (Quadro 3), verificando-se ainda, a presença de microrganismos, o que não foi registrado no procedimento com solução saturada, como também observado por Souza et al. (2009) em sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Segundo Marcos Filho (2005), esses fatores são indesejáveis para a condução do teste porque comprometem a fidelidade dos resultados, dado que as amostras mais úmidas são mais sensíveis à deterioração mais intensa e os microrganismos prejudicam a germinação e o desenvolvimento das plântulas, provocando incertezas quanto à sua normalidade e dificultando a interpretação do teste.

É importante destacar que esses efeitos têm sido detectados, de maneira mais drástica, em sementes tipicamente de menor tamanho, critério em que se enquadra a semente de niger, que apresenta, em média, 4,54 mm de comprimento, 1,39 mm de largura e 1,15 mm de espessura (GORDIN et al., 2012). Essas sementes absorvem água mais rapidamente, caracterizando a fase I do padrão trifásico de hidratação da semente e, após esse período, também chamado de fase II, há pouca ou nenhuma absorção de água, pois as células das sementes não podem mais se expandir, verificando-se, já a partir desse estágio, a ativação dos processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e início do processo germinativo (CASTRO et al., 2004).

Os resultados dos testes de envelhecimento acelerado foram significativos ( $p < 0,05$ ) em todos os métodos utilizados (Anexos C e D). De maneira geral, os testes realizados na temperatura de 41 °C foram eficientes em distinguir os lotes quanto a qualidade fisiológica em três níveis de vigor, exceto nos tempos de 72 horas no procedimento tradicional e 96 horas com solução saturada na concentração de 20 g NaCl 100mL<sup>-1</sup>, que proporcionaram distinção dos lotes em dois níveis de vigor, como no teste de emergência de plântulas em campo. Entretanto, em todos os métodos o lote 6 foi considerado com elevado vigor em relação aos demais (Quadro 5).

Pelo método tradicional, no tempo de 24 horas, as sementes dos lotes 2 e 3 apresentaram vigor intermediário em relação aos lotes 1, 4 e 5, com baixo vigor. No tempo de 48 horas o lote 3 foi inferior aos lotes 1, 2, 4 e 5, com vigor intermediário. Com 72 horas de envelhecimento o lote 2 foi inferior aos demais, enquanto no maior tempo de exposição os lotes 3, 4 e 5 foram considerados menos vigorosos que os lotes 1 e 2, com vigor intermediário (Quadro 5).

**QUADRO 3.** Teores de água das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o período de envelhecimento (EA) na temperatura de 41 °C

Lotes	TA	EA tradicional				EA com saturação de sal							
						20 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
	(%)	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
1	9,4	42,2	46,4	59,5	59,2	13,2	13,3	13,6	10,6	8,1	9,0	8,5	8,5
2	8,1	42,6	48,9	54,9	50,3	14,2	13,5	14,3	11,8	9,3	10,1	9,4	10,1
3	10,5	45,8	46,1	47,8	46,9	15,3	13,1	13,8	11,9	10,4	10,5	9,4	9,3
4	9,3	44,5	52,4	55,7	59,1	15,7	13,5	14,6	12,4	9,8	9,5	10,0	9,2
5	8,4	46,0	54,3	50,3	40,2	15,6	11,7	13,1	12,3	9,4	8,6	8,7	8,2
6	8,5	48,3	46,8	46,8	42,8	13,6	12,6	12,7	10,9	9,7	9,6	9,2	8,9

**QUADRO 4.** Teores de água das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o período de envelhecimento (EA) na temperatura de 45 °C

Lotes	TA	EA tradicional				EA com saturação de sal							
						20 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
	(%)	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
1	9,4	41,4	44,4	47,2	41,0	16,5	12,0	12,5	16,5	10,2	9,0	8,9	11,4
2	8,1	45,2	52,0	40,2	40,4	15,9	13,4	14,5	17,5	10,6	10,2	10,1	13,0
3	10,5	49,9	54,8	56,7	54,4	18,3	14,0	14,5	17,6	11,2	10,2	10,1	13,4
4	9,3	50,8	60,1	60,1	54,5	16,5	13,5	13,7	17,1	10,9	10,1	10,2	13,5
5	8,4	47,2	51,6	47,3	46,5	16,0	11,8	13,4	15,5	10,2	9,0	9,0	11,5
6	8,5	40,8	42,2	46,3	43,3	17,1	12,2	14,0	16,5	10,7	10,2	9,6	12,8

**QUADRO 5.** Porcentagens iniciais de germinação das sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) e após os períodos de envelhecimento acelerado (EA) pelos procedimentos tradicional e com solução saturada de sal (NaCl) na temperatura de 41 °C

Lote	G	E	EA tradicional				EA com sal							
							20 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
			24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
(%)														
1	86 a <sup>1</sup>	33 b	28 c	25 b	27 a	14 bc	15 c	20 c	21 bc	26 b	18 c	14 c	17 c	13 bc
2	81 a	38 b	47 b	20 b	11 b	15 b	23 bc	20 c	17 c	17 b	20 bc	21 bc	27 bc	13 bc
3	85 a	30 b	34 bc	0 c	29 a	4 d	20 c	17 c	25 bc	15 b	14 c	15 c	23 c	20 b
4	84 a	44 ab	31 c	27 b	28 a	6 cd	33 b	40 b	36 b	25 b	31 b	31 b	37 b	16 bc
5	86 a	41 ab	23 c	17 b	17 ab	6 cd	20 c	13 c	21 bc	17 b	17 c	15 c	19 c	11 c
6	91 a	71 a	67 a	46 a	16 ab	25 a	60 a	66 a	58 a	54 a	72 a	62 a	69 a	79 a
C.V. (%)	6,1	15,2	15,9	23,9	33,3	32,6	19,9	21,3	24,3	27,9	18,5	21,5	19,3	14,2

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelo método com solução saturada, o teste conduzido com 20 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup> na câmara de envelhecimento proporcionou a identificação das sementes dos lotes 1, 3 e 5 com menor qualidade fisiológica que os lotes 2 e 4, com vigor intermediário, no tempo de 24 horas. Pelo tempo de 48 horas apenas o lote 4 apresentou vigor intermediário em relação aos lotes 1, 2, 3 e 5. Com 72 horas de envelhecimento os lotes 1, 3, 4 e 5 apresentaram vigor intermediário quando comparados ao lote 2, com baixo vigor. Os lotes de 1 a 5 apresentaram baixo vigor em relação ao lote 6 quando expostos a 96 horas de envelhecimento (Quadro 5).

O teste realizado na mesma temperatura com solução saturada de sal na concentração de 40 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup>, os lotes 1, 3 e 5 apresentaram desempenho inferior em relação aos lotes 2 e 4, de vigor intermediário, nos tempos de 24, 48 e 72 horas. No tempo de 96 horas os lotes de 1 a 4 apresentaram vigor intermediário quando comparados ao lote 5, com baixo vigor (Quadro 5).

A temperatura de 45 °C foi prejudicial para a avaliação do potencial fisiológico das sementes, sendo verificado que com o aumento do tempo de exposição das sementes não houve germinação. Os efeitos deletérios do aumento da temperatura associado ao tempo de exposição ao estresse foram mais acentuados no envelhecimento acelerado tradicional, que não proporcionou a germinação dos lotes a partir de 48 horas, sendo que com as soluções saturadas esses resultados foram observados somente com 96 horas de exposição ao estresse (Quadro 6).

Isso indica que a partir de um determinado período de exposição ao tratamento de envelhecimento, as sementes perdem o vigor, tornam-se mais sensíveis ao estresse durante a germinação e, subsequentemente, incapazes de promover a reparação aos danos sofridos, perdendo a habilidade de germinar (RAJJOU e DEBEAUJON, 2008; SAMARAH e AL-KOFAHI, 2008). Em trabalho realizado por Bittencourt e Vieira (2006), observou-se redução da germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.) após o envelhecimento acelerado com o aumento da temperatura de deterioração de 42 para 45 °C, enquanto para as sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) a temperatura de 45 °C foi letal (MAIA et al., 2007).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lehner et al. (2008), onde sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) apresentaram menor sensibilidade ao envelhecimento acelerado em ambiente com umidade relativa de 75% em comparação com ambiente com 100% de umidade. Provavelmente, o período de condução do teste foi aumentado no procedimento modificado devido a menor intensidade de deterioração

sofrida pelas sementes. Assim, o uso de solução saturada se fez importante no controle da umidade relativa da câmara de envelhecimento, reduzindo a deterioração das sementes, a variação entre os teores de água das amostras e a infestação por microrganismos.

Em todos os métodos que permitiram a distinção dos lotes, verificou-se que o lote 6 foi mais vigoroso que os demais. A condução do teste pelo método tradicional por 24 horas classificou os lotes de 1 a 4 com vigor intermediário quando comparados ao lote 5, com baixo vigor. No teste de envelhecimento com 20 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup>, observou-se que na exposição das sementes por 24, 48 e 72 horas, os lotes 2, 3 e 4 foram identificados com vigor intermediário em relação aos lotes de 1 e 5, com baixo vigor. Já com a utilização de solução mais concentrada (40 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup>), verificou-se nos tempos de 24 e 48 horas que o lote 4 apresentou vigor intermediário e os lotes 1, 2, 3 e 5 foram considerados com baixo vigor. Apenas no tempo de 72 horas, onde os lotes de 1 a 5 não diferiram significativamente entre si, sendo classificados com baixo vigor em relação ao lote 6, houve estratificação dos lotes em dois níveis de vigor (Quadro 6).

A análise de correlação indicou não ter havido correlação significativa entre os testes de emergência de plântulas em campo e de envelhecimento acelerado conduzido por 24 horas pelo método tradicional a 41 °C e não ter havido correlação ( $r = 0$ ) nos testes conduzidos a 45 °C por 96 horas nas duas concentrações de sal e a partir de 48 horas no método tradicional (Quadro 7). Os demais métodos correlacionaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) com a emergência das plântulas em campo, indicando que estão aptos para estimar esse teste, observando-se correlação negativa e baixa apenas no teste conduzido pelo método tradicional por 72 horas (Quadro 7).

Entretanto, em virtude do comprometimento da fidelidade dos resultados ocasionados pela variação do teor de água entre as amostras, o teste de envelhecimento acelerado tradicional não foi recomendado para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de niger, mesmo quando permitiu estratificação dos lotes em níveis de vigor ou correlacionou-se com o teste de emergência de plântulas, podendo ser utilizado como alternativa o teste conduzido com solução saturada de sal.

**QUADRO 6.** Porcentagens iniciais de germinação de sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) e após os períodos de envelhecimento acelerado (EA) pelos procedimentos tradicional e com solução saturada de sal (NaCl) na temperatura de 45 °C

Lote	G	E	EA tradicional				EA com sal							
							20g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
			24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
(%)														
1	86 a <sup>1</sup>	33 b	11 b	-	-	-	13 c	14 c	13 c	-	13 c	17 bc	21 b	-
2	81 a	38 b	18 b	-	-	-	25 bc	22 bc	19 bc	-	21 bc	19 bc	20 b	-
3	85 a	30 b	19 b	-	-	-	22 bc	15 bc	22 bc	-	19 bc	16 c	14 b	-
4	84 a	44 ab	22 b	-	-	-	29 b	28 b	31 b	-	27 b	32 b	24 b	-
5	86 a	41 ab	0 c	-	-	-	13 c	10 c	10 c	-	13 c	18 bc	12 b	-
6	91 a	71 a	64 a	-	-	-	66 a	71 a	65 a	-	64 a	60 a	62 a	-
C.V. (%)	6,1	15,2	35,4	-	-	-	25,0	23,4	23,8	-	23,3	25,4	26,2	-

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**QUADRO 7.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

	EA tradicional				EA com sal							
					20g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
41°C	0,791 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>**</sup>	-0,426 <sup>*</sup>	0,748 <sup>**</sup>	0,966 <sup>**</sup>	0,919 <sup>*</sup>	0,911 <sup>**</sup>	0,920 <sup>**</sup>	0,975 <sup>**</sup>	0,966 <sup>**</sup>	0,949 <sup>**</sup>	0,912 <sup>**</sup>
45°C	0,863 <sup>**</sup>	0,000	0,000	0,000	0,923 <sup>**</sup>	0,947 <sup>*</sup>	0,908 <sup>**</sup>	0,000	0,943 <sup>**</sup>	0,972 <sup>**</sup>	0,936 <sup>**</sup>	0,000

(\*)Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t e (EA) envelhecimento acelerado.

