



U F A L

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA



C E C A

**AVALIAÇÃO DE TESTES DE VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
GERGELIM EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E DO POTENCIAL
OSMÓTICO**

Katharina Maria Gouveia Pacheco

Rio Largo – AL
2010

KATHARINA MARIA GOUVEIA PACHECO

**AVALIAÇÃO DE TESTES DE VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
GERGELIM EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E DO POTENCIAL
OSMÓTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto

Co - Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vilma Marques Ferreira

**Rio Largo - AL
2010**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

- P116a Pacheco, Katharina Maria Gouveia.
Avaliação de testes de vigor e germinação de sementes de gergelim em função da temperatura e do potencial osmótico / Katharina Maria Gouveia Pacheco. – Rio Largo, 2010.
60 f. : il.
- Orientador: João Correia de Araújo Neto.
Co-orientadora: Vilma Marques Ferreira.
Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal e Produção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2010.
- Bibliografia: f. 49-60.
1. Fisiologia vegetal. 2. Gergelim – Germinação. 3. *Sesamum indicum*. 4. Estresse hídrico. 5. Estresse salino. I. Título.

CDU: 582.952.2:631.53.01

DEDICO

*A minha mãe **Rosa Maria Gouveia Pacheco**, minha grande incentivadora que nunca mediu esforços na nossa educação. Ao meu pai **Jorge José Soares Pacheco**, que me mostrou o que é ser um profissional responsável e dedicado ao seu trabalho. Ao meu filho **Jorge José Luiz**, que é o amor da minha vida e o motivo de todos os meus esforços. Ao meu marido **Luciano Ferreira**, que sempre esteve ao meu lado me amando e me apoiando.*

*Também não posso deixar de dedicar esse trabalho a minha grande amiga **Silvia Sanielle Costa de Oliveira**, que me ajudou em cada etapa e me incentivou a concluir essa jornada.*

A minha eterna gratidão!

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me mostrou que tudo na vida quando é realizado com amor, por mais difícil que seja, vale a pena.

A minhas irmãs, Karollina Pacheco e Kathianna Pacheco pelo carinho e compreensão.

Ao professor João Correia de Araújo Neto que se dispôs a me orientar e sempre o fez com profissionalismo, competência e paciência.

A Universidade Federal de Alagoas e o Centro de Ciências Agrárias pela oportunidade da realização desse curso.

Aos professores e ao programa de Pós-graduação em Agronomia pelo apoio e compreensão.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPAL, pela bolsa de estudos concedida.

A professora Dra. Angelina Bossi Fraga, pela amizade e apoio.

Ao professor Aloísio Martins pelo apoio.

A Embrapa Algodão, pela doação das sementes para a realização desse trabalho.

Aos colegas Silvia Sanielle Costa, Alexandre Rios, Clíssia Barbosa, Euménes Tavares e Gilcilene Martins pela ajuda constante durante toda a pesquisa.

Aos colegas de laboratório Sâmia Malta, Laíne Sampaio, Romel Vilela, Bruno Lessa, Sihélio Cruz e Patrícia pela inesquecível amizade.

Aos funcionários do laboratório de Análise de Sementes Gerônimo, Casimiro, Ana e Simone pela agradável convivência.

Aos funcionários da pós-graduação Geraldo Lima e Marcos pela constante ajuda e amizade.

A todas as pessoas que me ajudaram, de alguma forma, a concluir essa etapa da minha vida.

Muito Obrigada!

RESUMO

PACHECO, K. M. G. **Avaliação de testes de vigor e germinação de sementes de gergelim em função da temperatura e do potencial osmótico.** 2010. 61p. Dissertação de Mestrado (Agronomia Produção Vegetal e Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, estado de Alagoas, 2010.

O potencial fisiológico de sementes, o qual é determinado pela germinação e vigor, é o principal responsável pelo desempenho das sementes em campo. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento germinativo em função da temperatura e estresse hídrico e salino, bem como estudar diferentes testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de duas cultivares de gergelim (*Sesamum indicum* L.). Para tanto, foram utilizadas sementes de gergelim, dos cultivares G2 e G4, provenientes da Embrapa Algodão, localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias da UFAL. Inicialmente foi realizado teste de germinação, em seguida avaliou-se o vigor das sementes de gergelim através dos testes de primeira contagem, comprimento de plântula e matéria seca, os quais foram realizados em condições controladas de luz, temperatura e umidade. Logo após foram realizados os testes de emergência, primeira contagem de plântulas emergidas, comprimento de plântula e matéria seca, sendo que esses testes foram realizados em condições não controladas. Também foi realizado teste de envelhecimento acelerado com temperatura de 41°C nos períodos de 48 e 72 horas. Foi realizado também teste de condutividade elétrica utilizando os períodos de embebição 2, 6, 10, 24, 30 e 48 horas, as leituras foram realizadas em medidor de condutividade e os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$. Avaliou-se também o comportamento germinativo das sementes de gergelim diante de diferentes temperaturas (15°C, 25°C, 30°C, 40°C, 45°C e alternada 20-30°C), como também o desempenho fisiológico em relação à ambientes com pouca disponibilidade de água e ambientes salinizados, através do estresse hídrico (soluções de PEG 6000) e salino (soluções de NaCl), respectivamente. As temperaturas de 15°C e 45°C inibiram a germinação das sementes de gergelim; as temperaturas de 25°C e 30°C produziram resultados satisfatórios; O gergelim apresentou baixa tolerância ao estresse hídrico e salino com redução da germinação a partir do potencial osmótico -0,2 MPa; Os testes de vigor estudados podem constituir alternativas promissoras para avaliação do vigor de sementes de gergelim, mas há necessidade de estudos adicionais para determinação dos procedimentos mais adequados para sua condução.

PALAVRAS-CHAVE: Germinação. Estresse hídrico. Estresse salino. Oleaginosa.

ABSTRACT

PACHECO, K. M. G. **Evaluation of vigor tests and germination of sesame seeds as a function of temperature and osmotic potential**. 2011. 61p. Dissertação de Mestrado (Agronomia Produção Vegetal e Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, estado de Alagoas, 2011.

The physiological potential of seeds, which is determined by germination and vigor, is primarily responsible for the performance of seeds in the field. Thus, the present study aimed to assess the germination behavior as a function of temperature and water stress and salinity, as well as studying different vigor in evaluating the physiological quality of two cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). It had been used sesame seeds, the G2 and G4 cultivars, from Embrapa Cotton, in the city of Campina Grande, Paraíba. Evaluations were performed at the Laboratory of Seed Analysis Centre of Agricultural Sciences UFAL. Was initially conducted a germination test, then evaluated the effect of sesame seeds through the tests of the first count, seedling length and dry matter, which was performed under controlled light, temperature and humidity. Soon after tests were performed emergency first count of seedlings, seedling length and dry matter, and those tests were performed under uncontrolled conditions. Was also performed accelerated aging test temperature of 41 ° C in periods of 48 and 72 hours. Was also carried out electrical conductivity using the soaking periods 2, 6, 10, 24, 30 and 48 hours, readings were taken in the conductivity meter and the results expressed in $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$. We also evaluated the germination behavior of sesame seeds before different temperatures (15 ° C, 25 ° C, 30 ° C, 40 ° C, 45 ° C and alternating 20-30 ° C), as well as the physiological performance in relation to environments with limited water environments and salinized, by water stress (PEG 6000) and salt (NaCl solutions), respectively. Temperatures of 15 C and 45 ° C inhibited the germination of sesame seeds, the temperatures of 25 ° C and 30 ° C produced satisfactory results; The sesame showed low tolerance to drought and saline with reduced germination from the osmotic potential -0.2 MPa; The vigor tests studied may be promising alternatives for assessing the effect of sesame seeds, but no need for additional studies to determine the procedures best suited to your driving.

Key words: Germination. Water stress. Salt stress. Oilseed.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Frequência relativa (Fr) da germinação de sementes de gergelim cv. G2 e cv. G4 em diferentes temperaturas. (Nt = número total de sementes germinadas e T= temperatura).....	34
FIGURA 2. Porcentagem (%), Índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de plântula inteira de plântulas de <i>Sesamum indicum</i> , cultivar G2, submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de PEG 6000 e cloreto de sódio (NaCl).....	36
FIGURA 3. Porcentagem (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de plântula de <i>Sesamum indicum</i> , cultivar G4, submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de PEG 6000 e cloreto de sódio (NaCl).	38

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1. Concentração de PEG 6000 e NaCl utilizados para obter diferentes níveis de potencias osmóticos.....	27
TABELA 2. Porcentagem de germinação (%G) e comprimento de plântula (CP) de dois cultivares de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) submetidas a diferentes temperaturas.....	30
TABELA 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) de dois cultivares de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) submetidas a diferentes temperaturas.....	31
TABELA 4. Porcentagem de germinação (G), emergência de plântula (EP), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (PCE) e comprimento de plântulas (CPG e CPE) de seis lotes de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>). Cv. G2. Sob condições controladas e não controladas.....	42
TABELA 5. Porcentagem de germinação (G), emergência de plântula (EP), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (PCE) e comprimento de plântulas (CPG e CPE) de seis lotes de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), Cv. G4, Sob condições controladas e não controladas.....	44
TABELA 6. Resultados do teste de envelhecimento acelerado submetidos aos períodos de 48 horas e 72 horas sob temperatura de 41°C: teste de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântula (CP), matéria seca (MS) e teor de água final (TA), de seis lotes de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), Cv. G2.....	45
TABELA 7. Resultados do teste de envelhecimento acelerado nos períodos de 48 horas e 72 horas sob temperatura de 41°C: teste de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântula (CP), matéria seca (MS) e teor de água final (TA), de seis lotes de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), Cv. G4.....	46
TABELA 8. Cultivar G2: condutividade elétrica – embebição de 100 sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em 75 mL de água destilada, a 25°C.....	47
TABELA 9. Cultivar G4: condutividade elétrica – embebição de 100 sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em 75 mL de água destilada, a 25°C.....	48

SUMÁRIO

Pág.

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. O gergelim.....	14
2.2. Efeito da temperatura na germinação das sementes.....	15
2.3. Efeito de estresse hídrico e salino na germinação das sementes.....	17
2.4. Vigor de sementes.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Localização da área experimental.....	25
3.2. Obtenção das sementes.....	25
3.3. Teor de água das sementes.....	25
3.4. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de gergelim em função da temperatura.....	25
3.5. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de gergelim.....	26
3.6. Avaliação do potencial fisiológico das sementes através de diferentes testes de vigor.....	27
3.7. Procedimento estatístico.....	28
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Efeito da temperatura na germinação de sementes de gergelim.....	30
4.2. Efeito do estresse hídrico e salino no desempenho germinativo de sementes de duas cultivares de gergelim.....	34
4.3. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim através de diferentes testes de vigor.....	40
4.4. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de gergelim submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.....	44
4.5. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de gergelim submetidas ao teste de condutividade elétrica.....	47
5. CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Avaliar o potencial fisiológico é imprescindível em um programa de controle de qualidade das sementes, pois através dessa avaliação podem-se obter informações sobre o desempenho das sementes. O teste de germinação é utilizado rotineiramente, mas, por ser conduzido sob condições ambientais favoráveis pode fornecer resultados que superestimem o potencial fisiológico das sementes. Por esse motivo foram desenvolvidos testes de vigor que visam avaliar o comportamento das sementes sob diferentes condições ambientais e com isso complementar as informações obtidas pelo teste de germinação.

É comum alguns testes de vigor serem implantados na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grandes culturas, como por exemplo, o teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja e o de condutividade elétrica para sementes de ervilha. Porém, para sementes de gergelim os trabalhos são escassos com relação à avaliação do seu potencial fisiológico.

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma oleaginosa, de alto teor nutritivo, que pode ser considerada uma alternativa para os pequenos e grandes agricultores, principalmente os da região Nordeste do Brasil. Fatores como, a sua adaptação a regiões semi-áridas, preços compensadores, facilidade de cultivo, produção de óleo (tanto para alimentação quanto para produção de energia) e amplas possibilidades de rendimentos, fazem do gergelim uma opção interessante para essa região, não só por ser mais uma alternativa de renda e fonte de proteína, mas, também, por existir no Brasil um mercado crescente nos setores alimentício, cosmético e fitoterápico (BARROS et al., 2001), e também o setor de bioenergia. Segundo Muller ET AL. (1997), existe no Brasil uma área estimada em 5 milhões de hectare para se plantar gergelim. Isso porque suas sementes contêm cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, que pode ser usado nas indústrias alimentar, química, farmacêutica e bioenergética (MORETTO E ALVES, 1986).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento germinativo de sementes de gergelim em função da temperatura e estresses hídrico e salino, bem como comparar diferentes testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de dois cultivares de gergelim.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), planta da família Pedaliácea, é originário da Índia e uma das oleaginosas mais antigas utilizadas pela humanidade, havendo registro de seu cultivo há mais de 4.300 anos antes da era cristã nos países do Oriente Médio, Egito, Irã, Índia e China, sendo classificado, também, como *S. orientale* L. (BELTRÃO et al., 2001).

