



CARLA MASSIMO CALDEIRA

**TESTES RÁPIDOS PARA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DE SEMENTES DE GIRASSOL**

**LAVRAS - MG
2010**

CARLA MASSIMO CALDEIRA

**TESTES RÁPIDOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE GIRASSOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Sementes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora
Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS – MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Caldeira, Carla Massimo.

Testes rápidos para avaliação da qualidade de sementes de girassol / Carla Massimo Caldeira. – Lavras : UFLA, 2010.
87 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.
Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.
Bibliografia.

1. *Helianthus annuus* L. 2. Germinação. 3. Vigor. 4. Análise de imagem. 5. SVIS®. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.85

CARLA MASSIMO CALDEIRA

**TESTES RÁPIDOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE GIRASSOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Sementes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 06 de agosto de 2010.

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho	UFLA
Dr. Silvio Moure Cicero	ESALQ
Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
Orientadora

LAVRAS - MG

2010

A Deus, pois sem ele nada seria possível.

*A minha mãe Maria Zélia e ao meu pai José Carlos, pelo apoio e compreensão em todos os momentos desta caminhada.
Sem vocês não teria chegado até aqui.*

Ao meu irmão Douglas, pela amizade e carinho.

Ao Guilherme, pelo apoio incondicional, amor e paciência.

Em especial, ao meu filho Henrique.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Maria Laene Moreira de Carvalho, pela amizade, paciência, dedicação e ensinamentos transmitidos durante todos desses anos. Serei eternamente grata!

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura, em especial ao Setor de Sementes, pela oportunidade oferecida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela disponibilidade de recursos para a pesquisa.

Aos meus professores, Édila Vilela de Resende Von Pinho, Renato Mendes Guimarães, João Almir de Oliveira e aos pesquisadores Antônio Rodrigues Vieira e Stella Dellizete Veiga Franco da Rosa, pela amizade e dedicação. Aprendi muito com vocês!

Ao professor Julio Marcos Filho, pela disponibilidade em sempre ajudar!

Aos membros da banca examinadora: Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, Prof. Dr. Silvio Moure Cicero e Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães.

A amiga Dr. Verônica Yumi Kataoka, pela colaboração nas análises estatísticas.

As amigas de pós-graduação Alexana, Luciana e Andrea.

As estagiárias Stefânia e Ana Izabela, pela inestimável ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do setor de sementes, pela colaboração neste trabalho.

À empresa Helianthus do Brasil Ltda., pela doação das sementes utilizadas nos experimentos.

Obrigada!

RESUMO GERAL

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura potencial para a utilização na produção do biodiesel, entre outros fatores, por possuir sementes com alto teor de óleo e facilidade de extração a frio. Para garantir o estabelecimento do estande e alta produtividade na cultura, a utilização de sementes com qualidade comprovada por métodos rápidos e eficientes é fundamental. No entanto, na literatura são poucos os trabalhos encontrados para girassol envolvendo a utilização de testes de avaliação da qualidade de sementes. O teste frequentemente utilizado é o de germinação que demanda dez dias para a obtenção dos resultados, de acordo com as regras nacionais e internacionais de análise de sementes. Para verificar a possibilidade de reduzir o tempo de avaliação do teste de germinação de sementes de girassol, foram testados os substratos areia e papel e as temperaturas constantes 25 °C e 30 °C e alternada 20-30 °C. Para estimar o vigor de sementes de girassol verificou-se a eficiência do sistema computadorizado para análise de imagens de plântulas SVIS®, desenvolvido para soja, em comparação com o teste de germinação e com testes tradicionais de avaliação do vigor. Foram realizadas avaliações imediatamente após a colheita e após armazenamento em condição de armazém convencional (25 °C±2) por 4 meses. Concluiu-se que é possível a finalização do teste de germinação no sétimo dia após a semeadura e que o uso do substrato areia na temperatura de 25 °C são condições adequadas para avaliação da germinação de sementes girassol. A análise computadorizada de imagens de plântulas provenientes do teste de germinação com o uso do software SVIS®, desenvolvido para soja, nem sempre apresenta resultados compatíveis com os testes tradicionais, sendo que a resposta da avaliação do vigor pelo programa depende da cultivar utilizada e de características do lote, como sua sanidade.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Germinação. Análise de imagem.

GENERAL ABSTRACT

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a potential crop for the use in biodiesel production, among other factors, for possessing high content of oil in seeds and ease of cold extraction. To ensure the stand establishment and high yield in the crop, the use of seeds of quality proven by fast and efficient methods is essential. However, in the literature few are the studies found for sunflower involving the use of tests to evaluate the quality of sunflower seeds. The test often used is that of germination which demands ten days for the obtaining of the results, according to the national and international rules of seed analysis. To check the possibility of reducing the evaluation time of the germination test of sunflower seeds, the substrates sand and paper and the constant temperatures 25 °C and 30 °C and the alternate ones 20-30 °C were tested. To estimate the vigor of sunflower seeds, the efficiency of the computerized system for seedling image analysis SVIS®, developed for soybean in comparison with the germination test and traditional tests of vigor evaluation, was verified. Evaluations were performed immediately after harvest and after storage under conventional storage conditions (25 °C±2) for 4 months' time. It follows that the finish of the germination test on the seventh day after sowing and that the use of the substrate sand at the temperature of 25 °C are conditions adequate for evaluation of sunflower seed germination. The computerized analysis of images of seedlings coming from the germination test with use of the SVIS® software, developed for soybean, not always presents results consistent with the traditional tests, that is, the response of the evaluation of vigor by the program depends on the cultivar used and on the characteristics of the lot such as its sanity.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Germination. Image analysis.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	9
	INTRODUÇÃO GERAL	9
1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEORICO	12
2.1	A cultura do girassol	12
2.2	Qualidade de sementes	14
2.3	Teste de vigor	16
2.4	SVIS (Seed Vigour Imaging System)	18
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	20
	REFERÊNCIAS	21
	CAPÍTULO 2 Redução do tempo de avaliação das plântulas no teste de germinação de sementes de girassol	26
1	INTRODUÇÃO	28
2	MATERIAL E MÉTODOS	31
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45
	CAPÍTULO 3 Avaliação do vigor de sementes de girassol pela análise computadorizada de plântulas	49
1	INTRODUÇÃO	51
2	MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1	Grau de umidade	56
2.2	Emergência de plântulas	56
2.3	Germinação	56
2.4	Envelhecimento acelerado	57
2.5	Sanidade	57
2.6	Tetrazólio	58
2.7	Delineamento experimental	58
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1	Cultivar Helio 251	59
3.2	Cultivar Helio 253	68
4	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXOS	84

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Com a eminente necessidade de diversificação da matriz energética brasileira, bem como a redução dos impactos ambientais decorrentes da queima de combustíveis fósseis, há um crescente interesse pela produção de biodiesel no Brasil e no mundo. No Brasil foi aprovada a lei N° 11.097 de 13 de janeiro de 2005 que estabeleceu as bases do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (BRASIL, 2005). A Lei dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, sendo que atualmente os percentuais de mistura ao diesel são de 2%, com previsão de 5% a partir de 2013.

Com a adoção do programa no país surge um grande interesse em oleaginosas economicamente viáveis para a produção do biocombustível. Dentre estas, o girassol (*Helianthus annuus* L.) se destaca por se adaptar muito bem a todos os tipos de solo e clima, tendo maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no país. Além disso, suas sementes possuem alto teor de óleo, em torno de 45% e facilidade de extração do óleo (LEITE; CASTRO; SMIRDELE, 2007).

Atualmente, a cultura do girassol tem grande importância na economia mundial e figura, juntamente com a soja e a canola, como uma das três mais importantes culturas anuais produtoras de óleo do mundo (FAGUNDES, 2009). Além de ser uma cultura economicamente viável para a produção de biodiesel, o óleo de girassol é altamente recomendado para o consumo humano, pois possui alta proporção de ácidos graxos insaturados, como o ácido linoleico, e baixos teores de gordura, o que lhe confere propriedades medicinais no que diz respeito

ao combate ao colesterol e doenças cardiovasculares (CAVASIN, 2001). Além disso, os subprodutos do girassol tais como o farelo, a torta, farinha ou o concentrado proteico, podem ser utilizados na produção de silagem e rações de animais domésticos, na indústria de biscoitos e de outros produtos de panificação e em alimentos dietéticos.

Um fator significativo na fabricação de biodiesel à base de óleo de girassol está relacionado com utilização de sementes (aquênios) de alta qualidade, imprescindível para a obtenção de uma lavoura com alta produtividade. As sementes utilizadas no Brasil são em sua maioria importadas, havendo poucas empresas produtoras. Uma das dificuldades na produção de sementes esta relacionada com as diferenças de maturação dentro do capítulo e a alta incidência de microrganismos associados às sementes. Dentro desse contexto, a avaliação da qualidade da semente assume um importante papel, exigindo por parte das indústrias sementeiras o uso de tecnologias modernas e o desenvolvimento de testes rápidos e confiáveis que agilizem a tomada de decisões a respeito da qualidade e destino dos lotes.

Dentre os métodos usados para avaliação da qualidade de girassol, o teste de germinação é o mais comumente usado. Porém, este apresenta algumas limitações, como demora na obtenção dos resultados e detecção do nível de deterioração das sementes apenas em estádios mais avançados. Com isso, os testes de vigor, como a análise de imagem, tem se destacado por serem rápidos e eficientes na obtenção dos resultados, além de mais sensíveis que o teste de germinação na avaliação da qualidade fisiológica. Entretanto, na literatura são poucos os trabalhos referentes à avaliação do vigor de sementes de girassol. O desenvolvimento de testes que possibilitem agilidade na obtenção dos resultados seria imprescindível nos programas de controle da qualidade das empresas produtoras de sementes.

Assim, a pesquisa foi realizada com os objetivos de verificar a possibilidade de redução do tempo de avaliação do teste de germinação de sementes de girassol em diferentes substratos e condições de temperatura e investigar a eficiência do sistema computadorizado de avaliação do vigor de plântulas (SVIS) na avaliação do vigor de sementes de girassol.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 A cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta anual da família das *Asteraceae*. Existem várias versões sobre a origem do girassol; acreditou-se por muito tempo que o girassol procedia do Peru, posteriormente discutiu-se que o girassol poderia ser originário do México, Canadá, Estados Unidos e inclusive do Brasil (VRÂNCEANU, 1977). Presume-se que o cultivo do girassol no Brasil tenha iniciado na época da colonização, principalmente na região Sul, com a introdução do hábito do consumo de suas sementes torradas (PELEGRINI, 1985). Os primeiros plantios comerciais foram feitos no Rio Grande do Sul, no final da década de 1940 (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005).

Atualmente o girassol é cultivado na maioria dos estados e está se tornando uma importante alternativa econômica no sistema de rotação, consorciação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos do país (CARVALHO et al., 2003). Em áreas onde se faz rotação de culturas com o girassol, observa-se um aumento de produtividade de 10% nas lavouras de soja e entre 15 e 20% nas de milho (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2008). O aproveitamento de áreas agrícolas para um segundo cultivo, no mesmo ano, na época de “safrinha” (plantio em fevereiro), visa aumentar a renda através da venda de grãos destinados à produção de óleos de mesa, torta ou silagem (ANGELINI et al., 1998). Baseadas em oleaginosas como o girassol para produção de biodiesel, podem-se derivar inúmeras outras oportunidades nas cadeias produtivas, gerando emprego e renda para esse segmento de agricultores (PERES; FREITAS JÚNIOR; GAZZONI, 2005).

A planta de girassol apresenta características importantes como comportamento rústico e seu índice de adaptabilidade edafoclimática é excelente (CAVASIN, 2001). O sistema radicular é do tipo pivotante podendo chegar a profundidades superiores a um metro, o que melhora o aproveitamento da água e dos elementos nutritivos, proporcionando maior resistência à seca e melhor reciclagem dos nutrientes (ASSISTÊNCIA NESTLÊ AOS PRODUTORES DE LEITE - ANPL, 1994).

As flores do girassol são reunidas numa inflorescência, denominada capítulo. O capítulo é dividido em duas partes florais: uma estéril, denominada flor ligulada, constituída das folhas modificadas relacionadas à atração de insetos (brácteas) e outra parte fértil, as flores do disco (TEIXEIRA; ZAMPIERON, 2008). As flores liguladas são incompletas, com um ovário e cálice rudimentar, e uma corola transformada, parecida com uma pétala. A lígula é como uma folha transformada, que se assemelha a uma pétala, da cor amarelo alaranjada, com um comprimento de três a quatro vezes maior que a largura (4 a 6cm) (SEILER, 1997). As flores do disco (tubulosas) estão ligadas ao receptáculo por duas pequenas folhas transformadas, chamadas páleas, que cumprem a função de proteger o ovário. São as flores propriamente ditas, hermafroditas, medindo de 10 a 20 mm dependendo do seu estágio de desenvolvimento (FONSECA; VÁZQUEZ, 1994).

O fruto do girassol, popularmente considerado semente, é do tipo seco, indeiscente, chamado de aquênio. É constituído por pericarpo e pela semente propriamente dita (SEILER, 1997). A semente fixa-se ao endocarpo por um pequeno pedúnculo e não têm endosperma, sendo os cotilédones à única reserva nutritiva para o embrião. De acordo com sua utilização, há dois tipos de sementes de girassol: as oleosas e as não oleosas. As sementes não oleosas são maiores, pretas, com listras e apresentam casca grossa (40 a 45% da massa da semente), facilmente removível. Representam somente 5% dos genótipos de

girassol, e são consumidas como amêndoas, misturadas com granola, bolos e “snacks”, ou como ração para pássaro. As sementes oleosas são menores, com pericarpo bem aderido, representando 20 a 30% da massa da semente. São economicamente mais importantes e, a partir delas, são produzidos o farelo de girassol e seus derivados, após a extração do óleo (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994). A composição química das sementes de qualquer genótipo de girassol varia de acordo com o local de produção, clima, fertilizantes e até mesmo com a posição das sementes no capítulo.

O girassol é uma planta alógama, devido à discordância morfofisiológica de maturação de estames e pistilos (protandria) e ao sistema genético de autoincompatibilidade. A polinização é em sua maior parte entomófila, na maioria dos casos por meio de abelhas, vespas e outros insetos (MACHADO; CARVALHO, 2006), e pouco anemófila, pois o pólen está pouco adaptado ao transporte pelo vento, devido principalmente ao seu peso e tamanho (34 a 45 micras).

Para a obtenção do estande ideal e conseqüentemente uma alta produtividade na cultura do girassol, é essencial a utilização de sementes de alta qualidade. O fato das sementes de girassol apresentarem maturidade desuniforme no capítulo (BITTENCOURT et al., 1991), bem como a alta incidência de fungos (JOCKER; JEPSEN, 2003) podem afetar a germinação, dificultando o diagnóstico correto da qualidade fisiológica do lote. Diante disto, surge a necessidade de estudos relacionados à avaliação da qualidade fisiológica de sementes desta espécie.

