



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CESAR AUGUSTO GASPARETTO SBRUSSI

**ESTRESSE TÉRMICO E HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO
DE PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO
COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR**

Londrina
2012

CESAR AUGUSTO GASPARETTO SBRUSSI

**ESTRESSE TÉRMICO E HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO
DE PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO
COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S276e Sbrussi, Cesar Augusto Gasparetto.
Estresse térmico e hídrico no desenvolvimento de plântulas e
germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor /
Cesar Augusto Gasparetto Sbrussi. – Londrina, 2012.
120 f. : il.

Orientador: Claudemir Zucareli.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Milho – Semente – Germinação – Teses. 3. Milho – Semente –
Qualidade – Teses. 3. Sementes – Fisiologia – Teses. I. Zucareli, Claudemir.
II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 633.15

CESAR AUGUSTO GASPARETTO SBRUSSI

**ESTRESSE TÉRMICO E HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO DE
PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM
DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
UEL – Londrina – PR

Prof. Dra. Lúcia S. Assari Takahashi
UEL – Londrina – PR

Prof. Dra. Carolina M. G. de Oliveira
UNIFIL – Londrina – PR

Prof. Dr. Cássio E. Cavenaghi Prete
UEL – Londrina – PR

Prof. Dra. Cristiane Alves Fogaça
Faculdade Integrada de Campo Mourão –
Campo Mourão – PR

Londrina, 17 de fevereiro de 2012.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Amandio Sbrussi e Sônia Regina Gasparetto Sbrussi em quem posso sempre confiar.

Aos meus irmãos Amanda Gasparetto Sbrussi e Luis Gustavo Gasparetto Sbrussi pelo exemplo, amizade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me acompanhar nas jornadas da vida e tornar possível todas as coisas; A Nossa Senhora de Shoenstag por sua graça e interseção.

Aos mestres, àqueles que nos inspiram e fazem sempre querer continuar e melhorar. Agradeço em especial, o meu orientador, Claudemir Zucareli, pela amizade, paciência e por ensinar e guiar a direção no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela Graduação e Pós Graduação. Aos funcionários pela atenção e aos técnicos de laboratório pelo auxílio.

À CAPES por acreditar na educação, pelo incentivo a pesquisa e fomento em forma de bolsa de mestrado.

Aos meus pais, Amandio Sbrussi e Sônia Regina Gasparetto Sbrussi, base da minha educação, pelo amor e pelo apoio e confiança em mim depositados e aos meus irmãos, Amanda Sbrussi e Luis Gustavo Gasparetto Sbrussi pelo carinho e amizade.

Aos colegas de Pós Graduação pela convivência e trocas de experiências e em especial aos amigos de todas as horas Biana Kuwano, Giovani Arieira, Naira Cuareli, Roger Pereira, Mayra Ishikawa, Fernando Rodini, Alessandra Ianckiewicz e Viviane Dutra.

À todos meus amigos pelo apoio, incentivo, descontração e por estarem presente em todos os momentos da minha vida.

MUITO OBRIGADO

Se quiseres o fruto maduro, plante a boa semente no hoje, para que amanhã não queiras voltar o ontem para colher o que hoje já não lhe pertence mais.

(Anne Caroline)

SBRUSSI, César Augusto Gasparetto. **Estresse térmico e hídrico no desenvolvimento de plântulas e germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é componente fundamental para o incremento da produção e da produtividade na cultura do milho. Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Londrina, com o objetivo de estudar o desempenho germinativo das sementes de milho com diferentes níveis de vigor em diversas condições de estresse hídrico e térmico. Foram utilizados seis lotes de sementes do milho híbrido Balu-580 com diferentes níveis de vigor e potenciais germinativos semelhantes. Os experimentos foram instalados e conduzidos após a caracterização inicial da qualidade fisiológica dos lotes de sementes. Para o estudo do estresse hídrico, foi avaliado a germinação, primeira contagem, crescimento e massa seca de plântulas para déficit e excesso de água, com sete (0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5 e -0,6 MPa) e seis (0; 24; 48; 72; 94 e 120 horas) intensidades diferentes de estresse, respectivamente, totalizando para déficit hídrico 42 e para excesso hídrico 36 tratamentos. Para o estresse térmico foi avaliado apenas a germinação e primeira contagem em nove intensidades diferentes de baixas e altas temperaturas (16; 19; 22; 25; 28; 31; 34; 37 e 40°C), totalizando 54 tratamentos. Os dados obtidos na caracterização dos lotes foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao 5% de probabilidade. Nos efeitos das condições adversas sobre a germinação foi avaliado a análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 X 7; 6 X 6 e 6 X 9 para estudos dos diferentes níveis de vigor dos lotes de sementes e das diferentes intensidades de estresse para déficit hídrico, excesso hídrico e estresse térmico, respectivamente. Em condições de estresse ocorre redução na capacidade germinativa das sementes e no desempenho das plântulas. Os lotes de sementes de maior vigor foram os que apresentaram melhor desenvolvimento de plântulas e desempenho germinativo, indicando maior tolerância aos diferentes tipos de estresse.

Palavras-chave: *Zea mays*. Qualidade fisiológica. Germinação. Temperatura. Excesso e déficit hídrico.

SBRUSSI, César Augusto Gasparetto. **Heat and water stress in developing seedlings and germination of maize seeds with different levels of vigor.** 2012. 120 f. Dissertação (Master's Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

The use of high physiological quality seeds is a key component for increasing production and productivity in corn. This work was developed in the Lab of seeds from the Universidade Estadual de Londrina, in order to study the performance of germinative maize seeds with different levels of vigor under varying conditions of temperature and water stress. Was used six seed lots of hybrid maize Balu-580 with different levels of vigor and similar germination potential. The experiments were conducted after the initial characterization of the seed lots. To study the water stress was evaluated the germination, first count, length and dry matter of seedling under water deficit and water excess with 7 and 6 different intensities of stress, respectively as a total of 42 water deficit and 36 water excess treatment. For the heat stress was only assessed the germination and first count in 9 different-intensity in low and high temperatures, totaling 54 treatments. The data obtained in the initial characterization of the lots were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. In the study of the effect of adverse conditions on germination and early growth of seedlings was carried out the analysis of variance following a completely randomized design, factorial scheme 7 X 6; 6 X 6 and 9 X 6, for studies of different levels of vigor of seed lots and for different intensities of water deficit stress, excess water and heat stress, respectively. The results indicate that under stress there is a reduction in seed germination and seedling performance. Lots with more vigor presented the best development and germination performance, indicating greater tolerance to different types of stress.

Keywords: *Zea mays*. Physiological quality. Germination. Temperature. Excess and deficit.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Massa de mil sementes (MMS), primeira contagem (P.C), germinação (G), massa seca da raiz (M.S.R), massa seca da parte aérea (M.S.PA), comprimento da raiz (C.A), comprimento da parte aérea (C.PA) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580.	56
Tabela 2 –	Teste de frio (T.F), envelhecimento acelerado (E.A), tetrazólio (TZ), condutividade elétrica (C.E), emergência à campo (E.C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580.....	56
 ARTIGO A: EXCESSO HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR		
Tabela 3A –	Germinação de lotes sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	58
Tabela 4A –	Plântulas normais da primeira contagem de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	61
Tabela 5A –	Plântulas anormais do teste de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	63
Tabela 6A –	Sementes mortas obtidas no teste de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	65
Tabela 7A –	Comprimento da raiz de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de sementes de lotes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	67
Tabela 8A –	Comprimento da parte aérea de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de sementes de lotes de	

	milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água	67
Tabela 9A	– Massa seca da raiz de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	70
Tabela 10A	– Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	70

ARTIGO B: GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO EM RESPOSTA AO DÉFICIT HÍDRICO E VIGOR DAS SEMENTES

Tabela 3B	– Germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....	86
Tabela 4B	– Comprimento da raiz de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....	89
Tabela 5B	– Comprimento da parte aérea de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....	90
Tabela 6B	– Massa seca da raiz de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....	92
Tabela 7B	– Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....	93

ARTIGO C: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR EM RESPOSTA À DIFERENTES TEMPERATURAS

Tabela 3C	– Germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas	107
------------------	--	-----

Tabela 4C – Plântulas normais na primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.....	110
Tabela 5C – Plântulas anormais obtidas na germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.....	113
Tabela 6C – Sementes não germinadas na germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.....	113

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO A: EXCESSO HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR

- Figura 1A** – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada.....60
- Figura 2A** – Plântulas normais na primeira contagem de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada.....62
- Figura 3A** – Plântulas anormais do teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada64
- Figura 4A** – Sementes mortas no teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.....66
- Figura 5A** – Comprimento da raiz das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.....68
- Figura 6A** – Comprimento da parte aérea das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.....69
- Figura 7A** – Massa seca da raiz das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.....72
- Figura 8A** – Massa seca da parte aérea das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.....73

ARTIGO B: GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO EM RESPOSTA AO DÉFICIT HÍDRICO E VIGOR DAS SEMENTES

- Figura 1B** – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....88
- Figura 2B** – Comprimento de raiz das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos91
- Figura 3B** – Comprimento da parte aérea das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....91
- Figura 4B** – Massa seca da raiz das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....94
- Figura 5B** – Massa seca da parte aérea das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.....94

ARTIGO C: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO, COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR, EM RESPOSTA À DIFERENTES TEMPERATURAS

- Figura 1C** – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas 109
- Figura 2C** – Plântulas normais na primeira contagem de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas112
- Figura 3C** – Plântulas anormais obtidas na germinação de sementes dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas114
- Figura 4C** – Sementes não germinadas obtidas no teste de germinação de lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 CULTURA DO MILHO	17
2.2 SEMENTES	18
2.2.1 Utilização e Importância da Semente	19
2.2.2 Qualidade de Semente	20
2.3 GERMINAÇÃO E VIGOR	23
2.3.1 Germinação de Sementes	23
2.3.2 Vigor de Sementes	27
2.4 ESTRESSES EM SEMENTES	32
2.4.1 Estresses Hídricos	32
2.4.2 Estresses Térmicos	36
REFERÊNCIAS	40
3 ARTIGOS	50
3.1 ARTIGO A: Excesso hídrico no desenvolvimento de plântulas e germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor	50
RESUMO	50
ABSTRACT.....	50
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS.....	74
3.2 ARTIGO B: Germinação e desenvolvimento de plântulas de milho em resposta ao déficit hídrico e vigor das sementes.....	78
RESUMO	78
ABSTRACT.....	78
INTRODUÇÃO	79

MATERIAL E MÉTODOS	81
RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
CONCLUSÃO	95
REFERÊNCIAS.....	96

3.3 ARTIGO C: Germinação de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor em resposta à diferentes temperaturas	100
RESUMO	100
ABSTRACT.....	100
INTRODUÇÃO	101
MATERIAL E MÉTODOS	102
RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
CONCLUSÃO	106
REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma gramínea anual e, devido às suas características nutricionais e importância econômica e social, é considerada uma das culturas mais importantes e cultivadas no mundo. A cultura do milho, em função do seu elevado potencial produtivo, da seleção orientada de cultivares e do aprimoramento de métodos adequados de manejo, ocupa o segundo lugar em área semeada e o primeiro lugar em produção e produtividade mundial (USDA, 2010). A cultura apresenta ampla dispersão geográfica e atualmente vem sendo cultivada, em quase todos os países, nas mais diferentes latitudes, altitudes, e condições de temperatura e umidade.