De acordo com o mesmo autor, a produção mundial é estimada em 3,16 milhões de toneladas, obtidas em 6,56 milhões de hectares, com produtividade de 481,40kg/ha⁻¹, sendo a Índia e Myanmar responsáveis por 49% da produção mundial. O Brasil participa apenas com 15 mil toneladas produzidas em 25 mil hectares, com rendimento em torno de 600 kg/ha⁻¹,

Dependendo do cultivar, o gergelim pode ser uma planta anual ou perene, de altura variando entre 0,5 a 3m, caule ereto, com ou sem ramificações ou pêlos e de seção quadrangular ou cilíndrica. Com razoável nível de heterofilia, as folhas são pecioladas e pubescentes. As flores são completas e axilares, gamopétalas e zigomorfas, e o fruto do tipo cápsula com deiscência loculicida (BELTRÃO et al., 1994).

De acordo com Barros et al. (2001), essa espécie apresenta ampla adaptabilidade em ambientes de clima quente, apresentando bom nível de resistência à seca e facilidade de cultivo, características que a transformam em excelente opção de diversificação agrícola e grande potencial econômico, nos mercados nacional e internacional.

Da semente é extraído o óleo, semelhante ao de oliva, muito rico em ácidos graxos insaturados, como o oléico (47%) e linoléico (41%), que são utilizados na indústria alimentar e química, além de vários constituintes secundários como sesamol, sesamina, sesamolina e gama tocoferol que determinam sua elevada qualidade, em especial sua estabilidade química devido à resistência à rancificação por oxidação, propriedade atribuída ao sesamol. Além dessas características, o óleo de gergelim apresenta também elevado valor nutricional, devido a quantidades significativas de vitaminas, principalmente do complexo B e constituintes minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio (ARAÚJO et al., 2010).

A torta de gergelim, subproduto da extração do óleo pode ser destinada à alimentação humana e animal, sem quaisquer restrições em virtude de seu alto teor de

proteína (39,77%) e baixo teor de fibras (4,7%). Obtida por prensagem dos grãos a torta possui ainda 8,2% de umidade, 12,8% de óleo, 22,8% de carboidratos e 11,8% de cinzas (ARAÚJO et al., 2006).

2.2 Efeito da temperatura na germinação de sementes

A germinação das sementes é um fenômeno biológico, definido do ponto de vista botânico ou morfológico como a retomada do crescimento do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela raiz primária (MARCOS FILHO, 1999). Do ponto de vista agrônomo ou tecnológico, passa a ser definida como a emergência da plântula no solo ou a formação de uma plântula vigorosa no substrato utilizado.

Compreende diversas etapas como, a fase de hidratação, onde por meio da embebição e do potencial mátrico das sementes há absorção de água; fase de metabolismo ativado, com crescimento celular pela divisão e alongamento no embrião, havendo a ativação de diversas enzimas após a hidratação e síntese de novas enzimas necessárias para o metabolismo celular, com o aumento da taxa de respiração e a hidrólise; mobilização e assimilação das reservas para a obtenção de produtos essenciais à futura planta em crescimento (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

De acordo com Valadares et al. (2008), o teste de germinação é um dos meios mais utilizados para se determinar o nível de qualidade das sementes, sendo realizado em condições controladas e favoráveis para que a semente possa expressar ao máximo o seu potencial germinativo. Para ser conduzido, o referido teste deve seguir alguns pré-requisitos apresentados nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e por organizações internacionais como a International Seed Testing Association (ISTA) e a Association of Official Seed Analysts (AOSA).

O teste de germinação compreende todo esse processo germinativo onde no decorrer dessas etapas será avaliada a qualidade fisiológica da semente. No entanto, cada espécie exige determinadas condições para iniciar o processo, como suprimento adequado de água, temperatura e substrato, para expressar seu máximo potencial, permitindo assim determinar seu valor para a semeadura (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

Ainda que os resultados dos testes de germinação apresentem alto grau de confiabilidade sob o aspecto de reprodutibilidade dos resultados e possibilidade de utilização como base para a fiscalização do comércio, o mesmo não ocorre quando se

trata da utilização de lotes para a semeadura em campo, onde, com grande frequência, os resultados de emergência das plântulas podem ser consideravelmente inferiores aos observados para a germinação em laboratório. Consequentemente foram desenvolvidos testes de vigor que visam proporcionar informações adicionais ao teste de germinação. Com isso, a classificação da semente, no que diz respeito a sua qualidade fisiológica, passou a ser bem mais acurada (MARCOS FILHO, 1999).

Sabe-se, porém, que alguns fatores podem alterar ou mesmo comprometer os resultados do teste de germinação e de vigor, dentre eles merecem destaque o grau de umidade das sementes, a temperatura, tamanho da sementes e genótipo (MARCOS FILHO, 2005).

Com relação à temperatura, Floss (2008) e Kerbauy (2004) mencionam que, a germinação só ocorre dentro de determinados limites, nos quais existe uma faixa em que a germinação é máxima. As temperaturas de germinação não apresentam um valor específico, mas geralmente três pontos críticos podem ser identificados chamadas temperaturas cardeais, ou seja, temperatura máxima (acima da qual não há germinação), mínima (abaixo da qual não há germinação em tempo razoável) e ótima (o número máximo de sementes germinam num período de tempo mínimo).

A temperatura ótima para a germinação varia de acordo com as espécies, sendo definida geneticamente e, também, em função das condições fisiológicas das sementes (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). Constata-se esse fato quando observamos as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), onde se encontram as temperaturas ideais para germinação de diferentes espécies, como por exemplo, para *Triticum aestivum* 15 e 20°C e *Helianthus annuus* onde a temperatura pode ser alternada, variando entre 20 a 30°C, ou fixa em 25°C ou 30°C. Em outras culturas já são definidas temperaturas alternadas como ótima, por exemplo 20-30°C para *Sesamum indicum*, *Brassica hirta* e *Capsicum frutescens* e 17-30°C para *Mormodica charantia*.

De acordo com Marcos Filho (2005), o fato das espécies exigirem temperaturas alternadas pode estar associado à sua dormência, mas a alternância também pode beneficiar outras sementes que normalmente não apresentam essa característica, como é o caso das sementes de gergelim (BRASIL, 2009).

A temperatura apresenta grande influência tanto na porcentagem como na velocidade de germinação, influenciando a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo (BEWLEY E BLACK, 1994). De acordo com Castro e Vieira (2001), a germinação somente ocorrerá entre

determinados limites de temperatura e será tanto mais rápida e eficiente, quanto mais tempo esta permanecer próxima ao valor ótimo para cada espécie.

2.3 Efeito de estresse hídrico e salino na germinação de sementes

Na produção vegetal, a água desempenha papel fundamental, de maneira que sua deficiência ou seu excesso afeta de forma decisiva o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Em particular, na semente, o conhecimento do estado da água é essencial para o estudo do desenvolvimento e da germinação. Além disso, as relações hídricas podem fornecer subsídios para explicar o comportamento fisiológico de sementes (VILELLA E MARCOS FILHO, 1998).

A primeira etapa da germinação se processa com a absorção de água pela semente, mediante embebição. A velocidade de absorção da água é determinada por fatores intrínsecos como composição química, permeabilidade do tegumento e a qualidade fisiológica da semente (MARCOS FILHO, 2005), e por fatores externos como luz e temperatura, e outros relativos às condições do solo como pH, nível salino e teor de umidade (SOUZA FILHO et al., 1998), sendo a disponibilidade de água o fator principal que influencia no processo germinativo.

A água além de ser o fator iniciante da germinação, está também envolvida, direta ou indiretamente, em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólitos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

A absorção de água promove a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). De acordo com Marcos Filho (2000), tanto a organização da estrutura celular como a cadeia de processos bioquímicos anabólicos e catabólicos dependem da presença e da atuação da água.

Para que ocorra a hidratação é necessário que a semente desenvolva potencial hídrico mais negativo que o do ambiente, ocorrendo, assim, a movimentação da água para o interior da semente. Este é um processo natural para o qual a maior parte das espécies estão adaptadas (BORGES et al., 1994).

Potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo (ÁVILA et al., 2007). Por outro lado, segundo Borges e Rena (1993), o excesso de umidade em geral provoca decréscimo na germinação, uma vez que impede a difusão do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante.

Em condições de campo, as sementes poderão estar sujeitas a situações adversas de excesso ou déficit hídrico (PERRY, 1981), como conseqüência, surge a necessidade de aprofundamento dos estudos com relação à resposta germinativa da semente em condições de estresses artificiais. Esses estudos constituem-se em ferramentas para um melhor entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação de determinadas espécies às condições de estresses naturais, como seca, calor e solos afetados por sais, a semelhança do Semi-árido Nordeste.

Segundo Larcher (2004), um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas aos estresses abióticos é a observação da capacidade germinativa das sementes nestas condições. Dessa forma, situações de estresse tem sido simulados em laboratório, utilizando soluções aquosas com diferentes potenciais osmóticos para umedecer o substrato de germinação, procurando simular as condições de estresse hídrico no solo (HARDEGREE E EMMERICH, 1994). O PEG e o manitol têm sido utilizados como agentes osmóticos que simulam condições de déficit hídrico, por serem compostos quimicamente inertes e não tóxicos para as sementes. Eles simulam a seca e não penetram no tegumento da semente devido ao tamanho de suas moléculas (ÁVILA et al., 2007 e VILLELA et al., 1991).

O potencial osmótico da solução regula a quantidade de água a ser absorvida e a semente passa pelas fases preparatórias essenciais à germinação (fase I e II), mas não atinge a fase de alongamento celular e conseqüente emergência da raiz primária (final da fase II), referente ao padrão trifásico da germinação proposto por Bewley e Black (1994). A queda na germinação em sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, como conseqüência haverá um menor desenvolvimento meristemático (POPINIGIS, 1985), e posteriormente ocorrerá diminuição da velocidade e da percentagem de germinação (ADEGBUYI et al., 1981).

O aumento da intensidade do estresse hídrico provoca redução da armazenagem do trifosfato de adenosina (ATP), desacoplamento nos processos da fosforilação oxidativa e danos nas membranas celulares (STREET E ÖPIK, 1983). Portanto, a capacidade da semente de germinar dentro de amplas condições é definida como

manifestação do vigor, que depende, entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local onde foram semeadas (KHAN, 1976). Essas condições nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos salinos e sódicos que ocorrem naturalmente em regiões áridas e semi-áridas (SANTOS et al., 1992), onde o processo de salinidade é maior em solos situados em região de baixa precipitação pluviométrica e que possuam lençol freático próximo da superfície (CODEVASF, 2006).

De acordo com Santos et al. (1992) e Carvalho e Nakagawa, (2000) essa salinização muitas vezes ocorre, também, devido a fertilização e a fertirrigação dos solos associadas à deficiência de sistema adequado para drenagem, além destes fatores relacionados às características do solo como pH, salinidade e teores de Al, exercem influência decisiva sobre a germinação da semente (CRUZ et al., 1995).

Os sais, segundo Tobbe et al., (2000) ocasionam inibição do crescimento tanto pelo efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultantes da concentração de íons no protoplasma. Para Ayers e Westcot (1991), os problemas de toxicidade normalmente surgem quando certos íons (sódio, cloro e boro), constituintes do solo ou da água, são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos, em concentrações suficientemente altas (tóxica) para provocar danos e reduzir seus rendimentos. O sódio, por exemplo, funciona como osmótico e salinizante, desestabilizando o equilíbrio $\text{Na}^+:\text{K}^+$ e acarretando rápida diminuição do crescimento (CUSTÓDIO et al., 2009).

Os fertilizantes minerais, por apresentarem, na sua maioria, efeitos osmóticos e salinos, podem comprometer a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas e raízes (KLUTHCOUSKI E STONE, 2003). O excesso de sais solúveis provoca uma redução do potencial hídrico do solo, diminuindo a absorção de água pela semente (CAVALCANTE E PEREZ, 1995; CARVALHO E NAKAGAWA, 2000) e também facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos, os quais se concentram no protoplasma (SANTOS et al., 1992; CAMPOS E ASSUNÇÃO, 1990). Além disso, interfere no desenvolvimento do estande inicial, desenvolvimento vegetativo das culturas, produtividade e, nos casos mais graves, causa a morte das plântulas (SILVA E PRUSKI, 1997).

Diversos trabalhos têm sido conduzidos com intuito de estudar o comportamento germinativo das sementes em ambientes com diferença hídrica causada pela ação do sal, como por exemplo, o de Machado Neto et al., (2006) com sementes de feijão, cuja germinação foi zero no potencial -1,2 Mpa; de Lima et al., (2005) onde houve

decréscimo na germinação em todas as cultivares, em função do aumento na concentração salina.

2.4 Vigor de sementes

As condições que as sementes encontram no solo para a germinação raramente são ótimas, pois há ali microorganismos que podem afetá-las, mesmo que os fatores físicos sejam favoráveis. Desta forma, lotes de sementes da mesma cultivar, com capacidade de germinação semelhante, podem apresentar diferenças marcantes na germinação e/ou emergência de plântulas em condições não controladas.