2.2 Qualidade de sementes

A qualidade de sementes pode ser expressa pela interação de quatro componentes: genético, físico, sanitário e fisiológico. A qualidade genética

refere-se à constituição da semente; a física diz respeito à ausência de contaminação por matérias estranhas; a qualidade fisiológica é a capacidade potencial da semente de produzir uma plântula normal; e a qualidade sanitária consiste na ausência de patógenos, incluindo fungos bactérias e vírus, que influenciam negativamente a emergência (RAVA; VIEIRA; MOREIRA, 2005; VIEIRA; RAVA, 2000).

O teste mais tradicionalmente utilizado para a avaliação da qualidade de lotes de sementes é o teste de germinação. Este, quando devidamente conduzido, confere uma boa medida da viabilidade e indica, satisfatoriamente, o potencial fisiológico do lote de sementes para a semeadura (POPINIGIS, 1985). Ele determina, numa amostra, a proporção de sementes vivas e capazes de produzir plântulas normais. É conduzido em condições ideais de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao lote expressar seu potencial máximo de produzir plântulas normais (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALISTS - AOSA, 1983).

No caso das sementes de girassol, a alta incidência de microrganismos associados às sementes pode afetar o resultado do teste de germinação pela proximidade das mesmas no rolo de papel, levando muitas vezes a subestimação de resultados. Microrganismos associados às sementes podem afetar a germinação, causando anormalidades e lesões nas plântulas, bem como a deterioração de sementes (MARTINS NETTO; FAIAD, 1995). Sementes que possuem a mesma capacidade de germinação podem ser distintas na eficiência com que realizam esse processo quando armazenadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000) e no potencial de emergência em campo (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA, 1995; MCDONALD, 1998). Os lotes de sementes possuem diferentes graus de deterioração e o teste de germinação indica o estágio final desse processo (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999). A maior limitação

deste teste, segundo Hampton e Tekrony (1995), é sua inabilidade para detectar diferenças de qualidade entre lotes com alta germinação. Há, então, a necessidade de testes que detectem diferenças de qualidade fisiológica entre lotes em germinação ou viabilidade semelhantes, como os testes de vigor.

2.3 Teste de vigor

A palavra vigor tem inúmeros conceitos surgidos em virtude da ausência de uma relação mais estreita entre a germinação em laboratório e a emergência em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Segundo Basra (1995), o vigor das sementes é responsável pela germinação rápida e uniforme, pela longevidade (período de tempo em que a semente permanece viável), pela boa emergência em campo e pela habilidade para se desenvolver sobre amplas condições de campo.

Atualmente, é crescente o interesse por métodos que permitam avaliar, de maneira rápida e eficiente, o potencial fisiológico das sementes com germinação semelhante, além de classificá-las em diferentes níveis de vigor, distinguindo com segurança os diferentes lotes. A rapidez na obtenção das informações, seguida pela simplicidade, reprodutividade, facilidade de interpretação e baixo custo são extremamente úteis em programas de controle de qualidade, possibilitando mais flexibilidade na utilização de recursos disponíveis e proporcionando vantagens expressivas nos diversos segmentos da produção de sementes permitindo agilidade nas tomadas de decisões (BARROS, 1988; OLIVEIRA, 2003).

Os testes de vigor são mais sensíveis do que o teste de germinação na avaliação da qualidade fisiológica (AOSA, 1983). Quaisquer eventos metabólicos que precedam a perda do poder germinativo podem servir como base para avaliar o vigor. Porém, quanto mais aquém da perda do poder

germinativo estiver esse evento mais sensível será o teste (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999). Segundo Marcos Filho (1999), os objetivos básicos do teste de vigor são avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, complementando o teste de germinação; distinguir ou classificar com segurança os lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência de plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento. Um fator relevante a ser considerado na avaliação do vigor de sementes é a rapidez para a realização do teste (VIEIRA, 1994). Vários métodos são utilizados para testar o vigor, dentre eles, podemos citar: taxa de crescimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, teste de frio, condutividade elétrica e tetrazólio, dentre outros (AOSA, 1983).

Para sementes de girassol, Brandão Júnior et al. (1997), Smiderle e Lima (2006) e Souza (2010) verificaram que o teste de condutividade elétrica foi eficiente na separação de lotes em diferentes níveis de qualidade. Albuquerque et al. (2001), trabalhando com diferentes cultivares verificaram que o teste de condutividade elétrica, juntamente com o teste de lixiviação de potássio, não foram eficientes na avaliação das sementes. Braz e Rossetto (2009) sugeriram, para o teste de envelhecimento acelerado, que as sementes de girassol permaneçam 96 horas a 42 °C na câmara de envelhecimento. Maeda et al. (1986) verificaram que período de 72 horas de exposição na câmara foi o que ofereceu melhor discriminação entre os lotes de germinação mais alta, e de 48 horas para lotes de menor poder germinativo. De acordo com Albuquerque e Carvalho (2003) o teste de frio, apresentou correlação significativa com a emergência das plântulas em campo, o que não foi observado por Braz e Rossetto (2009).

Um conjunto de técnicas com desenvolvimento relativamente recente, como a análise de imagens de sementes e de plântulas, tem revelado grande

potencial para estudos básicos e aplicados sobre vários aspectos do comportamento e avaliação da qualidade das sementes. Para girassol, estudos de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes ainda são escassos. A detecção de testes rápidos, sem dúvida, poderia beneficiar em larga escala os programas de controle de qualidade interno das empresas que se dedicam a produção de sementes com alta tecnologia.

2.4 SVIS (Seed Vigour Imaging System)

Dentre os testes de vigor que vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de avaliação da qualidade de sementes com maior rapidez e precisão dos resultados, a análise de computadorizada de plântulas vem se destacando.

Segundo Teixeira, Cícero e Dourado Neto (2003) tem sido presenciada uma evolução favorável ao aperfeiçoamento de técnicas computadorizadas, mais sensíveis para a captação e mais precisas para o processamento e extração de informações úteis para a indústria de sementes. Sako et al. (2001) efetuaram importante contribuição para a determinação do vigor de sementes, mediante o desenvolvimento de sistema capaz de efetuar a análise digital de imagens de plântulas, mediante seu processamento e cálculos de um índice baseado no comprimento de partes da plântula e de um índice de uniformidade de desenvolvimento, ambos expressos numericamente (valores de 0 a 1000).

A avaliação do vigor de sementes através da análise de plântulas (SVIS®), desenvolvido pela Universidade Estadual de Ohio, utiliza técnicas de imagens computadorizadas para determinação de padrões de vigor de sementes. O SVIS® fornece um processo de avaliação padronizado de vigor das sementes, evitando diferenças entre laboratórios e reduzindo o tempo excessivo para a aquisição de resultados, o que provocará redução da corrente de erros cometidos pelos analistas (HOFFMASTER et al., 2003, 2005; SAKO et al., 2001).

Além de comparar diretamente o vigor dos diferentes lotes por análise do crescimento de plântulas, há grandes chances de ser uma ferramenta útil na complementação de outros testes de vigor, como envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; OTONI; MCDONALD; TAY, 2010; SEKHARAN, 2005) e também para o condicionamento osmótico de sementes (GOMES JUNIOR, 2009). Hoffmaster et al. (2005), em estudos com soja e milho, concluíram que a utilização de imagens computadorizadas permite inferir sobre graus de deterioração e vigor das sementes, através do tamanho das plântulas formadas após três dias da semeadura. Em soja (HOFFMASTER et al., 2003), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), alface (PEÑALOZA et al., 2005), milho (OTONI; MCDONALD, 2005), milho doce (GOMES JUNIOR, 2009) a avaliação da qualidade de sementes através dos índices de vigor obtidos pelo sistema de análise de imagens tem sido empregado com sucesso, constituindo alternativa eficiente, rápida e objetiva para a avaliação do vigor de sementes.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Métodos rápidos que visem à avaliação da qualidade de sementes são cada vez mais pesquisados. Dentre os métodos usados para avaliação da qualidade de girassol, o teste de germinação é o mais comumente usado, no entanto apresenta algumas limitações, como demora na obtenção dos resultados e subjetividade de avaliação. Apesar de já existir uma prescrição nas Regras para Análise de Sementes para a realização deste teste para sementes de girassol, a definição do tipo de substrato e temperatura ideal bem como o tempo necessário para avaliação das plântulas sem que haja contaminação de patógenos no rolo, podem ser melhor estabelecidos.

Além do teste de germinação, testes de vigor podem propiciar uma avaliação da qualidade de lotes de sementes de girassol de uma maneira mais precisa. Vários são os testes de vigor indicados para avaliação da qualidade das diferentes espécies, mas um conjunto de técnicas com desenvolvimento relativamente recente, como a análise de imagens de sementes e de plântulas, tem revelado grande potencial para estudos básicos e aplicados na avaliação da qualidade das sementes. O software SVIS®, desenvolvido pela Universidade Estadual de Ohio, avalia o vigor das sementes utilizando técnicas de imagens computadorizadas de plântulas para determinação de padrões de vigor. A vantagem deste programa inclui a rápida obtenção de resultados e a precisão, já que não envolvem erros humanos de avaliação de cálculo, estimativas e medições. Entretanto a eficiência da utilização do teste para investigação do vigor depende da adequação do sistema para cada cultura em particular.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. de F.; CARVALHO, N. M. Effects on the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 2, p. 465-479, July 2003.
- ALBUQUERQUE, M. C. de F. et al. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, jan./fev. 2001.
- ANGELINI, A. C. et al. **Girassol: uma planta versátil**. Campinas: CECOR/DCT/CATI, 1998. 20 p.
- ASSISTÊNCIA NESTLÊ AOS PRODUTORES DE LEITE. **Girassol: cultivo e ensilagem**. Patos de Minas, 1994. Não paginado.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALISTS. **Seed vigour testing handbook**. Washington, 1983. 88 p. (Handbook on Seed Testing. Contribution, 32).
- BARROS, A. S. R. **Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. 1988. 140 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1988.
- BASRA, A. S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Elsevier, 1995. 389 p.
- BITTENCOURT, J. F. N. et al. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. Contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 81-85, mar./abr. 1991.
- BRANDÃO JÚNIOR, D. S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184-190, jul./ago. 1997.

BRASIL. **Lei nº 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Estabelece as bases do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei200511097.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2004-2009, out. 2009.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Girassol derivados proteicos**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 27 p. (Documentos, 74).

CARVALHO, C. G. P. et al. **Informes de avaliação de genótipos de girassol: 2002/2003**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2003. 97 p.

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

CAVASIN, P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 69 p.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. de C. Origem e histórico do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 1-12.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=54&cod_pai=38>. Acesso em: 1 out. 2008.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol: alguns comentários**. Brasília: CONAB, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-de-Girassol.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

FONSECA, E. A.; VÁZQUEZ, A. La planta de girasol. In: _____. **Producción de girassol**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, 1994. p. 17-22. (Cuadernos de Actualización Técnica, 40).

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 1, p. 95-100, Jan. 2009.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. Controlled deterioration test. In: _____. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995. p. 70-78.

HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, Oct. 2003.

_____. The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 1, p. 7-24, Jan. 2005.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, 1995. 117 p.

JOKER, D.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. seed leaflet. **Humbleback**, Denmark, v. 83, n. 2, p. 1-2, 2003.

KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; SMIRDELE, O. J. Girassol: mais uma opção para os biocombustíveis. **Revista Biodiesel**, Brasília, n. 16, p. 17-19, 2007.

MACHADO, C. S.; CARVALHO, C. A. L. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1404-1409, set./out. 2006.

MAEDA, J. A. et al. Discriminação entre lotes de sementes de girassol através do teste de envelhecimento rápido. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 1, p. 133-141, 1986.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 1, p. 1-21.

MARCOS FILHO, J. et al. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 507-519, 2006.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 102-112, jan./fev. 2009.

MARTINS NETTO, D. A.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 75-80, jan./fev. 1995.

MCDONALD, D. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, n. 2, p. 265-275, June 1998.

OLIVEIRA, S. R. S. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L.)**. 2003. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B.; TAY, D. The use of X-Rays for seed vigor classification of cotton seeds. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, 2010. In press.

PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo**. São Paulo: Ícone, 1985. 117 p.

PEÑALOZA, P. et al. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigour imaging system. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 8, n. 3, p. 1-9, 2005.

PERES, J. R. R.; FREITAS JÚNIOR, E.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 14, n. 1, p. 31-41, jan./mar. 2005.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

RAVA, C. A.; VIEIRA, E. H. N.; MOREIRA, G. A. **Qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro comum produzidas em várzeas tropicais com subirrigação**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/bolpesq_14ID-FtgMpsPwE.pdf>. Acesso em: 3 set. 2008.

SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SEILER, G. J. Anatomy and morphology of sunflower. In: SCHNEITER, A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1997. p. 67-111.

SEKHARAN, S. **Aged soybean seeds: their physiology and vigo assessment**. 2006. 180 f. Thesis (Ph.D. in Phylosophy) - The Ohio State University Columbus, Columbus, 2005.

SMIDERLE, O. J.; LIMA, A. N. O. Vigor de sementes de girassol: condutividade elétrica e germinação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006, Varginha. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2006. p. 521-525.

SOUZA, L. A. **Sistemas de armazenamento e aplicabilidade do teste de condutividade elétrica em sementes de girassol**. 2010. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. Noções básicas sobre imagens digitais: captura, processamento e reconhecimento voltados para a pesquisa em tecnologia de sementes. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 59-65, 2003.

TEIXEIRA, L. M. R.; ZAMPIERON, S. L. M. Estudo da fenologia, biologia floral do girassol (*Helianthus annuus*, Compositae) e visitantes florais associados, em diferentes estações do ano. **Ciência et Praxis**, Passos, v. 1, n. 1, p. 5-14, 2008.

VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Ed.). **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 270 p.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madri: Mundi, 1977. 375 p.

CAPÍTULO 2

Redução do tempo de avaliação das plântulas no teste de germinação de sementes de girassol

RESUMO

O estabelecimento de condições ideais e a rapidez para condução do teste de germinação de sementes de girassol é de suma importância nos programas de controle de qualidade das empresas que se dedicam a produção de sementes com alta tecnologia. Dentro deste contexto, objetivou-se com este trabalho verificar a possibilidade de redução do tempo de avaliação do teste de germinação de sementes de girassol em diferentes substratos e temperaturas. Foram utilizados 6 lotes de sementes da cultivar Helio 251 e 6 lotes da cultivar Helio 253. Além da germinação, foram efetuadas as determinações de primeira contagem de germinação, sanidade e grau de umidade. As sementes foram mantidas em câmara de germinação regulada a 25, 30 e 20-30 °C, para o substrato papel, e 25 e 30 °C para o substrato areia. Para verificar a possibilidade de redução do tempo de avaliação do teste de germinação, as contagens do número de plântulas normais foram realizadas diariamente, até o 10º dia após semeadura. Concluiu-se que é possível a finalização do teste de germinação no sétimo dia após a semeadura em areia na temperatura de 25 °C.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Qualidade de sementes. Germinação.