Neste cenário, o Brasil tem grande importância, pois é o terceiro produtor mundial de milho, atrás apenas, dos EUA e China, respectivamente (USDA, 2010). A produção de milho no Brasil é dividida em duas épocas de cultivo, primeira e segunda safra (alternativa rentável à primeira safra ou safra de verão), tornando-se, dessa forma, uma cultura de extrema importância e utilização na agricultura nacional. A semeadura de verão, ou primeira safra, é realizada na época tradicional, durante o período chuvoso, outubro a dezembro, enquanto que a safrinha (segunda safra) refere-se ao milho de sequeiro, semeado em meados de janeiro a abril em condições climáticas diferentes, ou seja, com temperaturas e disponibilidade hídricas decrescentes.

Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica. A disponibilidade de água e a temperatura são fatores extremamente importantes para o estabelecimento da cultura no campo, interferindo na velocidade e na uniformidade de emergência das plântulas. Ainda, a intensidade de interferência desses fatores na instalação da cultura é diferenciada de acordo com a época (safra ou safrinha) e local de cultivo. No milho, o estabelecimento da cultura é considerado a fase mais importante, pois a ocorrência de falhas ou excesso de plantas e a distribuição irregular das mesmas comprometerão diretamente o potencial produtivo da lavoura.

Para um bom estabelecimento da cultura, a utilização de sementes melhoradas de alto padrão, ou seja, sementes com qualidade física, genética, fisiológica e sanitária é fundamental. Estas características das sementes são essenciais para expressar no campo todo o potencial genético, fornecendo

uniformidade na emergência, no estande inicial e no número de plantas por hectares, resultando em aumentos tanto no rendimento quanto na qualidade do produto.

Apesar da importância das sementes, a obtenção de lotes de alta qualidade nem sempre é possível. A deterioração dessas é um processo inevitável, cuja intensidade e velocidade variam em função de suas características morfológicas e fisiológicas.

No ano agrícola 2008/2009, de toda a área semeada com milho no Brasil aproximadamente 17%, foram semeadas com sementes de paiol (não melhoradas), ou seja, sementes incapazes de expressar todo seu potencial (ABRASEM, 2009). A utilização de sementes próprias ou piratas se dá pelo baixo custo das mesmas, no entanto, estas só contribuem para decréscimos na produção e produtividade. A baixa qualidade fisiológica das sementes tem sido associada com a redução na velocidade, desuniformidade de emergência, reduções no tamanho inicial das plântulas, na produção de matéria seca, na área foliar e nas taxas de crescimento da cultura.

A água, temperatura e oxigênio são certamente os fatores que exercem maiores influência no processo germinativo das sementes. Potenciais hídricos negativos e excessivamente positivos, assim como as altas e baixas temperaturas diminuem a velocidade e a porcentagem de germinação e conseqüentemente afetam a emergência e o estabelecimento das plântulas no campo, sendo que a intensidade da resposta ao estresse hídrico, também é variável entre as sementes de diferentes espécies, dependendo não apenas da constituição genética, mas também da condição fisiológica da semente.

O milho é cultivado em regiões nem sempre favoráveis para sua emergência e desenvolvimento. Desta forma, a utilização de lotes de sementes de alto vigor é fundamental para que a emergência ocorra de forma rápida e uniforme vez que, sementes de maior qualidade fisiológica apresentam, em geral, melhor desempenho sob condições desfavoráveis.

A hipótese desse trabalho é que os lotes de sementes com maior vigor respondam de forma diferenciada aos estresses térmicos e hídricos, apresentando maior porcentagem e uniformidade de germinação com melhor desenvolvimento das plântulas, demonstrando assim a importância do uso de sementes de alta qualidade principalmente sob condições desfavoráveis para

implantação da cultura. Além disso, os resultados podem contribuir para o gerenciamento dos lotes de sementes dentro das sementeiras, permitindo o direcionamento dos lotes de acordo com as características da região em função do vigor dos mesmos.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a germinação e o desenvolvimento de plântulas provenientes de lotes de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor (alto, médio e baixo), submetidos, em laboratório, ao estresse hídrico (déficit e excesso) e térmico (baixas e altas temperaturas).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO MILHO

O milho é considerado uma das culturas mais importantes e mais cultivadas no mundo. Pertence ao grupo das Angiospermas, à família das Poáceas (gramíneas), ao gênero *Zea* e a espécie *Zea mays* (FANCELLI; LIMA, 1982). Segundo Fornasieri Filho (2007), embora existam outras espécies do gênero *Zea*, a única espécie cultivada encontrada é o milho.

A planta apresenta ciclo variado, ocorrendo desde cultivares extremamente precoces, até cultivares tardias, com ciclo de vida de 300 dias (CASTRO; KLUGE, 1999). Mediante a seleção orientada de cultivares, bem como o aprimoramento de métodos adequados de manejo, o milho tornou-se uma cultura de ampla dispersão geográfica e vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre as latitudes de 58° Norte a 40° Sul, distribuída nas mais diversas altitudes (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A importância econômica do milho esta associada à sua multiplicidade de aplicações, sendo empregado desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de amido, xarope, álcool, óleo vegetal e glúten (FORNASIERI FILHO, 2007). Embora o milho não seja comumente usado para a alimentação humana, este cereal é de vital importância para as populações de baixa renda na América Latina, Ásia e África. No Brasil o milho também é a fonte de energia para muitas pessoas, principalmente as que vivem no semi-árido (EMBRAPA, 2000).

Em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, o milho constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A cultura ocupa o segundo lugar em área semeada e o primeiro lugar em produção e produtividade no mundo. Estima-se que a produção mundial de milho para a safra 2010/2011 foi de 835 milhões de toneladas, sendo os Estados Unidos da América (339,6 milhões de toneladas), China (166,0 milhões de toneladas) e Brasil (57,0 milhões de toneladas) responsáveis por 67% da produção mundial (USDA, 2010).

No Brasil, a cultura do milho vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre as tecnologias adotadas, destacam-se a utilização de sementes de cultivares melhoradas (variedades e híbridos), alterações no espaçamento e na densidade de semeadura de acordo com as características das cultivares, além da conscientização dos produtores da necessidade de melhoria na qualidade dos solos (FORNASIERI FILHO, 2007).

A produção brasileira de milho é dividida em duas épocas de cultivo. O cultivo de verão (Primeira Safra) é realizado na época tradicional e semeado nos meses de agosto a novembro, durante o período chuvoso. O milho de Segunda Safra, comumente denominado safrinha, refere-se ao milho de sequeiro e corresponde ao período de semeadura entre os meses de janeiro a abril, portanto realizado fora da época tradicional (EMBRAPA, 2000).

A produção brasileira de milho na safra 2010/11 foi de 56,73 milhões de toneladas, originada pela soma de 35,03 milhões de toneladas da Primeira Safra e 21,70 milhões de toneladas da Segunda Safra, com produtividade média de 4.576 kg/há e 3.785 kg/há (CONAB, 2011). Devido ao pacote tecnológico utilizado pelos produtores, como sementes de qualidade, assistência técnica e clima satisfatório, em geral, obteve-se além de alta produtividade, um produto de alta qualidade.

Para Andrade (1995a), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, necessita que seu cultivo seja rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva. Dentre os cuidados, destaca-se a utilização de sementes de qualidade visando o adequado estande de plantas no campo que é um dos principais componentes de produção da cultura.

2.2 SEMENTES

Pela definição botânica, semente é o óvulo desenvolvido após a fecundação, que contém embrião, reservas nutritivas e tegumento. A Legislação Brasileira (Lei nº 10711, de 5 de agosto de 2003) apresenta um conceito mais amplo, definindo semente como o material de reprodução vegetal de qualquer

gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada, que tenha finalidade específica de semeadura.

2.2.1 Utilizações e Importância da Semente

A semente ocupa uma posição fundamental na maioria dos vegetais, já que, a formação de uma planta, por meio da reprodução sexuada, inicia-se com um embrião dentro da semente (GALLARDO et al., 2001).

Por meio do melhoramento genético de culturas, as sementes tem sido o componente principal para o desenvolvimento da agricultura nos últimos 50 anos. As novas tecnologias surgidas nesse período aumentaram o rendimento dos agricultores, tendo como resultado um aumento do valor intrínseco das sementes (RISSO, 2010).

Marcos Filho (2005) considera a semente o mais importante insumo agrícola, já que, a mesma conduz ao campo as características genéticas determinantes do desempenho da cultivar. França-Neto et al. (2010), acrescenta que os atributos genéticos, físico, fisiológico e sanitário é base fundamental do sucesso para uma lavoura tecnicamente bem instalada, garantia de elevado desempenho agrônômico.

O emprego de sementes com adequados atributos genético, físico, fisiológico e sanitário é fator básico na obtenção de plantas com elevada capacidade produtiva (FORNASIERI FILHO, 2007). Desta forma, as sementes com alta qualidade e adaptada às condições locais podem ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura (SANS; SANTANA, 2005).