A falta de uma estreita relação entre a germinação obtida em laboratório e a emergência em campo foi responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor (NAKAGAWA, 2000). Em vista disso, a Association of Official Seed Analysts (AOSA), definiu vigor como sendo um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de ambiente.

A qualidade da semente utilizada no processo de produção agrícola é um dos principais fatores a ser considerado para implantação da cultura e há consenso entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes sobre a importância do vigor e a necessidade de avaliá-lo (TORRES, 2005). Assim, o potencial fisiológico das sementes deve ser comprovadamente elevado, o que exige o uso rotineiro de testes de vigor em programas de controle de qualidade, com benefício para todos os segmentos da produção de grandes culturas (MARCOS FILHO, 1999).

A qualidade de um lote de sementes resulta da interação de características que determinam o seu valor para a semeadura. Essas características estão relacionadas com o seu potencial fisiológico, tornando-se um atributo que irá demonstrar se a semente é viável ou não para o plantio. Essa “força” que a semente necessita para dar início e prosseguir normalmente com o processo de germinação está relacionada com o seu nível de energia, conseqüentemente, com o seu vigor, o qual servirá como parâmetro para determinar o seu potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2005)..

O vigor reúne um conjunto de características que poderiam ser consideradas como atributos independentes, como a velocidade de germinação, o crescimento de plântulas, a habilidade para germinar sob temperaturas subótimas e outras (MARCOS

FILHO, 2005), o que de certa forma, gera uma dificuldade para se estabelecer uma definição universal para o que vem a ser vigor de sementes.

O objetivo básico dos testes de vigor é a identificação precisa de “diferenças importantes” na qualidade fisiológica dos lotes comercializáveis, principalmente entre os que possuem poder germinativo semelhante. Em outras palavras, pretende-se distinguir, com segurança, lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho após a semeadura e/ou durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

Os testes de vigor têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para a determinação da qualidade fisiológica. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade e/ou para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 1999). Dessa forma, os testes de vigor foram desenvolvidos com o intuito de gerar informações que venham complementar as observações realizadas através do teste de germinação e não para substituí-lo.

De acordo com Spina e Carvalho (1986), a avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de semeadura e comercialização tem sido fundamentalmente baseada no teste de germinação. Lotes com alta homogeneidade são bem avaliados através do teste de germinação, entretanto, se o grau de heterogeneidade for elevado os testes de vigor irão avaliar melhor o desempenho destes lotes.

Sendo assim, Vieira (1994) menciona que cada tipo de teste tem sua eficiência na avaliação do vigor de sementes de determinadas culturas, não existindo, até o momento, nenhum teste de vigor que possa ser recomendado como padrão para todas ou mesmo para uma única espécie, uma vez que o vigor reflete a manifestação de várias características. Conforme Hampton e Coolbear (1990) a utilização de um único teste de vigor, seja este fisiológico, bioquímico ou de resistência a estresse, pode fornecer informações incompletas, mesmo para uma única espécie, quando o objetivo é avaliar o potencial de desempenho das sementes sob condições ambientais diversas. Devido a esses fatores é recomendável a utilização de vários testes de vigor para que os resultados obtidos gerem uma conclusão única e mais completa em que não haja dúvidas quanto à classificação das sementes ou de lotes em vigorosos e não vigorosos.

Dentre os testes utilizados encontra-se o teste de envelhecimento acelerado que, segundo a International Seed Testing Association – ISTA e a Association of Official Seed Analysts – AOSA é um dos mais convenientes para a avaliação do vigor, sendo este classificado como um teste que avalia o potencial fisiológico das sementes após

serem submetidas a uma condição de estresse, ocasionadas pela alta temperatura associada a umidade relativa do ar próxima a 100%, por determinado período de exposição (ROSSETTO E MARCOS FILHO, 1995).

A exposição das sementes a temperaturas e umidades elevadas provoca sérias alterações degenerativas no seu metabolismo, desencadeadas pela desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares, causadas principalmente pela peroxidação de lipídios (MARCOS FILHO, 1999). Dessa maneira, dá-se início o processo de deterioração, determinante para o equilíbrio funcional dos tecidos ativos de todos os organismos vivos, provocando a inativação progressiva do metabolismo e culminando com a morte da semente. Desse modo, sementes de baixa qualidade fisiológica deterioram-se mais rapidamente comparando-as as mais vigorosas, apresentando redução diferenciada da viabilidade (TORRES, 2005), ou seja, ela terá uma maior resistência com relação à ação sinérgica causada pela soma dos efeitos individuais da temperatura e umidade.

Segundo Marcos Filho (1999), deve existir uma atenção especial ao monitoramento da temperatura durante o teste, para que sejam obtidos resultados mais seguros, pois de acordo com Tomes et al. (1988), a elevação da temperatura promove efeitos mais drásticos sobre a germinação que o prolongamento do período de envelhecimento. Vários pesquisadores indicam temperaturas para determinada espécie como eficiente na realização do teste de envelhecimento, como por exemplo, 42°C para *Lycopersicon esculentum* Mill (NASCIMENTO ET AL., 1993); 41°C para *Lens esculenta* Moench. (FREITAS E NASCIMENTO, 2006); 38°C e 41°C para sementes de *Capsicum frutescens* L. (TORRES, 2005).

Com relação ao período de exposição, predominam na literatura pesquisas em que a eficiência desse teste é avaliada mediante a diferente sensibilidade de amostras ao envelhecimento. Após tentativas do uso de vários períodos de exposição, é muito comum a recomendação de um determinado período de envelhecimento com base no fato de que o mesmo foi capaz de identificar diferentes níveis de vigor entre amostras avaliadas, ainda que esse período possa causar níveis de estresse muito mais drásticos que os enfrentados pelas sementes durante o transporte, o armazenamento ou em condições de campo (MARCOS FILHO, 1999).

A interação temperatura/período de exposição também pode influenciar os resultados do teste, sendo um dos fatores mais estudados pelos pesquisadores da área (TORRES, 2004).

Altas temperaturas associadas a longos períodos de exposição podem ser prejudiciais para a semente, por exemplo, Maia et al. (2007), observaram que a temperatura de 45°C foi letal para sementes de *Triticum aestivum* nos períodos de 24, 48, 72 e 96 horas; Tunes et al. (2008), encontraram resultados semelhantes para *Avena sativa* L., onde a temperatura de 45°C também foi letal nos mesmos períodos utilizados; Nascimento et al. (1993), trabalhando com temperatura de 42°C no período de 96 horas observaram que essa interação foi letal para as sementes de *Lycopersicon esculentum*; Rossetto et al. (2004), utilizaram temperaturas de 42°C e períodos de exposição de 48 e 72 horas, com isso verificaram que 42°C associada 72 a horas afetou drasticamente as sementes, reduzindo a germinação de *Arachis hypogaea*.

Outro teste considerado de suma importância pela ISTA, é o teste de condutividade elétrica, sendo um dos mais indicados para estimar o vigor (HAMPTON E TEKRONY, 1995), devido a sua objetividade e rapidez, além da facilidade de execução na maioria dos laboratórios de análise de sementes, sem maiores despesas em equipamento e treinamento de pessoal (VIEIRA E KRZYZANOWSKI, 1999).

A avaliação da condutividade elétrica na solução de embebição de sementes, passou a ser usada e estudada para avaliar a qualidade fisiológica de várias espécies de sementes (VIEIRA, 1994), dentre as quais pode-se destacar o algodão (HOPPER e HINTON, 1987), a ervilha (NASCIMENTO e CÍCERO, 1991), o feijão (HAMPTON et al., 1992), o milho (VIEIRA et al., 1995) e a soja (HAMPTON et al., 1992; PANOBIANCO e VIEIRA, 1996) e várias outras espécies conforme relatado por Hampton e Tekrony (1995).

Para sementes de ervilha, de soja e de milho, de acordo com o procedimento tradicional, os resultados deste teste são obtidos após 24 horas de embebição, podendo ser este período reduzido para espécies que produzem sementes relativamente pequenas, como a maioria das hortaliças (VIEIRA E KRZYZANOWSKI, 1999). Como por exemplo, para sementes de pimentão (TORRES E MINAMI, 2000), tomate (RODO et al., 1998) e quiabo (DIAS et al., 1998), onde os resultados promissores foram obtidos após quatro horas de embebição.

Sementes armazenadas durante longos períodos perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando as sementes são embebidas. Essa ocorrência tem sido avaliada através da permeabilidade seletiva das membranas, geralmente detectada indiretamente pelo teste de condutividade elétrica (MARCOS FILHO, 2005).

Então, dentro do contexto de que o processo de deterioração da semente inicia-se com a perda da integridade das membranas celulares, a condutividade elétrica tem sido proposta como um teste para avaliar o seu vigor, uma vez que sementes com baixo vigor tendem a apresentar desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo um aumento na lixiviação de solutos, tais como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas e de íons inorgânicos, como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ (VIEIRA, 1994).

Muitos desses constituintes exsudados são essenciais para a germinação e alguns são necessários para a manutenção do potencial osmótico interno, responsável pela normalidade do movimento da tomada de água, além de manter o turgor celular necessário para a protrusão da raiz primária. Além disso, a liberação desses exsudados para o meio externo também estimula o desenvolvimento de microorganismos (MARCOS FILHO, 2005).

De acordo com Delouche e Baskin (1973), membranas mal estruturadas, desorganizadas e danificadas por insetos, mecanicamente e/ou por ação de armazenamento prolongado estão, geralmente, associadas ao processo de deterioração da semente, conseqüentemente reduzindo o seu vigor.

A capacidade de reorganização das membranas celulares e de reparar certo nível de danos é maior para sementes de mais alto vigor (HAMPTON E TEKRONY, 1995), sendo assim, quanto maior a velocidade com a qual a semente é capaz de restabelecer a integridade das membranas celulares, menor será a quantidade de lixiviados liberado para o meio externo (MARCOS FILHO, 1999).

O teste de condutividade elétrica classifica os lotes em termos de qualidade, expressando os valores em $\mu\text{mhos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$), o que não é facilmente compreendido pelos agricultores e comerciantes de sementes. Espécies com maiores dificuldades de embebição apresentarão maiores restrições quanto ao uso do teste e, portanto, merecem maiores estudos (VIEIRA E KRZYZANOWSKI, 1999). Para a execução do teste recomenda-se o uso de água destilada e/ou deionizada, onde a condutividade não seja superior a $3\text{-}5\mu\text{mhos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ (VIEIRA, 1994 e HAMPTON E TEKRONY, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os ensaios foram conduzidos no período de janeiro de 2008 a setembro de 2009, no Laboratório de Análise de Sementes e em abrigo telado localizados no Centro de Ciências Agrárias (CECA), pertencentes à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), situado a 9°28'01'' S, 35°49'32'' W e 141 m de altitude.

3.2 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

Foram utilizadas sementes de gergelim, das cultivares G2 e G4, provenientes da Embrapa Algodão, localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba. Após recebimento, foi realizada homogeneização com auxílio de divisor tipo solo, logo após foram armazenadas em câmara seca, regulada a temperatura de 20°C ± 3°C e 45% de umidade relativa do ar.

3.3 TEOR DE ÁGUA DAS SEMENTES

Para determinação do teor de água da semente foram utilizadas duas amostras de cada lote com aproximadamente 2,0 gramas cada. Para tanto, foi utilizado o método de estufa, à temperatura de 105°C ± 3°C durante 24 horas, e a porcentagem foi calculada com base no peso úmido aplicando-se a fórmula: $\%U = 100(P-p)/P-t$, onde P é o peso inicial (peso da sementes e sua tampa mais o peso da sementes úmida), p é o peso final (peso do recipiente e sua tampa mais o peso da sementes seca) e t é a tara (peso do recipiente com sua tampa), conforme prescrição das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE GERGELIM EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Para avaliação do comportamento germinativo, as sementes de gergelim, de ambas as cultivares, foram submetidas à assepsia utilizando água sanitária (2%) e em seguida lavadas em água destilada durante um minuto. Transcorrida esta etapa, as sementes foram colocadas em caixas plásticas transparente de 11x11x3cm (gerbox) utilizando papel de filtro umedecido como substrato, sendo incubadas em germinadores

regulados nas temperaturas constantes de 15°C, 25°C, 30°C, 40°C, 45°C e alternada 20-30°C. Cada tratamento consistiu de quatro repetições com 50 sementes cada.

A contagem das sementes foi realizada diariamente, onde foram consideradas germinadas, de acordo com o critério tecnológico, as sementes que originaram plântulas com suas estruturas essenciais, conforme Brasil (2009). Foram obtidos os dados de porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG), onde foi utilizada a seguinte fórmula, descrita por Maguire (1962):

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots G_n/N_n,$$

Sendo G_1 , G_2 e G_n o número de sementes germinadas e N_1 , N_2 e N_n o número de dias após a semeadura. No sexto dia foi realizado o comprimento de plântulas, onde, com o auxílio de uma régua milimetrada foi mensurado da ponta da raiz até o hipocótilo de todas as plântulas normais (KRZYZANOWSKI et al., 1991). Também foram calculadas as frequências relativas de germinação:

$$Fr = ni/\Sigma ni$$

Sendo ni o número de sementes germinadas por dia e Σni o número total de sementes germinadas (LABOURIAU E AGUDO, 1987).