ABSTRACT

The establishment of ideal conditions and swiftness for the conduction of the germination test of sunflower seeds is of high importance in quality control programs of the companies which dedicate themselves to seed production with high technology. Within this context, it was intended through this work to verify the possibility of reducing the evaluation time of the germination test for sunflower tests in different substrates and temperatures. Six lots of seeds of cultivar Helio 251 and six lots of cultivar Helio 253 were used. In addition to germination, the determinations of first count of germination, sanity and degree of moisture were determined. The seeds were kept in germination room regulated at 25, 30 and 20-30 °C for the substrate paper and 25 and 30 °C for the substrate sand. To verify the possibility of reducing the evaluation time of the germination test, the counts of the number of normal seedlings were performed daily till the tenth day after sowing. It follows that the finish of the germination test is possible on the seventh day after sowing in sand at the temperature of 25 °C.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Seed quality. Germination.

1 INTRODUÇÃO

O girassol, *Helianthus annuus* L. apresenta grande potencial na produção de biodiesel, devido ao alto teor de óleo no grão. Além disso, possui facilidade de extração do óleo a frio (LEITE; CASTRO; SMIRDELE, 2007) e sua produtividade alcança 40% de óleo vegetal, ou seja, de cada 100 kg de semente é possível extrair 40 kg de óleo vegetal. Isso pode representar uma produção de cerca de 800 kg de óleo por hectare (YOKOMIZO, 2003).

No Brasil, o cultivo do girassol tem aumentado significativamente nos últimos anos, devido sua grande capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, refletindo em características agronômicas tais como resistência a seca, ao frio, ao calor e de pouca influência da latitude, altitude e fotoperíodo. Assim, apresenta-se como opção para os sistemas de rotação e sucessão de culturas em várias regiões produtoras de grãos do país (CARVALHO et al., 2003).

Segundo Fagundes (2009), a cultura do girassol apresenta viabilidade técnico-ambiental na produção de biodiesel. Entretanto, para atender o crescente mercado de óleo, a utilização de sementes de boa qualidade é fundamental para o estabelecimento de populações adequadas em campo. Um dos testes utilizados para se determinar o nível de qualidade das sementes é o de Germinação (BRASIL, 1992), o qual é realizado sob condições de temperatura e substrato ideais para cada espécie.

As Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 1992) determinam como condições ideais para o teste de germinação de sementes de girassol as temperaturas de 25, 30 e alternada 20-30 °C bem como substrato rolo de papel ou areia. Já as regras internacionais (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA, 1995) prescrevem a temperatura de 20 °C ao invés de 30 °C. Porém, a definição do tipo de substrato e temperatura ideal

bem como o tempo ideal para avaliação das plântulas sem que haja contaminação de plântula a plântula no rolo, podem ser melhor estabelecidos.

Dentre os fatores do ambiente que afetam a germinação das sementes, a temperatura influencia na velocidade de germinação e no potencial germinativo (BEWLEY; BLACK, 1994). A temperatura definida como ótima é aquela na qual a mais alta porcentagem de germinação é obtida, dentro do menor espaço de tempo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; LOPES et al., 2005). Seriam consideradas ainda a mínima e a máxima, respectivamente, como a mais baixa e a mais alta temperatura onde a germinação ocorre. Temperatura acima da ótima aumenta a velocidade de germinação (MARSHALL; SQUIRE, 1996), porém temperatura muito alta afeta o desenvolvimento da planta (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

Temperaturas baixas durante a germinação das sementes retardam a emergência e induzem a formação de plântulas pequenas. Além disso, as sementes permanecem mais tempo no substrato sujeitas ao ataque de patógenos (SZOPIŃSKA; TYLKOWSKA; STACH, 2007).

O substrato utilizado no teste de germinação, em geral, tem como função dar sustentação às sementes (AGUIAR; PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 1993). Na escolha do substrato deve-se levar em consideração o tamanho da semente, sua exigência em relação à luz, facilidade para realização das contagens e avaliação das plântulas (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993). A estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos do substrato têm grande influência na germinação (POPINIGIS, 1977) sendo a sua escolha em função das exigências da semente (BRASIL, 1992).

O teste de germinação requer para a maioria das espécies período considerado longo para obtenção dos resultados e atender aos interesses comerciais dos produtores de sementes. Além disso, as sementes permanecem

mais tempo no substrato sujeitas ao ataque de microrganismos, o que poderia dificultar a interpretação do teste. As RAS (BRASIL, 1992) prescrevem para sementes de girassol, a avaliação da germinação no 10º dia após a montagem do teste. Campos e Tillmann (1997) concluíram que é possível finalizar o teste de germinação para algumas espécies com contagens únicas enfatizando que há possibilidade de redução do período de avaliação do teste de germinação, o que seria útil em programas de controle de qualidade, possibilitando tomadas de decisões mais ágeis a respeito da qualidade e do destino de lotes.

A qualidade sanitária das sementes é outro aspecto a ser considerado visando à diminuição do tempo de avaliação do teste de germinação em girassol. Pois diminuindo o tempo de realização do teste diminui o tempo de exposição das sementes ao ataque de patógenos. Os fungos associados às sementes podem causar deterioração e morte das mesmas, dificultando a avaliação do teste de germinação e comprometendo consideravelmente a germinação (FAIAD et al., 1997).

Dentro deste contexto, a pesquisa foi realizada com o objetivo de verificar a possibilidade de redução do tempo de avaliação do teste de germinação de sementes de girassol em diferentes substratos e condições de temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Foram utilizados 6 lotes da cultivar Helio 251 e 6 lotes da cultivar Helio 253 de sementes recém colhidas de diferentes níveis de qualidade sanitária e fisiológica, semeadas em diferentes substratos e incubadas em diferentes temperaturas.

A determinação do teor de água foi efetuada pelo método de estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 1992), utilizando-se 2 repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para realização do teste de germinação foram testados os substratos, areia e papel, bem como temperaturas constantes de 25°C , 30°C e alternada de $20\text{-}30^{\circ} \text{C}$. O rolo de papel foi do tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, com oito repetições de 25 sementes por lote. Para o substrato areia, foram utilizados 4 repetições de 50 sementes colocadas em bandejas plásticas com dimensões de 60 cm x 40 cm x 10 cm contendo como substrato areia umedecida em 40% da capacidade de retenção de água do substrato. As sementes foram mantidas em câmara de germinação regulada a 25, 30 e $20\text{-}30^{\circ} \text{C}$, para o substrato papel, e 25 e 30°C para o substrato areia.

Para verificar a possibilidade de redução do tempo de avaliação do teste de germinação, foi realizada diariamente, até o 10º dia, a contagem do número de plântulas normais. Para verificar se as plântulas não foram danificadas pela abertura diária dos rolos de papel, foi utilizada uma testemunha, com realização apenas de 2 contagens aos 4 e 10 dias após a montagem do teste (BRASIL, 1992). Além das plântulas normais foi avaliado também o número de anormais infeccionadas ao final do teste.

A qualidade sanitária das sementes, determinada pelo teste de sanidade, foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro sem congelamento (NEERGAARD, 1979) com 8 repetições de 25 sementes por lote. As sementes foram distribuídas em placa de Petri de 15 cm de diâmetro contendo três folhas de papel filtro previamente esterilizadas e umedecidas em solução de 2,4-D. As sementes foram incubadas a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, em câmara com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, durante sete dias. Para a identificação de patógenos presentes nas sementes, foi utilizado lupa estereoscópica e microscópio ótico. A incidência foi avaliada em porcentagem de fungos encontrados.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado; os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância em esquema fatorial $6 \times 5 \times 10$, sendo 6 lotes, 5 tratamentos (papel/ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$; papel/ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$; papel/ $20\text{-}30\text{ }^{\circ}\text{C}$; areia/ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e areia/ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) e avaliação diária do teste de germinação durante 10 dias. O efeito de tempo de germinação, quando significativo, foi estudado por meio de uma análise de regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de umidade das sementes das cultivares Helio 251 e Helio 253 por ocasião da realização dos testes variou de 6 a 6,7%, não havendo diferenças que pudessem interferir nos resultados dos testes realizados, já que a uniformidade do teor de água das sementes é essencial para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (VIEIRA; KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 1999).

Não houve interação significativa no número de plântulas normais dos diferentes lotes em função do tempo de avaliação do teste de germinação, para as duas cultivares estudadas.

Para a cultivar Helio 251, observa-se pela tabela 1 que o substrato areia propiciou maior velocidade de germinação em relação ao substrato papel nas duas temperaturas testadas. Aos 2 dias de germinação já era possível encontrar plântulas normais. Resultados semelhantes têm sido encontrados para várias espécies e de acordo com Lopes et al. (2005) e Pacheco et al. (2006) e isso pode ser explicado pela maior área de contato da semente com a areia o que propicia maior velocidade na absorção de água. Para o substrato papel na temperatura de 30°C foi observado plântulas normais com 3 dias de germinação, enquanto que para as temperaturas de 25 e 20-30°C foi observado somente no 4º dia após a montagem do teste. Autores como Neves et al. (2009) e Pacheco et al. (2008) observaram que temperaturas elevadas propiciam uma maior velocidade de germinação, em função da embebição mais rápida e, conseqüentemente, da aceleração das reações metabólicas que ocorrem durante o processo de germinação (BELLO et al., 2008).

Considerando os valores de primeira contagem, tradicionalmente efetuado aos 4 dias de germinação, os resultados foram superiores para os substratos areia, independente da temperatura testada, sendo que no substrato

papel a 30 °C foram observados resultados inferiores de plântulas normais. O mesmo pode ser observado na avaliação efetuada aos 10 dias (contagem final). Comparando os resultados de germinação da testemunha avaliada somente aos 4 e aos 10 dias após a montagem do teste (BRASIL, 1992) com as contagens diárias, foi possível verificar que não ocorreram danos nas plântulas pela abertura diária dos rolos de papel.

Tabela 1 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 251 nos diferentes dias de avaliação do teste de germinação em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

Dias	P25	P30	P20-30	A25	A30
1	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
2	0 B	0 B	0 B	14 A	13 A
3	0 C	19 B	0 C	62 A	67 A
4	73 B	23 D	43 C	89 A	88 A
5	83 B	37 D	56 C	91 A	89 A
6	84 B	43 D	59 C	92 A	91 A
7	85 B	44 D	61 C	93 A	91 A
8	87 B	44 D	63 C	93 A	92 A
9	87 B	44 D	63 C	93 A	92 A
10	87 B	44 D	63 C	93 A	92 A
CV(%)	13,79				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

No o substrato papel, o aumento da temperatura afetou negativamente a germinação de sementes de girassol. Na temperatura alternada 20-30 °C e constante 30 °C, após dois dias da instalação do teste, as plântulas apresentavam lesões necróticas, fato não observado na temperatura de 25 °C (Figura 1). Isto poderia ser explicado pela alta incidência de microrganismos observados no substrato papel nas temperaturas mais elevadas. Figliolia, Oliveira e Piña-Rodrigues (1993) verificaram que o substrato rolo de papel pode propiciar o desenvolvimento de fungos, principalmente anaeróbicos. As altas temperaturas

podem ter sido deletérias para germinação de sementes, pois, temperaturas acima da ótima podem causar efeitos sobre a atividade de enzimas reduzindo a germinação (NASCIMENTO; CANTLIFFE, 2002; WAHID et al., 2007).

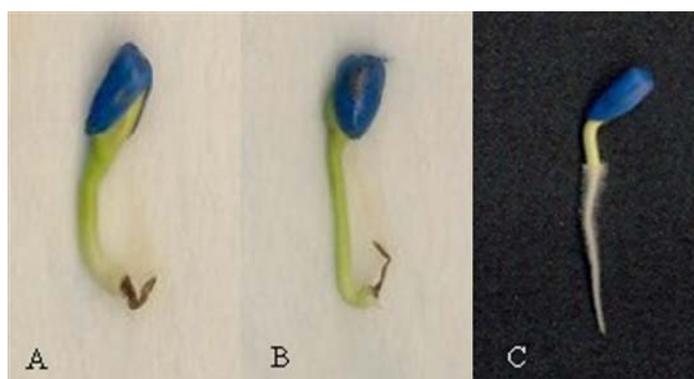


Figura 1 Plântulas de girassol com 2 dias de germinação. (A) plântula anormal observada em substrato papel a 30 °C; (B) plântula anormal observada em substrato papel a 20-30 °C; (C) plântula normal observada em papel a 25 °C

Houve maior porcentagem de plântulas anormais infeccionadas no substrato papel em relação a areia (Tabela 2). Isto ocorreu, provavelmente, devido à maior proliferação de fungos no papel, quando comparado a areia, como observado anteriormente. Em substrato papel, a temperatura de 30 °C favoreceu uma maior porcentagem de plântulas anormais infeccionadas quando comparada a de 25 e 20-30 °C.

Tabela 2 Valores médios de plântulas anormais infeccionadas – AI (%) de girassol para a cultivar Helio 251 em função dos tratamentos (P25 – papel/25 °C; P30 – papel/30 °C; P20-30 – papel/20-30 °C; A25 – areia/25 °C e A30 – areia/30 °C)

Tratamento	AI
P25	10 c
P30	49 a
P20-30	33 b
A25	1 d
A30	2 d
CV (%)	39,14

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observa-se na tabela 3 que a germinação em papel possibilitou a separação dos lotes em três níveis de qualidade, exceção feita a temperatura de 30 °C. Entretanto a classificação dos lotes variou de acordo com a temperatura, provavelmente devido a influência de fungos. No substrato areia, para a temperatura de 30 °C houve a diferenciação dos lotes em dois níveis de qualidade, já a 25 °C não houve diferenciação dos lotes em diferentes níveis de qualidade. Como observado anteriormente, houve uma maior porcentagem de plântulas normais para o substrato areia a 25 e 30 °C seguido do papel a 25 °C.

Tabela 3 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 251 de diferentes lotes em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

Lote	Tratamento				
	P25	P30	P20-30	A25	A30
1	61 aB	34 aC	37 cC	71 aA	71 bA
2	58 bB	33 aC	36 cC	73 aA	74 aA
3	56 bB	23 bD	41 bC	73 aA	69 bA
4	53 cC	25 bE	42 bD	72 aA	67 bB
5	62 aB	33 aD	48 aC	72 aA	74 aA
6	62 aB	31 aD	42 bC	74 aA	73 aA
CV(%)	13,79				

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

A germinação em areia foi superior ao papel, provavelmente devido à maior ocorrência de fungos neste substrato. Autores como Nery, Carvalho e Fraga (2009) e Novembre e Marcos-Filho (1999) têm obtido resultados de germinação superiores ao adotarem a areia como substrato para algumas espécies oleaginosas, como nabo forrageiro e algodão, com alta incidência de microrganismos. O fungo *Alternaria* sp é um dos principais microrganismos que podem afetar a germinação por seus danos às plântulas e ainda reduzir o teor de óleo nas sementes (HUMPHERSON-JONES, 1992). Microrganismos de armazenamento como *Aspergillus* sp. são também agentes causadores de podridões de colo e tombamento de plântulas (BELLETTINI et al., 2005), e a contaminação de plântula a plântula no papel é facilitada pela proximidade das mesmas (ARAÚJO; ROSETTO, 2003).