Segundo Marcos Filho (2005), os procedimentos fundamentais para a produção de sementes de alta qualidade incluem a escolha da região produtora, considerando aspectos agrônômicos, estruturais e comerciais; a seleção das áreas destinadas à produção (isolamento, sanidade, presença de plantas invasoras, localização e acesso, topografia, características de clima e solo); o estabelecimento de plano de sucessão de culturas; a origem e a qualidade das sementes básicas; o manejo da área (sistema de preparo do solo, época e cuidados durante a semeadura, adequação dos tratamentos culturais); as inspeções e erradicação de plantas indesejáveis; o controle de insetos e doenças; a colheita, a secagem e o beneficiamento; as condições de armazenamento e transporte do produto e; o

estabelecimento de programa integrado de controle de qualidade durante todas as etapas de produção.

Na cultura do milho a demanda por sementes híbridas, ou seja, com alta qualidade, tem aumentado significativamente nos últimos anos, devido, principalmente, à alta competitividade do mercado, fazendo com que as empresas produtoras de sementes adotem padrão de qualidade mais rígido do que os estabelecidos por órgãos oficiais (GOMES et al., 2000). Apesar dos benefícios produzidos pelo uso de sementes, à medida que aumentaram os investimentos e o número de lançamentos de novos cultivares, constatou-se, também, o aumento expressivo do uso de sementes piratas, ou seja, sem qualidade comprovada.

Dados obtidos da Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (ABRASEM, 2009), mostram, no ano agrícola 2008/2009, que a área semeada com milho no país foi de 14,10 milhões de hectares, o que representa um consumo potencial de 281,9 mil toneladas de sementes. Sendo a demanda efetiva da ordem de 234,1 mil toneladas de sementes, conclui-se que o produtor utiliza semente não melhoradas (sementes de paiol) em cerca de 17% da área de cultivo, o que contribui para a baixa produtividade.

No entanto, a utilização de sementes piratas pelo agricultor, não se justifica, visto que, a opção pelo uso destas sementes, não apenas compromete o retorno dos investimentos, mas também a continuidade dos programas de melhoramento genético, limitando o lançamento de cultivares superiores.

2.2.2 Qualidade de Semente

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho. Nos últimos anos, a cultura está passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção, entretanto são observadas produtividades relativamente baixas quando comparadas com as de países desenvolvidos.

Um dos principais problemas da agricultura é a utilização de sementes que não possam expressar seu potencial genético de produção. As principais causas da baixa produtividade podem estar diretamente relacionadas com a qualidade da semente que, conseqüentemente, afeta o estande inicial e o número de plantas por hectare (TEKRONY; EGLI, 1991). A utilização de sementes de

qualidade para obtenção de alta produtividade apresenta uma relação direta e positiva e, neste sentido, muitos esforços tem sido despendidos para conscientizar o agricultor a utilizar sementes produzidas num sistema com controle de qualidade.

De acordo com Copeland e McDonald (1995), a expressão “qualidade de sementes” reflete o valor global de um lote de sementes para atender o principal objetivo de sua utilização, ou seja, o estabelecimento do estande. Por outro lado, Hampton (2002) ponderou que, se o termo qualidade define “grau, padrão ou símbolo de excelência”, a qualidade deve ser conceituada como o padrão de excelência de um conjunto de características que determinam o potencial de desempenho da semente após a semeadura em campo e durante o armazenamento.

A qualidade de um lote de sementes é o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que influenciam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (DELOUCHE, 1975). Nessa mesma linha de raciocínio, Marcos Filho (1999) definiu qualidade de sementes como um conjunto de características que determinam seu valor de semeadura, mas que esta somente pode ser identificada, de maneira consistente, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária.

Fornasieri Filho (2007) classifica estes atributos como: **a) Qualidade Genética:** As novas cultivares obtidas por meio de determinadas combinações de genes devem ter suas características genéticas mantidas no decorrer dos processos de multiplicação de sementes. **b) Qualidade Física:** Compreende a pureza e a condição física de semente. A pureza física é caracterizada pela proporção de componentes físicos presentes, tais como sementes de plantas daninhas, sementes de outras plantas ou espécies cultivadas e substâncias inertes. **c) Qualidade Fisiológica:** O conjunto de atributos que indica a capacidade da semente de desempenhar suas funções vitais, sendo caracterizada pelo poder germinativo, pelo vigor e pela longevidade. **d) Qualidade Sanitária:** A condição de semente quanto à ocorrência de pragas. As sementes de milho, por exemplo, podem transportar uma gama de diferentes microorganismos.

Segundo Marcos Filho (2005), os quatro componentes básicos, citados anteriormente, da qualidade das sementes, apresentam importância equivalente, mas o potencial fisiológico geralmente desperta atenção especial da pesquisa, visto que, sob a ótica do produtor rural, o estabelecimento do estande

representa a primeira oportunidade real para avaliar *in loco* o desempenho das sementes adquiridas e o grau de sucesso dos procedimentos adotados para a semeadura.

Outra questão relevante é que as cultivares que apresentam sementes de melhor qualidade fisiológica, geralmente, são as que apresentam maior tolerância às condições de estresse no campo, conforme foi verificado por Tonin et al. (2000). De acordo com França-Neto et al. (2010), sementes de alta qualidade resultam em plântulas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem nas diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento das plantas, culminando no fechamento das entrelinhas rapidamente, o que resulta também no controle eficiente das ervas daninhas.

No entanto a obtenção de lotes de sementes de alta qualidade fisiológica nem sempre é possível, já que existem variáveis que podem induzir a deterioração dos mesmos (CANTARELLI, 2005). O mesmo autor resume deterioração como sendo a perda da capacidade da semente em produzir uma plântula normal, ou seja, plântulas com raízes e parte aérea bem desenvolvida quando em processo de germinação e emergência.

Segundo Krzyzanowski (2001), a perda da capacidade de produzir plântulas normais, é resultado de alterações físicas (descoloração, enrugamento e trincas no tegumento), fisiológicas (baixo percentual de germinação das sementes, crescimento lento das plântulas e produção de plântulas anormais) e bioquímicas (funcionamento do sistema enzimático envolvidos no processo de digestão, mobilização e utilização das reservas da semente) que ocorrem na semente durante seu ciclo de vida.

As sementes apresentam o maior conteúdo de matéria seca, capacidade germinativa e vigor no estágio de maturidade fisiológica, o qual, geralmente, corresponde ao início da deterioração natural prosseguindo enquanto permanecerem no campo, durante a colheita, processamento e armazenamento (OLIVEIRA et al., 2011). Segundo Ferreira et al. (2010), a deterioração pode ser definida como um processo que envolve mudanças citológicas, bioquímicas, fisiológicas e físicas que conduzem à morte das sementes. Conforme Marcos Filho (2005), algumas manifestações da deterioração são a redução do crescimento da plântula, aumentando a taxa de anormalidade, associada à morte de tecidos ou a distúrbios durante o crescimento.

Neste contexto, a deterioração das sementes, processo inevitável, cuja intensidade e velocidade variam em função de suas características morfológicas e fisiológicas, deve ser retardada ao máximo por meio de práticas adequadas de manejo, possibilitando a comercialização de sementes com potencial fisiológico mais próximo possível do alcançado na época da maturidade (MARCOS FILHO, 2005).

De modo geral, a baixa qualidade fisiológica das sementes tem sido associada a reduções na velocidade de emergência, desuniformidade de emergência, reduções no tamanho inicial das plântulas, na produção de matéria seca, na área foliar e nas taxas de crescimento da cultura (SCHUCH et al., 2000; MACHADO, 2002; HOFES, 2004). Sementes de baixa qualidade fisiológica apresentam baixa capacidade de estabelecimento no campo, o que conseqüentemente resulta em lavouras com baixo estande (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Embora a qualidade fisiológica da semente possa não refletir na produção final de grãos e a existência de vários estudos que demonstram que a produção de grãos somente é afetada quando houver uma redução drástica no estande da cultura (TEKRONY; EGLI, 1991; PÁDUA 1998), inúmeros autores acreditam, e tem demonstrado, que a baixa qualidade da semente afeta o vigor das plântulas, o estande e conseqüentemente a produtividade (SANTIPRACHA, et. al 1997; ANDREOLI; ANDRADE, 1998). Lin (1982) e Aranha (1998) verificaram que embora se faça a compensação do número de sementes para igualar o estande, pode ainda ocorrer redução da produtividade.

De qualquer forma, é notório que o uso de sementes de alta qualidade fisiológica é uma das garantias de boa produção, pois assegura maior velocidade e percentagem de germinação, influenciando diretamente no estande e no arranjo espacial das culturas (ELLIS, 1992).

2.3 GERMINAÇÃO E VIGOR

2.3.1 Germinação de Sementes

No final da maturação ou, eventualmente, durante o seu transcurso, ocorre a redução drástica do metabolismo e paralisação do crescimento, caracterizando a permanência das sementes em estado de latência ou criptobiose, o

que, normalmente não ocorre em sementes recalcitrantes. O período de criptobiose é variável de acordo com a espécie e condições do ambiente, e quando estas não são favoráveis à retomada de crescimento do embrião, as sementes permanecem em estado de quiescência (MARCOS FILHO, 2005).

A germinação de sementes é uma das fases críticas para o estabelecimento das plantas em condições naturais. Fisiologicamente, a germinação inicia-se com a embebição de água pela semente, seguida da retomada do crescimento do embrião quiescente e terminando com a protrusão de alguma parte deste por meio do tegumento (SANTOS et al., 2005).

É usual definir germinação como o fenômeno pelo qual, sob condições apropriadas, o eixo embrionário dá prosseguimento ao seu desenvolvimento, que tinha sido interrompido, nas sementes ortodoxas, por ocasião da maturidade fisiológica, ocorrendo então o rompimento do tegumento pela radícula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Por outro lado, Côme e Tissaoui (1973) defendem a idéia de que se devem considerar apenas as fases que antecedem o crescimento do eixo embrionário como caracterizando o processo de germinação. Desta forma, o início da multiplicação celular que leva à protrusão da raiz primária, e posteriormente das estruturas da parte aérea, seria parte do processo de crescimento, igual ao que se verifica em um outro órgão qualquer e, portanto, diferente do processo de germinação.

As Regras para Análise de Sementes da ISTA discordam desta definição e descrevem germinação em termos de morfologia de plântula, considerando-a, em teste de laboratório, a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

O processo de germinação de sementes está associado a vários fatores de natureza extrínseca, relacionados com o ambiente externo (água, temperatura, luz e composição de gases na atmosfera) e a fatores de natureza intrínseca, relacionados com as características fisio-metabólicas das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994; SANTOS, 1999).