Entre as pesquisas com espécies oleaginosas, Braga Junior et al. (2011) consideraram que o teste de envelhecimento acelerado modificado com solução saturada de 40 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup> a 40 °C, por 48 horas, foi o método mais adequado para classificação dos lotes de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). Por outro lado, Nery et al. (2009) verificaram que o teste de envelhecimento acelerado tradicional, a 41 °C, durante 96 horas e com solução saturada de NaCl, a 41 °C, durante 72 horas é eficaz na avaliação do potencial fisiológico de sementes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Desse modo, verifica-se que os métodos empregados para a condução do teste variam com o genótipo, observando-se distinção no comportamento dos lotes de sementes com as condições de temperatura e tempos de exposição ao teste de envelhecimento acelerado, assim como com a utilização e a concentração da solução salina, da mesma forma que a taxa de deterioração das sementes varia entre as espécies e entre os lotes de sementes de uma mesma espécie (KIBINZA et al., 2011).

Antes e após o teste de deterioração controlada os teores de água das sementes de niger permaneceram constantes em todos os lotes estudados, mantendo-se dentro do limite aceitável de dois pontos percentuais (Quadro 8), assegurando assim, uniformidade na intensidade do estresse durante a deterioração. O uso de sementes com grau de umidade inicial semelhante é importante no procedimento de embebição que deve ser realizado antes do teste de deterioração controlada, pois possibilita que todos os lotes atinjam os valores pré-estabelecidos em período próximo, agilizando, assim, o início da fase de banho-maria, além de se constituir em pré-requisito fundamental para obtenção de resultados confiáveis (SILVA e VIEIRA, 2010).

**QUADRO 8.** Teores de água das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) antes (TA) e após o teste de deterioração controlada na temperatura de 41 °C

Lotes	TA	24 horas			48 horas		
		16	20	24	16	20	24
(%)							
1	9,4	15,8	20,1	24,0	16,2	20,0	23,8
2	8,1	16,1	20,1	24,0	16,3	20,4	23,9
3	10,5	16,0	20,2	24,4	15,9	19,9	24,2
4	9,3	15,9	20,1	23,9	16,1	19,7	24,1
5	8,4	16,2	19,8	23,7	16,0	20,3	24,0
6	8,5	16,0	19,9	24,1	16,9	20,0	23,7

Os métodos de deterioração controlada estudados apresentaram resultados significativos ( $p < 0,05$ ) em todos os métodos aplicados (Anexo E), destacando o lote 6 com maior vigor em relação aos demais. Em ambos os tempos de acondicionamento das sementes de niger, o teste de deterioração foi mais sensível em identificar a diferença entre os lotes cujas sementes apresentavam 16 e 20% de teor de água, estratificando-os em pelo menos três níveis de vigor (Quadro 9).

Pelo método realizado por 24 horas e teor de água de 16%, as sementes do lote 3 apresentaram baixo vigor em relação aos lotes 1, 2, 4 e 5, com vigor intermediário. A deterioração das sementes com 20% de teor de água, nesse mesmo tempo, identificou o lote 1 com baixo vigor quando comparado aos lotes de 2 a 5, com vigor intermediário. Entretanto, os lotes com vigor intermediário ainda foram separados em dois níveis, onde os lotes 2 e 4 foram superiores aos lotes 3 e 5. Na combinação do tempo de 48 horas com os teores de água de 16 e 20%, registrou-se os lotes 1, 3 e 5 como inferiores aos lotes 2 e 4, com vigor intermediário (Quadro 9).

Os lotes de sementes com 24% de teor de água foram estratificados em dois níveis de vigor em todos os tempos de deterioração avaliados, onde os lotes de 1 a 5 não diferiram significativamente entre si, apresentando baixo vigor em relação ao lote 6. Esses resultados se devem, provavelmente, aos teores de água atingidos pelas sementes serem

mais elevados, contribuindo para intensificar as atividades deteriorativas das sementes (CASTELLION et al., 2010).

Segundo Bailly et al. (2008), sementes envelhecidas apresentam baixa viabilidade, resultante de um acúmulo de espécies reativas de oxigênio, associadas aos danos ocasionados ao sistema de membranas e à baixa atividade dos mecanismos antioxidantes, levando a ocorrência de danos oxidativos durante a embebição das sementes. Entretanto, assim como a temperatura, o grau de umidade é um importante fator que afeta a taxa das reações de deterioração e envelhecimento das sementes, acelerando esses processos quando em níveis elevados (GOEL et al., 2003; CASTELLION et al., 2010).

**QUADRO 9.** Porcentagens iniciais de germinação de sementes (G) e emergência de plântulas em campo (E) e após o teste de deterioração controlada das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) na temperatura de 41 °C

Lotes	G	E	24 horas			48 horas		
			16	20	24	16	20	24
(%)								
1	86 a <sup>1</sup>	33 b	29 bc	16 d	27 b	24 c	29 c	27 b
2	81 a	38 b	28 bc	34 bc	31 b	35 bc	34 bc	27 b
3	85 a	30 b	24 c	26 cd	25 b	23 c	23 c	24 b
4	84 a	44 ab	41 b	43 b	40 b	41 b	47 b	35 b
5	86 a	41 ab	32 bc	27 cd	35 b	28 c	25 c	31 b
6	91 a	71 a	60 a	61 a	70 a	68 a	70 a	70 a
C.V. (%)	6,1	15,2	17,8	17,9	18,3	16,5	15,8	16,9

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de deterioração controlada, embora inicialmente recomendado para sementes de hortaliças, tem sido adaptado por pesquisadores brasileiros para sementes de grandes culturas como soja, feijão e amendoim, com resultados promissores (MENDONÇA et al., 2008). Para os aquênios de girassol, por exemplo, Braz et al. (2008) concluíram que

combinações de 25% de teor de água por 48 e 72 horas de exposição, na temperatura de 42 °C, permitem classificar os lotes de aquênios de girassol em três níveis de vigor. Para sementes de milho, Zucareli et al. (2011) indicaram as combinações de 16, 24 e 48 horas para sementes com teores de água ajustados para 25, 15 e 20%, respectivamente, na temperatura de 45 °C. Já Moncaleano-Escandon et al. (2013), observaram que independente do tempo de exposição (24 ou 48 horas), os lotes de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) com 18% de teor de água, submetidos a deterioração controlada a 41 °C, perderam sua viabilidade.

De acordo com a análise da correlação entre o teste de deterioração controlada e de emergência das plântulas em campo (Quadro 10) não houve correlação significativa dos testes conduzidos por 48 horas com sementes com 20 e 24% de teor de água, indicando que esses métodos não são indicados para a condução do teste de deterioração controlada. Para os demais métodos houve elevada correlação significativa e positiva com o teste de emergência em campo.

**QUADRO 10.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teste de deterioração controlada e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

	Teores de água (%)		
	16	20	24
24 horas	0,978**	0,916*	0,998**
48 horas	0,975*	0,940 <sup>ns</sup>	0,986 <sup>ns</sup>

(\*)Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t.

## CONCLUSÕES

Os testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada são eficientes para a avaliação do potencial fisiológico das sementes de niger, pois correlacionam-se positivamente com o teste de emergência de plântulas em campo.

Pelo teste de envelhecimento acelerado, recomenda-se o método com 20 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup> a 41 °C por 24 horas. O método tradicional não é recomendado por proporcionar variação do teor de água entre as amostras superior ao tolerável.

Pelo teste de deterioração controlada recomenda-se a utilização de sementes com 16% de teor de água por 24 horas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus Biologies**, s. v., n. 331, p. 806-814, 2008.
- BITTENCOURT, S. R. M.; VIEIRA, R. D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p.161-168, 2006.
- BRAGA JUNIOR, J. M.; ROCHA, M. S.; BRUNO, R. L. A.; VIANA, J. S.; BELTRÃO, N. E. M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona cultivar BRS – Energia. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 4, n. 1, p. 88-101, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009, 395p.
- BRAZ, M. R. S.; BARROS, C. S.; CASTRO, F. P.; ROSSETTO, C. A. V. Testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada na avaliação do vigor de aquênios de girassol. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1857-1863, 2008.
- BOLEK, Y. Genetic variability among cotton genotypes for cold tolerance. **Field Crops Research**, s. v., n. 119, p. 59-67, 2010.
- CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.
- CASTELLION, M.; MATIACEVICH, S.; BUERA, P.; MALDONADO, S. Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. **Food Chemistry**, s. v., n. 121, p. 952-958, 2010.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004. p.149-162.
- CHEN, K.; ARORA, R. Priming memory invokes seed stress-tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, s. v., s. n., p. 1-13, 2012.
- EDMOND, J. B.; DRAPALLA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination on okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, s. v., n. 71, p. 428-34, 1958.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FINCH-SAVAGE, W. E.; CLAY, H. A.; LYNN, J. R.; MORRIS, K. Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in Brassica oleracea. **Plant Science**, s. v., n. 179, 582-589, 2010.

GETINET, A.; SHARMA, S. M. **Niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5**. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1996, 59 p.

GOEL, K.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, s. v., n. 160, p. 1093-1100, 2003.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F. M.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 619-627, 2012.

GREY, T.; BEASLEY JUNIOR, J. P.; WEBSTER, T. M.; CHEN, C. Y. Peanut seed vigor evaluation using a thermal gradient. **International Journal of Agronomy**, s. v., s. n., p. 1-7, 2011.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1995, 117p.

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

KHALILIAQDAM, N.; SOLTANI, A.; LATIFI, N.; FAR, F. G. Seed vigor and field performance of soybean seed lots case study: northern areas of Iran. **American-Eurasian Journal Agricultural and Environment Sciences**, v. 12, n. 2, p. 262-268, 2012.

KIBINZA, S.; BAZIN, J.; BAILLY, C.; FARRANT, J. M.; CORBINEAU, F.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. **Plant Science**, s. v., n. 181, p. 309-315, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

KUO, W. L.; CHEN, C. C.; CHANG, P. H.; CHENG, L. Y.; SHIEN, B. J.; HUANG, Y. L. Flavonoids from *Guizotia abyssinica*. **Journal of Chinese Medicine**, v. 18, n. 3, 4, p. 121-128, 2007.

LEHNER, A.; MAMADOU, N.; PELS, P.; CÔME, D.; BAILLY, C.; CORBINEAU, F. Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in

the embryo during ageing in wheat grains. **Journal of Cereal Science**, s. v., n. 47, p. 555-565, 2008.

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

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, v. 12, 495 p., 2005.

MENDONÇA, E. A. F.; AZEVEDO, S. C.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 01-09, 2008.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B. C. F.; SILVA, S. R. S.; GRANJA, J. A. A.; ALVES, M. C. J. L.; POMPELLI, M. F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, s. v., n. 44, p. 684-690, 2013.

NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M. Testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de nabo forrageiro. **Informativo Abrates**, v. 19, n. 1, 2009.

PENG, Q.; KONG, Z.; LIAO, X.; LIU, Y. Effects of accelerated aging on physiological and biochemical characteristics of waxy and non-waxy wheat seeds. **Journal of Northeast Agricultural University**, v. 18, n. 2, p. 7-12, 2011.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, s. v., n. 331, p. 796-805, 2008.

SAMARAH, N. H.; AL-KOFAHI, S. Relationship of seed quality tests to field emergence of artificial aged barley seeds in the Semiarid Mediterranean region. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 3, p. 217-230, 2008.

SARIN, R.; SHARMA, M.; KHAN, A. A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology**, s. v., n. 100, p. 4187-4192, 2009.

SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada em sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 69-76, 2010.

SOLOMON W. K.; ZEWDU, A. D. Moisture-dependent physical properties of niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed. **Industrial crops and products**, s. v., n. 29, p. 165-170, 2009.

SOUZA, S. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p.155-163, 2009.

TORRES, S., B.; DANTAS, A. H.; PEREIRA, M. F. S.; BENEDITO, C. P.; SILVA, F., H., A. Deterioração controlada em sementes de coentro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 319-326, 2012.