Para a cultivar Helio 253 a avaliação das plântulas normais nos diferentes dias de contagem pode ser observada pela tabela 4.

Na germinação em substrato areia, aos 2 dias de germinação já era possível encontrar plântulas normais. Em substrato papel foram observadas plântulas normais após 3 dias de germinação, a temperatura de 30 °C, enquanto que nas temperaturas de 25 e 20-30 °C somente no 4º dia após a montagem do teste ocorreram plântulas normais. Esses mesmos resultados foram observados para a cultivar Helio 251.

Independente do tempo de avaliação, os resultados de germinação sempre foram superiores na utilização do substrato areia à 25 °C (Tabela 4). Quando se compara os dois substratos, a partir do 6º dia já não foram observadas diferenças significativas entre o substrato papel à temperatura de 25 °C e areia à 30 °C.

Na primeira contagem de germinação, efetuada aos 4 dias de germinação, e na contagem final de germinação efetuada os 10 dias os resultados foram superiores para o substrato areia a 25 °C. Como observado

anteriormente, para o substrato papel, o aumento da temperatura de 25 °C para 30 °C não foi eficiente na promoção da germinação. De modo geral, observa-se que as sementes de girassol germinam melhor na temperatura de 25 °C. Albuquerque e Carvalho (2003) verificaram que altas temperaturas comprometeram a germinação de sementes de girassol. Resultado semelhante foi obtido por Santos e Zonetti (2009) e Tomazela et al. (2008) que trabalhando com sementes de girassol, verificaram que temperaturas acima de 25°C provocaram uma diminuição do potencial germinativo das sementes.

Tabela 4 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 253 nos diferentes dias de avaliação do teste de germinação em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

Dias	P25	P30	P20-30	A25	A30
1	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
2	0 C	0 C	0 C	19 A	13 B
3	0 D	13 C	0 D	55 A	44 B
4	60 C	34 E	41 D	82 A	77 B
5	72 C	45 D	47 D	86 A	80 B
6	79 B	48 C	50 C	88 A	82 B
7	82 B	48 C	50 C	89 A	84 B
8	82 B	48 C	50 C	89 A	84 B
9	82 B	48 C	50 C	89 A	84 B
10	82 B	48 C	50 C	89 A	84 B
CV(%)	17,93				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Comprovando o efeito negativo da presença de microrganismos associados a altas temperaturas de germinação, a porcentagem de plântulas anormais infeccionadas foi superior em substrato papel a temperatura de 30 e 20-30 °C, sendo os menores valores observados no substrato areia (Tabela 5).

França Neto e Henning (1992) e Pereira, Pereira e Fraga (2000) constataram que a germinação de sementes de soja com altos índices de

contaminação por fungos em substrato areia é menos afetada em relação ao substrato papel. Os autores afirmaram que o fato do fungo estar alojado no tegumento, facilita sua disseminação no rolo, o que não acontece na areia, onde o tegumento não permanece aderido à plântula. Em sementes de girassol a posição dos aquênios no capítulo e a maturação desuniforme favorecem a incidência de fungos externos as sementes e que podem afetar o desenvolvimento da plântula (BITTENCOURT et al., 1991; JOCKER; JEPSEN, 2003).

Tabela 5 Valores médios de plântulas anormais infeccionadas – AI (%) de girassol para a cultivar Helio 253 em função dos tratamentos (P25 – papel/25 °C; P30 – papel/30 °C; P20-30 – papel/20-30 °C; A25 – areia/25 °C e A30 - areia/30°C)

Tratamento	AI
P25	13 b
P30	43 a
P20-30	41 a
A25	6 c
A30	3 c
CV (%)	42,67

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observa-se na tabela 6 que independente dos lotes, a porcentagem de plântulas normais foi superior na utilização do substrato areia à 25 °C, exceção feita ao lote 3 onde os resultados de germinação foram semelhantes para o substrato areia a temperatura de 25 °C e 30 °C. A classificação dos lotes em diferentes níveis de qualidade variou de acordo com o substrato e temperatura.

Tabela 6 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 253 de diferentes lotes em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

Lote	Tratamento				
	P25	P30	P20-30	A25	A30
1	53 bC	31 bD	29 bD	71 aA	60 aB
2	53 bC	31 bD	33 bD	69 aA	63 aB
3	51 bB	32 bD	38 aC	64 cA	64 aA
4	57 aC	30 bD	31 bD	67 bA	63 aB
5	51 bC	34 bD	35 aD	68 bA	64 aB
6	58 aC	41 aD	37 aE	73 aA	64 aB
CV(%)	17,93				

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

Pelos resultados médios da incidência de fungos patogênicos encontrados nas sementes de girassol das cultivares Helio 251 (Tabela 7) e Helio 253 (Tabela 8), observou-se um maior percentual de contaminação pelos fungos dos gêneros *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp.. Essas espécies depreciam a qualidade das sementes, pois são capazes de invadir e degradar os tecidos embrionários produzindo toxinas que reduzem a capacidade germinativa e provocam descoloração, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, características essas favoráveis ao aumento da velocidade de deterioração (GOULART, 2007; MACHADO, 1988; MENTEN et al., 2005).

Tabela 7 Porcentagem (%) dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. nos diferentes lotes de sementes de girassol para a cultivar Helio 251

Lote	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.
1	27	20
2	18	34
3	58	20
4	17	38
5	28	32
6	16	39

Tabela 8 Porcentagem (%) dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. nos diferentes lotes de sementes de girassol para a cultivar Helio 253

Lote	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.
1	28	42
2	38	47
3	20	13
4	40	33
5	35	35
6	33	13

Apesar de ser difícil estabelecer uma relação direta entre o percentual de microrganismos e a qualidade dos lotes de sementes de girassol, foi possível observar que havia incidência dos mesmos nas sementes pelos resultados do teste de sanidade e pelo número de plântulas anormais infeccionadas. A incidência dos fungos detectados em maior número de sementes, *Aspergillus* e *Alternaria*, variou entre as cultivares e lotes.

A avaliação do processo germinativo em dias consecutivos permitiu a confecção das curvas de germinação acumulativas para a cultivar Helio 251 (Gráfico 1) e para a cultivar Helio 253 (Gráfico 2). Os dados apresentam comportamento quadrático, com uma rápida germinação até o 4º dia e tendência de estabilização após o 5º dia. A partir do 3º dia já se nota um efeito drástico do substrato+temperatura na germinação das sementes.

Verificou-se que a partir do 4º dia mais de 50% das sementes já estavam germinadas sendo este período adotado como a data da primeira contagem, conforme é adotado pelas RAS. Ao 5º dia, as curvas de germinação começaram a se estabilizar. Ao 7º dia (ponto de inflexão da curva), já não foi possível observar o aparecimento de novas plântulas o que indica que o período de sete dias seria suficiente para a avaliação final, não havendo necessidade da contagem aos 10 dias, conforme preconizado na RAS (BRASIL, 1992).

Para sementes de tomate, Campos e Tilmann (1997), verificaram que é possível finalizar o teste de germinação com contagem única, possibilitando a

redução do período de avaliação do teste de germinação. Machado et al. (2002) verificaram que é possível antecipar a contagem final de sementes de ipê amarelo. Para sementes de algodão a antecipação da primeira contagem de germinação permite maior precisão na avaliação das plântulas (NOVEMBRE; MARCOS FILHO, 1999).

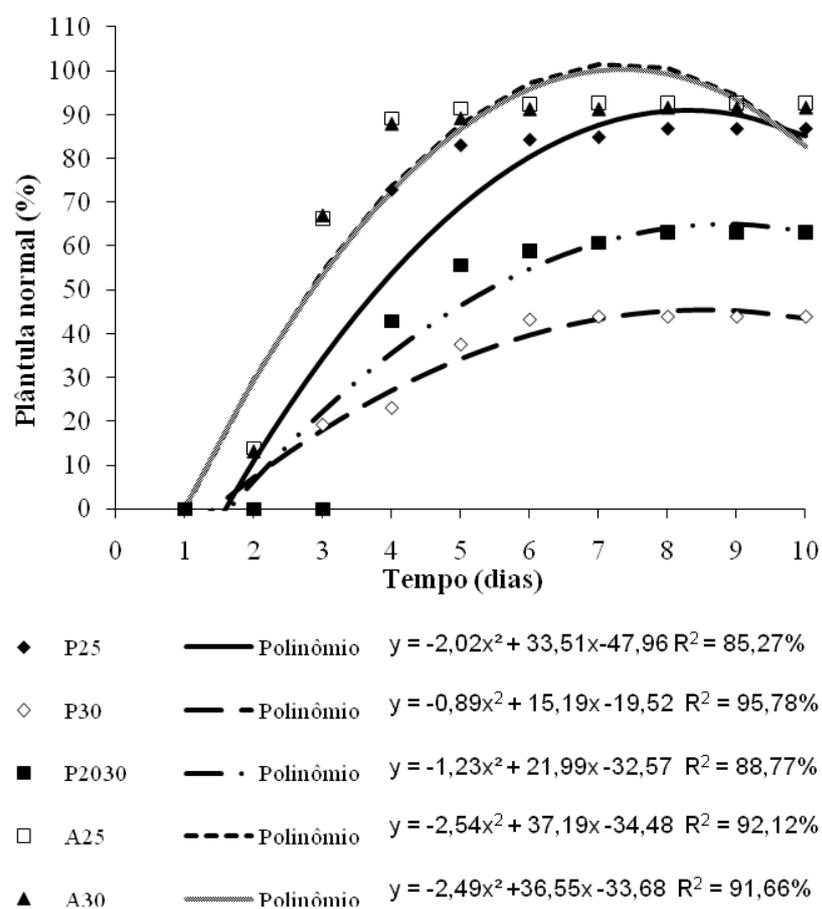


Gráfico 1 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 251 em função dos dias de avaliação do teste de germinação em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

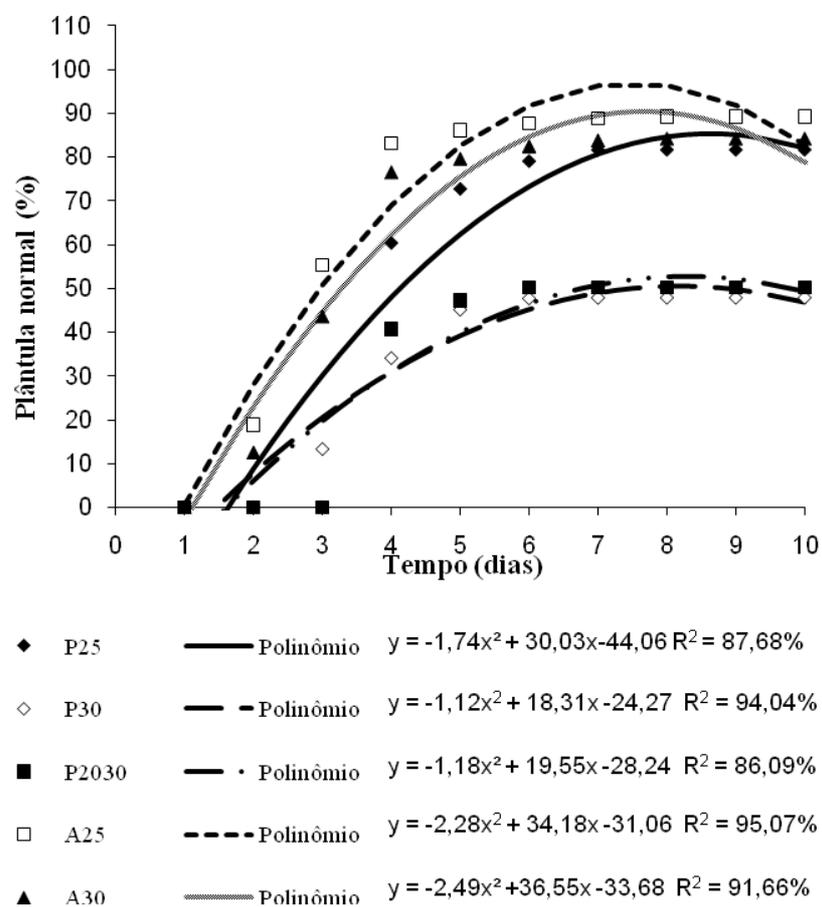


Gráfico 2 Valores médios de plântulas normais (%) de girassol para a cultivar Helio 253 em função dos dias de avaliação do teste de germinação em substrato papel (P) e areia (A), nas temperaturas de 25 °C, 30 °C e 20-30 °C

4 CONCLUSÃO

É possível a finalização do teste de germinação de sementes de girassol no sétimo dia após a semeadura.

O uso do substrato areia na temperatura de 25 °C são condições adequadas para avaliação da germinação de sementes girassol.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. 350 p.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; CARVALHO, N. M. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 31, n. 2, p. 465-479, July 2003.
- ARAÚJO, A. E. S.; ROSSETTO, C. A. V. Efeito do hipoclorito de sódio no desenvolvimento de fungos em teste de sanidade de sementes de *Arachis hypogaea* L. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 13, n. 3, p. 232-234, 2003.
- BELLETTINI, N. M. T. et al. Patogenicidade de fungos associados às sementes e plântulas de amendoim cv. Tatu. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 167-172, abr./jun. 2005.
- BELLO, E. P. B. C. S. et al. Germinação de sementes de *Amburana acoreana* (Ducke) A. C. SM. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 16-24, maio/jun. 2008.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.
- BITTENCOURT, J. F. N. et al. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. Contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 81-85, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SND/CLAV, 1992. 365 p.
- CAMPOS, V. C.; TILLMANN, M. Â. A. Avaliação da metodologia do teste de germinação para sementes de tomate. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 37-42, jan./abr. 1997.
- CARVALHO, C. G. P. et al. **Informes de avaliação de genótipos de girassol: 2002/2003**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2003. 97 p.

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

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol**: alguns comentários. Brasília: CONAB, 2009. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-de-Girassol.pdf>>.
Acesso em: 18 ago. 2009.

FAIAD, M. G. R. et al. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 14-17, jan./fev. 1997.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **DIACOM**: diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1992. 21 p. (Circular Técnica, 10).

GOULART, A. C. P. Suscetibilidade de cultivares de algodoeiro a *Rhizoctonia solani* e benefícios do tratamento de sementes com fungicidas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 222-228, 2007.

HUMPHERSON-JONES, F. M. Epidemiology and control of dark leaf spot of brassicas. In: CHELKOWSKI, J.; VISCONTI, A. (Ed.). **Alternaria**: biology, plant diseases and metabolites. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 267-288.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, 1995. 117 p.

JOKER, D.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. seed leaflet. **Humbleback**, Denmark, v. 83, n. 2, p. 1-2, 2003.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. 641 p.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; SMIRDELE, O. J. Girassol: mais uma opção para os biocombustíveis. **Revista Biodiesel**, Brasília, n. 16, p. 17-20, 2007.

LOPES, J. C. et al. Influência da temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de bertalha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 18-24, mar./abr. 2005.

MACHADO, C. F. et al. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 17-25, jul./dez. 2002.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes**: fundamentos e aplicações. Brasília: Ministério da Educação, 1988. 107 p.