A entrada de água nas sementes é um processo físico, que varia de acordo com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade hídrica, temperatura, pressão hidrostática, área de contato semente/água, forças intermoleculares, composição química e condição fisiológica da semente (HADAS,

1982). A temperatura é um dos fatores que interferem na porcentagem de germinação, influenciando a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam todo o processo metabólico (BEWLEY; BLACK, 1994).

A absorção de água pelas sementes evolui de acordo com o padrão trifásico, proposto por Bewley e Black (1978). Este padrão é dividido basicamente em três etapas (fase I, II e III) de captação de água pelas sementes durante a germinação.

A fase I é caracterizada pela rápida transferência de água para a semente, graças à diferença acentuada entre os potenciais hídricos e ocorre durante oito e dezesseis horas (MARCOS FILHO, 2005). A embebição coloidal predomina durante essa fase, reidratando as sementes e reativando o metabolismo do tecido embrionário com aumento acentuado da respiração, liberação de energia para germinação, ativação de enzimas e síntese de proteínas a partir do RNA-m armazenado ao final do processo (LARCHER, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

As reduções drásticas da velocidade de hidratação e da intensidade de respiração caracterizam a Fase II, que pode ser necessária para a síntese de enzimas, de DNA e RNA-m, exauridos durante a Fase I (MARCOS FILHO, 2005), e a digestão e o transporte ativo das substâncias de reserva das mesmas (TAYLOR, 1997). A ocorrência e duração dessa fase são variáveis de acordo com a espécie considerada. Sementes de milho, ervilha, feijão e soja podem permanecer em relativa pausa durante um período de oito a dez vezes superior a Fase I, enquanto, sementes de trigo, mamona, arroz e aveia não exibem a Fase II. Segundo Bewley e Black (1994) a fase dois é considerada uma fase estacionária e é função do balanço entre o potencial osmótico e o potencial de pressão, desta forma quanto menor o potencial hídrico, maior é a duração dessa fase.

No início da Fase III, a retomada de crescimento do embrião é visível pela protrusão da raiz primária (BEWLEY; BLACK, 1994; MARCOS FILHO, 2005). Há registros de que, no início do crescimento visível do eixo embrionário, o potencial hídrico do embrião atinge patamar semelhante ao verificado na maturidade fisiológica (WESTGATE, 1994). Segundo Bewley e Black (1994) esta etapa, ao contrario da Fase I e II, é alcançada apenas por sementes vivas e não dormentes.

Este padrão trifásico de absorção de água foi observado em sementes de diversas espécies, como soja (ARMSTRONG; MCDONALD, 1992); *Solanum elaeagnifolium* Cav. (TRIONE; CONY, 1990); em sementes de algodão,

feijão-de-corda, milho e sorgo (PRISCO et al., 1992); *Miconia candolleana* Trien. (BORGES et al., 1994) e guandu (KALPANA; RAO, 1995), sendo que a duração de cada fase e os teores de água variam entre as espécies.

Em geral as sementes inteiras, com reservas cotiledonares, atingem teores de água superiores a 45%, e as endospermáticas, 30 a 35%. Paralelamente em todas as espécies, o eixo embrionário apresenta grau de umidade de, no mínimo, 50%, ao desencadear o processo de germinação (MCDONALD et al., 1994).

As sementes de milho apresentam diferentes estruturas e diferentes velocidades de absorção de água. A cobertura protetora absorve água com velocidade inferior às demais estruturas; o embrião, em razão do alongamento e da divisão celular, absorve com maior velocidade e de forma contínua e, o endosperma, por outro lado, reidrata a uma velocidade intermediária (BEWLEY; BLACK, 1994; MCDONALD et al., 1994). No reinício do crescimento embrionário, a semente de milho, atinge teor de água de 30-35%, enquanto o embrião e o endosperma alcançam respectivamente, 50 a 55% e 25 e 30% (MCDONALD et al., 1994).

A avaliação da qualidade fisiológica de um lote de semente é realizada principalmente pelo teste de germinação que proporciona uma estimativa da qualidade do lote sob condições ideais, ou seja, condições que permitam uma germinação regular, rápida e completa das amostras de uma determinada espécie (ÁVILA et. al., 2007).

O teste de germinação tem por objetivo determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, o qual pode ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e também estimar o valor para semeadura em campo. Entretanto, a realização deste teste para predizer o comportamento das sementes no campo, onde as condições ideais do ambiente dificilmente ocorrem, estando as sementes sujeitas às situações adversas, não é geralmente satisfatória, pois, dada a variação das condições ambientais, os resultados nem sempre podem ser fielmente reproduzidos (BYRUM; COPELAND, 1995).

Dados obtidos por Delouche (1974) mostram que os resultados de testes de germinação apresentem alto grau de confiabilidade para analistas e para produtores de sementes, sob o aspecto de reprodutibilidade dos resultados e possibilidade de utilização como base para a fiscalização do comércio. Porém, 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 laboratórios (KRZYZANOWSKI et. al., 1999). Desta forma, os testes de vigor tem sido úteis para identificar diferenças consistentes no desempenho dos lotes de sementes, com germinação semelhante, em uma ampla gama de condições ambientais.

2.3.2 Vigor de Sementes

A identificação do vigor como um componente do potencial fisiológico, independente da germinação, tomou impulso com Frank a partir de 1950. Segundo Marcos Filho (2005) as tentativas iniciais para a conceituação do vigor destacavam a habilidade da semente para germinar sob condições desfavoráveis, no entanto a evolução demonstrou que o vigor de sementes traduz um potencial de desempenho.

A definição de um conceito unificado de vigor é dificultada, pois este não é uma simples propriedade mensurável, como a germinação, e sim um conceito que contempla várias características associadas com diversos aspectos do comportamento da semente durante a germinação e o desenvolvimento da planta (ARTHUR; TONKIN, 1991). Devido aos fatos, ainda não se alcançou uma definição universal do que seja vigor de sementes. As principais associações de tecnólogos de sementes adotam definições distintas e próprias.

Para a International Seed Testing Association (ISTA, 1981) o vigor de sementes é definido como a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho da semente, ou do lote de sementes, durante a germinação e a emergência da plântula. De acordo com a Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) o vigor de sementes compreende aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais, sob uma ampla faixa de condições ambientais.

Embora as definições acima acentuem a representação do campo, o vigor das sementes também tem conseqüências importantes no armazenamento de sementes (ARTHUR; TONKIN, 1991). Desse modo, amostras de sementes com viabilidade semelhantes, quando colocadas para germinar, podem originar plântulas que apresentam diferenças quanto à velocidade de crescimento e desenvolvimento

total atingido, e apresentar, ainda, potenciais de armazenamento distintos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 1999; DIAS; MARCOS FILHO, 1995).

Neste contexto, sementes com baixo vigor podem provocar reduções na velocidade e na emergência total, no tamanho inicial, na produção de matéria seca, na área foliar e nas taxas de crescimento das plantas (SCHUCH et al. 2000; MACHADO, 2002; HÖFS, 2003; MELO et al., 2006) podendo, segundo Kolchinski et al., (2005), afetar o estabelecimento da cultura, o seu desempenho ao longo do ciclo e a produtividade final.

Schuch et al. (2009), avaliando qualidade de semente e desempenho de plantas, observaram, em sementes de soja, que o uso de sementes de alto vigor proporciona acréscimos de 20% a 35% no rendimento de grãos. Merotto Junior et al. (1999) identificaram que a desuniformidade de emergência de plântulas de milho reduziu a produtividade de grãos, fator que pode ser encontrado com a utilização de lotes de baixo vigor. Dias et al. (2010), estudando vigor de sementes de milho associado à mato-competição, observaram, quando analisado as parcelas sem controle de plantas daninhas, onde o fator competição por recursos foi maximizado, o efeito do vigor encontrado inicialmente no ciclo da cultura estendeu-se até a colheita, onde os lotes de sementes mais vigorosos, quando comparados com o menos vigorosos, proporcionaram 30% de acréscimo na produtividade.

Carvalho (1994) relatou a possibilidade de existência, ou não, do efeito do vigor sobre a produção, dependendo do órgão da planta usualmente explorado e da época de cultivo, mas com o decorrer do tempo a influência do vigor se reduz e o desempenho do vegetal passa a ser, essencialmente, função das interações de seus caracteres genéticos com fatores ambientais.

Ao avaliar o efeito do vigor de sementes de milho sobre o estabelecimento, desenvolvimento e rendimento da cultura, Durães et al. (1995) verificaram que o vigor das sementes afetou a emergência das plântulas em campo e a capacidade das plântulas em acumular matéria seca nos estádios iniciais do crescimento, contudo, não observaram relação consistente entre vigor das sementes e rendimento de grãos quando com densidade populacional adequada, resultados corroborados com os encontrados por Almeida et al. (2003), onde o maior crescimento inicial de plantas de milho não foi traduzido na produtividade final de grãos.

Para Carvalho e Nakagawa (2000) o efeito do vigor é indireto, pois nessas circunstâncias, o reflexo direto ocorre sobre o estabelecimento da planta e não sobre a produção. A ausência de consistência na relação entre vigor de sementes e produção, para diversas culturas, sugere que, no sistema usual de cultivo, o crescimento vegetativo está acima do mínimo requerido para maximizar a produção, sendo, aparentemente, a produção afetada pelo vigor das sementes, apenas, quando a densidade de plantas é inferior à requerida para maximizar a produção ou quando ocorre atraso na semeadura (TEKRONY; EGLI, 1991).

Neste contexto, é notório que o efeito do vigor não é tão evidente na fase de planta, quanto na de plântula, principalmente com relação ao seu desempenho produtivo. No entanto, na fase de plântula a influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total de germinação, o tamanho e a massa seca das plântulas (TEKRONY; EGLI, 1991; SCHUCH et al., 1999; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Considerando o exposto e a estreita relação entre densidade e produção, a uniformidade espacial de plantas é decisiva para máxima produção de algumas espécies. Desta forma é fundamental a rápida e elevada porcentagem de emergência, pois esta está diretamente associada com a distribuição da população de plantas no campo, resultado do alto vigor da semente. As plântulas que emergem tardiamente não são competitivas e podem não sobreviver até a maturidade (TEKRONY; EGLI, 1991).