VENTURA, L.; DONÀ, M.; MACOVEI, A.; CARBONERA, D.; BUTTAFAVA, A.; MONDONI, A.; ROSSI, G.; BALESTRAZZI, A. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. **Plant Physiology and Biochemistry**, s. v., n. 60, p. 196-206, 2012.

ZUCARELI, C.; CAVARIANI, C.; SBRUSSI, C. A. G.; NAKAGAWA, J. Teste de deterioração controlada na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 732-742, 2011.

**CAPÍTULO II**  
**TESTES DE FRIO E COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS NA AVALIAÇÃO DO**  
**VIGOR DE SEMENTES DE NIGER**

## Testes de frio e comprimento de plântulas na avaliação do vigor de sementes de niger

Autora: Carla Regina Baptista Gordin  
Orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Resumo.** O niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) é uma espécie oleaginosa com potencial para a produção comercial de biodiesel. No entanto, são incipientes as informações relacionadas à qualidade fisiológica de suas sementes. Assim, objetivou-se com esse trabalho determinar as metodologias dos testes de frio e comprimento de plântulas para a avaliação do vigor de lotes de sementes de niger. Foram utilizados seis lotes de sementes, caracterizados inicialmente quanto ao grau de umidade, germinação, emergência, primeira contagem, estande inicial, índice de velocidade de germinação e emergência e tempo médio de germinação e emergência. O teste de frio foi realizado nos procedimentos “com” e “sem terra”, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes. No primeiro procedimento a semeadura foi realizada em bandejas preenchidas com Latossolo Vermelho distroférico e em rolo de papel e, no segundo, apenas em rolo de papel. Os substratos foram resfriados nas temperaturas de 5, 10 e 15 °C por cinco dias e, posteriormente, mantidos em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada a 25 °C, com luz constante, por sete dias. Ao final desse período, foram realizadas as avaliações, registrando-se a porcentagem de plântulas normais. O teste de comprimento de plântulas foi realizado em laboratório e no campo. No laboratório, o teste foi conduzido nos substratos sobre papel, com dez e 50 sementes e em rolo de papel com 50 sementes. No campo, a semeadura foi realizada em bandejas, preenchidas com Latossolo Vermelho Distroférico, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes para cada lote. Em seguida, as bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação por 15 dias, quando procedeu-se a avaliação, registrando-se o comprimento total e a massa seca de 10 plântulas normais escolhidas ao acaso. Para ambos experimentos utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. O teste de frio é eficiente na distinção dos lotes de sementes de niger quanto ao vigor, pois se correlaciona com o teste de emergência de plântulas em campo, recomendando-se o método conduzido na temperatura de 5 °C em substrato sobre papel. O teste de comprimento de plântulas e a avaliação de massa seca de plântulas não são recomendados para a predição da qualidade fisiológica das sementes de niger.

**Palavras-chave:** *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., qualidade fisiológica, oleaginosa

## Cold test and seedling length in the vigor of niger seeds

Author: Carla Regina Baptista Gordin  
Adviser: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Abstract.** The niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) is an oilseed species, with potential for commercial production of biodiesel. However, the information related to physiological quality of the seeds is incipient. Thus, the aim of this work was to determine the cold test and seedling length methodologies to evaluate the effect on lots of niger seeds. Six lots of seeds were used, characterized initially as the moisture content, germination, emergence, first count, initial stand, germination speed index, emergency speed index and germination mean time and emergence mean time. The cold test was performed procedures "with" and "without soil", using four replications of 50 seeds. In the first procedure the seeds were sown in trays filled with dystrophic Oxisol and paper roll and in the second, only in paper roll. The substrates were cooled at temperatures of 5, 10 and 15 °C for five days and then maintained in a growth chamber B.O.D. adjusted to 25 °C with constant light for seven days. After this period, the evaluations were performed, registering the percentage of normal seedlings formed. The seedling length test was performed in the laboratory and in the field. In the laboratory, the test was conducted on the substrates on paper, with 10 and 50 seeds and roll paper, with 50 seeds. In the field, the seeds were sown in trays filled with dystrophic Oxisol, using four replications of 50 seeds for each lot. Then, the trays were placed in a greenhouse for 15 days, when we proceeded to the assessment, recording the total length and dry mass of the 10 seedlings. For both experiments we used a completely randomized design. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability. The cold test is effective in distinguishing niger seed batches for vigor, because it correlates with the field seedling emergence test. We recommended the method carried out at a temperature of 5 °C on paper. The length seedlings test and the seedling dry matter evaluation are not recommended for predicting the niger seed physiological quality.

**Keywords:** *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., physiological quality, oilseed.

## INTRODUÇÃO

As plantas oleaginosas tem grande importância como matéria-prima para os combustíveis alternativos, destacando-se, entre elas, o niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.), espécie promissora para a produção de biodiesel com vantagens de estabelecimento na região Centro-Oeste, onde tem sido utilizada durante o período da safrinha, em rotação com outras culturas. Entretanto, apesar de mostrar-se uma cultura promissora ainda são inexistentes informações referentes às tecnologias de produção e padrões para a comercialização de suas sementes, o que dificulta a avaliação do potencial fisiológico das mesmas.

A qualidade fisiológica de lotes de sementes é avaliada, rotineiramente, pelo teste de germinação, cujos resultados correlacionam-se, em geral, com a emergência de plântulas em condições favoráveis no campo. Entretanto, os resultados do teste de germinação são deficientes para indicar a emergência em caso de condições subótimas, onde apenas as sementes mais vigorosas podem emergir (BOLEK, 2010). Assim, os testes de vigor são mais precisos que o teste de germinação para prever o desempenho das sementes no campo, especialmente sob condições adversas (SUN et al., 2007). Contudo, há necessidade de padronização dos parâmetros utilizados para a avaliação do vigor de lotes de sementes por meio desses testes.

Um teste amplamente utilizado em programas de controle de qualidade de empresas para a avaliação das sementes é o teste de frio, o mais antigo e mais popular dos testes de vigor, cuja metodologia busca simular as condições desfavoráveis, como baixas temperaturas, alto grau de umidade do substrato e presença de agentes patogênicos (VIEIRA et al., 2010). Dois tipos de estresse predominam nesse teste: a temperatura subótima, que incentiva a perda de solutos celulares, devido à configuração do sistema de membranas, enquanto a atividade de microrganismos exerce efeito prejudicial ao desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Nessas condições, as possibilidades de sobrevivência das sementes vigorosas são maiores, possibilitando a distinção dos lotes quanto à qualidade fisiológica.

De acordo com as especificações da AOSA (1983), amostras de sementes que originam plântulas com maior comprimento da parte aérea e massa de matéria verde ou

seca, num mesmo período de tempo, são consideradas mais vigorosas, sendo estes parâmetros também utilizados como testes de vigor. Os testes que se baseiam no desempenho de plântulas são bastante empregados nos laboratórios de análise de sementes por apresentarem as vantagens de não serem caros, de serem relativamente rápidos, não necessitarem de equipamentos especiais nem demandar treinamento específico sobre a técnica empregada (AOSA, 1983).

Assim, em virtude da necessidade de pesquisas sobre a padronização de testes de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de niger, objetivou-se com esse trabalho verificar a possibilidade de utilização dos testes de frio e comprimento de plântulas como métodos para avaliar o vigor de lotes de sementes dessa espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em 2013. Foram utilizados seis lotes de sementes de niger, sendo um deles produzido na safra 2009/2010 (Lote 1), em Primavera do Leste-MT, quatro produzidos em diferentes épocas na safra de 2011/2012 (Lotes de 2 a 5) na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD (FAECA) e o último produzido também na FAECA, na safra 2012/2013 (Lote 6). As sementes foram mantidas em embalagem de papel e armazenadas em câmara fria e seca (15 °C e 45% UR) até a instalação dos experimentos.

Os lotes foram inicialmente avaliados quanto aos seguintes testes e determinações: **grau de umidade** - realizado utilizando-se o método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, com 4 repetições, conforme Brasil (2009); **teste de germinação** - realizado sobre papel Germitest<sup>®</sup>, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, no interior de caixas de germinação do tipo “gerbox”, acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada a 25 °C com luz contínua (seis lâmpadas fluorescentes tipo "luz do dia" Philips<sup>®</sup> de 20 watts e com irradiância de fótons de  $32,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes (GORDIN et al., 2012). As avaliações foram realizadas aos sete dias após a semeadura, registrando-se a porcentagem de germinação, levando-se em consideração a formação de plântulas normais (parte aérea e sistema radicular desenvolvidos); **índice de velocidade de germinação**, de acordo com Maguire (1962); **tempo médio de germinação**, conforme fórmula proposta por Edmond e Drapalla (1958); **primeira contagem de germinação** - realizada juntamente com o teste de germinação, contabilizando-se o número de plântulas normais obtidas ao terceiro dia após a semeadura, conforme dados obtidos em pré-testes; **emergência de plântulas em campo** - obtida da semeadura em bandejas preenchidas com Latossolo Vermelho Distroférrico, acondicionadas em casa de vegetação revestida com Sombrite<sup>®</sup>, com redução da luminosidade de 30%, em área experimental da FCA/UFGD. A temperatura e a umidade relativa médias no período de condução do experimento foram de 31 °C e 58%, respectivamente. Registrou-se o índice de velocidade e tempo médio de emergência e aos

15 dias após a semeadura foram realizadas as avaliações de porcentagem de emergência e comprimento e massa seca de plântulas inteiras, obtidos da mesma forma que para o teste de germinação; **estande inicial** – realizado juntamente com o teste de emergência em campo, registrando-se o número de plântulas emergidas ao terceiro dia após a semeadura, de acordo com dados obtidos em pré-testes.

O **teste de frio** foi realizado nos procedimentos “com terra” e “sem terra”. O método “com terra” foi conduzido em bandejas plásticas, onde as amostras de sementes de niger foram distribuídas sobre o mesmo substrato utilizado no teste de emergência de plântulas em campo, ajustando-se a disponibilidade de água para 60% da sua capacidade de retenção. Paralelamente, o teste foi conduzido em rolo de papel “com terra”, onde as sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest<sup>®</sup> e cobertas com uma camada fina do mesmo substrato utilizado nas bandejas e uma folha de papel Germitest<sup>®</sup>. O teste de frio “sem terra” foi realizado em rolo de papel, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, utilizando-se duas folhas de papel Germitest<sup>®</sup> para a semeadura e uma folha sobre as sementes. Após a semeadura, as bandejas e os rolos de papel “com terra” e “sem terra” foram envoltos com saco plástico e transferidos para câmaras de germinação reguladas a 5, 10 ou 15 °C por cinco dias. Após este período de resfriamento, as bandejas e os rolos foram transferidos para câmara de germinação regulada a 25 °C em presença de luz (seis lâmpadas fluorescentes tipo "luz do dia" Philips<sup>®</sup> de 20 watts e com irradiância de fótons de 32,85  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), utilizando-se a mesma metodologia do teste de germinação inicial (GORDIN et al., 2012) e determinando-se, ao final de sete dias, a porcentagem de plântulas normais.

O **teste de comprimento de plântulas** foi realizado em condições de laboratório e campo. No laboratório a semeadura foi realizada em caixas do tipo “gerbox”, em substrato sobre papel e em rolo de papel, ambos umedecidos ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, utilizando-se quatro repetições de dez e 50 sementes para o substrato sobre papel e quatro repetições de 50 sementes para o rolo de papel. Os substratos foram mantidos em câmara de germinação do tipo B.O.D. nas mesmas condições requeridas para o teste de germinação, avaliando-se, ao final de sete dias, o comprimento total e a massa seca de dez plântulas normais escolhidas aleatoriamente, por meio de paquímetro digital e secagem em estufa regulada a 65 °C por 72 horas, seguido de pesagem

em balança de precisão, respectivamente. Os resultados dos testes de comprimento de plântulas conduzidos a campo e em substrato sobre papel com repetições de 50 sementes foram realizados juntamente com os testes de caracterização dos lotes quanto à emergência de plântulas e germinação de sementes, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011). Posteriormente, calcularam-se os coeficientes de correlação simples de Pearson ( $r$ ) entre os testes de avaliação da qualidade das sementes e a emergência em campo, determinando-se a significância dos valores de  $r$  pelo teste  $t$ , a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lotes diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) quanto à qualidade fisiológica das sementes em todos os parâmetros avaliados na caracterização inicial (Anexos A e B), exceto para a porcentagem de germinação, onde os lotes não diferiram significativamente entre si e apresentaram resultado médio de 85% (Quadro 1). Os teores de água iniciais das sementes de niger não apresentaram variação superior a dois pontos percentuais entre as amostras (Quadro 1), como recomendado por Marcos Filho (2005), conferindo confiabilidade aos resultados dos testes de vigor.