MARSHALL, B.; SQUIRE, G. R. Non-linearities in rate-temperature relations of oilseed rape. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, n. 302, p. 1369-1375, Sept. 1996.

MENTEN, J. O. M. et al. Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes**: qualidade fitossanitária. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 333-374.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 103-106, mar. 2002.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The MacMillan, 1979. v. 1, 839 p.

NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M. C.; FRAGA, A. C. Adequação do teste de germinação para sementes de nabo forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 177-187, mar./abr. 2009.

NEVES, J. M. G. et al. Padronização do teste de germinação para sementes de pinhão-manso. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 76-80, out./dez. 2009.

NOVEMBRE, A. D. L. C.; MARCOS-FILHO, J. Estudo da metodologia para condução do teste de germinação em sementes de algodão deslintadas mecanicamente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 187-193, mar./abr. 1999.

PACHECO, M. V. et al. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 359-367, maio/jun. 2006.

PACHECO, M. V. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas *Tabebuia Aurea* (Silva Manso) Bent. & Hook F. Ex S Moore. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 143-150, abr./jun. 2008.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; FRAGA, A. C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1653-1662, ago. 2000.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 209 p.

SANTOS, G. A.; ZONETTI, P. C. Influência da temperatura na germinação e desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Iniciação Científica CESUMAR**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 23-27, jan./jun. 2009.

SZOPIŃSKA, D.; TYLKOWSKA, K.; STACH, A. Relationships between seed development stage, germination, occurrence and location of fungi in oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) seeds and the presence of *Alternaria* AND *Cladosporium* spp. spores in the air. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, Prague, v. 10, n. 4, p. 19-20, 2007.

TOMAZELA, A. L. et al. Girassol. In: CASTRO, P. R. C. et al. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. p. 92-112.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, E. C.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 26 p.

WAHID, A. et al. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 199-223, Dec. 2007.

YOKOMIZO, E. O combustível do girassol. **Revista CREA**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 18-23, fev./mar. 2003.

CAPÍTULO 3

Avaliação do vigor de sementes de girassol pela análise computadorizada de plântulas

RESUMO

A utilização de sementes vigorosas de girassol é essencial para o estabelecimento de lavouras produtivas, principalmente em plantios safrinha sujeitos à condições climáticas desfavoráveis. Deste modo, é necessário o desenvolvimento de testes de vigor que permitam uma avaliação rápida, objetiva e precisa da qualidade das sementes. Dentre esses testes, o *Seed Vigor Imaging System* (SVIS®) tem se destacado, tanto pela rapidez como pela eficiência para avaliação do potencial fisiológico de varias espécies. O teste avalia o vigor de sementes por meio de parâmetros relacionados ao crescimento e uniformidade das plântulas, calculados a partir do processamento de imagens digitais obtidas no teste de germinação. O objetivo deste trabalho foi o de verificar a eficiência do sistema computadorizado para análise de imagens de plântulas SVIS®, desenvolvido para soja, para determinação do vigor de sementes de girassol. Foram utilizados 6 lotes de sementes recém colhidas de duas cultivares de girassol (Helio 251 e Helio 253) submetidos aos testes de germinação, emergência, envelhecimento acelerado, tetrazólio, sanidade, além da determinação do grau de umidade. O SVIS® forneceu dados referentes ao índice de vigor, de uniformidade de desenvolvimento, de crescimento e ao comprimento de plântulas, para plântulas escaneadas aos 2 dias após montagem do teste; as mesmas plântulas avaliadas aos 2 dias e devolvidas no rolo, para avaliação aos três dias (avaliação com reposição) e plântulas escaneadas com 3 dias de germinação. Os 6 lotes das duas cultivares foram avaliados após a colheita e após armazenados em condição de armazém convencional (25 °C±2) por 4 meses. A análise computadorizada de imagens de plântulas provenientes do teste de germinação com o uso do software SVIS® desenvolvido para soja nem sempre apresenta resultados compatíveis com os testes tradicionais, sendo que a resposta da avaliação do vigor pelo programa depende de características do lote, como sua sanidade e da cultivar utilizada.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Análise de imagem. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The use of vigorous sunflower seeds is essential for the establishment of high-yielding crops, mainly in second-cropping systems subject to adverse weather conditions. Thus, the development of vigor tests which allow a quick, objective and accurate evaluation is needed. Among these tests, the Seed Vigor Imaging System (SVIS®) has stood out for being both fast and efficient to evaluate the physiological potential of various species. The test evaluates the vigor of seeds through parameters related to growth and uniformity of seedlings, calculated from the processing of digital images obtained in the germination test. The objective of this study was that of verifying the accuracy of the computerized system for seedling image evaluation (SVIS®) developed for soybean for determination of the vigor of sunflower seeds. Six lots of seeds fresh-collected of two sunflower cultivars, submitted to the tests of germination emergence, accelerated ageing, tetrazolium, sanity, in addition to the determination of the moisture degree, were used. The SVIS® supplied data concerning the indices of vigor, of uniformity of development, growth and length of the seedlings for seedlings scanned at 2 days after the establishment of the test; the same seedlings evaluated at 2 days and returned on the roll for evaluation at three days (evaluation with replacement) and seedlings scanned when they were three days' germination. The 6 lots of the two cultivars were evaluated after collection and after storage under conventional storage condition (25 °C±2) for 4 months. The computerized analysis of images of seedlings coming from the germination test with the use of software SVIS® developed for soybean not always presents results consistent with the traditional tests, that is, the response of the evaluation of vigor by the program depends on the lot characteristics as well as its sanitary quality and cultivar utilized.

Key words: *Helianthus annuus* L. Image analysis. Physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus L.*) tem grande importância na economia mundial e figura, juntamente com a soja e a canola, como uma das três mais importantes culturas anuais produtoras de óleo do mundo (FAGUNDES, 2009). No Brasil, o cultivo do girassol tem aumentado significativamente nos últimos anos, principalmente em cultivos de safrinha, visando atender à produção de biodiesel e o mercado de óleo comestível. Atualmente são 66,8 mil hectares de girassol no país, com uma produção média de 95,4 mil toneladas, sendo Paraná, Mato Grosso e Rio Grande do Sul os maiores estados produtores (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

De acordo com Fagundes (2009) a cultura do girassol apresenta viabilidade técnico-ambiental na produção de biodiesel, o que exigirá grandes áreas de plantio e aumento da produtividade para atender a demanda. Entretanto, para que a ampliação da oferta dessa matéria-prima seja bem sucedida é necessário uso de tecnologias, como a produção de sementes de alta qualidade, imprescindíveis para a obtenção de uma lavoura com altas produtividades. Dentro desse contexto a adequação de tecnologias que sejam rápidas, práticas e eficientes para avaliação da qualidade de sementes e que facilitem a interpretação dos resultados e o controle de qualidade em diversos segmentos da produção de sementes torna-se de grande importância (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; OLIVEIRA; NOVEMBRE, 2003; VIEIRA; CARVALHO; MACHADO, 1999).

Dentre os métodos usados para avaliação da qualidade de girassol os testes de vigor tem se destacado principalmente pelas limitações do teste de germinação, que é o teste mais frequentemente utilizado para verificação da qualidade de sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995; MARTINS NETTO;

FAIAD, 1995). Entretanto, poucos estudos referentes à avaliação do vigor de sementes de girassol têm sido relatados na literatura.

Recentemente, Sako et al. (2001) desenvolveram um programa destinado à determinação do vigor de sementes de alface, mediante a análise computadorizada de imagens de plântulas (Seed Vigor Imaging System - SVIS®). O sistema permite efetuar a análise relativamente rápida de plântulas, mediante seu processamento e cálculos de um índice de vigor e de uniformidade de desenvolvimento, ambos expressos numericamente (valores de 0 a 1000) e avaliação do comprimento de plântulas ou parte delas.

Empresas certificadoras de sementes nos EUA realizam rotineiramente a análise SVIS® em amostras de sementes de soja, sendo consideradas sementes de alto vigor provenientes de índices de 800 a 1000 e baixo vigor com valores inferiores a 300 (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Além disso, o uso do sistema não restringe à comparação direta do vigor, sendo útil na complementação de outros testes, como envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; OTONI; MCDONALD; TAY, 2010; SEKHARAN, 2005) e também para avaliar o efeito do condicionamento osmótico de sementes (GOMES JUNIOR et al., 2009).

O sistema automatizado possui um amplo potencial para determinação do vigor com diferentes alternativas de aplicação e obtenção de informações consistentes. A vantagem deste teste inclui a rápida obtenção de resultados e a precisão, já que não envolvem erros humanos de avaliação de cálculo, estimativas e medições (HOFFMASTER et al., 2003, 2005; SAKO et al., 2001).

A avaliação da qualidade de sementes por meio dos índices obtidos pelo sistema de análise de imagens tem sido empregado com sucesso para várias espécies como soja (HOFFMASTER et al., 2003), alface (PEÑALOZA et al., 2005) e melão (MARCOS FILHO et al., 2006). Entretanto a eficiência da utilização do teste para investigação do vigor depende da adequação do sistema

para a cultura do girassol, uma vez que não existe software específico para a espécie em questão. A adequação desta metodologia de determinação do vigor de plântulas (SVIS®) para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol seria uma contribuição de sucesso para o setor sementeiro.

Portanto, objetivou-se com esta pesquisa verificar a eficiência do sistema computadorizado de avaliação do vigor de plântulas (SVIS®) na avaliação do vigor de sementes de girassol.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Foram utilizados 6 lotes de sementes recém colhidas de duas cultivares de girassol (Helio 251 e Helio 253) submetidos a testes de vigor tradicionais e ao teste de germinação. Os resultados obtidos foram comparados com os calculados pelo sistema computadorizado SVIS® (Seed Vigour Imaging System). Os 6 lotes das duas cultivares foram avaliados após a colheita e após armazenados em condição de armazém convencional ($25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$) por 4 meses.

Para captura e processamento das imagens, foi realizado o teste de germinação com 4 repetições de 25 sementes colocadas para germinar em duas fileiras paralelas na superfície do papel toalha tipo germitest na forma de rolo. O papel umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes sua massa foi mantido em câmara de germinação tipo BOD regulada a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Foram realizados 3 avaliações: plântulas escaneadas aos 2 dias após montagem do teste; as mesmas plântulas avaliadas aos 2 dias e devolvidas no rolo, para avaliação aos três dias (avaliação com reposição) e plântulas escaneadas somente com 3 dias de germinação. As imagens foram captadas em scanner HP Scanjet 2004, montado de maneira invertida no interior de uma caixa de alumínio com 60 cm x 50 cm x 12 cm e operado por software Photosmart, com resolução de 98 dpi.

As plântulas de cada repetição foram transferidas do papel para uma folha de cartolina de cor preta com 30cm x 22cm (correspondente ao tamanho da área útil atingida pelo scanner), colocada sobre a plataforma interna da caixa metálica. As imagens foram escaneadas e analisadas pelo software Seed Vigor

Imaging System (SVIS®) desenvolvido para a cultura da soja (HOFFMASTER et al., 2003). Durante a análise o eixo raiz/hipocótilo de cada plântula foi marcado em vermelho e para a maioria das plântulas, o eixo foi identificado corretamente. Houve, no entanto, necessidade de se efetuarem correções manuais de erros de digitalização (com auxílio do “mouse”), como a complementação de uma parte de plântulas marcadas parcialmente, exclusão de plântulas com anormalidades extremas e inclusão de plântulas não computadas. Após a análise e avaliação de cada plântula, o software gerou automaticamente valores numéricos referentes a um índice de vigor (valores de 0 a 1000, diretamente proporcionais ao vigor), de uniformidade de desenvolvimento (0 a 1000) e de crescimento (também de 0 a 1000), além do comprimento de plântulas (através do posicionamento do mouse sobre cada plântula, indicando automaticamente o valor correspondente ao comprimento da plântula demarcada, em milímetros).

Estipulou-se para o tamanho máximo das plântulas, os valores de 3,75 cm para as plântulas com 2 dias de germinação e 8,75 para plântulas com 3 dias de germinação (plântulas com comprimento de 0 cm geraram índice de crescimento 0, e plântulas com 3,75 aos 2 dias e 8,75 aos 3 dias geraram o índice de crescimento 1000). A combinação testada para obtenção do índice de vigor foi 70% crescimento (C) e 30% uniformidade (U). Os valores do índice de vigor são baseados na velocidade e uniformidade de desenvolvimento das plântulas das amostras de acordo com o possível crescimento (valor) máximo, estipulado para a cultura (HOFFMASTER et al., 2003).

Para a determinação do perfil dos lotes e comparação com os resultados da análise computadorizada, foram realizados os testes de emergência de plântulas, germinação, envelhecimento acelerado, sanidade, tetrazólio além da determinação do grau de umidade.

2.1 Grau de umidade

A determinação do grau de umidade foi efetuada pelo método de estufa a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 1992), utilizando-se 2 repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2 Emergência de plântulas

Foi realizado utilizando 200 sementes por lote, divididas em quatro repetições. As 50 sementes de cada repetição foram colocadas em bandejas plásticas com dimensões de 60 cm x 40 cm x 10 cm contendo como substrato areia + terra na proporção de 2:1, na capacidade de retenção de água de 70%. As bandejas com as sementes foram mantidas em câmara de crescimento regulada para 25 °C. As avaliações de plântulas emersas foram feitas aos 7 dias para obtenção do **Estande Inicial** e 14 dias após a montagem do teste para o **Estande final**. O **Índice de Velocidade de Emergência (IVE)** foi calculado com os dados obtidos das contagens diárias do número de plântulas emersas, segundo Maguire (1962).

2.3 Germinação

Para o **teste de germinação** foram utilizadas oito repetições de 25 sementes por lote. O substrato empregado foi rolo de papel do tipo germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. As sementes foram postas para germinar em câmara de germinação com temperatura regulada para 25 °C. As avaliações do número de sementes germinadas foram realizadas diariamente para obtenção do **Índice de Velocidade de Germinação-IVG**, aos 4 dia após a montagem do teste

computou-se o número de plântulas normais (**Primeira Contagem de Germinação**) (BRASIL, 1992). Os resultados de **germinação** foram expressos em porcentagem de plântulas normais com avaliação aos 10 dias.

2.4 Envelhecimento acelerado

Foi conduzido de acordo com a metodologia recomendada pela Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983). Oito repetições de 25 sementes por lote foram dispostas sobre uma tela de alumínio fixada a um gerbox. Em cada gerbox foram colocados 40 mL de água, e em seguida mantidos em BOD a 42 °C por 96 horas. Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme Brasil (1992).

2.5 Sanidade

O teste de sanidade foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro sem congelamento (NEERGAARD, 1979) com 8 repetições de 25 sementes por lote. As sementes foram distribuídas em placa de Petri de 15 cm de diâmetro contendo três folhas de papel filtro previamente esterilizadas e umedecidas em solução de 2,4-D. As sementes foram incubadas a 20 °C ± 2 °C, em câmara com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, durante sete dias. Para a identificação de patógenos presentes nas sementes, foi utilizado lupa estereoscópica e microscópio ótico. A incidência foi avaliada em porcentagem de sementes com fungos.