3.5 EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE GERGELIM

Para avaliação da influência do potencial hídrico na qualidade fisiológica das sementes, o substrato papel de filtro utilizado nos testes de germinação foi embebido com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) e para avaliação do estresse salino foram utilizadas soluções de cloreto de sódio (NaCl). Os níveis de potenciais osmóticos utilizados para ambas as soluções foram: 0,0; -0,2; -0,4; -0,8 e -1,2 MPa. Para tanto, os gerboxes foram colocados em germinador tipo BOD a 25°C. Inicialmente, utilizou-se 15 mL de solução para umedecimento do substrato e, a cada 48 horas, as sementes foram transferidas para novos gerbox contendo 12 mL da solução para a manutenção do potencial osmótico. Para obtenção dos potenciais osmóticos desejados (Tabela 01), as soluções do PEG 6000 foram preparadas de acordo com Villela et al. (1991), e o preparo das soluções salinas foi realizado a partir da equação de Van't Hoff:

$$\Psi_{os} = -RTC$$

Onde Ψ_{os} é o potencial osmótico, $R = 0,082$ (atm . 1 . mol-10 k-1), T é a temperatura (°k) e C é a concentração (mol/1) (N de moles/l), conforme preconizam Braga et al., (1999).

Tabela 1 – Concentração de PEG 6000 e NaCl utilizadas para obter diferentes níveis de potenciais osmóticos.

Potencial osmótico(MPa)	PEG 6000 (g)/L H ₂ O	NaCl (g)/L H ₂ O
0,0	0,0	0,0
-0,2	119,571	2,63
-0,4	178,343	5,26
-0,8	261,946	10,53
-1,2	326,261	15,79

As contagens de sementes germinadas foram efetuadas diariamente durante o período de sete dias, sendo analisadas as seguintes variáveis: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântula, conforme metodologia já mencionada.

3.6 AVALIAÇÕES DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DAS SEMENTES ATRAVÉS DE DIFERENTES TESTES DE VIGOR

Para avaliação de diferentes testes de vigor, cada lote das sementes de gergelim correspondeu a um tratamento, com quatro repetições de 50 sementes cada. O vigor foi avaliado através dos seguintes testes: primeira contagem, realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se os dados obtidos no terceiro dia após a incubação; comprimento das plântulas normais; emergência de plântula, foi conduzido em abrigo telado, coberto com sombrite com 50% de infiltração solar, sem controle de temperatura e umidade, sendo a semeadura realizada em bandejas plásticas contendo areia de textura média esterilizada. Durante esse teste também foram avaliadas as variáveis: primeira contagem, porcentagem de plântulas emergidas e comprimento de plântula. Foram consideradas com anormais, plântulas com ausência ou deformação em uma de suas estruturas essenciais.

Para avaliação da matéria seca total, foram utilizadas as plântulas que foram mensuradas para obtenção do comprimento total após o período de envelhecimento, sendo colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 60°C durante 24 horas. Após esse período, o material seco foi pesado em balança eletrônica com precisão de 0,01g.

Teste de envelhecimento acelerado, realizado colocando-se uma camada única de sementes de cada lote sobre filó suspenso em caixas plásticas (gerbox) contendo 40mL de água destilada. As caixas foram mantidas a temperatura de 41°C por 48 e 72 horas. Ao termino de cada período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação conforme já descrito.

Teste de condutividade elétrica, conduzido pelo método de massa, de acordo com o procedimento proposto pelo comitê de vigor da ISTA (1995). Para tanto, foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes cada, contadas e pesadas em balança de precisão. Em seguida, as amostras foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e mantidas em câmaras a 25°C durante os períodos de 2, 6, 10, 24, 30 e 48 horas de embebição. As leituras foram realizadas em medidor de condutividade, modelo CD-850, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$.

3.7 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

Os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para fins de análise estatística, os dados de contagem de germinação foram transformados em arc. Seno $\sqrt{x}$, segundo Banzatto e Kronka (2006). Para análise dos dados originados do teste de germinação em diferentes temperaturas, foi realizado um fatorial 2x6 (cultivar x temperatura). Os dados provenientes do teste hídrico e salino foram submetidos à regressão polinomial.

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e em abrigo telado pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), situado a 9°28'01''S, 35° 49'32''W e 141 m de altitude.

Inicialmente frutos de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan foram colhidos com auxílio de tesoura aérea com cabo extensor, de várias árvores localizadas no campus da Universidade Federal de Alagoas, no período de outubro a dezembro de

2008, sendo conduzidas ao Laboratório de Análise de Sementes, onde as sementes foram extraídas manualmente, sendo em seguida homogeneizadas para a retirada daquelas chochas, mal formadas e danificadas por fungos e insetos.

As sementes apresentavam inicialmente 22% de umidade, determinado pelo método estufa a 105°C/24h, utilizando duas amostras de 2,5 gramas de sementes por ocasião de cada ensaio conforme prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito da temperatura na germinação de sementes de gergelim

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, constata-se que, tanto a porcentagem de germinação quanto o comprimento de plântulas foram estatisticamente semelhantes para as duas cultivares estudadas. Observa-se que a temperatura alternada de 20-30°C proporcionou a mais alta porcentagem de germinação, não diferindo das temperaturas constantes de 25°C e 30°C, salientando que essas duas temperaturas não diferiram da temperatura de 40°C que acarretou valores inferiores de germinação. Não houve germinação das sementes às temperaturas de 15°C e 45°C.

Com relação ao comprimento de plântula (Tabela 2), observa-se que a temperatura alternada comprometeu o crescimento das mesmas, ao contrário das temperaturas constantes de 30°C e 40°C, nas quais as plântulas atingiram maiores comprimentos.

Tabela 2 – Porcentagem de germinação (%G) e comprimento de plântula (CP) de dois cultivares de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) submetidas a diferentes temperaturas.

CULTIVAR	%G ⁺	CP
G2	71,99A	7,76A
G4	70,90A	7,69A
TEMPERATURA		
15°C	-	
25°C	72,68AB	5,63C
30°C	71,31AB	9,46A
40°C	66,47B	8,77A
45°C	-	
20-30°C	75,32A	7,04B
Valor de "F" para Cultivar (C)		0,061ns
Valor de "F" para Temperatura (T)		43,67**
Valor de "F" para (C x T)		1,28ns
CV (%)		9,58

⁺Dados transformados em arcsen $\sqrt{x/100}$

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey;

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, relacionados ao IVG, observou-se efeito significativo para a interação cultivar x temperatura constantes, onde as temperaturas de 25°C e 30°C e alternada de 20-30°C proporcionaram maiores valores

de velocidade quando comparadas a temperatura de 40°C, para a cultivar G2. Por sua vez, a temperatura alternada de 20-30°C ocasionou baixa velocidade de germinação, quando comparada às demais temperaturas, para a cultivar G4. Com relação ao cultivar G4, observa-se que a velocidade de germinação foi semelhante em todos os regimes de temperaturas estudados.

Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de dois cultivares de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) submetidas a diferentes temperaturas

CULTIVAR	TEMPERATURA (°C)					
	15°	25°	30°	40°	45°	20-30°
G2	-	14,9Aa	14,1Aa	13,0Ba	-	15,8Aa
G4	-	14,5Aa	14,9Aa	13,8Aa	-	14,2Ab
Valor de "F" para Cultivar (C)						0,0837ns
Valor de "F" para Temperatura (T)						4,32*
Valor de "F" para (C xT)						3,37*
CV (%)						6,35

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%, ns – não significativo, * significativo ao nível de 1% de probabilidade.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Valadares e Paula (2008), trabalhando com sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham, observaram que os tratamentos que proporcionaram baixa germinação também apresentaram plântulas com maior comprimento. Os mesmos autores mencionam que tal resposta ocorre devido à competição entre plântulas, pois, mesmo nas temperaturas em que houve baixa porcentagem de plântulas normais, estas se desenvolveram atingindo mais massa fresca e seca, por estarem sujeitas a uma menor competição entre elas. Resultados semelhantes também foram observados por Nakagawa (1999), onde lotes de sementes que apresentaram menor porcentagem de germinação apresentam maiores valores de massa seca de plântulas.

A temperatura afeta a velocidade e porcentagem de germinação, influenciando principalmente na absorção de água pela semente e em todas as reações bioquímicas e processos fisiológicos que determinam a germinação (POPINIGIS, 1985 e CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

É sabido que a temperatura alternada pode ou não acarretar melhor desempenho germinativo dependendo da espécie, como comentado por Carvalho e Nakagawa (2000), ao mencionarem que um grande número de espécies pode apresentar

desempenho germinativo favorável quando suas sementes são expostas a uma alternância de temperatura, semelhante ao que acontece no meio natural, em que as temperaturas diurnas são mais altas e as noturnas menores.

Tal comportamento germinativo foi observado em sementes de *Solanum sessiliflorum* quando colocadas para germinar em temperaturas alternadas de 20-30°C e 25-30°C (LOPES E PEREIRA, 2005); em *Cnidosulus phyllacanthae* (SILVA E AGUIAR, 2004); sementes de *Amaranthus deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis* (CARVALHO E CHRISTOFFOLETI, 2007). Ao passo que em outras espécies tal desempenho foi prejudicado, quando suas sementes foram colocadas para germinar em temperatura constante, como, por exemplo, em sementes de *Genipa americana* L. (ANDRADE et al., 2000).

De acordo com Vázquez-Yanes e Orozco Segovia (1984), citado por Silva e Aguiar (2004), esse comportamento em relação à flutuação de temperatura pode ser devido ao fato de que para algumas espécies, cujas sementes estão adaptadas a responder flutuações térmicas, existem mecanismos enzimáticos que funcionam em diferentes temperaturas. Assim, a germinação ocorre adequadamente apenas quando houver variação térmica durante o processo catalisado por essas enzimas. Para Ferreira e Borghetti (2004), o efeito da alternância de temperatura é uma resposta difícil de ser quantificada, pois pode ser extremamente variável em termos de tempo de exposição, magnitude da variação entre a temperatura alta e a baixa, número de ciclos de exposição etc.

Para a temperatura de 15°C, no decorrer dos seis dias de incubação das sementes, não ocorreu germinação e as sementes permaneceram estáveis, sem infestação por fungos ou indícios de deterioração. Ao passo que para a temperatura de 45°C algumas sementes chegaram a emitir radícula, porém apresentavam aparência anormal, com colo muito grosso e raiz pequena e fina, mostrando coloração escurecida.

Para Larcher (2004), os extremos de temperatura ambiente provocam alterações internas nas sementes, dificultando o processo germinativo, sendo tais danos, algumas vezes irreversíveis. O calor acelera o movimento das moléculas, as ligações químicas que associam os átomos tornam-se mais fracas e as camadas de lipídios das membranas tornam-se mais fluidas. Por outro lado, sob baixas temperaturas, as membranas ficam mais rígidas e há aumento da energia de ativação necessária para realizar os processos bioquímicos.

Segundo Borges e Rena (1993) e Borghetti (2005), a temperatura ótima para espécies tropicais e subtropicais situa-se entre 20 a 30°C, e algumas espécies apresentam alta germinabilidade e velocidade de germinação entre 30° a 35°C. Com relação as sementes de gergelim, segundo as RAS (2009), a temperatura indicada para o teste de germinação é a alternada de 20-30°C. No entanto, verifica-se que esta alternância acarretou baixa velocidade de germinação nas sementes provenientes do cultivar G4.

A Figura 1 apresenta os polígonos de frequência da germinação das sementes de gergelim em função das temperaturas testadas.

Constatou-se que em todas as temperaturas, com exceção das temperaturas de 15°C e 45°C, o comportamento germinativo das sementes foi homogêneo tendo pico máximo ao terceiro dia de semeadura.

De acordo com as observações realizadas podem-se caracterizar as temperaturas cardinal máxima e mínima indicadas para sementes de gergelim, como sendo respectivamente, 45°C e 15°C, podendo aquela onde a germinação atingiu valor máximo ser considerada como ótima para germinação de sementes dessa espécie (MAYER E POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O fato de ocorrer germinação em temperaturas distintas pode indicar que as sementes dessa espécie são capazes de germinar em ambientes com flutuações térmicas naturais. Essa característica confere à espécie a capacidade de distribuir seu período germinativo para aproveitar condições ambientais favoráveis com ocorrência em diferentes épocas após a dispersão dos frutos e sementes, podendo indicar uma estratégia adaptativa da espécie (OLIVEIRA et al., 2006).