O lote 6 foi considerado com elevado vigor em relação aos demais em todas as avaliações realizadas. Pela primeira contagem de germinação os lotes 1, 2 e 4 apresentaram vigor intermediário quando comparados ao lote 3, com baixo vigor. Pelo índice de velocidade de germinação e estande inicial os lotes de 1 a 5 não diferiram significativamente entre si, sendo considerados menos vigorosos que o lote 6, enquanto para o tempo médio de germinação o lote 5 foi inferior aos demais. O teste de porcentagem de emergência estratificou os lotes de 1 a 3 com baixo vigor em relação aos demais, verificando-se menor tempo de emergência do lote 1 em comparação com os outros lotes. Quanto ao índice de velocidade de emergência, verificou-se vigor intermediário dos lotes 2, 4 e 5 quando comparados aos lotes 1 e 3, com baixo vigor (Quadro 1).

**QUADRO 1.** Germinação de sementes e emergência de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) de diferentes lotes

Lotes	TA	Germinação				Emergência			
		G	PC	IVG	TMG	E	EI	IVE	TME
		(%)			Dias	(%)			dias
1	9,4	86 a <sup>1</sup>	51 bc	6,2 b	2,4 ab	33 b	9 b	1,3 c	5,2 b
2	8,1	81 a	48 bc	9,3 b	2,0 a	38 b	26 b	2,5 bc	4,1 ab
3	10,5	85 a	29 c	5,2 b	2,2 ab	30 b	20 b	1,5 c	4,2 ab
4	9,3	84 a	53 bc	8,5 b	2,1 ab	44 ab	27 b	3,4 b	3,5 a
5	8,4	84 a	59 ab	5,3 b	2,6 b	41 ab	18 b	2,4 bc	5,0 ab
6	8,5	91 a	79 a	20,7 a	1,9 a	71 a	55 a	7,4 a	3,8 ab
C.V.(%)	-	6,1	11,3	20,5	11,8	15,2	22,6	25,3	16,8

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (TA) teor de água inicial; (G) germinação; (PC) primeira contagem; (IVG) índice de velocidade de germinação; (TMG) tempo médio de germinação; (E) emergência; (EI) estande inicial; (IVE) índice de velocidade de emergência e (TME) tempo médio de emergência.

**QUADRO 2.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de caracterização inicial dos lotes e emergência em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Germinação				Emergência		
G	PC	IVG	TMG	EI	IVE	TME
0,729**	0,900*	0,949**	-0,537**	0,933**	0,992**	-0,465**

(\*)Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (G) porcentagem de germinação; (PC) primeira contagem de germinação; (IVG) índice de velocidade de germinação; (TMG) tempo médio de germinação; (EI) emergência inicial; (IVE) índice de velocidade de emergência e (TME) tempo médio de emergência.

Entre as avaliações realizadas durante os testes de germinação e emergência, constatou-se maior eficiência da primeira contagem e do índice de velocidade de emergência na separação dos lotes de sementes de niger, permitindo a composição de três níveis de vigor. Os demais testes proporcionaram a estratificação dos lotes em dois níveis de vigor, apresentando-se, também, mais eficientes que o teste de germinação. Assim, confirma-se a necessidade de complementação dos resultados do teste de germinação por outros testes de vigor, a fim de detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes de sementes com germinação semelhante.

A análise de correlação entre os resultados da caracterização inicial dos lotes e do teste de emergência (Quadro 2) revelou que todos os testes correlacionaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) com a emergência das plântulas em campo, havendo correlação baixa e negativa com as avaliações de tempo médio de germinação e emergência e correlação elevada e positiva com os demais testes. Os coeficientes de correlação entre o teste de emergência de plântulas e os índices de velocidade de emergência e germinação, primeira contagem de germinação e estande inicial apresentaram os maiores valores ( $r > 0,80$ ), indicando serem os testes que melhor estimaram a emergência em campo.

Os lotes diferiram significativamente ( $p < 0,01$ ) entre si nos testes de frio realizados a 5, 10 e 15 °C em todos os substratos estudados (Anexos F, G e H). De maneira geral, os substratos utilizados no teste de frio permitiram variação na porcentagem de germinação de sementes de niger, observando-se que as associações de caixa com terra/10 °C (23%) e rolo de papel/5 e 15 °C (17 e 20%, respectivamente) proporcionaram maior infestação das sementes por agentes patogênicos, o que pode ter contribuído para a redução da germinação quando comparadas com as outras associações utilizadas (Quadro 3). Menor germinação de sementes de soja (*Glycine max* L.) com a utilização de caixa com solo/areia conduzido a 10 °C, também foi verificado por Vieira et al. (2010), o que pode ser justificado, segundo esses autores, pela maior exsudação dos conteúdos celulares, promovida por períodos prolongados de frio, que facilitam o desenvolvimento de microrganismos.

**QUADRO 3.** Germinação (%) de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) após o teste de frio nos procedimentos “com terra” e “sem terra” a 5, 10 e 15 °C, nos substratos sobre papel (SP), rolo de papel (RP), rolo com terra (RT) e caixa com terra (CT)

Lotes	5 °C			
	SP	RP	RT	CT
1	26 bc <sup>1</sup>	13 b	25 b	28 c
2	21 bc	15 b	26 b	23 c
3	13 c	10 b	34 b	23 c
4	29 b	14 b	21 b	46 b
5	19 bc	14 b	25 b	18 c
6	60 a	33 a	59 a	62 a
C.V. (%)	25,0	18,0	20,7	21,4
Lotes	10 °C			
	SP	RP	RT	CT
1	29 bc	26 b	32 b	16 b
2	33 bc	33 b	34 b	15 b
3	21 c	25 b	23 b	13 b
4	35 b	37 b	34 b	13 b
5	25 bc	23 b	24 b	20 b
6	64 a	68 a	61 a	58 a
C.V. (%)	15,0	22,2	14,9	22,6
Lotes	15 °C			
	SP	RP	RT	CT
1	27 b	18 b	37 b	27 b
2	39 b	17 b	35 b	24 b
3	28 b	12 b	27 b	16 b
4	43 b	18 b	36 b	24 b
5	30 b	19 b	32 b	16 b
6	65 a	34 a	78 a	63 a
C.V. (%)	19,3	19,1	18,3	25,9

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de frio destacou o lote 6 com alto vigor em relação ao demais em todos os métodos utilizados. Verificou-se estratificação dos lotes em três níveis de vigor no substrato sobre papel, nas temperaturas de 5 e 10 °C e no substrato caixa com terra, na temperatura de 5 °C. Os demais métodos foram menos sensíveis que os anteriores, proporcionando distinção dos lotes em dois níveis de vigor, como no teste de emergência em campo, onde os lotes de 1 a 5 não diferiram significativamente entre si, sendo considerados com baixo vigor em relação ao lote 6. Os testes conduzido a 5 e 10 °C no substrato sobre papel identificaram os lotes 1, 2, 4 e 5 com vigor intermediário em relação ao lote 3, com baixo vigor. Pelo teste conduzido em caixa com terra na temperatura de 5 °C, os lotes 1, 2, 3 e 5 foram menos vigorosos que o lote 4, com vigor intermediário (Quadro 3).

Pela análise da correlação entre os testes de frio e emergência de plântulas em campo, verificou-se correlação significativa ( $p < 0,05$ ) e positiva em todos os métodos utilizados (Anexos F, G e H), exceto para os substratos sobre papel e rolo de papel com terra na temperatura de 15 °C, indicando que nessa temperatura, os testes que oferecem maior confiabilidade são aqueles desenvolvidos em rolo de papel e caixa com terra (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Coeficientes de correlação simples de Pearson ( $r$ ) estimados entre os testes de frio e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Temperatura (°C)	SP	RP	RT	CT
5	0,952**	0,973**	0,805*	0,863*
10	0,960**	0,951*	0,926*	0,940**
15	0,955 <sup>ns</sup>	0,968**	0,952 <sup>ns</sup>	0,917**

(\*)Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (SP) sobre papel; (RP) rolo de papel; (RT) rolo de papel com terra e (CT) caixa com terra.

Assim, os resultados obtidos pelo teste de frio levam a crer que a temperatura de 5 °C tenha ocasionado efeitos mais danosos sobre a germinação das

sementes de determinados lotes de niger que as demais temperaturas, pois permitiu a distinção dos lotes em três níveis de vigor em dois dos substratos utilizados, além de menor porcentagem de germinação das sementes de niger, de maneira geral. Em trabalho realizado por Gordin et al. (2014), constatou-se que na temperatura de 5 °C, além da baixa porcentagem de germinação, não houve desenvolvimento de plântulas de niger.

Dessa forma, é provável que na temperatura de 10 °C tenha ocorrido um estresse moderado, diferenciando os lotes em apenas um substrato e a temperatura de 15 °C tenha oferecido menor estresse às sementes. No entanto, Mendes et al. (2010) e Steiner et al. (2011) consideraram eficientes os testes de frio realizados na temperatura de 15 °C, em substrato rolo de papel para a avaliação de sementes de mamona (*Ricinus comunnis* L.) e triticale (*Triticosecale rimpaii* Wittm), respectivamente, ao contrário do observado na presente pesquisa.

A temperatura influencia a porcentagem final e a velocidade da germinação, afetando tanto a absorção de água pela semente quanto as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo (BEWLEY e BLACK, 1994). As injúrias provocadas pelas baixas temperaturas promovem danos no sistema de membranas das células, provocando a perda das suas funções e, conseqüentemente, o extravasamento do conteúdo celular (TAIZ e ZEIGER, 2004). Assim, considerando-se que apenas as sementes mais vigorosas são capazes de sobreviver em condições adversas, esses eventos podem levar a alta mortalidade de plântulas (AHMED e KHAN, 2010). Nesse contexto, os testes que estimam a germinação de sementes em baixas temperaturas são considerados hábeis na predição do vigor das mesmas (BOLEK, 2010).

Vale ressaltar que o centro de origem do niger é a Etiópia, cujo clima predominante é o tropical seco e o subtropical úmido, o que justifica sua sensibilidade a baixas temperaturas. Além disso, nas áreas produtoras do Mato Grosso do Sul, a cultura é instalada durante a safrinha, no outono/inverno, período em que verificou-se temperatura média de 22 °C nos últimos três anos (EMBRAPA, 2015). Sendo assim, são naturais as manifestações de sinais de estresse nas sementes quando expostas a baixas temperaturas.

Os resultados dos testes de comprimento de plântulas conduzidos a campo e nos substratos rolo de papel e sobre papel com 10 sementes não foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Anexo I). Apenas no procedimento realizado em substrato sobre papel com

50 sementes, os lotes diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si, sendo possível separá-los em níveis de vigor (Quadro 5). Todavia, os dados desse teste não se correlacionaram significativamente com o teste de emergência de plântulas em campo, assim como os métodos conduzidos em rolo de papel e sobre papel com repetições de dez sementes (Quadro 6). Por outro lado, o teste de comprimento de plântulas conduzido a campo, embora não tenha estratificado os lotes em níveis de vigor, foi o único que apresentou correlação positiva com o teste de emergência de plântulas em campo (Quadro 6). Dessa forma, os métodos testados não foram eficientes em determinar o vigor dos lotes de sementes de niger.

O teste de comprimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.), segundo Franzin et al. (2004), não mostrou sensibilidade suficiente para indicar diferenças significativas capazes de separar os lotes pelo vigor. Por outro lado, Vanzolini et al. (2007), concluíram que o comprimento da raiz foi mais eficiente em distinguir lotes de sementes de soja que os comprimentos de parte aérea e total, o que leva à indicação de que novos estudos devem ser dirigidos ao teste de comprimento de plântulas de niger com o intuito de buscar metodologias eficazes para a espécie.