2.6 Tetrazólio

Os aquênios foram imersos em água, entre papel, por 15 horas a 25 °C, para a retirada do pericarpo. As sementes foram cortadas longitudinalmente entre os cotilédones até o centro da semente conforme prescrição das regras para análise de sementes da International Seed Testing Association - ISTA (2003). As sementes foram imersas em água destilada de 15 a 30 minutos para retirada da membrana. Posteriormente as sementes foram colocadas na solução de tetrazólio na concentração de 0,075% e mantidas em estufa pelo período de uma hora a temperatura de 35 °C (FONTINÉLLI; BRUNO, 1997). As sementes foram classificadas em viáveis e inviáveis, seguindo padrão proposto pela ISTA (2003).

2.7 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Os lotes foram comparados estatisticamente por meio de análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foram calculados os coeficientes de correlação entre os índices fornecidos pelo sistema computadorizado para análise de imagens de plântulas SVIS® e os demais testes realizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial das sementes de girassol variou de 7 a 8%. Após armazenamento por 4 meses o grau de umidade variou em função do lote e cultivar (Tabela 1). Maior higroscopicidade foi observada no lote 1, tanto para cultivar Helio 251 como para Helio 253 e menores teores de água foram observados no lote 2 para a cultivar Helio 253. A variação observada no teor de água deve-se provavelmente a diferença de qualidade dos materiais que podem apresentar maior ou menor permeabilidade do tegumento conforme o grau de deterioração (BILIA; MARCOS FILHO; NOVENBRE, 1998), constituição química (VIEIRA JÚNIOR et al., 1999) e condições de produção e manejo (DIAS, 2001).

Tabela 1 Teor de água (%) dos diferentes lotes de sementes de girassol, cultivar Helio 251 e Helio 253, armazenados em armazém convencional

Lote	Helio 251	Helio 253
1	9,1	9,1
2	7,8	6,7
3	7,8	8,0
4	8,1	8,1
5	7,1	7,4
6	7,8	7,6

3.1 Cultivar Helio 251

Para a caracterização do perfil dos lotes, verifica-se que para as sementes recém colhidas da cultivar Helio 251 (Tabela 2), os lotes 5 e 6 foram superiores na primeira contagem de germinação e germinação, sendo também nestes lotes observado uma menor porcentagem de plântulas anormais infeccionadas. Para o índice de velocidade de germinação não houve separação dos lotes em diferentes níveis de qualidade. Já para o teste de tetrazólio, os lotes

1 e 5 foram considerados inferiores aos demais. A variação nos resultados pode ocorrer pela ação de fungos que interferem nos resultados dos testes que envolvem germinação em substrato papel. O teste de tetrazólio apresenta limitações de utilização, justamente no caso da espécie apresentar alto índice de patógenos associados. Pinto et al. (2009) também verificaram a interferência de patógenos na germinação de sementes de pinhão manso e diferenças em relação aos resultados do teste de tetrazólio.

Tabela 2 Valores médios de índice de velocidade de germinação - IVG, primeira contagem de germinação – PC(%), germinação – G(%), anormais infeccionadas – AI(%) e tetrazólio para a cultivar Helio 251, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	IVG*	PC	G	AI	TZ
1	11,77	66 b	80 b	19 a	95 b
2	11,54	65 b	76 b	18 a	100 a
3	11,50	67 b	81 b	15 a	100 a
4	11,27	57 c	76 b	20 a	100 a
5	11,96	74 a	91 a	7 b	94 b
6	11,79	75 a	88 a	9 b	98 a
CV(%)		11,62	8,06	48,24	2,10

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Nos testes de envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e estande final, não houve diferenciação de lotes em diferentes níveis de qualidade. Entretanto observa-se uma tendência de superioridade dos lotes 5 e 6, conforme resultados anteriores. Para estande inicial, o lote 5 apresentou melhor qualidade fisiológica.

Tabela 3 Valores médios envelhecimento acelerado – EA(%), índice de velocidade de emergência - IVE, estande inicial – EI(%) e estande final – EF(%) para a cultivar Helio 251, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	EA*	IVE*	EI	EF*
1	71	8,67	90 b	92
2	75	8,52	87 b	88
3	73	8,69	90 b	91
4	75	8,42	85 b	88
5	76	9,23	95 a	96
6	78	8,86	89 b	93
CV(%)			3,36	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

*Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Após quatro meses de armazenamento não foi observado o mesmo comportamento em termos de separação de lotes. Na avaliação do índice de velocidade de germinação, primeira contagem e tetrazólio não houve diferenciação dos lotes em diferentes níveis de qualidade (Tabela 4), o que não foi observado nos resultados de germinação, onde os lotes 2 e 5 foram classificados como os de pior qualidade fisiológica.

Tabela 4 Valores médios de índice de velocidade de germinação - IVG, primeira contagem de germinação – PC(%), germinação – G(%), anormais infeccionadas – AI(%) e tetrazólio – TZ(%) para a cultivar Helio 251, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	IVG*	PC	G	AI	TZ*
1	11,64	55 a	66 a	30 a	98
2	11,76	51 a	60 b	35 a	96
3	11,60	53 a	68 a	21 b	99
4	11,64	62 a	75 a	21 b	97
5	11,58	41 a	56 b	38 a	99
6	12,05	60 a	65 a	32 a	97
CV(%)		24,93	15,14	31,07	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Observa-se que os lotes 2, 3 e 5 foram inferiores aos demais no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 5). No estande inicial e final, houve uma tendência de inferioridade dos lotes 2 e 5.

Tabela 5 Valores médios envelhecimento acelerado – EA(%), índice de velocidade de emergência - IVE, estande inicial – EI(%) e estande final – EF(%) para a cultivar Helio 251, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	EA	IVE*	EI*	EF
1	59 a	9,95	82	83 a
2	50 b	9,12	77	77 a
3	47 b	10,41	83	84 a
4	67 a	9,79	87	88 a
5	55 b	10,24	79	80 a
6	61 a	9,34	85	86 a
CV(%)	17,57			5,65

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

As diferenças em termos de variação na qualidade dos lotes antes e após armazenamento se justificam principalmente pela incidência de *Alternaria* sp. nas sementes recém colhidas (Tabela 6). Esse fungo segundo Humpherson-Jones (1992) pode afetar drasticamente a germinação por seus danos causados às plântulas.

Observa-se pelos resultados do teste de sanidade (Tabela 6), que a incidência de *Alternaria* sp. foi drasticamente reduzida com o armazenamento, resultados já esperados uma vez que fungos de campo tendem a diminuir seu potencial de infecção ao longo do armazenamento (TANAKA; MAEDA; PLAZAS, 2001). Da mesma forma, os fungos de armazenamento tendem a aumentar ao longo do tempo, o que pode ser confirmado pelo aumento do percentual de incidência de *Aspergillus* sp. (MEDINA; TAKANAKA; PARISI, 2009).

Para sementes recém colhidas (Tabela 6) não houve diferença marcante em relação à porcentagem de fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. nos diferentes lotes, exceto para o lote 6 onde observou-se porcentagem de incidência inferior do fungo de *Alternaria* sp.o que poderia explicar a alta germinação deste lote nas sementes recém colhidas .

Na análise geral dos resultados, para as sementes armazenadas da cultivar Helio 251 observa-se qualidade fisiológica inferior dos lotes 2 e 5 e superior do lote 4. Um dos aspectos que pode ter afetado a germinação do lote 5 que na época inicial era considerado de qualidade superior em relação aos demais foi a qualidade sanitária do lote, que apresentou a maior porcentagem de incidência de *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. (Tabela 6). Para os demais lotes não foi observada diferença marcante na incidência de fungos.

Tabela 6 Porcentagem (%) dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. nos diferentes lotes de sementes de girassol para a cultivar Helio 251

Lote	<i>Aspergillus</i> sp.		<i>Alternaria</i> sp.	
	Recém colhidas	Armazenadas	Recém colhidas	Armazenadas
1	15	24	24	1
2	21	27	30	6
3	20	23	35	4
4	18	26	36	8
5	19	38	30	23
6	18	17	20	11

Os resultados do índice de vigor, de uniformidade de desenvolvimento, de crescimento e de comprimento de plântulas obtidos pelo SVIS® para as sementes recém colhidas da cultivar Helio 251 são apresentados nas Tabelas 7.

De um modo geral a avaliação das plântulas com dois dias após semeadura não possibilitou a separação de lotes em diferentes níveis de qualidade, exceção feita para o comprimento de plântulas que possibilitou a distinção dos lotes 3, 4, e 5 como os e qualidade superior, resultados esses não

coincidentes com a classificação dos testes tradicionais que classificaram os lotes 5 e 6 como de melhor qualidade. Aos três dias de avaliação já houve a separação dos lotes nos diferentes níveis de qualidade. Na avaliação das plântulas aos três dias com reposição o lote 4 foi considerado superior aos demais e o lote 6 o de pior qualidade fisiológica. Para o índice de vigor (IV3), de crescimento (IC3) e comprimento de plântulas (CP3) calculados com 3 dias de germinação os lotes 4, 5 e 6 foram menos vigorosos, resultados que não coincidem com as avaliações tradicionais efetuadas antes do armazenamento. A análise computadorizada SVIS® não detectou diferenças significativas entre os índices de uniformidade calculados.

Quando se compara a avaliação feita com e sem reposição das plântulas no rolo, observa-se da mesma forma resultados conflitantes em relação à separação dos lotes em diferentes níveis de qualidade. Esses resultados permitem inferir que há necessidade de maior adequação do programa usado para sementes de girassol.

Tabela 7 Valores médios de índice de vigor – IV; de uniformidade de desenvolvimento – IU; de crescimento – IC e comprimento de plântulas (cm) – CP para os diferentes tipos de avaliação: (2) avaliação aos 2 dias de germinação; (3R) avaliação aos 3 dias de germinação usando as mesmas plântulas de 2 dias (com reposição); (3) avaliação aos 3 dias de germinação - para a cultivar Helio 251, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	IV2*	IV3R	IV3
1	564	743 b	776 b
2	591	739 b	743 b
3	633	737 b	875 a
4	673	869 a	608 c
5	624	757 b	651 c
6	583	614 c	633 c
CV(%)		4,38	7,46
Lote	IU2*	IU3R*	IU3*
1	831	832	831
2	843	835	825
3	865	848	828
4	861	854	831
5	853	845	848
6	877	852	809
Lote	IC2*	IC3R	IC3
1	449	704 b	753 b
2	483	697 b	709 b
3	534	689 b	896 a
4	593	875 a	513 c
5	527	719 b	568 c
6	457	511 c	558 c
CV(%)		6,67	10,37
Lote	CP2	CP3R	CP3
1	1,29 b	5,38 b	5,35 b
2	1,40 b	5,75 b	5,04 b
3	1,64 a	5,53 b	6,43 a
4	1,80 a	6,89 a	4,17 c
5	1,60 a	5,87 b	4,61 c
6	1,39 b	4,08 c	4,49 c
CV(%)	13,59	8,05	10,79

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Após armazenamento, os resultados do índice de vigor, de uniformidade de desenvolvimento, de crescimento e de comprimento de plântulas, para as sementes da cultivar Helio 251 são apresentados na tabela 8.

Não houve distinção dos lotes em diferentes níveis de qualidade para os índices de vigor IV2 e IV3. O mesmo pode ser observado para os índices de uniformidade IU2 e IU3, comprimento de plântulas CP2 e CP3 e índices de crescimento IC2 e IC3.

Na a avaliação das plântulas aos 3 dias com reposição, observa-se superioridade de resultados para os lotes 1, 3 e 4 para o índice de vigor, sendo os lotes 5 e 6 classificados como inferiores. Para o índice de uniformidade os lotes 1 e 3 foram superiores aos demais. Para o comprimento de plântulas os lotes 1 e 4 foram os de melhor qualidade fisiológica e os lotes 5 e 6 os de pior, resultado este observado também para o índice de crescimento aos 3 dias com reposição. Para as sementes armazenadas, conforme observado para as sementes recém colhidas, não foi possível a classificação dos lotes pelo SVIS® de maneira semelhante aos testes tradicionais de avaliação da qualidade de sementes.

Tabela 8 Valores médios de índice de vigor – IV; de uniformidade de desenvolvimento – IU; de crescimento – IC e comprimento de plântulas (cm) – CP para os diferentes tipos de avaliação: (2) avaliação aos 2 dias de germinação; (3R) avaliação aos 3 dias de germinação usando as mesmas plântulas de 2 dias (com reposição); (3) avaliação aos 3 dias de germinação - para a cultivar Helio 251, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	IV2*	IV3R	IV3*
1	739	811 a	672
2	683	738 b	726
3	681	775 a	706
4	702	795 a	679
5	707	682 c	690
6	660	666 c	659
CV(%)		4,36	
Lote	IU2*	IU3R	IU3*
1	862	858 a	828
2	859	840 b	845
3	836	886 a	817
4	841	838 b	840
5	868	837 b	852
6	855	806 b	829
CV(%)		2,80	
Lote	IC2*	IC3R	IC3*
1	687	790 a	606
2	608	694 b	676
3	616	728 b	659
4	643	776 a	610
5	638	616 c	621
6	577	605 c	587
CV(%)		6,15	
Lote	CP2*	CP3R	CP3*
1	2,08	6,46 a	4,92
2	1,86	5,68 b	5,55
3	1,87	5,82 b	5,35
4	1,93	6,41 a	5,02
5	1,94	5,07 c	5,05
6	1,75	4,94 c	4,80
CV(%)		6,63	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

3.2 Cultivar Helio 253

Na caracterização do perfil dos lotes das sementes recém colhidas, cultivar Helio 253, observa-se desempenho inferior dos lotes 1, 3 e 6 na primeira contagem de germinação e 1 e 6 na germinação (Tabela 9). Para o índice de velocidade de germinação, plântulas anormais infeccionadas e tetrazólio não houve diferença significativa entre os lotes.

Tabela 9 Valores médios de índice de velocidade de germinação - IVG, primeira contagem de germinação – PC(%), germinação – G(%) e anormais infeccionadas – AI(%) para a cultivar Helio 253, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	IVG*	PC	G	AI*	TZ*
1	10,15	46 b	62 b	20	98
2	10,80	64 a	74 a	16	96
3	10,65	46 b	73 a	18	97
4	10,62	60 a	78 a	13	99
5	11,18	59 a	73 a	18	99
6	10,59	52 b	69 b	19	99
CV(%)		14,99	12,76		

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Os mesmos resultados de germinação foram observados para o envelhecimento acelerado, destacando-se os lotes 1 e 6 como os de qualidade inferior (Tabela 10). No entanto, neste teste o lote 2 também foi considerado de qualidade inferior. O mesmo pode ser observado nos testes de estande inicial e final, onde embora o efeito de lotes não foi estatisticamente significativo, houve uma tendência de inferioridade dos lotes 1, 2 e 6 em relação aos demais. Para o índice de velocidade de emergência não houve diferenciação dos lotes em diferentes níveis de qualidade.