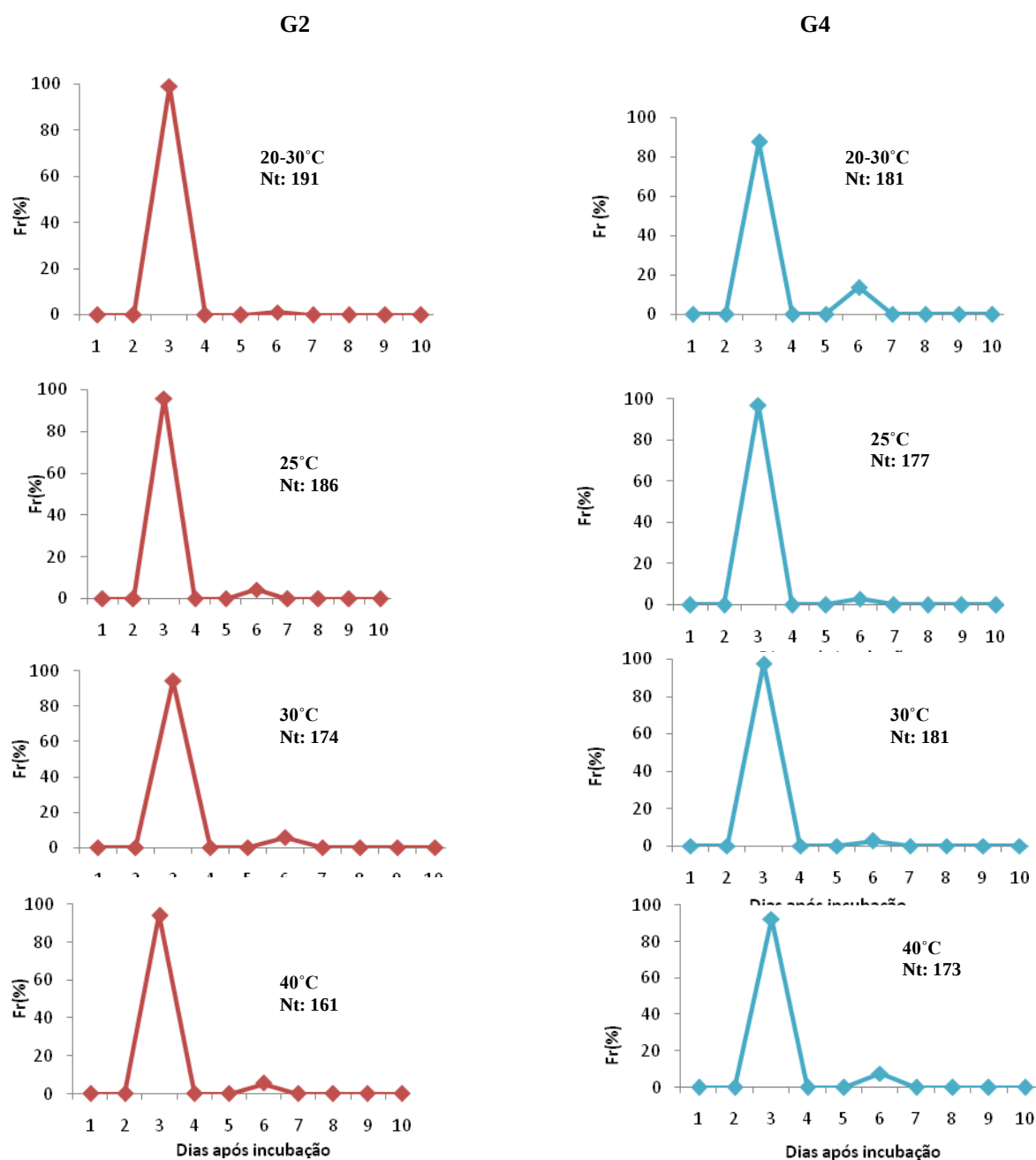


Figura 1 – Frequência relativa (Fr) da germinação de sementes de gergelim cv. G2 e cv. G4 em diferentes temperaturas. (Nt = número total de sementes germinadas e T= temperatura).

4.2 Efeito do estresse hídrico e salino no desempenho germinativo de sementes de duas cultivares de gergelim

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 2 e 3, observa-se o desempenho das sementes de gergelim, cultivares G2 e G4, em função do estresse hídrico e salino, onde se utilizou para tanto soluções de PEG 6000 e NaCl

respectivamente, simulando diferentes potenciais osmóticos durante o período de incubação.

Constatou-se que, à medida que os potenciais osmóticos das soluções de PEG 6000 e NaCl tornaram-se mais negativos para ambos os cultivares, houve redução em todos os parâmetros avaliados. Notou-se que, para o comprimento de plântula, os agentes inibitórios tiveram resultados semelhantes para o cultivar G2 (Figura 2). No entanto, para a porcentagem de germinação para o IVG, o PEG 6000 foi o agente osmótico de maior efeito inibitório (Figura 2). Esta resposta pode estar relacionada à natureza da substância inibidora, pois, soluções de PEG 6000, apesar de não serem absorvidas pelas sementes, nem contudo, apresentarem efeitos tóxicos, podem apresentar alta viscosidade, que, somada à baixa taxa de difusão de O_2 , podem comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes, reduzindo ou atrasando o processo germinativo (Hardegree e Emmerich, 1994; Brandford, 1995; Braccini et al., 1996).

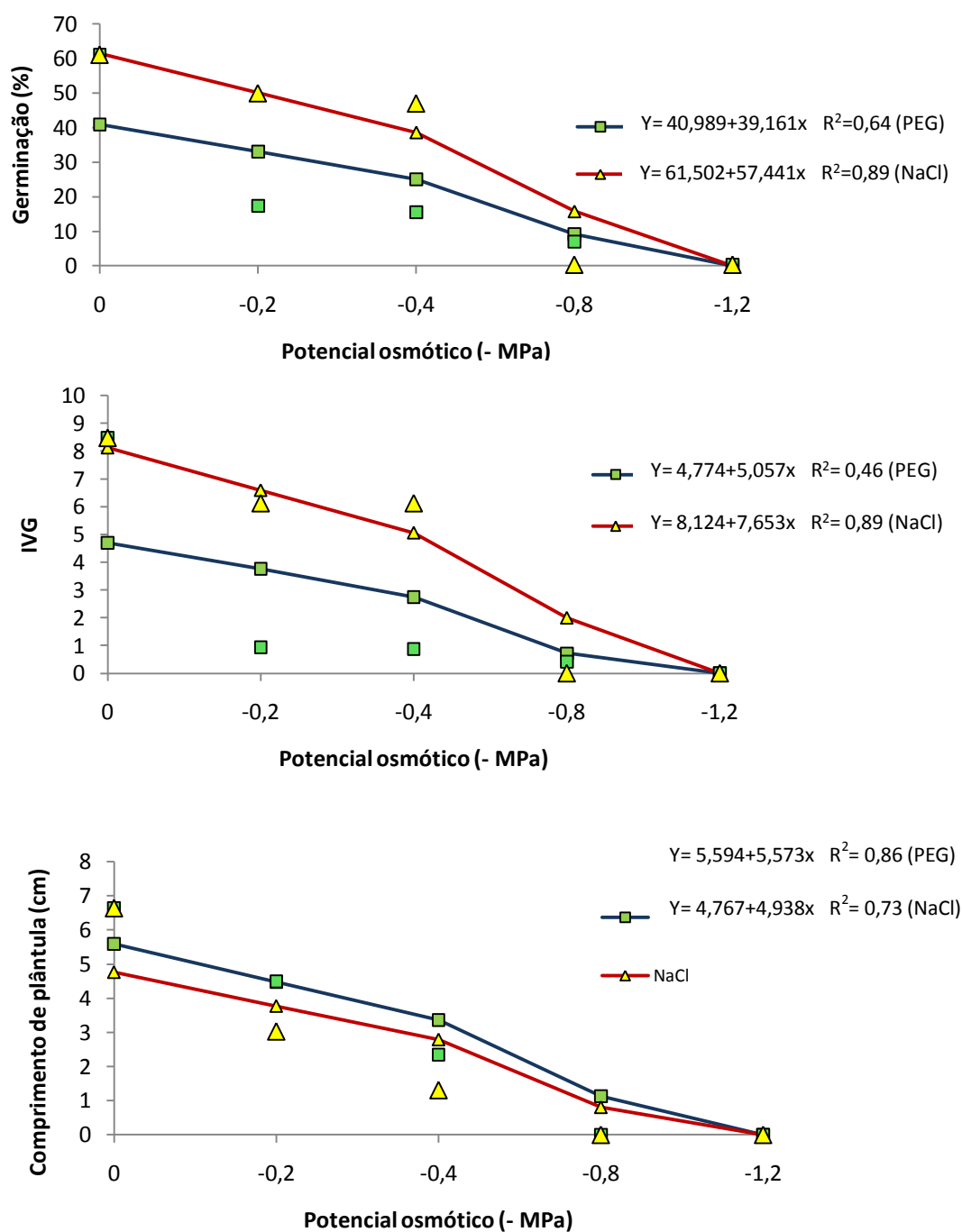


Figura 2 – Porcentagem (%), Índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de plântula inteira de plântulas de *Sesamum indicum*, cultivar G2, submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de PEG 6000 e cloreto de sódio (NaCl).

De acordo com alguns autores, estudos referentes ao estresse hídrico e salino para algumas culturas proporcionaram resultados semelhantes, como por exemplo para sementes de *Senna spectabilis*, onde foram utilizados potenciais osmóticos de -0,2, -0,4, -0,6, -0,7 e -0,8MPa, onde a medida que o potencial osmótico do meio se tornou

mais negativo houve um decréscimo na germinabilidade e na velocidade de germinação (JELLER E PEREZ, 2001); para *Brassica napus* L. foram utilizados -0,25, -0,5, -1,0 e -1,5MPa, o nível de potencial osmótico de -1,0MPa foi crítico para germinação das sementes e desempenho das plântulas de canola (ÁVILA et al., 2007); já para *Foeniculum vulgare* foram utilizados -0,05, -0,1, -0,15, -0,2, -0,25 3 -0,3Mpa, a partir de -0,1Mpa houve redução da germinação e do vigor das sementes de funcho, sendo o vigor mais afetado que a germinação (STEFANELLO et al., 2006).

Na Figura 3 observa-se que em todos os parâmetros avaliados o PEG 6000 e o NaCl apresentaram comportamento semelhante, diferentes do que ocorreu no cultivar G2 (Figura 2). A partir do potencial osmótico -0,8MPa a influência dos agentes estressantes foram mais acentuadas, sendo que a partir do potencial -1,2MPa já não houve mais germinação (Figura 3).

O estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes, ou seja, a intensidade da resposta germinativa ao estresse hídrico é variável entre sementes de diferentes espécies (BEWLEY E BLACK, 1994).

Segundo Lopes et al. (1996), quando há restrição na disponibilidade hídrica, a absorção de água pela semente se torna lenta. A semente inicia a germinação e, não havendo água suficiente para sua continuidade, pode haver o impedimento da emissão da raiz primária ou até a morte do embrião, consequentemente reduzindo a porcentagem de germinação final.

Para Dell'Aquila (1992), a síntese protéica nos tecidos do embrião é reduzida quando o embrião está sujeito ao aumento do estresse hídrico, e que isto se relaciona com mudanças na turgência das células, afetando suas estruturas de membranas, bem como a regulação da transcrição, transporte e estabilidade do RNA mensageiro