O vigor das sementes que exprime o seu nível de qualidade fisiológica está relacionado com uma série de fatores como: condições climáticas durante a maturação, condições de armazenamento, tamanho das sementes, grau de injúria mecânica, presença de patógenos, tratamento químico das sementes, nutrição das plantas progenitoras e a deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Conforme Toledo e Marcos Filho (1977), o potencial de conservação das sementes é determinado pela velocidade do processo de deterioração e pode variar entre diferentes lotes da mesma espécie e variedade.

Delouche e Baskin (1973) relacionaram os eventos que caracterizam o processo de deterioração numa sequência hipotética que envolve: a degradação

de membranas celulares, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, lentidão do processo de germinação, redução no potencial de conservação, decréscimo na taxa de crescimento e de desenvolvimento, menor uniformidade de emergência, maior sensibilidade às adversidades do ambiente, redução da emergência das plântulas no campo, aumento da ocorrência de plântulas anormais e, finalmente, perda da capacidade germinativa.

Com relação aos efeitos do vigor das sementes sobre o potencial de armazenamento, sendo o processo deteriorativo inevitável e irreversível, aquelas de alto vigor chegarão ao final do armazenamento em melhores condições que as de menor vigor (CARVALHO, 1994).

Os testes de vigor podem ser utilizados em programas de melhoramento genético visando diferentes características relacionadas, direta ou indiretamente, ao vigor, em sistemas de produção, no controle de qualidade e na comercialização. Para Marcos Filho (1999) os testes de vigor podem ser utilizados com várias finalidades, mas a razão fundamental é a determinação do potencial fisiológico de um lote de sementes para fins de comercialização, semeadura ou armazenamento. Em geral, os testes de vigor, buscam detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, fornecendo informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação (KRZYZANOWSKI et. al., 1999).

Paralelamente, espera-se que os resultados permitam distinguir com segurança os lotes de alto dos de baixo vigor e que as diferenças detectadas estejam relacionadas ao comportamento das sementes durante o armazenamento e após a semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo França-Neto et al. (2010), sementes de vigor médio ou baixo, diferentemente das de alto vigor, resultam em plântulas fracas com pouca ou nenhuma possibilidade de se estabelecerem competitivamente no campo. Os mesmos autores acrescentam que em condições de estresse, como em caso da ocorrência de seca, ou de baixa temperatura do solo durante a emergência, lavouras originadas de sementes de alta qualidade sofrerão conseqüências menos drásticas, resultando em maiores produtividades em relação às originárias de sementes de médios ou baixos vigores.

Com relação aos testes de vigor, estes estão, atualmente, disponíveis para muitas culturas e tem sido amplamente divulgado e aceitos pela

indústria de sementes como instrumentos para tomada de decisões (KRZYZANOWSKY; MIRANDA, 1990) A segurança e a precisão dos resultados são obtidas pela relação entre os testes de vigor e os resultados no campo. Muitos dos testes de vigor são usados rotineiramente pela indústria de sementes durante a produção da cultura, beneficiamento, armazenamento e antes da comercialização (MARÇALLO, 2006).

O teste de frio, o qual as sementes permanecem em baixas temperaturas por um determinado período de tempo, é o mais utilizado para a avaliação do vigor de sementes de milho. Existe ainda um interesse crescente das empresas de sementes de milho em utilizar, em conjunto com o teste de frio, as informações obtidas pelo teste de envelhecimento acelerado (TEKRONY, 1996) e, esta pretensão é baseada na dificuldade de padronização de procedimentos para o teste de frio (WOLTZ; TEKRONY, 2001). As condições adversas impostas pelos dois testes possibilitariam estimar o desempenho de lotes de sementes sob faixa mais ampla de condições ambientais, fornecendo, assim, diagnóstico mais seguro quanto à seleção dos melhores lotes para comercialização (BITTENCOURT; VIEIRA, 2006).

É importante ressaltar que o uso de diversos testes ganha importância à medida que, dependendo dos métodos utilizados, as informações obtidas possam ser distintas entre si, e os testes de vigor estão sendo executados, procurando comparar, com precisão, o comportamento de lotes de sementes em laboratório e no campo (MARCOS FILHO et al., 1984).

Dentre os vários procedimentos utilizados na determinação do vigor, uma das alternativas seria submeter sementes ao estresse osmótico em condições de laboratório, uma vez que sementes com maior vigor seriam mais tolerantes às condições de estresse criadas no substrato (SANTOS et al., 1996; PIANA; SILVA, 1997).

Como relatado, a constatação de limitações, para estimar de modo abrangente o potencial fisiológico das sementes, estimulou a concepção de determinações, denominadas testes de vigor, encarregadas de avaliar aspectos qualitativos não detectados pelo teste de germinação (VIEIRA et al., 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Desta forma o teste de germinação e o teste de vigor são fundamentais para determinar, de forma eficaz e segura, a qualidade das sementes.

2.4 ESTRESSES EM SEMENTES

2.4.1 Estresses Hídricos

Para que uma semente germine, ela deve estar viva e não dormente e deve dispor de condições internas e externas favoráveis para que o fenômeno da germinação ocorra. Os fatores internos são basicamente a longevidade e a viabilidades das mesmas, enquanto que os fatores do ambiente que influem o processo germinativo são a água, a temperatura e o oxigênio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A água sem duvida é o fator que exerce a mais determinante influencia sobre o processo de germinação das sementes. Além de iniciar o processo germinativo, a água está direta ou indiretamente envolvida em todas as outras etapas dos metabolismos subseqüentes. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e transporte de metabólicos, assim como um reagente na digestão de proteínas hidrolíticas, carboidratos e lipídeos, nos tecidos de armazenamento das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os mesmos autores complementam que, da absorção de água pelas sementes resulta a reidratação dos tecidos com a conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas. No entanto, para que ocorra a germinação, a semente deve ser hidratada em condições que estimulem o metabolismo, por exemplo, temperatura adequada e presença de oxigênio (GALLARDO et al., 2001).

Como já mencionado, esta absorção de água é trifásico, incluindo um período inicial de rápida absorção (fase I), seguido por um período, com pouca mudança no conteúdo de água (fase II) e por fim, novamente, um aumento do conteúdo de água, coincidindo com a emergência e retomada do crescimento, fase III (BEWLEY; BLACK, 1978).

A quantidade de água necessária para o início dos processos metabólicos varia de espécie para espécie (ALVORADO; BRADFORD, 2002) e, segundo Roman et al. (2000), a taxa e a duração no processo de embebição são influenciadas pelo potencial de água no solo e pela resistência do movimento de água no sistema solo-semente. Em solos excessivamente úmidos ou secos, a água

pode retardar ou inibir a germinação de sementes de várias espécies (PIANA; SILVA, 1997).

A intensidade da resposta ao estresse hídrico, também é variável entre as sementes de diferentes espécies, dependendo não apenas da constituição genética, mas, também da condição fisiológica da semente (HEYDECKER, 1977). Em condições de estresse ocorre um desequilíbrio no balanço hormonal, desta forma, a ausência de germinação das sementes pode se dar pela presença de inibidores ativos e/ou promotores essenciais (DAVIES, 1994).

Potenciais hídricos muitos negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, podendo inviabilizar a seqüência dos eventos relacionados ao processo germinativo das sementes (BANSAL et al., 1980). O estresse hídrico geralmente atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (ADEGBUYI et al., 1981).

A baixa disponibilidade de água causa redução no acúmulo de prolina, substância responsável pelo ajustamento osmótico das células, ocasionando a diminuição do crescimento das mesmas (SCHUAB et al., 2007). Deste modo, sementes de diversas espécies, quando submetidas à restrição hídrica no solo, reduzem a germinação e o desenvolvimento em razão da interferência no processo de embebição e de alongamento celular (MARCOS FILHO, 2005).

Por outro lado, Borges e Rena (1993) afirmam que o excesso de umidade geralmente provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante. Restrições de oxigênio podem provocar atraso ou paralisação no desenvolvimento das plântulas ou, ainda, a ocorrência de anormalidades, como a ausência de raízes e a formação de plântulas hialinas (PHANEENDRANATH, 1980). Kozlowski e Pallardy (1997), também relatam que quando há excesso de água, a disponibilidade de oxigênio para o embrião diminui, reduzindo ou atrasando a germinação em várias espécies.

O alagamento do solo leva a uma rápida embebição, que causa injúrias ao tegumento das sementes (HOU; THSENG, 1991) e provoca vários efeitos prejudiciais à germinação das sementes e desenvolvimento de plântulas (KOZLOWSKI, 1999).

Em sementes de milho, por exemplo, o potencial hídrico é de aproximadamente -3.950 atm. Após a fase inicial de absorção, os potenciais hídricos da semente e do solo tendem a ficar muito próximos e o fluxo inicialmente estabelecido pode ser alterado por qualquer redução do potencial hídrico (YOUNG et al., 1983) ou por problemas na condutividade hidráulica do solo (COLLIS-GEORGE; HECTOR, 1966).

De maneira geral, a redução progressiva do potencial hídrico do solo apresenta tendências de redução na porcentagem e nas velocidades de germinação e de emergência (PIANA, 1980; YOUNG et al., 1983; PESKE; DELOUCHE, 1985). De acordo com Mathews e Powell (1986), em termos gerais, menor qualidade fisiológica tem sido associada aos piores desempenhos nas condições de estresse em campo.

Sementes com maior vigor seriam mais tolerantes às condições de estresse criadas no substrato (SANTOS et al., 1996; PIANA; SILVA, 1998). Estudos com sementes têm sido conduzidos sob condições de deficiência hídrica, utilizando soluções osmóticas para simular um ambiente com pouca umidade, sendo o efeito dependente tanto do soluto utilizado como da espécie em questão (CUSTÓDIO et al., 2009)

As situações de déficit hídrico podem ser simuladas, em laboratório, utilizando diversas soluções osmóticas, como PEG - polietileno glicol [$\text{HOCH}_2(\text{6CH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$], (MORAES et al., 2005; SILVA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2008); manitol ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$) (BRAGA et al., 1999; COSTA et al., 2004);, o cloreto de cálcio (CaCl_2), o cloreto de potássio (KCl) e o cloreto de sódio (NaCl) e MgCl_2 (BENEDITO et al., 2008; BRACCINI et al., 1996; DANTAS et al., 2007; FURTADO et al., 2007; KRACKHARDT; GUERRIER, 1995; MACHADO NETO et al., 2006; MORAES; MENEZES, 2003).