Tabela 10 Valores médios envelhecimento acelerado – EA(%), índice de velocidade de emergência - IVE, estande inicial – EI(%) e estande final – EF(%) para a cultivar Helio 253, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	EA	IVE*	EI*	EF*
1	58 b	6,90	72	77
2	53 b	7,02	75	77
3	63 a	7,51	83	86
4	66 a	7,75	82	83
5	69 a	7,78	82	87
6	56 b	7,95	76	83
CV(%)	12,17			

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Já após o armazenamento, na primeira contagem de germinação não houve diferenciação dos lotes em diferentes níveis de qualidade (Tabela 11). Entretanto observa-se uma tendência de superioridade dos lotes 4 e 5. Embora não se observe efeito estatisticamente significativo de lotes nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, estande inicial e estande final, a tendência de superioridade dos lotes 4 e 5 foi mantida (Tabelas 11 e 12). Nestes lotes houve uma menor porcentagem de plântulas anormais infeccionadas no teste de germinação.

Tabela 11 Valores médios de índice de velocidade de germinação - IVG, primeira contagem de germinação – PC(%), germinação – G(%) e anormais infeccionadas – AI(%) para a cultivar Helio 253, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	IVG*	PC	G*	AI	TZ*
1	10,78	36 a	48	41 a	97
2	11,08	42 a	54	38 a	99
3	10,55	30 a	42	45 a	98
4	10,33	45 a	59	27 b	97
5	11,08	54 a	63	29 b	98
6	11,34	37 a	45	48 a	98
CV(%)		26,57		37,11	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Tabela 12 Valores médios envelhecimento acelerado – EA(%), índice de velocidade de emergência - IVE, estande inicial – EI(%) e estande final – EF(%) para a cultivar Helio 253, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	EA*	IVE*	EI*	EF*
1	41	8,37	73	73
2	45	7,92	70	71
3	40	8,60	72	72
4	46	8,36	74	74
5	48	9,42	78	79
6	42	8,25	71	71

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

A qualidade sanitária das sementes de girassol cultivar Helio 253 pode ser observada na Tabela 13. A incidência do fungo *Alternaria* sp. foi drasticamente reduzida com o armazenamento, conforme observado também para a cultivar Helio 251.

Para sementes recém colhidas a maior porcentagem dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. foi observada para o lote 1 e 2 respectivamente. Já para as sementes armazenadas, os lotes 4 e 5 apresentaram baixa incidência de *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. o que coincide com a porcentagem inferior de

plântulas anormais infeccionadas exibida na Tabela 11. A associação de sementes com *Alternaria* sp. pode produzir grandes prejuízos pelo fato de causar infecções em sementes e ser transmitido por elas (NEERGAARD, 1977).

Tabela 13 Porcentagem (%) dos fungos *Aspergillus* sp. e *Alternaria* sp. nos diferentes lotes de sementes de girassol para a cultivar Helio 253

Lote	<i>Aspergillus</i> sp.		<i>Alternaria</i> sp.	
	recém colhidas	armazenadas	recém colhidas	armazenadas
1	33	25	25	3
2	24	33	27	4
3	22	13	15	5
4	26	13	18	2
5	32	18	19	3
6	25	23	24	1

Na análise geral dos resultados dos testes tradicionais de avaliação do vigor para a cultivar Helio 253 observa-se coerência na separação dos lotes. Para as sementes sem armazenamento, os lotes 1, 2 e 6 foram os de pior qualidade fisiológica, já para as sementes armazenadas, de maneira geral, os lotes 4 e 5 foram considerados superiores aos demais.

Para as sementes recém colhidas, os resultados do índice de vigor, de uniformidade de desenvolvimento, de crescimento e de comprimento de plântulas, cultivar Helio 253, são apresentados nas Tabelas 14.

Observa-se nos que a análise computadorizada SVIS® não detectou diferenças significativas entre os índices de uniformidade calculados.

Na análise das plântulas de 3 dias com reposição, o índice de vigor calculado pelo programa (IV3R) possibilitou a separação dos lotes em quatro níveis de qualidade, sendo os lotes 2 e 3 mais vigorosos e o 6 de pior qualidade. Para o comprimento de plântula (CP3R) e índice de crescimento (IC3R) essa tendência de separação dos lotes foi mantida, no entanto, esses parâmetros foram menos sensíveis, separando os lotes em apenas três níveis de qualidade.

Observa-se nos resultados da análise computadorizada obtidos na avaliação das plântulas aos 3 dias de germinação (IV3, CP3 e IC3), que de maneira geral, os lotes 3 e 4 foram os mais vigorosos e o 5 o de pior qualidade fisiológica. Os resultados do SVIS® calculados a partir de plântulas com 3 dias de germinação não possibilitou a separação dos lotes de acordo com os testes de avaliação da qualidade dos lotes.

Já nos índices calculados a partir de plântulas com 2 dias de germinação (IV2, CP2 e IC2), os lotes 1 e 6 foram considerados de pior qualidade fisiológica, coerente com os resultados dos testes tradicionais de avaliação do vigor.

Tabela 14 Valores médios de índice de vigor – IV; de uniformidade de desenvolvimento – IU; de crescimento – IC e comprimento de plântulas (cm) – CP para os diferentes tipos de avaliação: (2) avaliação aos 2 dias de germinação; (3R) avaliação aos 3 dias de germinação usando as mesmas plântulas de 2 dias (com reposição); (3) avaliação aos 3 dias de germinação - para a cultivar Helio 253, sementes recém colhidas, em função de lotes

Lote	IV2	IV3R	IV3
1	469 b	717 c	634 b
2	543 a	916 a	610 b
3	582 a	837 b	720 a
4	547 a	738 c	671 a
5	537 a	697 c	579 b
6	494 b	623 d	648 b
CV(%)	6,16	6,56	5,68
Lote	IU1*	IU3R*	IU3*
1	799	833	829
2	835	860	820
3	842	810	840
4	832	813	807
5	833	822	832
6	864	834	810
Lote	IC2	IC3R	IC3
1	328 b	668 b	550 b
2	418 a	941 a	522 b
3	472 a	848 a	669 a
4	426 a	706 b	613 a
5	411 a	644 b	453 c
6	336 c	533 c	579 a
CV(%)	10,67	9,37	9,01
Lote	CP2	CP3R	CP3
1	0,99 b	5,43 b	4,47 c
2	1,27 a	7,62 a	4,24 c
3	1,41 a	7,09 a	5,50 a
4	1,25 a	5,82 b	4,98 b
5	1,24 a	5,47 b	3,69 d
6	1,01 b	4,30 c	4,71 b
CV(%)	11,43	8,69	9,16

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Para as sementes armazenadas, cultivar Helio 253, os resultados do índice, de vigor, de uniformidade, de desenvolvimento, de crescimento e o comprimento de plântulas, são apresentados na Tabela 15.

Observa-se que o índice de vigor calculado com plântulas de 2 dias de germinação (IV2), os lotes 4 e 5 foram os mais vigorosos. Os mesmos resultados foram observados para o índice de crescimento (IC2) e comprimento de plântulas (CP2), no entanto, esses parâmetros foram mais sensíveis, separando os lotes em três níveis de qualidade. Como verificado para as sementes recém colhidas, a avaliação das plântulas aos 2 dias mostrou maior coerência com os resultados dos testes tradicionais.

Já para os resultados do SVIS® utilizando plântulas com 3 dias de germinação com reposição, observa-se que para o índice de vigor (IV3R), o lote 2 foi inferior aos demais. Para o índice de crescimento (IC3R) e comprimento de plântulas (CP3R) não houve diferenciação dos lotes em diferentes níveis de qualidade.

Os índices calculados com plântulas de 3 dias de germinação não detectaram diferenças significativas entre os lotes. Os índices de uniformidade de desenvolvimento também não detectaram diferenças consistentes entre os lotes, exceto o índice de uniformidade aos 3 dias com reposição (IU3R), onde o lote 2 foi inferior aos demais.

Tabela 15 Valores médios de índice de vigor – IV; de uniformidade de desenvolvimento – IU; de crescimento – IC e comprimento de plântulas (cm) – CP para os diferentes tipos de avaliação: (2) avaliação aos 2 dias de germinação; (3R) avaliação aos 3 dias de germinação usando as mesmas plântulas de 2 dias (com reposição); (3) avaliação aos 3 dias de germinação - para a cultivar Helio 253, sementes armazenadas, em função de lotes

Lote	IV2	IV3R	IV3*
1	437 b	574 a	594
2	437 b	534 b	517
3	458 b	583 a	533
4	490 a	604 a	552
5	485 a	619 a	590
6	450 b	581 a	559
CV(%)	4,76	5,08	
Lote	IU2*	IU3R	IU3*
1	851	824 a	812
2	743	753 b	814
3	810	816 a	808
4	815	846 a	826
5	801	843 a	835
6	785	825 a	827
CV(%)		2,34	
Lote	IC2	IC3R*	IC3*
1	260 c	467	502
2	307 b	440	391
3	308 b	483	416
4	353 a	500	435
5	351 a	523	486
6	307 b	477	445
CV(%)	7,56		
Lote	CP2	CP3R*	CP3*
1	0,78 c	3,76	4,08
2	0,94 b	3,56	3,04
3	0,93 b	3,93	3,39
4	1,08 a	4,11	3,52
5	1,06 a	4,24	3,88
6	0,93 b	4,01	3,63
CV(%)	8,27		

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

* Médias não diferem entre si pelo teste de “F” a 5% de probabilidade

Pelos resultados obtidos na utilização do software SVIS® não foi possível caracterizar os lotes de maneira semelhante aos testes tradicionais de avaliação da qualidade das sementes de girassol, pois ocorreram muitas variações de resultados.

Para as sementes recém colhidas, cultivar Helio 251, os lotes 5 e 6 destacaram como vigorosos pelos testes tradicionais, fato não verificado pelos índices obtidos pelo SVIS®, nos quais esses lotes apresentaram baixa qualidade fisiológica. Já para as sementes armazenadas, embora os resultados do SVIS® indiquem a superioridade do vigor do lote 4 e inferioridade do lote 5, conforme os resultados dos testes tradicionais, o lote 2 considerado pouco vigoroso pelos outros testes de vigor foi intermediário na análise de imagem. O lote 6 destacou-se como pouco vigoroso pelo SVIS®, o que não foi verificado nos demais testes de avaliação do vigor.

Para a cultivar Helio 253, tanto para sementes recém colhidas como para as armazenadas, já houve um maior coerência dos resultados calculados pelo SVIS® com os obtidos nos testes tradicionais, quando a avaliação foi feita utilizando plântulas com 2 dias de germinação. Para as sementes não armazenadas, os lotes 1 e 6 destacaram-se como pouco vigorosos pelo SVIS®, o que foi verificado pelos demais testes, nos quais esses lotes apresentaram baixa qualidade fisiológica. O mesmo ocorreu com as sementes armazenadas, onde os lotes 4 e 5 foram considerados de qualidade superior nos demais testes e no SVIS®. Já os índices obtidos com plântulas de 3 dias de germinação não mostraram relação direta com os testes de avaliação da qualidade inicial dos lotes.

Apesar dos testes tradicionais mostrarem coerência na separação dos lotes de sementes de girassol, no SVIS® esses resultados não foram observados. Isto pode ser confirmado pelos resultados da análise de correlação entre os índices calculados pelo SVIS® e os demais testes (Tabelas 1, 2, 3 e 4, ANEXO

A). Observa-se que tais testes não propiciaram classificações semelhante dos lotes, sendo que de maneira geral não houve correlação significativa entre os testes. Sabe-se que as sementes de girassol, por serem oleaginosas, são mais suscetíveis ao ataque de patógenos (JOCKER; JEPSSEN, 2003). Gomes et al. (2006) verificaram que a presença de fungos em sementes de girassol estavam relacionados os baixos percentuais de vigor e germinação e alto índice de plântulas anormais infeccionadas. Entretanto como as avaliações no SVIS® ocorreram com plântulas de 2 e 3 dias de germinação, ainda não havia efeito do fungo, uma vez que para sementes de girassol, a presença de fungos foi detectada a partir do 4º dia de germinação. Segundo Piveta et al. (2010) os microrganismos podem causar anormalidades e lesões nas plântulas, bem como deterioração de sementes, principalmente em testes realizados em incubadoras ou germinadores, que dão condições ideais para o desenvolvimento e a disseminação de alguns dos fungos, causando apodrecimento das sementes e dificultando o diagnóstico correto da qualidade fisiológica do lote. A influência dos fungos nos resultados dos testes de avaliação da qualidade inicial das sementes, fato não observado na avaliação pelo SVIS®, pode ser um dos motivos da discordância dos resultados.

O Sistema de análise de imagens SVIS® foi considerado promissor para diversas espécies, como alface (PEÑALOZA et al., 2005; SAKO et al., 2001), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), milho (HOFFMASTER et al., 2005; OTONI; MCDONALD, 2005), algodão (OTONI; MCDONALD; TAY, 2010) e soja (HOFFMASTER et al., 2003, 2005; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Já Tohidloo e Kruse (2009), com sementes de colza (*Brassica napus* L.), verificaram que a avaliação do vigor pelo SVIS®, não foi eficiente. O mesmo ocorreu com sementes de girassol, que apesar da maior coerência dos resultados calculados pelo SVIS® com os obtidos nos testes tradicionais para a cultivar Helio 253, o mesmo não foi observado para a cultivar Helio 251. Desta maneira,

os resultados desta pesquisa proporcionaram resultados interessantes a respeito da determinação do potencial fisiológico de sementes de girassol, havendo ainda necessidade de maior adequação da metodologia para a espécie *Helianthus annuus*. Os valores do índice de vigor utilizados como uma estimativa do vigor das sementes pode não se adequar para algumas espécies. O crescimento e as características morfológicas das plântulas precisam ser levados em consideração ao adaptar as diferentes espécies ao tipo de sistema de análise de imagem (TOHIDLOO; KRUSE, 2009).

Apesar dos testes tradicionais utilizados para avaliar a qualidade de sementes permitirem a diferenciação de lotes, o sistema computadorizado de análise de plântulas SVIS® não possibilitou a diferenciação da qualidade entre os lotes de sementes de girassol, necessitando assim de estudos adicionais com refinamento das técnicas para verificação de sua utilização para sementes desta espécie.

4 CONCLUSÃO

A análise computadorizada de imagens de plântulas de girassol, provenientes do teste de germinação com o uso do software SVIS®, desenvolvido para soja, nem sempre apresenta resultados compatíveis com os testes tradicionais.

A resposta da avaliação do vigor pelo SVIS® depende da cultivar e das características do lote, como sua sanidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Washington, 1983. 93 p. (Contribution, 32).

BILIA, D. A. C.; MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Conservação da qualidade fisiológica de sementes de *Inga uruguensis* Hook. Et Arn. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 48-54, jan./fev. 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SND/CLAV, 1992. 365 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Girassol: comparativo de área, produtividade e produção safras 2008/09 e 2009/2010**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11f5ab2fd21d8c71cdeba0aa2943fa7d..pdf>>. Acesso em: 8 set. 2010.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seednew**, Madison, v. 5, n. 6, 2001. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed56/artigocapa56a.shtml>>. Acesso em: 18 jul. 2010.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol: alguns comentários**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-de-Girassol.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

FONTINÉLLI, I. S. C.; BRUNO, R. L. A. Aferição da metodologia para teste de tetrazólio em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 5., 1997, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: ABRATES, 1997. p. 123.