**QUADRO 5.** Comprimento de plântulas (mm) de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) oriundas de sementes germinadas nos substratos rolo de papel (RP), sobre papel com 10 sementes (SP10), sobre papel com 50 sementes (SP50) e campo (C)

Lotes	RP	SP10	SP50	C
1	33,5 a <sup>1</sup>	42,5 a	53,9 ab	65,4 a
2	36,6 a	46,7 a	26,4 b	69,0 a
3	28,7 a	28,6 a	46,8 b	65,8 a
4	39,5 a	32,4 a	57,6 ab	73,1 a
5	32,6 a	44,6 a	48,2 ab	72,2 a
6	46,1 a	59,1 a	79,1 a	78,2 a
C.V.(%)	39,3	38,8	27,5	13,4

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**QUADRO 6.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de crescimento de plântulas e emergência de plântulas em campo, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

	Comprimento	Massa
RP	0,915 <sup>ns</sup>	0,263**
SP10	0,761 <sup>ns</sup>	0,257**
SP50	0,753 <sup>ns</sup>	-0,031**
C	0,647**	0,402**

(\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (ns) não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t; (RP) rolo de papel; (SP10) sobre papel com repetições de 10 sementes; (SP50) sobre papel com repetições de 50 sementes; (C) campo.

A massa seca das plântulas também foi pouco eficaz em distinguir os lotes de sementes de niger, verificando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os lotes apenas nas avaliações conduzidas a campo e em substrato sobre papel com 50 sementes (Anexo J). Pela avaliação realizada no substrato sobre papel com 50 sementes verificou-se vigor elevado para os lotes 1, 2, 3, 5 e 6 em relação ao lote 4, com baixo vigor e pelas avaliações das plântulas desenvolvidas a campo observou-se maior vigor dos lotes 1, 2, 4, 5 e 6 em relação ao lote 3, com baixo vigor (Quadro 7).

A análise da correlação entre o teste de massa seca de plântulas e a emergência em campo revelou correlação significativa e baixa para todos os substratos, sendo negativa no substrato sobre papel e positiva para os demais métodos, ainda que tenha havido estratificação dos lotes em dois níveis de vigor nas avaliações realizadas a campo e em substrato sobre papel com 50 sementes (Quadro 6). Assim, verificou-se que também pelas avaliações de massa seca de plântulas não foi possível determinar níveis de vigor para os lotes de sementes de niger.

**QUADRO 7.** Massa seca de plântulas (g) de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) oriundas de sementes germinadas nos substratos rolo de papel (RP), sobre papel com 10 sementes (SP10), sobre papel com 50 sementes (SP50) e campo (C)

Lotes	RP	SP10	SP50	C
1	0,0028 a <sup>1</sup>	0,0023 a	0,0028 ab	0,0042 ab
2	0,0029 a	0,0035 a	0,0034 a	0,0037 ab
3	0,0026 a	0,0025 a	0,0030 a	0,0029 b
4	0,0031 a	0,0027 a	0,0022 b	0,0052 a
5	0,0036 a	0,0035 a	0,0030 a	0,0044 ab
6	0,0030 a	0,0030 a	0,0030 a	0,0043 ab
C.V.(%)	23,7	24,9	10,8	22,0

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

O teste de frio é eficiente na distinção dos lotes de sementes de niger quanto ao vigor, pois se correlaciona com o teste de emergência de plântulas em campo, recomendando-se o método conduzido na temperatura de 5 °C em substrato sobre papel.

O teste de comprimento de plântulas e a avaliação de massa seca de plântulas não são recomendados para a predição da qualidade fisiológica das sementes de niger.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, M. Z.; KHAN, M. J. Tolerance and recovery responses of playa halophytes to light, salinity and temperature stresses during seed germination. **Flora**, s. v., n. 205, p. 764-771, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing, 1983. 88p. (To the Handbook on Seed Testing. Contribution, 32).

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445p.

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

BOLEK, Y. Genetic variability among cotton genotypes for cold tolerance. **Field Crops Research**, s. v., n. 119, p. 59-67, 2010.

EDMOND, J. B.; DRAPALLA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination on okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, s. v., n. 71, p. 428-34, 1958.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária oeste. **Guia clima: estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste**. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/clima/?lc=site/estatisticas/estatisticas>>. Acesso em: 09 fev. 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; WRASSE, C. F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p.63-69, 2004.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F. M.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4 p. 619-627, 2012.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; SOUZA, L. C. F. Temperaturas e disponibilidades hídricas do substrato na germinação de sementes de niger. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 1, p. 112-118, 2014.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, v. 12, 495 p., 2005.

MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; DIAS, L. A. S. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 114-120, 2010.

STEINER, F.; OLIVEIRA, S. S. C.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. J. S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de triticle. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 200-204, 2011.

SUN, Q.; WANG, J.; SUN, B. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 9, p. 1060-1066, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4 ed., Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 764p.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; SILVA, A. N. T. M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VIEIRA, B. G. T. L.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 540-545, 2010.

**CAPÍTULO III**  
**TESTE DE TETRAZÓLIO EM SEMENTES DE NIGER**

## Teste de tetrazólio em sementes de niger

Autor: Carla Regina Baptista Gordin  
Orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Resumo.** O niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) é uma espécie produtora de óleo de interesse econômico pela possibilidade de servir como fonte para a produção de biodiesel. Entretanto, poucas informações estão disponíveis na literatura sobre suas sementes, inclusive os métodos de avaliação da qualidade fisiológica das mesmas. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho adequar metodologias do teste de tetrazólio para a avaliação da viabilidade de sementes de niger. Foram utilizados seis lotes e quatro repetições de 50 sementes de niger para cada lote. Para o pré-condicionamento as sementes foram submetidas à embebição em substrato sobre papel a 25 °C por três horas. Posteriormente, as sementes foram imersas em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio nas concentrações de 0,075; 0,1 e 0,5% por 2, 4, 6, 8, 16 e 24 horas na temperatura de 25 °C, no escuro e, ao final de cada período, avaliou-se a porcentagem de viabilidade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância, transformados em  $\sqrt{(x+1)}$  e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em seguida, calcularam-se os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) entre os testes de tetrazólio e germinação, determinando-se a significância dos valores de r pelo teste t, a 5% de probabilidade. O teste de tetrazólio é promissor para a avaliação da viabilidade de sementes de niger, pois correlaciona-se com o teste de germinação. Recomenda-se, nas condições em que o trabalho foi conduzido para as sementes de niger, a utilização de solução de tetrazólio com concentração de 0,5% por 24 horas.

**Palavras-chave:** *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., potencial fisiológico, viabilidade.

## Tetrazolium test on niger seeds

Author: Carla Regina Baptista Gordin  
Adviser: Silvana de Paula Quintão Scalon

**Abstract.** The niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) is a oilseed of economic interest for its ability to serve as a source for the biodiesel production. However, little information is available about their seeds, including the methods of their physiological quality evaluation. Thus, the aim of this work was adapt the tetrazolium test methodologies for assessing the niger seed viability. Six lots of seeds, initially characterized as the moisture content and germination percentage were used. In the tetrazolium test, four replicates of 50 seeds were used for each niger seeds lot. For preconditioning the seeds were imbibed on paper at 25 °C for three hours. Then, the seeds were immersed in a solution of 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride in concentrations of 0.075, 0.1 and 0.5% by 2, 4, 6, 8, 16 and 24 hours at 25 °C in the dark and after the end of each period, we evaluated the viability percentage. The experimental design was completely randomized. Data were subjected to variance analysis, transformed into  $\sqrt{(x + 1)}$  and then, the means were compared by Tukey test at 5% probability. Finally, we calculated the simple correlation coefficients of Pearson (r) between the tetrazolium and germination tests, determining the significance of r values by t test at 5% probability. The tetrazolium test is promising for assessing the viability niger seed, because it correlates with the germination test. We recommended, under the conditions which the work was conducted for niger seeds, the use of tetrazolium solution with 0.5% concentration for 24 hours.

**Keywords:** *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., physiological potential, viability.

## INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível obtido de recursos renováveis, não-tóxico, biodegradável e com perfil de emissão comparável ao diesel, tornando-se uma alternativa viável aos combustíveis oriundos de fontes não renováveis (KUMAR et al., 2013; YAAKOB et al., 2013). Em virtude disso, as espécies vegetais oleaginosas tem atraído a atenção dos pesquisadores, elencando-se várias espécies promissoras para a sua produção, como a canola (*Brassica napus* L.), o girassol (*Helianthus annuus* L.) e o crambe (*Crambe abyssinica* L.), entre outras.

O niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.), uma espécie originária da África Tropical e amplamente encontrada na Etiópia e Índia, também é uma das espécies oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel, entretanto, ainda são incipientes as informações referentes à avaliação da qualidade fisiológica das suas sementes, assim como não há sistema de produção definido e padrões para a comercialização de suas sementes (GETINET e SHARMA, 1996; SARIN et al., 2009).

O vigor das sementes é uma característica fisiológica complexa, necessária para garantir a emergência rápida e uniforme das plantas no campo, sob diferentes condições ambientais, dependendo essencialmente da capacidade de resistir a armazenagem prolongada e os efeitos deletérios do envelhecimento (VENTURA et al., 2012). Sementes vigorosas, portanto, são capazes de estabelecer um estande de maneira mais rápida e uniforme no campo, descartando a necessidade de replantio e, evitando, assim, a elevação dos custos de produção.

Embora o teste de germinação de sementes seja usado para prever o desempenho das sementes, nem sempre ele consegue distinguir os lotes com germinação semelhante, pois é realizado sob condições ótimas, desconsiderando as condições adversas de campo. Assim, nesse contexto, os testes de vigor são mais precisos em avaliar o sucesso de estabelecimento das plântulas no campo (BURGUIERES et al., 2007; SUN et al., 2007; GREY et al., 2011).

Um dos testes de vigor de grande importância nos programas de qualidade de sementes é o teste de tetrazólio, caracterizado pela eficiência e rapidez na avaliação da viabilidade e vigor de sementes, realizando-se uma análise indireta e rápida, informando a qualidade das sementes em menos de 24 horas, aspectos importantes para as rápidas tomadas de decisão durante as etapas de produção das sementes (DIAS e

ALVES, 2008; CARVALHO et al., 2012). O princípio do teste baseia-se na coloração de tecidos vivos a partir da utilização do sal 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio. Nesses tecidos, na presença de enzimas desidrogenases, envolvidas com o processo de respiração, o tetrazólio incolor e difusível origina o formazan, composto estável, de cor vermelha e indifusível, que permite a diferenciação de tecidos viáveis e não viáveis, mantendo, estes últimos, na sua coloração original (HOSOMI et al., 2012).

A eficiência desse teste depende da consolidação da metodologia para cada espécie, uma vez que possuem características peculiares, necessitando-se da adaptação dos métodos utilizados para as espécies com metodologia estabelecida, inclusive no que diz respeito ao pré-condicionamento das sementes, indicado para dar condições às sementes de reativarem o processo respiratório e metabolismo antes do teste de tetrazólio (CASTRO e HILHORST, 2004). Além disso, o sucesso da interpretação do teste é dependente da experiência prática do analista, principalmente para identificar nuances das colorações mais escuras e mais fracas, em relação às observadas na coloração normal dos tecidos viáveis (MARCOS FILHO, 2005).

Portanto, em função do niger estar em início de utilização e ser uma espécie promissora, há a necessidade de pesquisas a respeito dos métodos para a realização do teste de tetrazólio em suas sementes. Assim, objetivou-se com esse trabalho adequar metodologias do teste de tetrazólio para as sementes de niger.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em 2013. Foram utilizados seis lotes de sementes de niger, sendo um deles produzido na safra 2009/2010 (Lote 1), em Primavera do Leste-MT, quatro produzidos em diferentes épocas na safra de 2011/2012 (Lotes de 2 a 5) na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD (FAECA) e o último produzido também na FAECA, na safra 2012/2013 (Lote 6). As sementes foram mantidas em embalagem de papel e armazenadas em câmara fria e seca (15 °C e 45% UR) até a instalação dos experimentos.