Quantidades específicas, para cada um destes agentes osmóticos, simulam um determinado potencial osmótico e estes potenciais podem ser estabelecidos pela equação de Van't Hoff (SOUZA; CARDOSO, 2000). Manitol e polietileno glicol têm sido comumente utilizados como agentes osmóticos para simular condições de déficit hídrico, porque são compostos quimicamente inertes e não tóxicos (PARMAR; MOORE, 1968), contudo Slavik (1974) considerou que o manitol, um álcool hexanídrico, pode penetrar nas sementes durante a germinação, mostrando inclusive fitotoxicidade.

Machado Neto et al (2006) verificaram que as soluções osmóticas de manitol podem ser usadas como simuladores de deficiência hídrica, no potencial de até -0,6MPa em sementes de feijão, da mesma forma, Braccini et al. (1996), verificaram que o uso de solução de manitol para simular condições de baixa umidade no solo apresentou resultados satisfatórios com sementes de soja. Para Dantas et al. (2007) soluções de NaCl acima de -0,02 MPa (10 mol m⁻³) inibiram tanto a germinação como o crescimento das plântulas de feijão.

Mortele et. al. (2006) utilizando solução de polietileno glicol para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de híbridos simples de milho pipoca, sob condição de estresse hídrico, concluíram que o potencial osmótico -0,3MPa de polietileno glicol provoca a redução no desempenho das sementes. Desta forma, estes autores recomendam o uso de soluções de polietileno glicol em análises de rotina de germinação como alternativa para se estimar o vigor das sementes sob estresse hídrico em sementes de milho. Hadas (1977), trabalhando com sementes de grão-de-bico, sugeriu a utilização do estresse hídrico como teste vigor.

Braccini et al. (1998), trabalhando com sementes de soja, verificaram que sementes com melhor qualidade fisiológica, geralmente, são as que se apresentam mais tolerantes às condições de estresse hídrico no campo. Albuquerque e Carvalho (2003) verificaram que a influência do vigor das sementes de girassol na redução da emergência está associada à condição de estresse a qual estas foram submetidas; sementes com maior vigor, previamente avaliadas pelo teste de envelhecimento acelerado, proporcionaram menor redução da emergência de plântulas sob restrição hídrica de -1,1MPa que as de menor vigor.

Piana e Silva (1998), estudando a relação existente entre o desempenho das sementes de milho e a disponibilidade hídrica, concluíram que sementes de milho, com vigor mais elevado, apresentam desempenho superior em condições de deficiência hídrica.

Com relação ao desempenho de sementes de milho sob excesso hídrico, tanto o encharcamento do solo quanto a submersão das sementes em água, em condições de laboratório reduzem ou impedem a germinação (VAN TOAI et. al., 1988; KHOSRAVI; ANDERSEN, 1990), sendo que a tolerância dessa espécie varia de acordo com a cultivar e com a temperatura de alagamento (MARTIN et. al., 1991).

Dantas et al. (2000), avaliando o efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho, verificaram que a germinação de sementes sofre maior inibição quanto maior for o período de alagamento e quanto mais distantes forem as temperaturas daquela considerada ideal (27 °C).

Conclui-se que o uso de um maior número de lotes de sementes, possivelmente com diferentes níveis de vigor e submetidos a situações distintas de disponibilidade hídrica, em laboratório e no campo, poderia definir com mais clareza a relação entre o vigor das sementes e a disponibilidade hídrica (PIANA; SILVA, 1998), já que, sementes mais vigorosas são mais resistentes às condições de menor disponibilidade hídrica, favorecendo o estabelecimento da população no campo (TEKRONY; EGLI, 1991). Desta forma, as empresas produtoras de sementes adquirem mais possibilidade de avaliação da qualidade de sementes, podendo selecionar lotes com desempenho superior, capazes de germinar em condições de estresse ambiental, tal como estiagem e excesso de chuvas na época da semeadura.

2.4.2 Estresses Térmicos

A germinação das sementes é um processo complexo, onde inúmeras reações e fatores individuais estão envolvidos e todos estes processos são afetados pela temperatura (COPELAND; MACDONALD, 1995). A temperatura em que ocorre a germinação é um fator importante para o processo de germinação, tanto quando considerado o aspecto de germinação total como o de velocidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Com disponibilidade hídrica adequada, a temperatura e a luz são os fatores ambientais mais importantes para a germinação de sementes (SOCOLOWSKI et al, 2008), sendo a temperatura, para Deen et. al. (1998), o principal fator envolvido na germinação. Para muitas espécies, se fornecida as condições ideais de luz e umidade, a temperatura predominante do solo determina tanto a fração de sementes germinadas de uma amostra como a sua velocidade de germinação (ANDRADE, 1995b).

A temperatura influencia a germinação por agir sobre a velocidade de absorção e sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo

germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Marcos Filho (2005) acrescenta que os efeitos da temperatura podem ser avaliados a partir de mudanças na porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação. Segundo Roman et al. (2000), as taxas de alongação da plântula geralmente são funções simples e lineares do tempo térmico.

A germinação só ocorre dentro de determinados limites de temperatura, não ocorrendo com temperaturas acima ou abaixo dos limites superior e inferior. Os limites extremos de temperatura dão informações de interesse biológico e ecológico, sendo que sementes de diferentes espécies apresentam diferentes faixas de temperatura para germinação (THOMPSON, 1973; DAU; LABOURIAU, 1974).

A resposta à temperatura foi classificada e resumida em três temperaturas cardeais: mínima, ótima e máxima (GRUNDY; MEAD, 2000; ALVARADO; BRADFORD, 2002; LEBLANC et al., 2003). A temperatura ótima é conceituada como a que possibilita a combinação mais eficiente entre a porcentagem e a velocidade de germinação, ou seja, a máxima germinação no menor período de tempo (MARCOS FILHO, 2005). Nas faixas subótima e supra-ótima, a taxa de germinação responde linearmente à temperatura, atingindo temperaturas base e máxima, a qual a germinação não mais ocorre (GRUNDY; MEAD, 2000; STECKEL et al., 2004). A supressão da germinação ocasionada por temperaturas altas é denominada por diversos autores como termo-inibição.

Além de ser fator determinante para a germinação, a temperatura, associada às características da espécie, pode agir como indutor de germinação para as espécies que apresentam dormência (ALBUQUERQUE et al., 2003). Temperaturas muito elevadas produzem estresse, ocasionando então uma inibição térmica, uma dormência térmica ou mesmo perda da viabilidade (VIDALVER; HSIAO, 1975).

Assim, o estresse térmico tende a retardar a germinação ou mesmo suprimir temporariamente em sementes quiescentes ou mesmo nas que já iniciaram sua germinação (POLLOCK; ROSS, 1972). Estudos têm demonstrado ainda que a temperatura interage com hormônios vegetais, de modo a alterar seus níveis endógenos e, por conseguinte, influencia na regulação do processo germinativo (BROWN; VAN STADEN, 1973; PAUL et al, 1973). Dessa forma, alguns reguladores de crescimento têm a propriedade de modificar as exigências de temperatura e

induzir germinação em sementes de algumas espécies (PINFIEL; STOBART, 1972; REYNOLDS; THOMPSON, 1973).

Nas plantas em geral, o processo de germinação e emergência das plântulas, bem como o crescimento das raízes é influenciado pela temperatura do solo. Alguns autores atribuem a redução do desenvolvimento de plântulas de milho ao efeito da temperatura do solo (CONCEIÇÃO et al., 2000). As temperaturas ideais para a germinação de sementes de milho, segundo Marcos Filho (2005), estão entre 32-35 °C, sendo que a temperatura mínima e máxima são de 9 °C e 44 °C, respectivamente.

Devido à estreita relação entre a temperatura do ar e do solo para com a germinação e o desenvolvimento de plântulas, diversos testes de vigor são realizados por meio da submissão das sementes em diferentes estresses térmicos.

O teste de envelhecimento acelerado, onde as sementes são submetidas a elevadas temperaturas e umidade, está praticamente padronizado para a avaliação do vigor de sementes de soja (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Para Bittencourt e Vieira (2006), o teste de envelhecimento acelerado (EA) apresenta possibilidades de uso nos programas de controle de qualidade de sementes de milho. Porém, para uso em rotina, ainda há necessidade de padronização das condições de temperatura e período de exposição das sementes na realização do teste. Entre os fatores que afetam o comportamento das sementes submetidas a esse teste, a interação temperatura/período de exposição tem sido um dos mais estudados. Alguns autores dedicaram-se ao estudo dessa interação, indicando, para sementes de milho, 45°C/72h (DUTRA; VIEIRA, 2004); soja, 42°C/48h (DUTRA; VIEIRA, 2004); feijão, 41°C/72h (SANTOS et. al., 2004), maxixe, 41°C/48h (SILVA et. al., 1998), tomate, 41°C/72h (PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001), erva-doce, 41°C/72h (TORRES, 2004).