GOMES, D. P. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de girassol cultivadas em Timon, MA. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 32, n. 3, p. 291-293, jul./set. 2006.

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 1, p. 95-100, Jan. 2009.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. Controlled deterioration test. In: _____. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995. p. 70-78.

HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, Oct. 2003.

_____. The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 1, p. 7-24, Jan. 2005.

HUMPHERSON-JONES, F. M. Epidemiology and control of dark leaf spot of brassicas. In: CHELKOWSKI, J.; VISCONTI, A. (Ed.). **Alternaria: biology, plant diseases and metabolites**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 267-288.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International rules for seed testing**. London, 2003. 288 p.

JOKER, D.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. seed leaflet. **Humbleback**, Denmark, v. 83, n. 2, p. 1-2, 2003.

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

MARCOS FILHO, J. et al. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 507-519, Mar. 2006.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 102-112, jan./fev. 2009.

MARTINS NETTO, D. A.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 75-80, jan./fev. 1995.

MEDINA, P. F.; TAKANAKA, M. A. S.; PARISI, J. J. D. Sobrevivência de fungos associados ao potencial fisiológico de sementes de triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 17-26, jul./ago. 2009.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The MacMillan, 1979. v. 1, 839 p.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The MacMillan, 1977. v. 2, 1191 p.

OLIVEIRA, S. R. S.; NOVENBRE, A. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de pimentão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 22., 2003, Gramado. **Anais...** Londrina: ABRATES, 2003. p. 276.

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B.; TAY, D. The use of X-Rays for seed vigor classification of cotton seeds. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, 2010. In press.

PEÑALOZA, P. et al. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigor imaging system. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 8, n. 3, p. 1-9, 2005.

PINTO, T. L. F. et al. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 195-2001, mar./abr. 2009.

PIVETA, G. et al. Superação de dormência na qualidade de sementes e mudas: influência na produção de *Senna multijuga* (L. C. Rich.) Irwin & Barneby. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 281-288, 2010.

SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 625-636, Sept. 2001.

SEKHARAN, S. **Aged soybean seeds: their physiology and vigo assessment**. 2006. 180 f. Thesis (Ph.D. in Phylosophy) - The Ohio State University Columbus, Columbus, 2005.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; PLAZAS, I. A. H. Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, jul./set. 2001.

TOHIDLOO, G.; KRUSE, M. Development of an image analysis aided seedling growth test for winter oilseed rape and verifi cation as a vigour test. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 37, n. 1, p. 98-109, Apr. 2009.

VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, J. C. **Controle de qualidade de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113 p.

VIEIRA JÚNIOR, P. A. et al. Estimativas do potencial total de água em sementes, usando modelos não lineares. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 87-92, jan./fev. 1999.

ANEXOS

Tabela 1A Valores médios da correlação entre os testes de Índice de Velocidade de Germinação- IVG, Primeira contagem de germinação – PC, Germinação – G, Anormais infeccionadas – AI, Envelhecimento acelerado – EA, Índice de velocidade de emergência – IVE, Estande inicial – EI, Estande final – EF e Tetrázólio, e os índices calculados pelo SVIS para a cultivar Helio 251, sementes recém colhidas

		IVG	PC	G	AI	EA	IVE	EI	EF	TZ
IV1	Pearson Correlation	-,376	-,216	-,061	-,065	,497*	-,211	-,310	-,193	,327
	Sig. (2-tailed)	,070	,312	,778	,763	,013	,323	,141	,365	,119
IU1	Pearson Correlation	-,102	-,016	,260	-,274	,179	,075	,149	,222	,169
	Sig. (2-tailed)	,636	,940	,220	,195	,404	,727	,488	,297	,431
CP1	Pearson Correlation	-,380	-,184	-,070	-,067	,481*	-,199	-,324	-,181	,305
	Sig. (2-tailed)	,067	,390	,745	,755	,017	,350	,123	,398	,147
IC1	Pearson Correlation	-,378	-,223	-,108	-,026	,498*	-,237	-,352	-,242	,313
	Sig. (2-tailed)	,069	,296	,616	,903	,013	,266	,091	,255	,137
IV2	Pearson Correlation	-,198	-,504*	-,294	,283	,139	-,173	-,270	-,264	,100
	Sig. (2-tailed)	,354	,012	,163	,181	,518	,419	,202	,213	,641
IU2	Pearson Correlation	-,276	-,250	,055	-,025	,107	,368	,231	,252	-,089
	Sig. (2-tailed)	,192	,239	,799	,909	,619	,077	,277	,234	,678
CP2	Pearson Correlation	-,253	-,461*	-,312	,228	,264	-,221	-,316	-,350	,218
	Sig. (2-tailed)	,233	,023	,138	,284	,213	,299	,133	,094	,306
IC2	Pearson Correlation	-,174	-,535**	-,377	,355	,091	-,232	-,322	-,330	,134
	Sig. (2-tailed)	,417	,007	,069	,089	,671	,276	,125	,115	,531
IV3	Pearson Correlation	,091	,020	-,045	,077	-,311	,126	,228	,082	,164
	Sig. (2-tailed)	,674	,926	,835	,719	,139	,559	,285	,704	,444
IU3	Pearson Correlation	,101	-,071	,143	-,072	,106	,330	,299	,158	-,174
	Sig. (2-tailed)	,639	,743	,504	,738	,623	,115	,156	,460	,416
CP3	Pearson Correlation	,080	,025	-,065	,091	-,327	,103	,206	,076	,195
	Sig. (2-tailed)	,712	,909	,763	,672	,119	,633	,334	,725	,362
IC3	Pearson Correlation	,045	-,027	-,177	,188	-,377	,031	,125	-,030	,196
	Sig. (2-tailed)	,836	,900	,409	,379	,069	,884	,560	,889	,360

Tabela 2A Valores médios da correlação entre os testes de Índice de Velocidade de Germinação- IVG, Primeira contagem de germinação – PC, Germinação – G, Anormais infeccionadas – AI, Envelhecimento acelerado – EA, Índice de velocidade de emergência – IVE, Estande inicial – EI, Estande final – EF e Tetrazólio, e os índices calculados pelo SVIS para a cultivar Helio 251, sementes armazenadas

		IVG	PC	G	AI	EA	IVE	EI	EF	TZ
IV1	Pearson Correlation	-,300	,003	,004	-,103	-,258	,153	,172	,166	,016
	Sig. (2-tailed)	,155	,990	,984	,632	,223	,476	,421	,439	,941
IU1	Pearson Correlation	-,317	-,122	-,372	,258	,006	-,017	-,011	-,030	-,191
	Sig. (2-tailed)	,131	,570	,074	,223	,979	,938	,958	,889	,371
CP1	Pearson Correlation	-,277	,029	,058	-,150	-,265	,170	,193	,190	,060
	Sig. (2-tailed)	,191	,892	,787	,485	,211	,426	,366	,373	,782
IC1	Pearson Correlation	-,257	,034	,097	-,180	-,290	,176	,196	,194	,064
	Sig. (2-tailed)	,225	,874	,652	,401	,169	,411	,358	,365	,768
IV2	Pearson Correlation	-,419*	,343	,415*	-,617**	-,338	,360	,382	,385	-,103
	Sig. (2-tailed)	,041	,101	,044	,001	,107	,084	,065	,063	,631
IU2	Pearson Correlation	-,325	,011	,018	-,196	-,690**	,466*	,490*	,496*	,094
	Sig. (2-tailed)	,121	,961	,932	,358	,000	,022	,015	,014	,661
CP2	Pearson Correlation	-,378	,366	,422*	-,596**	-,201	,256	,292	,278	-,164
	Sig. (2-tailed)	,069	,078	,040	,002	,347	,227	,166	,188	,445
IC2	Pearson Correlation	-,356	,365	,421*	-,588*	-,217	,306	,321	,309	-,138
	Sig. (2-tailed)	,087	,079	,041	,002	,308	,146	,126	,142	,520
IV3	Pearson Correlation	,251	-,007	,097	-,031	,126	,026	,135	,104	-,360
	Sig. (2-tailed)	,237	,973	,653	,884	,557	,903	,530	,630	,084
IU3	Pearson Correlation	,217	,108	,189	-,151	,319	-,237	-,168	-,193	-,083
	Sig. (2-tailed)	,309	,616	,376	,481	,129	,265	,432	,366	,698
CP3	Pearson Correlation	,224	,021	,121	-,058	,096	,086	,195	,169	-,394
	Sig. (2-tailed)	,292	,921	,573	,789	,656	,689	,361	,430	,057
IC3	Pearson Correlation	,209	,006	,094	-,035	,080	,078	,182	,153	-,375
	Sig. (2-tailed)	,327	,978	,663	,870	,711	,718	,395	,476	,071

Tabela 3A Valores médios da correlação entre os testes de Índice de Velocidade de Germinação- IVG, Primeira contagem de germinação – PC, Germinação – G, Anormais infeccionadas – AI, Envelhecimento acelerado – EA, Índice de velocidade de emergência – IVE, Estande inicial – EI, Estande final – EF e Tetrázólio, e os índices calculados pelo SVIS para a cultivar Helio 253, sementes recém colhidas

		IVG	PC	G	AI	EA	IVE	EI	EF	TZ	
IV1	Pearson Correlation	,367	,153	,483*	-,057	-,041	,129	,070	,127	-,186	1
	Sig. (2-tailed)	,078	,474	,017	,793	,850	,547	,746	,553	,383	
IU1	Pearson Correlation	,206	,092	,156	,012	,151	,505*	,441*	,448*	,135	,357
	Sig. (2-tailed)	,334	,669	,466	,956	,481	,012	,031	,028	,530	,087
CP1	Pearson Correlation	,343	,155	,444*	-,022	-,120	-,023	-,085	-,002	-,262	,962**
	Sig. (2-tailed)	,101	,468	,030	,919	,575	,916	,693	,991	,216	,000
IC1	Pearson Correlation	,340	,139	,473*	-,062	-,078	,018	-,031	,028	-,229	,975**
	Sig. (2-tailed)	,104	,517	,019	,772	,715	,934	,887	,895	,282	,000
IV2	Pearson Correlation	,048	,189	,244	-,292	-,444*	-,172	-,167	-,112	-,471*	,508*
	Sig. (2-tailed)	,822	,376	,251	,166	,030	,420	,436	,603	,020	,011
IU2	Pearson Correlation	,049	,315	-,104	,041	-,400	-,073	,011	,033	,083	,119
	Sig. (2-tailed)	,819	,134	,629	,849	,053	,734	,958	,880	,700	,580
CP2	Pearson Correlation	,059	,199	,266	-,288	-,440*	-,179	-,165	-,117	-,487*	,526**
	Sig. (2-tailed)	,786	,352	,210	,173	,031	,403	,441	,586	,016	,008
IC2	Pearson Correlation	-,007	,168	,227	-,319	-,480*	-,248	-,231	-,189	-,441*	,421*
	Sig. (2-tailed)	,975	,432	,287	,129	,018	,242	,277	,376	,031	,040
IV3	Pearson Correlation	-,325	-,429*	,146	-,157	,474*	,067	-,066	,024	-,337	,249
	Sig. (2-tailed)	,121	,037	,497	,463	,019	,757	,759	,910	,107	,241
IU3	Pearson Correlation	-,156	-,287	-,108	,011	-,212	-,293	-,398	-,033	-,183	,201
	Sig. (2-tailed)	,467	,173	,614	,958	,321	,165	,054	,880	,392	,345
CP3	Pearson Correlation	-,347	-,467*	,092	-,108	,516**	,031	-,097	-,006	-,321	,244
	Sig. (2-tailed)	,096	,021	,668	,616	,010	,886	,652	,978	,127	,250
IC3	Pearson Correlation	-,350	-,442*	,103	-,119	,538**	,022	-,102	-,027	-,327	,245
	Sig. (2-tailed)	,093	,030	,632	,581	,007	,920	,636	,900	,119	,249

Tabela 4A Valores médios da correlação entre os testes de Índice de Velocidade de Germinação- IVG, Primeira contagem de germinação – PC, Germinação – G, Anormais infeccionadas – AI, Envelhecimento acelerado – EA, Índice de velocidade de emergência – IVE, Estande inicial – EI, Estande final – EF e Tetrazólio, e os índices calculados pelo SVIS para a cultivar Helio 253, sementes armazenadas

		IVG	PC	G	AI	EA	IVE	EI	EF	TZ
IV1	Pearson Correlation	-,144	,365	,396	-,415*	-,270	,376	,332	,326	-,070
	Sig. (2-tailed)	,501	,080	,055	,044	,201	,070	,113	,120	,744
IU1	Pearson Correlation	-,086	,010	,160	-,154	-,001	,278	,260	,191	-,141
	Sig. (2-tailed)	,689	,961	,456	,472	,998	,189	,220	,372	,512
CP1	Pearson Correlation	-,116	,357	,304	-,325	-,292	,239	,224	,256	-,025
	Sig. (2-tailed)	,588	,087	,148	,122	,167	,260	,292	,228	,907
IC1	Pearson Correlation	-,118	,388	,338	-,366	-,293	,248	,210	,242	-,003
	Sig. (2-tailed)	,584	,061	,106	,079	,164	,242	,326	,254	,990
IV2	Pearson Correlation	-,017	,310	,341	-,334	-,005	,015	-,097	-,074	-,131
	Sig. (2-tailed)	,936	,140	,103	,110	,983	,945	,654	,731	,542
IU2	Pearson Correlation	-,224	,015	,048	-,112	,071	,427*	,324	,294	-,312
	Sig. (2-tailed)	,292	,943	,824	,603	,740	,037	,123	,163	,138
CP2	Pearson Correlation	,083	,431*	,464*	-,420*	-,135	-,079	-,178	-,153	-,053
	Sig. (2-tailed)	,701	,036	,022	,041	,531	,714	,405	,475	,804
IC2	Pearson Correlation	,005	,445*	,466*	-,454*	-,180	-,057	-,187	-,147	-,046
	Sig. (2-tailed)	,982	,030	,022	,026	,401	,792	,380	,492	,831
IV3	Pearson Correlation	,060	-,118	-,231	,295	,165	,469*	,418*	,426*	-,179
	Sig. (2-tailed)	,779	,584	,277	,162	,442	,021	,042	,038	,403
IU3	Pearson Correlation	-,059	,178	,116	-,104	-,195	,241	,287	,256	-,138
	Sig. (2-tailed)	,783	,405	,589	,629	,360	,256	,174	,227	,521
CP3	Pearson Correlation	,085	-,142	-,253	,313	,228	,426*	,348	,363	-,142
	Sig. (2-tailed)	,692	,509	,233	,137	,284	,038	,095	,081	,508
IC3	Pearson Correlation	,077	-,161	-,271	,336	,212	,456*	,393	,408*	-,164
	Sig. (2-tailed)	,720	,452	,201	,108	,319	,025	,057	,048	,443