Os lotes foram avaliados quanto aos seguintes testes e determinações: **grau de umidade** – obtido antes e após o pré-condicionamento das sementes pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, com quatro repetições, conforme Brasil (2009); **teste de germinação** - realizado sobre papel germitest, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram dispostas no interior de caixas de germinação do tipo “gerbox” e acondicionadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada a 25 °C com luz contínua (seis lâmpadas fluorescentes tipo "luz do dia" Philips® de 20 watts e irradiância de fótons de  $32,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), com quatro repetições de 50 sementes (GORDIN et al., 2012). O registro da porcentagem final de germinação foi realizado aos sete dias após a semeadura levando-se em consideração a formação de plântulas normais (parte aérea e sistema radicular desenvolvidos); **curva de embebição** – foi determinada para cada lote de sementes de niger, utilizando-se quatro repetições de dez sementes. A fim de determinar o período mínimo necessário ao pré-condicionamento das sementes, as mesmas foram pesadas em balança de precisão durante as seis horas iniciais de embebição em substrato sobre papel na temperatura de 25 °C. Após esse período as pesagens ocorreram a cada 24 horas até a protrusão da raiz primária.

No **teste de tetrazólio** foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de niger para cada lote. Para o pré-condicionamento as sementes foram submetidas à embebição em substrato sobre papel, umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e mantido em câmara regulada a 25 °C por tempo equivalente a conclusão da fase I da germinação, de acordo com os resultados obtidos pelas curvas de embebição.

Posteriormente, as sementes foram imersas em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio nas concentrações de 0,075; 0,1 e 0,5% por 2, 4, 6, 8, 16 e 24 horas na temperatura de 25 °C, no escuro. Após o período de coloração, as sementes foram lavadas com água corrente e submersas em água destilada para evitar seu ressecamento.

A avaliação da viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio foi possível após a remoção do tegumento das mesmas, pressionando-o com os dedos do lado oposto ao do eixo embrionário, até a sua ruptura, de modo que as sementes não fossem danificadas. As sementes foram classificadas em viáveis e não viáveis, de acordo com o padrão de coloração pré-estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), levando-se em consideração a intensidade e uniformidade da coloração, com auxílio de microscópio estereoscópico equipado com câmera fotográfica. Registrou-se, ao final do teste, a porcentagem de viabilidade dos lotes de sementes de niger.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011). Os dados obtidos do teste de tetrazólio foram previamente transformados em  $\sqrt{(x+1)}$ . Posteriormente, calcularam-se os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) entre os testes de avaliação da qualidade das sementes e a porcentagem de germinação, determinando-se a significância dos valores de r pelo teste t, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa (Anexo A) entre os lotes de sementes de niger para o teste de germinação, verificando-se porcentagem média de 85% e ausência de estratificação dos lotes (Quadro 1). Esses dados reforçam a necessidade de complementação dos resultados do teste de germinação pelos testes de vigor, uma vez que o primeiro revela-se deficiente para indicar a emergência em caso de condições subótimas, onde apenas as sementes mais vigorosas podem emergir (BOLEK, 2010). Nesse sentido, o teste de tetrazólio pode ser uma importante ferramenta para a avaliação da viabilidade das sementes de niger, complementando os resultados do teste de germinação.

Os teores de água dos lotes de sementes de niger, por ocasião da instalação dos testes não apresentaram variação superior a dois pontos percentuais entre as amostras, verificando-se valor médio de 8,3 %. De acordo com Carvalho et al. (2012), esses dados demonstram a confiabilidade das avaliações e a viabilidade na obtenção de resultados consistentes (Quadro 1).

**QUADRO 1.** Porcentagem de germinação e teores de água inicial (TAI) e após o pré-condicionamento (TAP) de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Lotes	G	TAI	TAP
		(%)	
1	86 a <sup>1</sup>	8,6	28,5
2	81 a	7,5	30,6
3	85 a	9,7	28,2
4	84 a	8,6	30,9
5	84 a	7,7	30,4
6	91 a	7,5	28,3
C.V. (%)	6,1	-	-

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

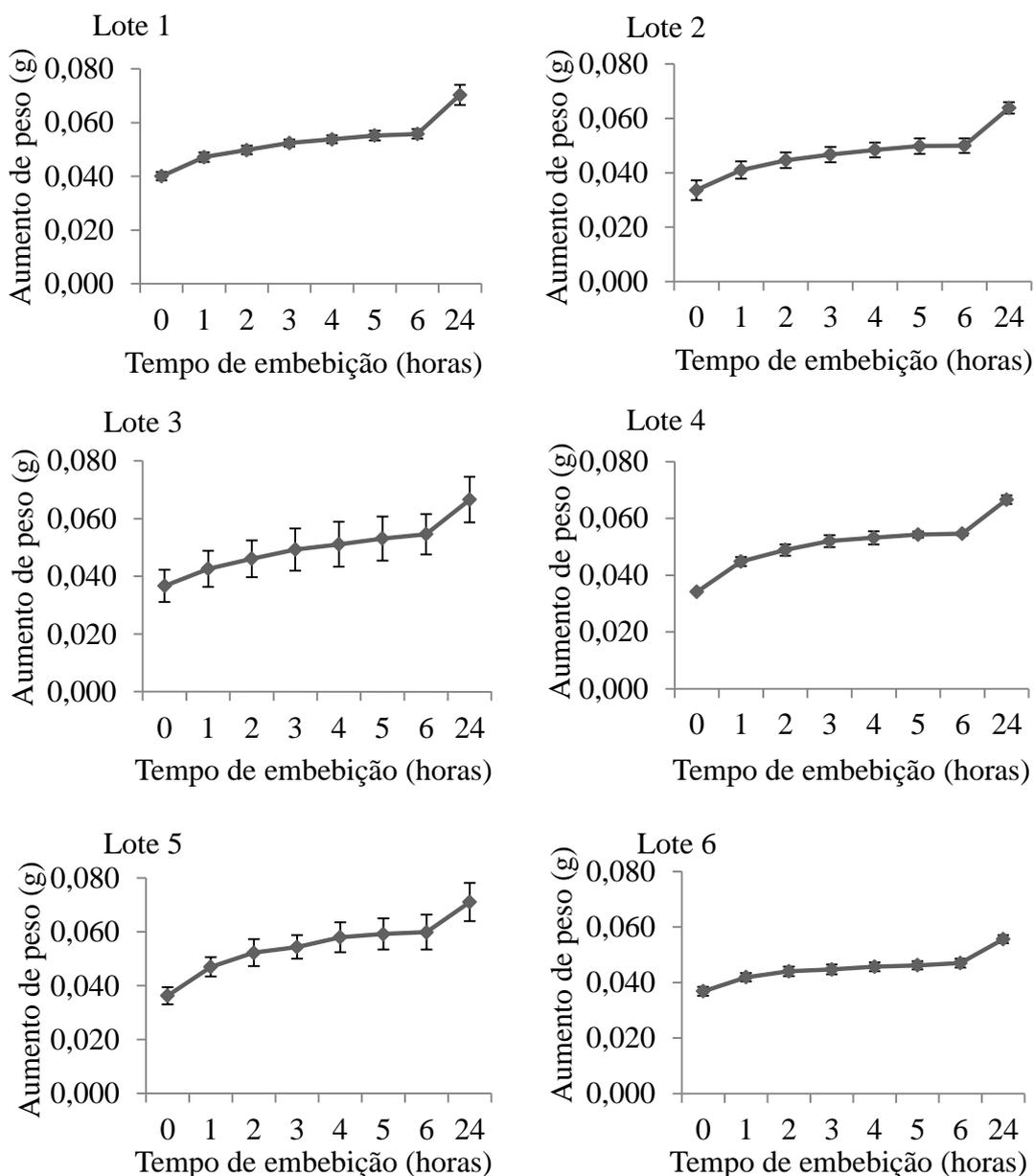
De maneira geral, os resultados obtidos com a curva de embebição das sementes de niger não demonstraram um padrão trifásico, verificando-se acréscimo constante no peso das sementes de todos os lotes. No entanto, observou-se aumento de peso mais expressivo por volta de três horas após o início da embebição, sendo considerado o tempo mínimo necessário para que as sementes atingissem a fase II da germinação (Figura 1). Após esse período, os lotes de sementes de niger apresentaram teor de água médio de 29,5% e não foi verificada variação superior a dois pontos percentuais entre as amostras (Quadro 1).

De acordo com Bewley e Black (1994), a fase I da embebição corresponde a uma rápida entrada de água nas sementes, em função da grande diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato em que foi semeada; na fase II, a velocidade de absorção de água se torna mais lenta e ocorrem diversas reações metabólicas preparatórias à emergência da raiz primária; na fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio, culminando com a protrusão da raiz primária, que para o niger ocorreu 24 horas após o início da embebição para todos os lotes (Figura 1).

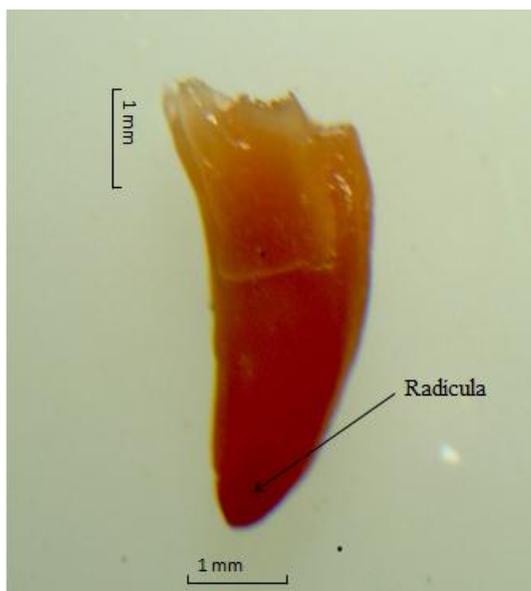
O pré-condicionamento das sementes para a realização do teste de tetrazólio é recomendado por Marcos Filho (2005), devendo ocorrer de maneira lenta para ativar o metabolismo enzimático e facilitar o preparo das sementes e o desenvolvimento da coloração durante o contato com a solução de tetrazólio. Aplicando o teste de tetrazólio em sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), Cervi e Mendonça (2009) observaram que o uso de imersão direta em água por até oito horas não foi prejudicial na interpretação dos resultados. Por outro lado, Pinto et al. (2009) constataram que entre os métodos de hidratação avaliados para sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), a embebição entre folhas de papel umedecidas garantiu maior uniformidade na coloração das sementes quando comparada com a imersão direta em água.

Os embriões de niger (Figura 2) foram avaliados quanto à viabilidade, levando-se em consideração a coloração, integridade e firmeza dos tecidos, sendo considerados viáveis aqueles que apresentaram coloração de rosa-claro a vermelho com tecidos firmes, túrgidos e sem lesões ou com áreas de coloração rosa-escuro a vermelho-carmim no endosperma ou com coloração de rosa a vermelho com, no mínimo, 50% do endosperma colorido (Figura 3). Os embriões de niger considerados inviáveis apresentaram todo o endosperma ou eixo hipocótilo-radícula sem coloração

(branco ou amarelado); coloração vermelho-carmim, com tecidos flácidos ou embriões com mais de 50% do endosperma sem coloração ou lesionados (Figura 4).