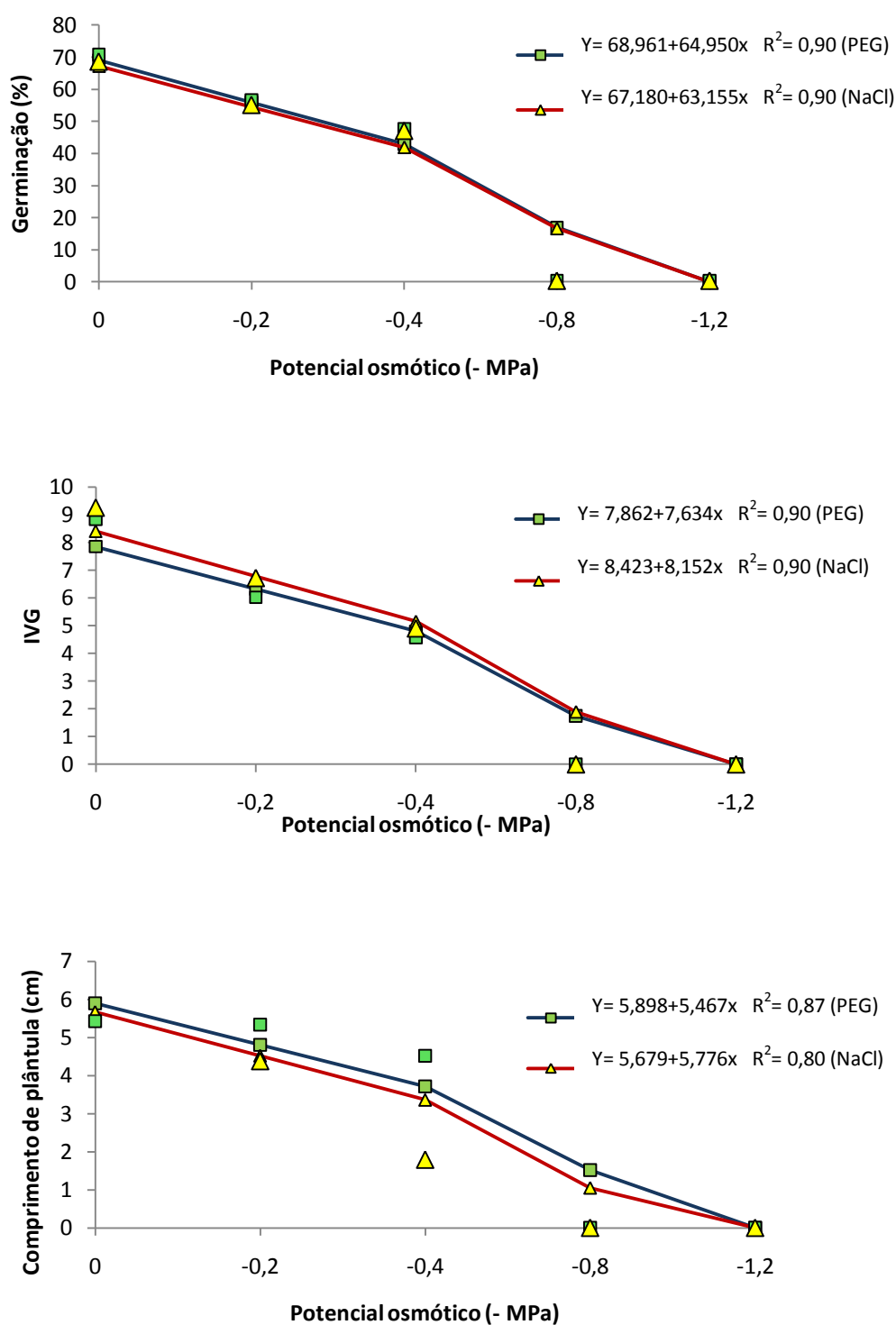


Figura 3 – Porcentagem (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de plântula de *Sesamum indicum*, cultivar G4, submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de PEG 6000 e cloreto de sódio (NaCl).

Resultados semelhantes foram encontrados por alguns autores onde, a partir de potenciais de -0,8MPa não ocorreu germinação, como por exemplo em sementes de

Lactuca sativa L (BERTAGNOLLI et al., 2003), sementes de milho-pipoca (MONTERLE et al., 2006), *Senna spectabilis* (JELLER et al., 2001). No entanto, Costa et al. (2004), trabalhando com sementes de soja obteve germinação de suas sementes utilizando potencial osmótico de -18Mpa.

Young et al. (1983) observaram que em condições de estresse hídrico o crescimento das plântulas, em termos de comprimento e espessura foi reduzido. Emmerich e Hardegree (1991) e Germu e Naylor (1991) mencionaram que, de maneira geral, a redução progressiva do potencial hídrico do substrato provoca decréscimo no comprimento das plântulas e na porcentagem de germinação. De acordo com Mathews e Powell (1986), em termos gerais, menor qualidade fisiológica tem sido associada aos piores desempenhos nessa condição.

Fanti e Perez (2004), trabalhando com estresse salino em sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.), obtiveram resultados semelhantes, onde a partir de -0,6MPa foi registrada redução significativa na viabilidade das sementes e com -1,2MPa não houve germinação. Dickmann et al., (2005), trabalhando com sementes de *Helianthus annuus* L., também detectaram que não houve germinação a partir do potencial de -1,2MPa. Perez e Moraes (1994), analisando a interferência do estresse salino em sementes de *Prosopis juliflora*, concluíram que à medida que se aumentou a concentração de NaCl houve menos sementes germinadas e em uma menor velocidade.

Algumas plantas toleram mais o ambiente salino em comparação a outras, sendo essas classificadas como halófitas, as quais requerem, para seu crescimento ótimo, elevadas concentrações de eletrólitos. Existem também as glicófitas, que por sua vez, apresentam menor tolerância à salinidade, enquanto as halófitas crescem em ambientes nos quais a concentração salina varia de 50 a 500mM (ORCUTT E NILSEN, 2000), vale salientar que a maioria das plantas cultivadas são glicófitas, com algumas poucas exceções como o coqueiro e a tamareira (CAMARA, 2005). Portanto, de acordo com os dados apresentados pode-se sugerir que o gergelim seja uma planta glicófita pelo fato de não tolerar demasiadamente a presença de altas concentrações de NaCl.

O estresse salino pode interagir com a semente de forma a inibir o crescimento das plantas, por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade de água e/ou pela acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (TESTER E DAVENPORT, 2003).

Para Larcher (2004), essa diminuição da germinação à medida que se aumenta a presença de NaCl pode estar relacionada ao excesso dos íons Na^+ e Cl^- que tendem a causar desequilíbrio iônico, afetando a atividade enzimática e resultando principalmente na produção inadequada de energia por distúrbios na cadeia respiratória.

O NaCl é o sal mais abundante encontrado por plantas sob estresse salino, os ‘sistemas de transporte que facilitam a compartimentação de Na^+ para o vacúolo são críticos. Tanto Ca^{2+} quanto K^+ afetam as concentrações intracelulares de Na^+ . Sob concentrações altas de Na^+ , é inibida a absorção de K^+ por meio de um transportador com afinidade alta a K^+-Na^+ , HKT1, e o transportador opera como um sistema de absorção de Na^+ . O cálcio, por outro lado, aumenta a seletividade K^+/Na^+ e, assim procedendo, aumenta a tolerância ao sal (TAIZ E ZEIGER, 2004).

Para sementes que não toleram ambientes salino, o excesso de sais solúveis, além de provocar uma redução do potencial hídrico do solo, atua como agente tóxico para o embrião e influencia na germinação (FONSECA E PEREZ, 1999). Em sementes de *Anadenanthera pavonina* o limite máximo de tolerância para o NaCl está entre -1,4 e -1,5 MPa (FONSECA E PEREZ, 1999). Para sementes de melancia está entre -0,6 e -0,8MPa (TORRES, 2007). Pode-se sugerir que o limite máximo de tolerância para sementes de *S. indicum* esteja entre -0,8 e -1,2MPa.

Os sais de alta solubilidade, tais como o NaCl, exercem menor efeito sobre a “seca fisiológica” no processo germinativo do que o PEG 6000, pois as sementes ao absorverem água do substrato absorvem também os sais, os quais provocam redução do potencial osmótico celular e, conseqüentemente, favorecem o aumento da absorção de água pelas sementes por manterem o gradiente de potencial hídrico entre a semente e o substrato, processo conhecido como “ajustamento osmótico” (MUNNS, 2002).

4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTE DE GERGELIM ATRAVÉS DE DIFERENTES TESTES DE VIGOR

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, constata-se que as sementes provenientes do cultivar G2 apresentaram qualidade fisiológica distintas, com superioridade para as sementes oriundas do lote 2, o qual foi significativamente superior ao lote 3, sendo este o de mais baixo vigor. Tais resultados confirmam os resultados obtidos pelo teste de primeira contagem, revelando que esse teste de vigor foi bastante

sensível na identificação de lotes de sementes de gergelim com níveis diferenciados de vigor. Os demais testes não indicaram diferenças entre os lotes estudados.

Cassaroli et al. (2006), obtiveram êxito com relação ao teste de germinação de sementes de *Curcubita moschata* Duch, onde foi possível subdividir os quatro lotes em qualidade fisiológica distintas. Torres (2004) obteve resultados semelhantes com sementes de *Pimpinella asinum* L., onde foi possível subdividir os quatro lotes estudados em três níveis de vigor.

Com relação aos testes conduzidos em condições não controladas (Tabela 4), constatou-se que todos os lotes estudados não diferiram estatisticamente entre si pelas variáveis analisadas, com valores elevados em todos eles. Tais resultados corroboram com Bhering et al. (2003), onde estudaram diferentes testes de vigor na comparação da qualidade fisiológica de sementes de *Citrullus lunatus*, onde foi observado que os testes conduzidos em condições não controladas apresentaram resultados mais elevados quando comparados aos resultados de testes realizados em condições controladas.

Em estudo realizado por Arruda et al. (2004), o desempenho germinativo de sementes de *Jatropha curca* L. foi superior na emergência em areia quando comparado ao teste de germinação em condições controladas. Os mesmos autores mencionam que, isso pode ter sido atribuído à adaptação e ocorrência da espécie em locais com solos arenosos.

De acordo com Figliolia et al. (1993), o substrato pode influenciar diretamente na germinação, em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podendo favorecer ou prejudicar a germinação das sementes. Os mesmos autores ressaltaram ainda que, o substrato tem a função de fornecer, as sementes, ambiente ideal para promover o processo germinativo, além de facilitar o desenvolvimento e a avaliação das plântulas.

Tabela 4 – Porcentagem de germinação (G), emergência de plântula (E), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (PCE) e comprimento de plântulas (CP) de seis lotes de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*). Cv. G2. Sob condições controladas e não controladas.

	Condições controladas			Condições não controladas		
	G	PCG	CP	E	PCE	CP
Lotes	-----%-----		cm	-----%-----		cm
1	64,6 AB	40,4 A	4,28 A	90,7 A	70,7 A	6,20 A
2	76,8 A	66,8 A	5,73 A	98,7 A	88,0 A	6,30 A
3	45,2 B	0,57 B	2,38 A	84,0 A	65,0 A	4,64 A
4	67,0 AB	46,8 A	4,30 A	88,0 A	61,0 A	4,65 A
5	57,4 AB	29,4 AB	3,80 A	80,0 A	72,0 A	5,70 A
6	63,5 AB	63,8 A	5,56 A	90,7 A	69,3 A	4,73 A
CV%	16,80	33,40	35,43	11,50	15,20	11,60

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Bevenuti (2003), também comenta que dependendo das propriedades mecânicas do solo, além da germinação das sementes, a expansão da raiz, o alongamento e a emergência da plântula podem ser comprometidos.

Os testes realizados em condições controladas não produziram os resultados esperados, tendo a primeira contagem de germinação valores muito abaixo do normal para essa condição. Explica-se o fato através da diferença amostral, que no momento de realização do teste a escolha das sementes pode ter sido tomada ao acaso. Uma vez que os valores dos outros testes de germinação foram altas.

Para Marcos Filho (1999), a manifestação do vigor das sementes responde diretamente à influência do meio ambiente e, portanto, testes baseados no desenvolvimento de plântulas, como os de germinação, de primeira contagem e de emergência de plântulas em casa de vegetação, geralmente não apresentam sensibilidade acurada a diferenças pouco acentuadas no potencial fisiológico, por serem conduzidos sob condições favoráveis de ambiente.

Com relação às sementes provenientes do cultivar G4 (Tabela 5), observou-se alta qualidade fisiológica inicial, cujos resultados não diferiram entre si para as

variáveis analisadas quando o teste foi conduzido em condições controladas. No entanto, em condições não controladas, constata-se, pelo teste de primeira contagem, superioridade para as sementes do lote 3, que por sua vez não diferiu estatisticamente dos lotes 4 e 5. Qualidade inferior foi observada para os lotes 6, 1 e 2, onde os resultados foram baixos em relação aos demais lotes.

Para Powell (1986), é importante e coerente a comparação de lotes de sementes através da germinação, preferencialmente situados na fase I da curva da perda de viabilidade, pois ao atingir a fase II, mesmo o teste de germinação (conduzido sob condições favoráveis) é capaz de detectar diferenças no potencial fisiológico das amostras avaliadas. A mesma autora comenta ainda que, a posição de cada lote dentro da fase I determina seu nível de vigor. Neste estudo, todos os lotes apresentaram germinação variando entre 95,5% a 98,5% (Tabela 5), estando situados, portanto, na fase I de perda da viabilidade da semente. Segundo Torres et al. (2009), essa fase se caracteriza por ser relativamente longa e com poucas sementes mortas.

Para as sementes do cultivar G2 (Tabela 4), verificou-se que os testes de germinação, primeira contagem e o de primeira contagem de plântulas emergidas para o cultivar G4 (Tabela 5), foram eficientes em estratificar os lotes de acordo com seu vigor.

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados com *Crotalaria spectabilis* (PEIXOTO, 2007) e *Arachis hypogaea* (ROSSETTO et al., 2004), onde não houve diferença estatística para as variáveis germinação, primeira contagem e emergência de plântulas. No entanto, Rodo (2002), trabalhando com sementes de duas cultivares de cebola, obteve estratificação dos lotes de acordo com o vigor através dessas mesmas variáveis.

Tabela 5 – Porcentagem de germinação (G), emergência de plântula (E), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (PCE) e comprimento de plântulas (CP) de seis lotes de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*), Cv. G4, Sob condições controladas e não controladas.