Com o surgimento do melhoramento genético do milho para resistência a baixas temperaturas surgiu também o teste de frio, o qual, inicialmente, simulava apenas as condições de alta umidade e baixa temperatura que prevaleciam no “cinturão do milho”, nos Estados Unidos, por ocasião da semeadura (PINNELL, 1949). Com isso, o teste de frio passou a ser sustentado com base no uso de baixa temperatura (7 a 10°C) e alta umidade do solo, normalmente acima de 60% da capacidade de campo, durante sete dias (PERRY, 1981; ASOA, 1983),

seguidos por um período de crescimento de plântulas sob temperaturas entre 25 e 30 °C (LOEFFLER et al., 1985 e FUCHS; BRAUM, 1997)

Perry (1981) incorporou essa metodologia na avaliação de sementes de milho com o intuito de obter informações sobre o possível desempenho que teriam, quando semeados a campo. A eficiência do teste de frio foi comprovada experimentalmente por diversos pesquisadores e foi sugerido seu uso na seleção de linhagens de milho antes do período de semeadura, em face de sua sensibilidade em prognosticar o desempenho das sementes a campo (MOLINA et. al., 1987). Esse teste também tem sido utilizado com sucesso, para diferenciar níveis de vigor relacionados com a forma, peso, tamanho e tratamento de sementes (MARCOS FILHO et. al., 1977; SILVA; MARCOS FILHO, 1979).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), uma semente terá exigências tanto mais específicas quanto menor seu nível de vigor, ou seja, a faixa de temperatura ótima de uma semente de alto vigor é muito mais ampla do que a de uma semente de menor vigor. Desta forma comprova-se a importância de testes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes e de sementes com alto potencial fisiológico para incrementos na produção e na produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Estatística da produção**. Anuário ABRASEM 2009, Pelotas: Editora Becker & Peske, p.32, 2009.
- ALBUQUERQUE, M.C.de F.; CARVALHO, N.M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.31, p.465-479, 2003.
- ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.41, n.1 p.1-12, 1995a.
- ANDRADE, A.C.S. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Leandra breviflora* Cogn, *Tibouchina benthamiana* Cogn, *Tibouchina moricondiana* (DC) Baill (MELASTOMATACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**. v.17, n.1, p. 29 – 35, 1995b.
- ANDRADE, F.H. Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz. **Instituto Nacional de tecnología agropecuária. Balcarce**, Argentina. 34p. 1992 (Boletín Técnico, 106).
- ANDREOLI, C.; ANDRADE, V.R. Qualidade de semente e densidade de semeadura afetam a emergência e produtividade de milho. In: **Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo**. 22., Recife. **Anais....** Recife: UFPe, 1998. p.54.
- ADEGBUYI, E.; COOPER, S.R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 3, p. 867-878, 1981.
- ARANHA, M.T.M. **Efeito do vigor da semente e da densidade de semeadura no desempenho de plantas de soja (Glycine Max (L.) Merrill) das cultivares de IAS-5 e IAC-8**. 77p. (Tese de Doutorado) – Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1998.
- ARMSTRONG, H.; McDONALD, M.B. Effects of osmo-conditioning on water uptake and electrical conductive in soybean seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.20, n.3, p.391-400, 1992.
- ARNON, I. Mineral nutrition maize **Internacional Potash Institute**, 1975. 452 p.
- ARTHUR, T.J.; TONKIN, J.H.B. Testando o vigor da semente. **nf. Abrates**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 38-42, 1991.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A. Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p.117-124, 2007.

BANSAL, R.P.; BHATI, P.R.; SEN, D.N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 22, p. 327-331, 1980.

BARROS, S.R.B.; DIAS, M.C.L.L.; CICERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.5.1³/₄5.15.

BERLATTO, M.A.; SUTILI, V.R. 1976. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de 3 cultivares de Milho (*Zea mays*, L.) **XXI – Reunião Técnica de Milho e Sorgo** – Porto Alegre, 20 a 23 de julho de 1976.

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

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Development, germination and growth**. v.1. Berlim: Springer Verlag, 1978, 306 p.

BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.61-168, 2006.

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

BRACCINI, A.L. et al. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1451-1459, 1998.

BRACCINI, A.L. et al. 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, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

BRASIL, E. C.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. V.; PITTA, G. V. E.; CARVALHO, J. G. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 704-712, 2007

BRASIL.Ministério da Agricultura.**Regras para análise de semente** .Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009 .395p.

BROWN, N. A. C.; VAN STADEN, J. The effect of stratification on the endogenous cytokinin levels of seed of *Protea Compacta* and *Leucadendron daphnoids* – **Physiol Plant** 28:388-392, 1973.

- BRUNINI, O.; JUNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; ASSAD, E.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.; PARTENIANI, M.E.Z. Riscos climáticos para a cultura de milho no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.519-526, 2001.
- BYRUM, J.R.; COPELAND, L.O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, v.23, n.2, p.543-549, 1995.
- CANTARELLI, L. D. **Distribuição espacial e comportamento individual de plantas em função do vigor das sementes, em populações de soja**. Pelotas, 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPel, 2005.
- CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargil, 1986, p. 207-23.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2000. 588p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras: Recomendações Silviculturais, Potencialidades e Uso da Madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 126 p.
- CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p.151-164.
- COLLIS-GEORGE, N.; HECTOR, J.B. Germination of seeds as influenced by matric potential and by area of contact between seed and soil water. **Australian Journal of Soil Research**, v.4, p.145-165, 1966.
- COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. 1995. **Seed science and technology**. New Jersey, USA: Chapman e Hall, 409 p.
- DANTAS, B.F.; ARAGÃO, C.A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J.D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.88-96, 2000.
- DELOUCHE, J.C. Maintaining soybean seed quality. Proc. TVA SYMP. ON Soybean Prod., Marketing and Use. TVA Bull. Y69, Muscle Shoals, Ala.: 40-63 USA. 1974.
- DELOUCHE, J.C. Seed quality, and storage of soybeans. In: WHIGRUM, D.K., ed. **Soybean production, protection and utilization**. Urbana-ILL, University of Illinois, 1975. p. 86-107 (INTSOY, 6).

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.S.F., MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: II. Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.5, n.1, p.37-41, 1995.

DUARTE, J. O. **Mercado e Comercialização**. EMBRAPA milho e sorgo. 2005.

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

EDJE, O.T.; BURRIS, J.S. Effects of soybean seed vigor on field performance. **Agronomy journal**, p.536-538, 1971.

ELLIS, R. H. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. **Plant Growth Regulation**, v.11, p. 249-255, 1992.

FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. Milho - produção, pré- processamento e transformação agro-industrial. **Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia**. (Série Extensão Agro-Industrial, 5). 1982.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERGUSON-SPEARS, J. An introduction to seed vigour testing. In: VENTER, H.A. van de (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p.1-10.

FERREIRA, R.L., SÁ, M.E. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 099-110, 2010

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: F nep, 2007. 576p .

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M.G.G.C. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.7-17, 2000.

HADAS, A. Seed-soil contact and germination. In: KHAN, A.A. (Ed.). **The physiology and biochemistry of seed development, dormancy, and germination**. Amsterdam: Elsevier, 1982. p.507-527.

HADAS, A. A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, p.519-525, 1977.

HAMPTON, J. G. What is seed quality? **Seed Science and Technology**, v.30, n.1, p.1-10, 2002.

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

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.55-62, 2004.

HOU, F.F. & THSENG, F.S. Studies on the flooding tolerance of soybean seed: varietal differences. **Euphytica**, Basel, v.57, n.3, p.169-173, 1991.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION- ISTA. **Handbook of Vigour Test Methods**. Zurich, Switzerland, ISTA, 1981. 72p.

KALPANA, R.; RAO, K.V.M. on the ageing mechanism in pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.23, n. 1, p. 1-9, 1995.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. <http://www.heronpublishing.com/monograf/koslowiski.pdf> 1999.

KHOSRAVI, G.R.; ANDERSEN, I.C. Pre-emergence flooding and nitrogen atmosphere effects on germinating corn inbreds. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.2, p.495-499, 1990.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Growth control in woody plants**. American Press: San Diego, 1997. 254p.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Coord.) **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000, 531p.

LARCHER W, **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes como problema de termobiologia. *Mem. Sympos. Congr. Latino Americano de Botânica* 1:321-343, 1972.

LIN, S. S. efeito do vigor da semente no desempenho da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no campo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.18, n.1, p.37-42, 1982.

LOEFFLER, N.L.; MEIER, J.L.; BURRIS, J.S. Comparison of two cold test procedures for use in maize-drying studies. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.13, n.3, p.653-658, 1985.

McDONALD, M.B. JR.; SULLIVAN, J.; LAUER, M.J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science & Technology**, v.22, p.79-90, 1994.

- MACHADO, R. F. **Desempenho da aveia branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas.** Pelotas. 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, 2002
- MACHADO NETO, N.B.A.; CUSTÓDIO, C.C.; COSTA, P.R.; DONÁ, F.L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.1, n.28, p.142–148, 2006.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p.1-24.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, A.E. da; CICERO, S.M.; GONÇALVES, C.A.R. Efeitos do tamanho da semente sobre a germinação, o vigor e a produção do milho (*Zea mays* L.). **Anais da ESALQ**, v. 34, p.327-37, 1977.
- MARTIN, B.A.; CERWICK, S.F.; REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. **Crop Science**, Madison, v.31, n.6, p.152-1057, 1991.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **HortScience**, v.21, n.5, p.1125-1128, 1986.
- MOLINA, J.C.; IRIGON, D.L.; ZONTA, E.P. Comparação entre metodologias do teste de frio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.3, p.77-85, 1987.
- MOTERLE, L.M.; LOPES, P.C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.169-176, 2006.
- NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho da plântula. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de semente: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1 -2.24.
- OLIVEIRA, L.M.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G.; ALVES, U.E.; SILVA, G.Z.; ANDRADE, A.P. Qualidade fisiológica de sementes de *caesalpinia pyramidalis* tul. Durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.2, Londrina 2011.
- PÁDUA, G.P. de. Vigor de sementes e seus possíveis efeitos sobre a emergência em campo e a produtividade. **Informativo Abrates**, Londrina, v.8, n.1-3, p.46-49, dez. 1998.

- PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.
- PARMAR, M.T.; MOORE, R.P. Carbamax 6.000, mannitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. **Agronomy Journal**, Madison, v.30, p.192-195, 1968.
- PAUL, K.B.; PATEL, C.S.; BISWAS, P.E. Changes in endogenous growth regulators in loblolly pine seeds during the process of stratifications and germination. *Physiol. Plant.*, 28:530-534, 1973.
- PHANEENDRANATH, B.R. Influence of amount of water in the paper towel on standard germination tests. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.5, n.2, p.82-87, 1980.
- PERRY, D.A. Seed vigour and field establishment. **Horticulture**, London, v.4, n.2, p.334-42, 1972.
- PERRY, D.A. Introduction; methodology and application of vigor tests and seedlings growth and evaluation tests. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigor tests methods**. Zürich. Int. Seed Test. Assoe., 1981. p.13-20.
- 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, jan. 1985.
- PIANA, Z.; SILVA, W.R. Respostas de sementes de milho com diferentes níveis de vigor à disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1525-1531, 1997.
- PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.486-489, 1994.
- PIANA, Z. **Influência do tamanho da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e nível de umidade do solo na germinação e no vigor**. Pelotas: UFPel-Fac. de Agronomia, 1980. 95p. Tese de Mestrado.
- PINFIELD, N.J.; STOBART, A.K. Hormonal regulation of germination and early seedling development in *Acer pseudoplatanus* (L.) **Planta**, n. 104, p. 134-145, 1972.
- PINNELL, E.L. Genetic and environmental factors affecting com seed germination at low temperatures. **Agron. J.**, v. 41, n. 12, p. 562-8, 1949.
- POLLOCK, B.M.; ROSS, E.E. Seed and seedling vigor. **Seed biology**, v. 1, p. 313-387, 1972.
- PONNANPERUMA, F.N. Chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, London, v.24, n.1, p.29-95, 1972.