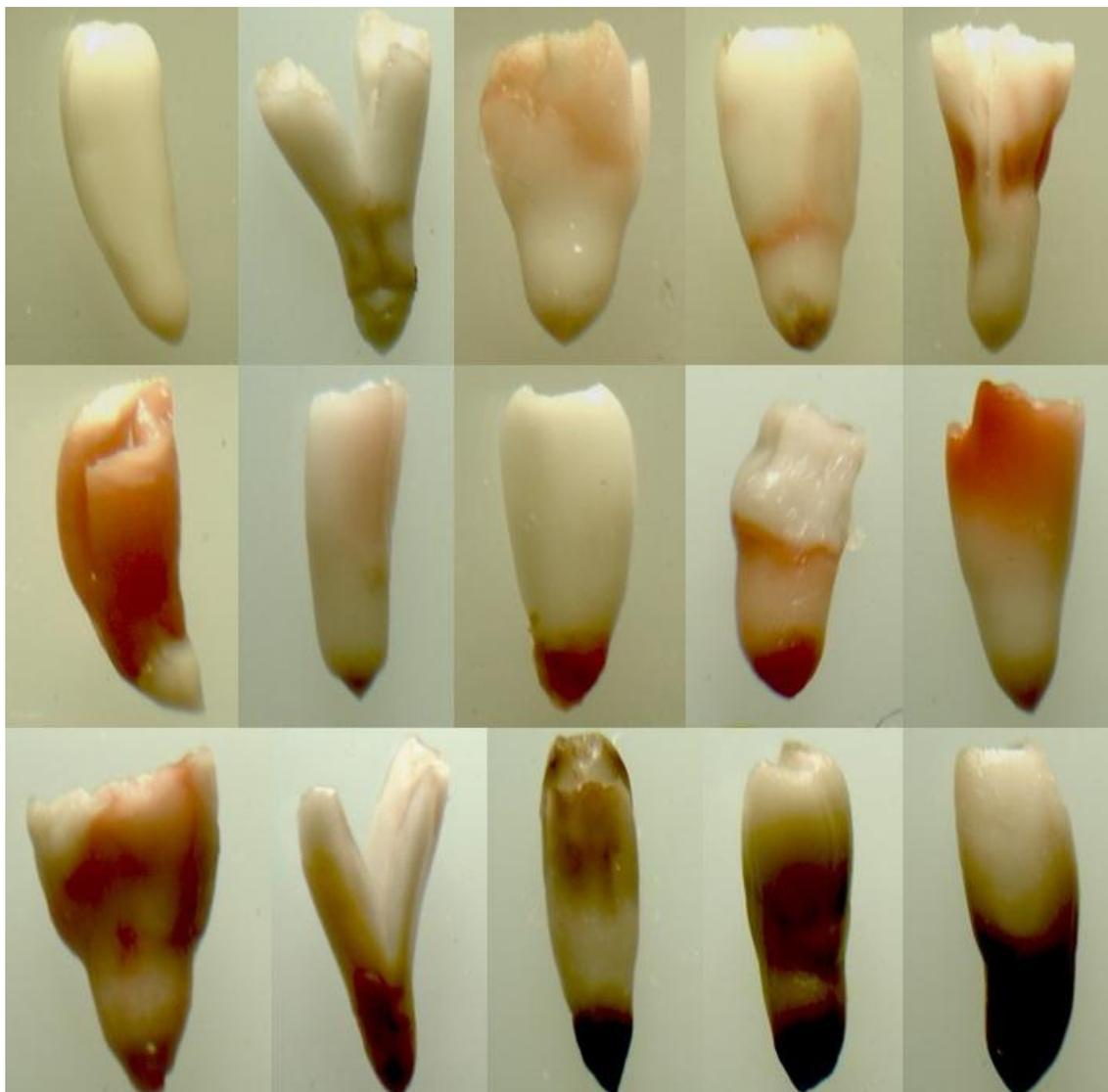
**FIGURA 1.** Curvas de embebição das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) provenientes de seis lotes.



**FIGURA 2.** Embrião de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.).



**FIGURA 3.** Embriões de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) considerados viáveis pelo teste de tetrazólio.



**FIGURA 4.** Embriões de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) considerados inviáveis pelo teste de tetrazólio.

A avaliação da viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio foi possível em todas as concentrações e tempos utilizados (Anexos K, L e M), verificando-se distinção dos lotes em níveis de viabilidade, exceto para os testes conduzidos nas concentrações de 0,075% por 2 horas, que não foi eficiente em detectar sementes viáveis em nenhum dos lotes e não se correlacionou com o teste de germinação de sementes ( $r = 0$ ) e de 0,1% por 4 horas (Quadro 2), onde não foi observada diferença significativa entre os lotes, embora tenha havido correlação elevada e significativa com o teste de germinação de sementes (Quadro 3).

O teste de tetrazólio destacou os lotes 2 e 6 com baixa e elevada viabilidade, respectivamente, em relação aos demais lotes em todos os métodos empregados. Os testes conduzidos por 2 horas nas concentrações de 0,1 e 0,5% proporcionaram a estratificação dos lotes de niger em dois níveis de viabilidade, onde os lotes de 1 a 5 não diferiram significativamente entre si e foram considerados com menor viabilidade que o lote 6. Resultados semelhantes foram obtidos nos testes conduzidos com concentrações de 0,075% por 4 horas e 0,5% por 6 e 8 horas (Quadro 2).

Pelos métodos que empregaram concentrações de 0,5 e 0,1% por 4 e 6 horas, respectivamente, os lotes 5 e 6 foram considerados com elevada viabilidade em relação aos demais. Quando o teste foi conduzido por 6 horas na concentração de 0,075% houve estratificação dos lotes em três níveis de viabilidade, onde o lote 2 foi considerado com menor viabilidade que os lotes 1, 3 e 5, com viabilidade intermediária. Pelo teste realizado com 8 horas e concentração de 0,1% os lotes 1, 4, 5 e 6 apresentaram maior viabilidade que os lotes 2 e 3, enquanto na concentração de 0,075% os lotes 4 e 6 foram superiores aos demais (Quadro 2).

No quinto período de realização do teste de tetrazólio (16 horas), os lotes foram separados em três níveis de viabilidade na concentração de 0,075%, observando-se viabilidade intermediária das sementes dos lotes 1, 4 e 5 quando comparados aos lotes 2 e 3, de menor viabilidade e na concentração de 0,5%, onde os lotes 3 e 5 foram classificados com viabilidade intermediária e os lotes 2 e 4 com baixa viabilidade. Na concentração de 0,1% verificaram-se quatro níveis de viabilidade, onde os lotes de 1 a 3 foram inferiores aos lotes 4 e 5, que diferiram entre si e demonstraram viabilidade intermediária (Quadro 2).

**QUADRO 2.** Porcentagem de viabilidade de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) pelo teste de tetrazólio em diferentes tempos e concentrações

Lotes	2h			4h			6h		
	0,075%	0,1%	0,5%	0,075%	0,1%	0,5%	0,075%	0,1%	0,5%
1	-	0 b <sup>1</sup>	0 b	0 b	1 a	0 b	1 bc	2 b	2 b
2	-	0 b	0 b	0 b	0 a	0 b	0 c	1 b	3 b
3	-	0 b	0 b	0 b	1 a	0 b	1 bc	1 b	0 b
4	-	0 b	0 b	0 b	1 a	1 b	4 ab	0 b	3 b
5	-	0 b	0 b	0 b	0 a	4 ab	2 bc	14 a	2 b
6	-	6 a	6 a	3 a	3 a	9 a	6 a	16 a	14 a
C.V. (%)	-	14,2	14,2	8,6	37,0	39,7	29,4	31,9	36,8
Lotes	8h			16h			24h		
	0,075%	0,1%	0,5%	0,075%	0,1%	0,5%	0,075%	0,1%	0,5%
1	1 b	4 ab	4 b	11 ab	3 d	25 a	10 bc	10 ab	22 bc
2	0 b	1 b	3 b	2 c	3 d	4 c	3 c	7 b	15 c
3	2 b	2 b	1 b	3 c	2 d	19 ab	12 bc	12 ab	23 abc
4	15 a	6 ab	6 b	8 bc	13 b	7 c	8 bc	17 a	26 ab
5	4 b	8 ab	7 b	4 bc	8 c	16 b	16 ab	16 a	23 abc
6	17 a	11 a	18 a	15 a	19 a	25 a	22 a	17 a	32 a
C.V. (%)	27,7	31,1	24,0	10,3	10,4	9,2	16,7	15,5	8,5

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**QUADRO 3.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teste de tetrazólio e o teste de germinação, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Concentração (%)	Tempo (horas)					
	2	4	6	8	16	24
0,075	0	0,863**	0,769**	0,624**	0,872**	0,864**
0,1	0,863**	0,937**	0,616**	0,746**	0,674**	0,548**
0,5	0,863**	0,780**	0,782**	0,807**	0,814**	0,888**

(\*\*)Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t

Nas avaliações do teste de tetrazólio conduzido por 24 horas os lotes foram estratificados em dois níveis de vigor na concentração de 0,1%, onde o lote 2 apresentou baixa viabilidade quando comparado aos demais e em três níveis de vigor nas demais concentrações utilizadas, onde o lote 2 também foi considerado inferior aos outros lotes (Quadro 2).

Pela análise da correlação entre o teste de tetrazólio e o teste de germinação, o método conduzido por 2 horas na concentração de 0,075% não foi indicado para determinar a viabilidade de sementes de niger. Entretanto, os demais métodos correlacionaram-se significativa e positivamente com o teste de germinação, sendo indicados para a complementação dos seus resultados (Quadro 3).

De maneira geral, houve coloração das sementes a partir do tempo de 2 horas de imersão das mesmas em solução de tetrazólio, entretanto, a coloração foi mais intensa nos maiores tempos de realização do teste. De acordo com Silva et al. (2013), metodologias eficientes, com utilização de solução de tetrazólio em baixas concentrações, são importantes para otimizar a aplicação dos recursos dentro dos laboratórios e possibilitar a análise de mais amostras com menor custo, todavia, a baixa concentração da solução, aliada ao curto período de exposição das sementes, pode causar menor precisão para distinguir a coloração. Assim, os resultados indicaram que o tempo foi um fator decisivo para a realização do teste de tetrazólio, observando-se que quanto maior o tempo utilizado, maior foi a detecção de sementes viáveis, em função da coloração mais intensa das sementes, o que facilitou a avaliação das mesmas.

Avaliando a eficiência do teste de tetrazólio em detectar a viabilidade de sementes de trigo (*Triticum aestivum*), Carvalho et al. (2012) obtiveram melhores

resultados quando o teste foi conduzido com imersão das sementes em solução de tetrazólio a 0,075% por 2 horas, na temperatura de 40 °C ou em solução a 0,1% por 3 horas, na temperatura de 30 °C. Também para o algodoeiro, após o pré-condicionamento recomendado por Cervi e Mendonça (2009), houve melhor detecção da viabilidade das sementes em solução de tetrazólio a 0,075% a 40 °C por 2 horas e 30 minutos.

Dessa forma, levando-se em consideração que menores tempos são interessantes para fornecer resultados de viabilidade mais rápidos, esses resultados sugerem que a utilização de temperaturas superiores a 25 °C poderiam proporcionar maior detecção de sementes viáveis nos mesmos tempos testados nesse trabalho, pois a temperatura também revela-se um fator de grande influência para os resultados do teste, uma vez que interfere em todas as reações bioquímicas, tornando o processo mais rápido e eficiente quanto maior o seu valor, até um certo limite (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Além disso, embora o pré-condicionamento das sementes tenha sido eficiente para que alcançassem teor de água satisfatório para a ativação dos sistemas enzimáticos respiratórios, pode ter sido insuficiente para o bom desenvolvimento do teste de tetrazólio, uma vez que, mesmo no maior tempo de condução do teste, foi verificada baixa porcentagem de viabilidade em todos os lotes, em comparação com o teste de germinação. Assim, mais estudos devem ser realizados a fim de verificar a influência de tempos de pré-condicionamento superiores no desenvolvimento do teste, visto que os períodos de embebição em água podem acarretar diferentes respostas quanto à viabilidade das sementes (SILVA et al., 2012).

Entretanto, o teste, nas condições em que foi conduzido no presente trabalho, foi considerado com potencial para a distinção de lotes de sementes de niger quanto à viabilidade, pois foi eficiente em diferenciar lotes que o teste de germinação não havia diferenciado, assim como observado por Gaspar-Oliveira et al. (2010), que consideraram o teste promissor para a classificação de sementes de mamona (*Ricinus communis*) em níveis de viabilidade. Entretanto, embora tenha havido correlação significativa e positiva entre o teste de tetrazólio e o teste de germinação para a maioria dos métodos, recomenda-se a realização de mais estudos para que seja possível determinar, além da viabilidade, as classes de vigor das sementes em menores tempos e concentrações de sal de tetrazólio.

## CONCLUSÕES

O teste de tetrazólio é promissor para a avaliação da viabilidade de sementes de niger, pois correlaciona-se com o teste de germinação.