	Condições controladas			Condições não controladas		
	G	PCG	CP	E	PCE	CP
<i>Lotes</i>	-----%-----		<i>cm</i>	-----%-----		<i>cm</i>
1	95,5 A	95,5 A	7,32 A	98,6 A	25,1 BC	9,02 A
2	97,0 A	95,5 A	7,12 A	92,0 A	30,4 BC	8,13 A
3	96,5 A	94,5 A	6,69 A	97,3 A	50,9 A	7,49 A
4	96,0 A	90,5 A	7,03 A	95,3 A	43,8 AB	7,16 A
5	97,0 A	95,5 A	7,45 A	96,7 A	40,9 AB	7,96 A
6	98,5 A	95,5 A	7,64 A	94,0 A	18,4 C	7,99 A
CV%	2,50	4,42	8,58	5,55	19,71	11,98

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE DUAS CULTIVARES DE GERGELIM SUBMETIDAS AO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

De acordo com os dados observados na Tabela 6, constatou-se que os testes de germinação, primeira contagem e matéria seca não foram eficazes em estratificar os lotes de sementes de gergelim, cultivar G2, após o período de envelhecimento de 48 horas. No entanto, o teste de comprimento de plântula identificou o lote 4 como o de melhor qualidade fisiológica e o lote 2 o de pior qualidade.

Para o período de envelhecimento de 72 horas não foi possível classificar os lotes de acordo com o seu potencial fisiológico através dos testes de germinação e comprimento de plântula, porém, o teste de primeira contagem indicou o lote 2 como o de pior desempenho, sendo que os outros lotes não diferiram entre si. E no teste de matéria seca também foi indicado o lote 2 como o de pior desempenho, já o lote de melhor qualidade fisiológica foi o lote 1 (Tabela 6).

Comparando os desempenhos dos períodos de 48 e 72 horas, nota-se que houve concordância entre os resultados, indicando o lote 2 como sendo o de qualidade inferior (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultados do teste de envelhecimento acelerado submetidos aos períodos de 48 horas e 72 horas sob temperatura de 41°C: teste de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântula (CP), matéria seca (MS) e teor de água final (TA), de seis lotes de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*), Cv. G2.

	EA 48H					EA 72H				
	G	PC	CP	MS	TA	G	PC	CP	MS	TA
Lotes	-----%-----		cm	g	%	-----%-----		cm	g	%
1	81,5A	75,5A	8,08AB	0,098A	17,4	94,0A	87,5A	5,79A	0,122A	16,7
2	92,5A	82,5A	6,34C	0,108A	16,2	90,0A	72,0B	6,64A	0,032C	18,5
3	94,5A	89,5A	7,11BC	0,112A	18,1	95,0A	90,5A	6,78A	0,087B	15,2
4	83,0A	76,0A	9,29A	0,097A	17,1	94,0A	91,0A	7,02A	0,078B	16,1
5	93,5A	91,5A	7,71ABC	0,111A	19,2	98,5A	91,0A	6,90A	0,076B	17,2
6	85,5A	81,0A	7,84ABC	0,099A	18,4	94,05A	92,0A	6,67A	0,083B	17,5
CV%	7,52	10,79	9,8	8,15	-	5,01	4,05	9,2	11,5	-

Na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Constatou-se para o cultivar G4, que o período de 48 horas de envelhecimento não foi suficiente para evidenciar sementes com diferentes níveis de vigor (Tabela 7). No entanto, com 72 horas observou-se que o teste de germinação e de primeira contagem, apresentaram lotes com diferentes níveis de vigor, indicando superioridade para o lote 1 e o lote 2 como sendo o de mais baixa qualidade fisiológica (Tabela 7).

O fato do período de 72 horas ter conseguido obter diferença de qualidade entre os lotes através das variáveis analisadas, pode estar relacionado com o que Marcos Filho (2005), menciona, segundo o autor o aumento no tempo de exposição ao envelhecimento acelerado pode proporcionar maior incremento no teor de umidade das sementes condicionadas. Ou seja, esse fato, aliado a temperatura elevada imposta pelo teste, resultou em um processo de deterioração mais acelerado do que as sementes submetidas ao período de 48 horas.

A manifestação inicial mais óbvia do processo de envelhecimento é o declínio da velocidade de germinação das sementes viáveis e, em seguida, a redução do tamanho

das plântulas, pois nesse estágio ocorre a morte parcial ou total dos tecidos importantes, em diferentes regiões da semente (MATTHEWS, 1985).

Outro aspecto a ser considerado no teste de envelhecimento acelerado, são as diferenças na absorção de água pelas sementes, que, expostas à atmosfera úmida, podem apresentar variações acentuadas no grau de umidade (TORRES, 2005), pois um dos principais indicadores da uniformidade das condições do envelhecimento é o teor de água das sementes ao final do teste. Variações de 3 a 4% entre as amostras são toleráveis. Porém, se excederem esses limites, são consideradas excessivas e determinam a necessidade de repetir o teste (MARCOS FILHO, 1999).

Para as sementes de *Sesamum indicum* não houve grandes variações da umidade final após o teste, em ambos os cultivares (Tabela 6 e 7). Esses resultados discordam do que afirma Powell (1995), segundo o autor pesquisas conduzidas com espécies de sementes pequenas têm revelado resultados pouco consistentes devido à variação muito acentuada do grau de umidade das amostras, após o envelhecimento.

Tabela 7 - Resultados do teste de envelhecimento acelerado nos períodos de 48 horas e 72 horas sob temperatura de 41°C: teste de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântula (CP), matéria seca (MS) e teor de água final (TA), de seis lotes de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*), Cv. G4.

	EA 48H					EA 72H				
	G	PC	CP	MS	TA	G	PC	CP	MS	TA
Lotes	-----%-----		cm	g	%	-----%-----		cm	g	%
1	96,5A	93,0A	7,65A	0,122A	17,8	69,82A	66,88A	7,65A	0,121A	14,9
2	96,0A	92,0A	7,96A	0,116A	17,6	28,56C	25,77D	9,47A	0,113A	14,5
3	96,0A	92,0A	7,60A	0,112A	17,8	51,17B	49,65B	8,63A	0,115A	14,2
4	92,5A	86,5A	7,41A	0,114A	18,3	46,77B	45,62BC	9,33A	0,113A	15,9
5	92,5A	86,0A	7,89A	0,117A	18,1	43,55B	37,14C	7,60A	0,113A	13,8
6	89,5A	80,5A	7,34A	0,118A	19,4	44,99B	41,53C	9,66A	0,117A	16,0
CV%	4,9	9,82	6,9	8,59	-	9,23	9,37	25,87	6,39	-

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O período de 72 horas de envelhecimento também foi mais eficiente em separar lotes de sementes de tomate (NASCIMENTO et al., 1993), e de feijão (Binotti et al., 2008), comparando com o período de 48 horas, utilizando temperatura de 41°C. Entretanto, o

período de 72 horas não foi eficiente em detectar diferenças em sementes de melancia com diferentes níveis de vigor (BHERING et al., 2003).

Outros autores, trabalhando com esta mesma combinação (72 horas a 41°C), não obtiveram sucesso na separação de lotes de lentilha de acordo com a sua qualidade fisiológica (FREITAS E NASCIMENTO, 2006) e de trigo (MAIA et al., 2007).

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são expostas a temperaturas e umidade relativa elevadas, sendo esses dois fatores mais relacionados à deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1994). De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), incrementos nos teores de água favorecem a elevação da temperatura da semente, em decorrência dos processos respiratórios e da maior atividade de microorganismos.

De acordo com Reed e Knapp (1990), o decréscimo da viabilidade e do vigor podem ser atribuídos as danificações nas membranas dos mitocôndrios, promovendo diminuição da respiração aeróbica e da produção de ATP e acréscimo de etanol, que constituem importantes indicadores da intensidade da respiração e da disponibilidade de energia para o processo de germinação.

4.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE DUAS CULTIVARES DE GERGELIM SUBMETIDAS AO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Com relação aos valores obtidos pelo teste de condutividade elétrica (Tabela 8 e 9) constatou-se que os diferentes períodos de embebição não foram eficientes em ordenar os lotes quanto ao nível de vigor para as sementes de gergelim em ambas as cultivares estudadas. Com exceção apenas do período de 10 horas para o cultivar G2, onde verificou-se que as sementes apresentaram distintos níveis de vigor, com superioridade para o lote 5, e indicando o lote 3 com a mais baixa qualidade fisiológica.

Tabela 8 – Cultivar G2: condutividade elétrica – embebição de 100 sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) em 75 mL de água destilada, a 25°C.

Lotes	CE I – G2 ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ semente)					
	Períodos de embebição					
	2	6	10	24	30	48
1	77,17A	93,27A	107,07AB	132,74A	140,94A	156,01A
2	77,95A	91,45A	105,72AB	130,47A	139,88A	152,28A
3	79,72A	98,06A	112,44A	139,34A	148,34A	162,59A
4	79,90A	93,18A	106,62AB	133,06A	142,32A	156,69A
5	74,14A	89,78A	102,76B	129,49A	139,99A	153,94A
6	82,30A	96,96A	110,24AB	136,05A	143,4A	158,13A
CV %	5,62	4,97	3,97	4,36	3,97	4,1

Medias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Essa identificação dos diferentes níveis de vigor no período de 10 horas só foi possível em função da desorganização das membranas celulares, pois, de acordo com VIEIRA (1994), as sementes durante esse processo de desorganização celular sofrem uma redução e perda de qualidade, fato diretamente relacionado com o aumento de eletrólitos na água de embebição. Assim, o nível de dano sofrido pela semente pode ser avaliado através da condutividade elétrica, medida na solução de embebição das sementes, o que reflete a quantidade de constituintes perdidos para o exterior da célula e, conseqüentemente, o grau de desorganização das membranas celulares (VIEIRA, 1994).

Tabela 9 – Cultivar G4: condutividade elétrica – embebição de 100 sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) em 75 mL de água destilada, a 25°C.

CE II – G4 ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}\text{semente}$)						
<i>Períodos de embebição</i>						
Lotes	2	6	10	24	30	48
1	61,27A	75,74A	88,45A	112,93A	122,38A	139,36A
2	63,75A	78,86A	92,89A	116,19A	126,56A	148,90A
3	61,57A	76,60A	88,69A	108,66A	114,23A	131,77A
4	60,20A	73,22A	86,92A	106,57A	114,86A	127,74A
5	65,07A	80,05A	91,95A	113,13A	121,19A	143,62A
6	69,97A	78,25A	90,84A	113,24A	121,40A	140,20A
CV%	8,22	4,55	4,75	4,69	5,94	10,54

Na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Devido a essa possibilidade de verificação da qualidade fisiológica das sementes através dos danos ocasionados em suas membranas, muitos estudos com diferentes culturas vêm adotando esse método de avaliação e tendo sucesso com os seus resultados, como por exemplo, em sementes de amendoim, onde a combinação de 15 horas utilizando 50 sementes por repetição foi suficiente para estratificar os lotes de acordo com seu vigor (VANZOLINI E NAKAGAWA, 2005); com sementes de feijão caupi, onde Dutra et al., (2006) utilizaram uma combinação de 10 horas com 50 sementes por repetição, onde identificaram diferenças de qualidade entre os lotes; para sementes de pimenta, onde Vidigal et al., (2008) utilizaram quatro repetições de 25 sementes com 25 e 50 mL e 50 sementes com 25 e 50 mL, detectou diferenças de vigor somente nos tratamentos com 50 sementes a partir de uma hora de embebição.

De acordo com Leopold (1980), a temperatura durante a embebição, tanto alta quanto baixa, é um dos fatores que mais contribuem para o efeito degenerativo das membranas e perda do conteúdo celular quando a água penetra nas sementes.

Para Hampton e TeKrony (1995), a temperatura de 20°C ainda é a mais utilizada para o teste de condutividade elétrica. Porém, considerando os efeitos das temperaturas de embebição e de avaliação, recomenda-se o uso de 25°C por ser esta temperatura mais encontrada nas condições dos laboratórios de análise de sementes, ou seja, essa temperatura está normalmente mais próxima das condições internas do que as de 20°C e de 30°C, particularmente nas regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil (VIEIRA E KRYZANOWSKI, 1999).

Segundo Delouche e Baskin (1973), a redução do poder germinativo é um indicativo importante da perda de qualidade das sementes, mas é o evento final do processo de deterioração. Desta forma, o uso de testes alternativos tem sido proposto para avaliar o real estágio de deterioração de um determinado lote de sementes a partir da sua maturidade e pela incidência de danos causados por injúrias durante a colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento.

No caso do teste de condutividade elétrica, tem-se que realizar mais estudos envolvendo outras combinações de tempo e temperatura para sementes de *Sesamum indicum*, pois não foram encontrados na literatura trabalhos relacionados a essa espécie. Com isso, no futuro, seja possível padronizar o teste de condutividade para sementes de gergelim, e assim irão existir avaliações mais precisas sobre sua qualidade fisiológica e potencial de armazenamento.

5 CONCLUSÕES

- As temperaturas de 15°C e 45°C inibiram a germinação das sementes de gergelim, em ambos os cultivares;
- Os testes de germinação e vigor podem ser conduzidos com temperaturas constantes de 25°C e 30°C;
- O gergelim é uma espécie de baixa tolerância aos estresses hídrico e salino, com redução da germinação a partir do potencial osmótico de -0,2 MPa.
- Os testes de vigor estudados podem constituir alternativas promissoras para avaliação do vigor de sementes de gergelim, mas há necessidade de estudos adicionais para determinação dos procedimentos mais adequados para sua condução.

REFERÊNCIAS

- ADEGBUYI, E. COOPER, S.R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage Grass seed using polyethyleneglycol (PEG). **Seed Science & Technology**, Zurich, v.9, p. 867-78, 1981.
- AMARO, M.S. MEDEIROS FILHO, S.; GUIMARÃES, R.M. . Influência da temperatura e regime de luz na germinação de sementes de janaguba (*Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel.). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, n.3, v.30, p. 450-57, 2006.
- ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.3, v.35, p. 609-15, 2000.
- ARAÚJO, A.E. et al. **Cultivo do gergelim**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acessado em: 21 de Fevereiro de 2010.
- ARRUDA, F. P. BELTRÃO, N. E.M.; ANDRADE, A.P. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-99, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln:AOSA, 1983. 88p.
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. DE L.; SCAPIM, C.A.; Influência do estresse hídrico simulado com manitol, na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.1, p. 95-106, 2007.
- AZEVEDO, M.R.Q.A.; ALMEIDA, F.A.C.; GOUVEIA, J.P.G. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, n.2, v.5, p.167-72, 2003.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande. UFPB. 1991. 218p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BARROS, M. A.; SANTOS, R. F.; BENATI, T.; FIRMINO, P.T. Importância econômica e social. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.

BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, E.C.; LIMA, E.F. **Gergelimcultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA ALGODÃO), 1994.p. 52 (Circular Técnica, 18).

BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. 1 ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA ALGODÃO), 2001. p. 21-57, 2001.

BENVENUTI, S. Soil texture involvement in germination and emergence of buried seeds. **Agronomy. Journal**, v. 95, p. 191-98, 2003.

BERTAGNOLLI, C.M.; MENEZES, N.L.; STORCK, L. Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.1, p.7-13, 2003.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, D.I. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, n.2, v.25, p. 1-6, 2003.

BINOTTI, F. F. S. et al. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-136.

BORGES, E.E.L.; SILVA, L.F.; BORGES, R.C.G. Avaliação do osmocondicionamento na germinação de sementes de quaresminha (*Miconia condolleama* Triana). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1 p.90-94, 1994.

BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação de sementes. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. Eds. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.1, v.18, p. 10-6, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAN, 2009. 365p.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed Development and germination**. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. p.351-96.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.95-102, 1999.

CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Estresse salino e hídrico na germinação e vigor do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p. 857-862, 1990.

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

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p. 527-33, 2007.

CASSAROLI, D.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L. Teste de envelhecimento acelerado em semente de abóbora. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.13, p.97-107, 2006.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaenaleucocephala* (Lam) de Witt. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p. 281-89, 1995.

COSTA, P.R. et al. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.1, p.105-113, 2004.

CRUZ, M.S. et al. Factor affecting germination of *Canavalia brasiliensis*, *Leucaena leucocephala*. *Clitoria ternata* and *Calopogonium mucunoides* senda. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.23 n.2, p.447-54, 1995.

CUSTÓDIO, C.C. et al. **Water submersion of bean seeds in the vigour evaluation**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.4, n.3, p.261-66, 2009.

- DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p. 45-55, 1987.
- DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, Camberra, v.69, n.2, p.167-171, 1992.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p. 427-452, 1973
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p. 31-42, 1996.
- DIAS, D.C.F.S.; VIEIRA, A.N.; BHERING, M.C. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão vagem e quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p. 408-13, 1998.
- DICKMANN, L. et al. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-ambientais**, v.3, p.64-67, 2005.
- DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E.M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p. 166-70, 2006.
- EGLI, D.B. **Seed biology and the yield of grain crops**. New York: CAB International, 1998. p. 178.
- EMMERICK, W.E.; HARDUGREE, S.P. Seed germination in polyethylene glycol solution: effects of filter paper exclusion and water vapor loss. **Crop Science**, Madison, v.31, p.454-58, 1991.
- ESTREET, H.E.; ÖPIK, H. **The physiology of flowering plants, their growth and development**. 3 ed. USA: Edward Arnold, 1983. p. 279.
- FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob stresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.903-9, 2004.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação – do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 323p.
- FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4 ed. Passo Fundo: UPF, 2008. p. 749.

FIGLIOLA, M.B; OLIVEIRA, P.E.A.M, PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M; FIGLIOLA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.137-74.

FONSECA, S.C.L.; PERES, S.C.J.G. Efeito da temperatura na germinação de sementes de olho de dragão (*Anadenanthera pavonina* L.- FABACEAE) **Revista Brasileira de Sementes**, vol.21, n.2, p.70-77, 1999.

FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M. Teste de envelhecimento em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.59-63, 2006.

GERMU, M.; NAYLOR, R.E.L. Effects of water availability on the germination of two sorghum cultivars. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 19, p.373-83, 1991.

GOTARDO, M.; VIEIRA, R. D.; PEREIRA, L. M. A. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 277, p. 333-40, 2001.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal Express Botany**, Oxford, v.27, n.3, p. 480-9, 1976.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance – can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, Zurich, v.18, n.2, p.215-28, 1990.

HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lot. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.20, n.3, p.643-63, 1992.

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

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.22, n.1, p. 1-7, 1994.

HOPPER, N.W.; HINTON, H.R. Electrical conductivity as a measure of planting seed quality in cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.1, p. 147-52. 1987.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zürich, 1995. 117p.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberlina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.93-104, 2001.

KHAN, A.A. et al. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.1, n.2, p. 33-57, 1976.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. 472p.

KLUTHCOUSKI, J; STONE, L.F. **Efeitos nocivos do manejo inadequado da adubação no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 19 p.

KOEFENDER, J. et al. Influência da temperatura e da luz na germinação de semente de calêndula. **Revista Horticultura Brasileira**, Campinas, v.27, n.2, 2009.

LABORIAU, L.G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispânica* L. I. Temperature Effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 59, p. 37-56. 1987.

LARCHER, E. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: RIMA, 2004. 531p.

LANGHAM, D.R.; WIEMERS, T. Progress in mechanizing sesame in US through breeding. In.: JANICK, J.; WHIPCKEY, A. **Trends in new crops and new uses**. (edição). Alexandria: ASHS Press, 2002. p.157-73.

LEOPOLD, A.C. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. **Plant Physiology**, Rockville, v.65, n.4, p.1096-98, 1980.

LIMA, T.C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Campinas: 2005. 75p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2005.

LIMA, M.G. et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.1 p.54-61, 2005.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLY, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal Seed Technology**, Springfield, v.12, n.1, p. 37-53, 1988.

- LOPES, H.M. et al. Influência do potencial osmótico e da temperatura na embebição e no crescimento da radícula de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.167-172, 1996.
- LOPES, J.C.; PEREIRA, M.D. Germinação de sementes de cubiu em diferentes substratos e temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n.2, p.146-50, 2005.
- MACHADO, C.F. et al. Metodologia para condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Revista CERNE**, v.8, n.2, p. 17-25, 2002.
- MACHADO NETO, N.B. et al. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.28, n.1 p. 142-48, 2006.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and avaliation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-77, 1962.
- MAIA, A.R.; LOPES, J.C.; TEXEIRA, C.O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciências Agrotécnica de Lavras**, v.31, n.3, p. 678-84, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, 2005.495p.
- MARCOS FILHO, J.. Envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal, FUNEP, 1994. p.133-150.
- MARCOS FILHO, J.. Testes de vigor. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1 ed. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1.1-1.21.
- MARCOS FILHO, J. et al. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.1805-15, 1990.
- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: I Semana de Atualização em Produção de Sementes, Piracicaba, 1986. **Germinação de Sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.
- MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook of Agriculture**, v.14, p.89-94, 1985.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **Hortscience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1125-8, 1986.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2 ed. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.

MELLO, S.C.; SPINOLA, M.C.M.; MINAMI, K. Métodos de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de brócolis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p. 1151-55, 1999.

MORETTO, E.; ALVES, R.F. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. Florianópolis: UFSC, 1986. 179p.

MOTERLE, L. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANCA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1 - 2.24.

NASCIMENTO, W.M.; BARROS, B.C.G. ; PESSOA, H.B.S.V. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.15, n.2, p.251-53, 1993.

NASCIMENTO, W.M.; CÍCERO, S.M. Qualidade de sementes de ervilha tratadas com fungicida. II. Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, n.1, p.13-19. 1991.

OLIVEIRA, E.C. Morfologia de plântulas. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. 1 ed. Brasília: ABRATES, 1993, p. 175-213.

OLIVEIRA, I.V.M.; ANDRADE, R.A.; MARTINS, A.B.G. Influência da temperatura na germinação de sementes de *Annona Montana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p. 344-45, 2005.

OLIVEIRA, I.V.M.; CAVALCANTE, I.H.L.; MARTINS, A.B.G. Influência do substrato na emergência de plântulas de sapota preta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p. 383-86, 2006.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds: I- Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p. 621-27, 1996.

PEIXOTO, M.G.L.P. **Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pósseminar de *Crotalaria spectabilis* Roth**. Maceió: UFAL, 2007. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, 2007.

PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Estresse salino no processo germinativo de algarobeira e atenuação de seus efeitos pelo uso de reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.389-96, 1994.

PERRY, D.A. Report of the vigour test committe 1974-1977. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.6, n.1, p. 159-81, 1978.

PESKE, S.T.; DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p. 69-85, 1985.

POPINIGIS, F. **Necessidades de pesquisas relacionadas à qualidade fisiológica de sementes**. In: Reunión de trabajo sobre investigación y capacitación em producción y tecnologia de semillas. Cali, Colombia: CIAT, 1985.

POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: VENTER, H.A. van de **Seed. Vigour Testing Seminar**. Zürich: Internation Seed Testing Association, 1995. p.73-87.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress soil and biotic factors**. New York J. Wiley, 2000. 683p.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plantas em campo**. Piracicaba: 2002. 123p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p. 23-28, 1998.

- ROSSETTO, C.A.V.; LIMA, T.M.; GUIMARÃES, E.C. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p. 795-801, 2004.
- ROSSETTO, C.A.V.; MARCOS FILHO, J. Metodologia de ajustes do grau de umidade e comportamento de sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, p.171-78, 1995.
- SANTOS, V.L.M.; CALII, A.C.; RUIZ, H.A. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2 p.189-94, 1992.
- SILVA, B.M.S.; CESARINO, F.; LIMA, J.D. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Oenocarpus minor* Mart. (ARECACEAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p. 289-92, 2006.
- SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, SBH, ABEAS, 1997. 252P.
- SILVA, C.C.A. **Produção de n-hexanal e aldeídos totais como índices para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa: 1989. 141p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B. Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoscylus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, 2004.
- SIMON, E.W.; RAJA-HARUN, R.M. Leakage during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, v.23, n.77, p.1076-85, 1972.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; DUTRA, S.; SILVA, M.A.M.M., Métodos de superação da dormência de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas da Amazônia. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 3-11, 1998.
- SOUZA, G.M.; CARDOSO, V.I.M. Effects different environmental stres on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.28, n. 3, p. 621-30, 2000.
- SPINA, I.A.T.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor para selecionar lotes de amendoim antes do beneficiamento. **Revista Ciência Agronômica**, Jaboticabal, v.1, n.1, p. 10, 1986.

STEFANELLO, R. et al. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.2, p.135-41, 2006.

STREET, H.E.; ÖPIK, H. **The physiology of flowering plants, their growth and development**. Maryland: Edward Arnolds, 1983. 279p

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na^+ . Tolerance and Na^+ transport in higher plants. **Annal of Botany**, Oxford, v.19, p.503-527, 2003.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Anaal of Botany**, Oxford, v. 85, n.3, p. 391-96, 2000.

TOMES, L.T.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 12, n.1, p.24-36, 1988.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.3, p.77-82, 2007.

TORRES, S.B.. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v.36, n.1, p. 98-103, 2005.

TORRES, S.B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de erva-doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.20-24, 2004.

TORRES, S.B. et al. Envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão. **Revista Horticultura Brasileira**, Campinas, v.27, n.1, p. 70-75, 2009.

TORRES, S.B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p. 109-12, 2000.

TUNES, L.M. et al. Testes de vigor em sementes de aveia branca. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p. 94-106, 2008.

VALADARES, J.; PAULA, R.C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Benth (FABACEAE-FABOIDEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.30, n.2, p. 164-70, 2008.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p. 151-58, 2005.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim, efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.46-52, 1999

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical: un reflejo de su ambiente. **Ciência**, n.35, p.191-201.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S., BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.30, n.1, p.168-74, 2008.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-32.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1, 4, 26.

VIEIRA, R.D. et al. Relationship of Black layer and Milk line development to maize seed maturity. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.1, p. 142-47, 1995.

VIEIRA, R.D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p. 1333-38, 2002.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, p.1957-68, 1991.

VILLELA, F. A.; MARCOS-FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.317-21, 1998.

YOUNG, J.A. et al. **Moisture stress and seed germination**. Washington: USDA, 1983. 40p.