Recomenda-se, nas condições em que o trabalho foi conduzido para as sementes de niger, a utilização de solução de tetrazólio com concentração de 0,5% por 24 horas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BOLEK, Y. Genetic variability among cotton genotypes for cold tolerance. **Field Crops Research**, s. v., n. 119, p. 59-67, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BURGUIERES, E.; McCUE, P.; KWON, Y.; SHETTY, K. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. **Bioresource Technology**, s. v., n. 98, p. 1393-1404, 2007.
- CARVALHO, T. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OHLSON, O. C.; PANOBIANCO, M. Improved assessment of wheat seeds vigor. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 6, p. 608-614, 2012.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 5. Ed., 2012, 590 p.
- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.149-162.
- CERVI, F.; MENDONÇA, E. A. F. Adequação do teste de tetrazólio para sementes de algodoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.177-186, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GASPAR-OLIVEIRA, C. M.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Avaliação da qualidade fisiológica e sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1 p. 186-196, 2010.
- GETINET, A.; SHARMA, S. M. **Niger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 59 p., 1996.
- GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F. M.; MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q. Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4 p. 619-627, 2012.
- GREY, T. K.; BEASLEY Jr., J. P.; WEBSTER, T. M.; CHEN, C. Y. Peanut seed vigor evaluation using a thermal gradient. **International Journal of Agronomy**, v. 2011, s. n., p. 1-7, 2011.

HOSOMI, S. T.; CUSTÓDIO, C. C.; SEATON, P. T.; MARKS, T. R.; MACHADO-NETO, N. B. Improved assessment of viability and germination of *Cattleya* (Orchidaceae) seeds following storage. **In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, v. 48, s. n., p.127–136, 2012.

KUMAR, N.; VARUN; CHAUHAN, S. R. Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, s. v., n. 21, p. 633–658, 2013.

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

PINTO, T. L. F.; MARCOS-FILHO, J.; FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; GOMES-JUNIOR, F. G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p.195-2001, 2009.

SARIN, R.; SHARMA, M. & KHAN, A. A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 4187-4192, 2009.

SILVA, K. S.; MACHADO, S. L. O.; MENEZES, N. L.; URBAN, L. J. K.; ALVES, M. V. P. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para sementes de *Hymenachne amplexicaulis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1819-1824, 2012.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSK, C. R. S.; FRANÇA-NETO, J. B.; PANOBIANCO, M. Adaptação do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p.105-113, 2013.

SUN, Q.; WANG, J.; SUN, B. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 9, p. 1060-1066, 2007.

VENTURA, L.; DONÀ, M.; MACOVEI, A.; CARBONERA, D.; BUTTAFAVA, A.; MONDONI, A.; ROSSI, G.; BALESTRAZZI, A. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. **Plant Physiology and Biochemistry**, s. v., n. 60, p. 196-206, 2012.

YAAKOB, Z.; MOHAMMAD, M.; ALHERBAWI, M.; ALAM, Z.; SOPIAN, K. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, s. v., n. 18, p. 184-193, 2013.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando-se em consideração a importância da avaliação da qualidade fisiológica de sementes dentro de um programa de qualidade, os testes de vigor apresentam-se como importantes ferramentas no sistema de produção das culturas. Dessa forma, a determinação de metodologias adequadas para cada espécie também torna-se indispensável para a avaliação do potencial fisiológico das sementes, fornecendo resultados confiáveis em períodos reduzidos de tempo.

Com base nos resultados obtidos, todos os testes de vigor empregados foram eficientes na distinção de lotes de sementes de niger quanto a qualidade fisiológica, exceto o teste de comprimento de plântulas e as avaliações de massa seca de plântulas, em virtude de não se correlacionarem ou apresentarem baixa correlação com o teste de emergência de plântulas em campo ou não estratificarem os lotes de sementes de niger em mais de um nível de vigor. Entretanto, mais estudos ainda devem ser direcionados a utilização dos testes, com o intuito de aprimorar as metodologias utilizadas, obtendo-se métodos mais eficientes.

O teste de envelhecimento acelerado proporcionou a estratificação dos lotes em pelo menos dois níveis de vigor, como o teste de emergência em campo. Não é aconselhável o emprego do teste pelo método tradicional, pois proporcionou alta variação do teor de água entre as amostras, recomendando-se o método com saturação salina na concentração de 20 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup> a 41 °C por 24 horas. Pelo teste de deterioração controlada recomenda-se a combinação de 24 horas de exposição para as sementes com teores de água de 16%, onde obteve-se estratificação dos lotes em três níveis de vigor.

Pelo teste de frio houve estratificação dos lotes em pelo menos dois níveis de vigor, recomendando-se a temperatura de 5 °C em substrato sobre papel, que proporcionou a separação dos lotes em três classes de vigor. O teste de tetrazólio foi eficiente na avaliação da viabilidade das sementes de niger, recomendando-se a utilização da concentração de 0,5% por 24 horas por proporcionar maior e melhor identificação de tecidos viáveis, estratificando os lotes em três níveis de vigor. Contudo, estudos que envolvam novas metodologias de pré-condicionamento das sementes e novas temperaturas durante o teste devem ser realizados, de forma a otimizar a detecção de tecidos viáveis e identificar classes de vigor para os lotes de sementes.

## **ANEXOS**

**ANEXO A.** Análise de variância dos dados de germinação inicial das sementes de seis lotes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	G	TMG	IVG	PC	CT	MS
Lotes	5	45,48 <sup>ns</sup>	0,27**	138,05*	1048,70*	1169,06**	4,79 10 <sup>-7</sup> *
Média		85%	2,8 dias	9,2	53%	52,0 mm	0,0029 g plântula <sup>-1</sup>
C.V. (%)		6,08	11,21	20,49	11,34	27,2	10,3

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; (\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (G) germinação; (TMG) Tempo médio de germinação; (IVG) Índice de velocidade de germinação; (PC) Primeira contagem; (CT) Comprimento total de plântulas e (MS) Massa seca de plântulas.

**ANEXO B.** Análise de variância dos dados de emergência de plântulas em campo de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	E	TME	IVE	EI	CT	MS
Lotes	5	845,45*	1,81**	19,99*	971,05*	94,91 <sup>ns</sup>	0,000002**
Média		43%	4,3 dias	3,1	26%	70,6 mm	0,0041 g plântula <sup>-1</sup>
C.V. (%)		6,5	16,8	25,3	22,6	13,4	22,0

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; (\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (E) Emergência de plântulas; (TME) Tempo médio de emergência; (IVE) Índice de velocidade de emergência; (EI) Estande inicial; (CT) Comprimento total de plântulas e (MS) Massa seca de plântulas.

**ANEXO C.** Análise de variância dos dados de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup>), realizados a 41 °C por 24, 48, 72 e 96 horas para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	EA tradicional				EA com sal							
						20 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
		24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
Lotes	5	1626,2*	911,1*	235,1*	258,4*	1119,8*	1603,5*	957,6*	865,2*	1938,7*	1279,6*	1521,2**	2804,3*
Média (%)		42	23	21	12	28	29	30	26	29	28	32	25
C.V. (%)		15,9	23,9	33,3	32,6	19,9	21,3	24,3	27,9	18,5	21,5	19,3	14,2

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação e (EA) Envelhecimento acelerado.

**ANEXO D.** Análise de variância dos dados de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de sal (20 e 40 g NaCl 100 mL<sup>-1</sup>), realizados a 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	EA tradicional				EA com sal							
						20 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>				40 g NaCl 100 mL <sup>-1</sup>			
		24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
Lotes	5	1915,10*	-	-	-	1563,47*	2060,00*	1598,97*	-	1489,77*	1162,70*	1378,27*	-
Média (%)		22	-	-	-	28	27	26	-	25	27	25	-
C.V. (%)		35,4	-	-	-	25,0	23,4	23,8	-	23,3	25,4	26,2	-

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação e (EA) Envelhecimento acelerado.

**ANEXO E.** Análise de variância dos dados de deterioração controlada realizada a 41 °C por 24 e 48 horas em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.), com teores de água pré-estabelecidos em 16, 20 e 24%

FV	GL	24 horas			48 horas		
		16	20	24	16	20	24
		(% )					
Lotes	5	727,47**	1007,27**	1113,90**	1137,03**	1207,77**	1244,67**
Média (%)		36	34	38	36	35	38
C.V. (%)		17,8	17,9	18,3	16,5	16,9	15,8

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade e (C.V.) Coeficiente de variação.

**ANEXO F.** Análise de variância dos dados do teste de frio realizado na temperatura de 5 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	SP	RP	RT	CT
Lotes	5	1102,67*	264,74*	807,47*	1165,87*
Média (%)		28	17	31	33
C.V. (%)		25,0	18,0	20,7	21,4

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (SP) Sobre papel; (RP) Rolo de papel; (RT) Rolo com terra e (CT) Caixa com terra.

**ANEXO G.** Análise de variância dos dados do teste de frio realizado na temperatura de 10 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	SP	RP	RT	CT
Lotes	5	922,70*	1137,07*	779,20*	1238,57*
Média (%)		24	35	35	23
C.V. (%)		15,0	22,2	14,9	22,4

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (SP) Sobre papel; (RP) Rolo de papel; (RT) Rolo com terra e (CT) Caixa com terra.

**ANEXO H.** Resumo da análise de variância do teste de frio realizado na temperatura de 15 °C e em diferentes substratos, em seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	SP	RP	RT	CT
Lotes	5	845,37*	228,54*	1371,60*	1240,30*
Média (%)		38	20	41	28
C.V. (%)		19,3	19,1	18,3	25,9

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (SP) Sobre papel; (RP) Rolo de papel; (RT) Rolo com terra e (CT) Caixa com terra.

**ANEXO I.** Análise de variância dos dados de comprimento de plântulas conduzido em diferentes substratos para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	C	RP	SP10	SP50
Lotes	5	94,91 <sup>ns</sup>	146,89 <sup>ns</sup>	473,86 <sup>ns</sup>	1169,06*
Média (mm)		70,62	36,15	42,31	52,00
C.V. (%)		13,4	39,3	32,8	27,2

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fonte de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (C) Campo; (RP) Rolo de papel; (SP10) Sobre papel com 10 sementes e (SP50) Sobre papel com 50 sementes.

**ANEXO J.** Análise de variância dos dados de massa seca de plântulas obtida em laboratório e a campo em diferentes substratos para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	C	RP	SP10	SP50
Lotes	5	0,000002**	4,32 10 <sup>-7</sup> ns	0,00000 <sup>ns</sup>	4,79 10 <sup>-7</sup> *
Média (g plântula <sup>-1</sup> )		0,004	0,003	0,003	0,003
C.V. (%)		22,0	23,7	24,9	10,3

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo; (FV) Fonte de variação; (GL) Graus de liberdade; (C.V.) Coeficiente de variação; (C) Campo; (RP) Rolo de papel; (SP10) Sobre papel com 10 sementes e (SP50) Sobre papel com 50 sementes.

**ANEXO K.** Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,075% para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	2h	4h	6h	8h	16h	24h
Lotes	5	-	0,57*	1,55*	7,66*	4,55*	1,42*
Média (%)		-	1	2	2	3	4
C.V. (%)		-	8,6	29,4	27,7	10,4	15,5

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade e (C.V.) Coeficientes de variação.

**ANEXO L.** Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,1% para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	2h	4h	6h	8h	16h	24h
Lotes	5	0,44*	0,37 <sup>ns</sup>	6,27*	2,69*	4,54*	1,42*
Média (%)		1	1	2	2	3	4
C.V. (%)		14,2	37,0	31,9	31,1	10,4	15,5

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (ns) Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade e (C.V.) Coeficientes de variação.

**ANEXO M.** Análise de variância dos dados de viabilidade pelo teste de tetrazólio na concentração de 0,5% para seis lotes de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FV	GL	2h	4h	6h	8h	16h	24h
Lotes	5	1,75*	2,83*	3,94*	4,24*	5,27*	1,30*
Média (%)		1	2	2	3	4	5
C.V. (%)		14,2	39,7	36,8	24,0	9,2	8,5

(\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; (FV) Fontes de variação; (GL) Graus de liberdade e (C.V.) Coeficientes de variação.