PRISCO, J.T.; HADDAD, C.R.; BASTOS, J.L.P. Hydrationdehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.15, n.1, p.31-35, 1992.

RAZERA, L.F. **Emergence of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) seed at various levels of soil temperature and moisture**. Mississippi: Mississippi State University, 1982. 83p. Ph.D. Thesis.

REYNOLDS, T.; THOMPSON, P.A. Effects of kinetin giberelins and (+-) abscisic acid on the germination of *lettuce* (*Lactuca sativa*). *Physiol. Plant.*, 28:516-522, 1973.

SANTOS, C. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas e efeitos de feijão envelhecidas artificialmente. **Rev. Bras. Sem.**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

SANTOS, V.L.M.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A. Utilização do estresse salino na qualidade das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.83-87, 1996.

SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. **Cultivo do Milho** – clima e solo.. 2005.

SCHUCH, L. O. B. **Vigor das sementes e aspectos da fisiologia da produção em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb)**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1999. 127p. (Tese de Doutorado).

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Emergência a campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p. 97-101, 2000.

SCHUAB, S.R.P. et al. Germination test under water stress to evaluate soybean seed vigour. **Seed Science & Technology**, v.35, n.1, p.187-199, 2007.

SANTIPRACHA, W.; SANTIPRACHA, Q.; WONGARODOM, V. Hybrid corn quality and accelerated aging. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.203-208, 1997.

SHAYKEWICH, C.F. Proposed method for measuring swelling pressure of seeds prior to germination. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.24, p.1056-1061, 1973.

SILVA, M. A. S.; TORRES, S. B.; CARVALHO, I. M. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 212-214, 1998.

SILVA, W.R. da; MARCOS FILHO, J. Efeitos do peso e do tamanho das sementes de milho sobre a germinação e vigor em laboratório. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.1, n.1, p.39-52, 1979.

SLAVIK, B. *Methods of studying plant water relations*. New York: Springer-Verlag, 1974. 449p.

SMITH, O.E.; YEN, W.W.L. & LYONS, M.J. Effects of kinetin in overcoming high temperature dormancy of lettuce seeds. **Proc. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 93, p. 444-453, 1968.

SOUZA, G.M.; CARDOSO, V.J.M. Effects of different environmental stress on seed germination. **Seed Science Technology**, Zürich, v.28, n.3, p.621-630, 2000.

TAYLOR, A.C. Seed storage, germination and quality. In: WIEN, H.C. (Ed.) **The physiological of vegetable crops**. New York, 1997, p.1-36.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging test conditions for hybrid corn seed. **Iowa State University**, Ames, v.16, p.3-4, 1996.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.816-822, 1991.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**. v.17, p.573-577, 1977.

THOMPSON, P.A. Geographical adaptation of seeds. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed Exology**. London: Butterworths, 1973. p. 31-58.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J.M. **Manual das sementes - tecnologia da produção**. São Paulo: Ceres. 1977. 224p.

TONIN, G.A.; CARVALHO, N.M.; KRONKA, S.N.; FERRAUDO, A.S. Influência do cultivar e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.276-279, 2000.

TORRES, S.B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de erva-doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26 n.2, p.20-4, 2004.

TRIONE, S.; CONY, M. A. Thermoperiodism and other physiological traits of *Solanum elaeagnifolium* seeds in relation to germination. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 18, n.1, p. 25-39, 1990.

USDA. National Nutrient Database for Standard Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov>, Acessado em 2010.

VANTOAI, T.T.; FAUSEY, N.R.; McDONALD Jr., M.B. Oxygen requirements for germination and growth of flood-susceptible and flood-tolerant corn lines. **Crop Science**, Madison, v.28, n.5, p.79-83, 1988.

VIDADAVER, W.; HSIAO, A.I. Secondary dormancy in light sensitive lettuce seeds incubated anaerobically or at elevated temperature. **Can. J. Bot.**, v. 53, p. 2557-2560, 1975.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 1994. p.31-48.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas: máximas e mínimas. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 30, 8 p, 1972.

VILLELA, F.A; FILHO, L.D.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

KHAH, E. M.; ROBERTS, E. H. & ELLIS, R. H. Effects on seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. **Field Crops Research**, v.20, p.175-190, 1989.

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; CLUFF, G. **Moisture stress and seed germination**. Oakland: USDA/ARS, 1983. 40-41p. (USDA/ARS. Agricultural Reviews and Manuals. Western Series, 36).

WEBB, D.P.; WAREING, P.F. The effect of stratification on endogenous cytokinin levels in seeds of *Acer saccharum*. **Planta**, v. 104, p. 110-114, 1972.

WEBB, D.P.; DUMBROFF, E.V. Factors influencing the stratification process in seeds of *Acer saccharum*. **Can. J. Bot.**, v. 47, p. 1555-1563, 1969.

WESTGATE, M. E. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 76-83, 1994.

WOLTZ, J.M.; TEKRONY, D.M. Accelerated aging test for corn seed. **Seed Technology**, Lincoln, v.23, n.1, p.21-34, 2001.

3 ARTIGOS

3.1 ARTIGO A: EXCESSO HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR

Resumo

O encharcamento do solo ou a submersão das sementes em água reduzem ou impedem a germinação, comprometendo o estabelecimento da cultura. O objetivo do trabalho foi analisar, em condições de laboratório, o desempenho germinativo de lotes de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, submetidas a diferentes intensidades de excesso hídrico. Foram utilizados seis lotes de sementes do milho híbrido Balu-580, caracterizados quanto a qualidade fisiológica inicial, com diferentes níveis de vigor e potenciais germinativos semelhantes. As sementes foram submersas em 100ml de água destilada por períodos 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas a temperatura constante de 25°C e em seguida submetidas ao teste de germinação. Determinou-se a porcentagem de germinação, plântulas normais na primeira contagem, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz das plântulas. Os dados obtidos na caracterização inicial dos lotes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. No estudo do efeito do excesso hídrico foi realizado regressão e análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 X 6. O aumento do período de submersão ocasiona redução na porcentagem e velocidade da germinação e aumenta a mortalidade das sementes. Os lotes de sementes de baixo vigor, apresentam desempenho germinativo e desenvolvimento de plantas inferior após a submersão, quando comparados aos lotes de vigor alto e intermediários. A submersão das sementes, dependentes do nível de vigor das sementes, favorece o comprimento da parte aérea e a massa seca de plântulas.

Palavras-chave: *Zea mays*. Qualidade fisiológica. Apoxia e hipoxia.

GERMINATION AND DEVELOPMENT OF MAIZE SEEDLINGS, WITH DIFFERENT LEVELS OF VIGOR IN RESPONSE TO WATER EXCESS

Abstract

The use of high quality seeds is a key component to physiological increases in production and productivity in corn because it is responsible for plant reproduction, breeding and lead the genetic determinants for the field performance of the cultivar. High quality seeds give more uniformity and speed of emergence and greater tolerance to adverse conditions encountered in the field. The aim was to study, under laboratory conditions, the development and performance of seedling and maize seed germination with different levels of vigor, subject to different intensities of excess water. For the experiment was used six seed lots of hybrid maize Balu-580 with

different levels of vigor and similar potential of germination. After the initial characterization of the lots, to evaluate the effect of excess water, the seeds of the different lots were submerged for periods of 0, 24, 48, 72, 96 and 120 hours at 25 ° C in 100 ml of distilled water and determined the percentage of germination, first count, length of shoot and root and dry mass of shoot and root. The data obtained in the initial characterization of the lots were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. In the study of the effect of adverse conditions (excess water) on germination and early growth of seedlings was carried out the analysis of variance following a completely randomized design, factorial scheme 6 X 6. The results concluded that the increase of excess water resulted in reduced seed germination in all treatments and the lote L1 and L2, classified of lower vigor showed inferior results when compared to lots of intermediaries and high vigor.

Keywords: *Zea mays*. Physiological quality. Apoxia and hypoxia.

INTRODUÇÃO

Considerada uma das culturas mais importantes e cultivadas no mundo, o milho (*Zea mays*) destaca-se por ser uma das plantas mais eficientes em armazenar energia (BEZERRA et al., 2008). A importância da cultura do milho está associada a sua multiplicidade de aplicações (FORNASIERI FILHO, 2007), composição química, valor nutritivo e alto potencial produtivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Apesar do elevado potencial de rendimento, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua reduzida plasticidade foliar, prolificidade e capacidade de compensação efetiva, necessita ter seu cultivo rigorosamente planejado e criteriosamente manejado (ANDRADE, 1995).

Dentre os fatores abióticos limitantes ao rendimento agrônômico, a disponibilidade de água é um dos fatores de maior influência no processo de germinação das sementes e está envolvido direta ou indiretamente, em todos os outros estágios subsequentes do metabolismo das plantas. A reidratação dos tecidos e a consequente reativação das atividades metabólicas culmina com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento embrionário, resultando assim, na germinação das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Dessa forma, a água afeta diretamente a emergência das plântulas e o estabelecimento do estande de plantas adequado para a cultura.

A germinação é uma das fases mais críticas do ciclo de vida das plantas (MOTERLE et al., 2008), ressaltando-se, neste caso, a cultura do milho, por ser uma planta unicolmo, produzir uma espiga por planta e não ter a capacidade de compensação da população de plantas (LUDWIG et al., 2010). Segundo Almansouri et al. (2001), condições adversas no campo, como a disponibilidade hídrica na época de semeadura, afetam a germinação das sementes, a qual é caracterizada como um processo irreversível e um dos estádios críticos do ciclo de vida da planta de milho.

O estresse hídrico pode ser ocasionado tanto pela baixa disponibilidade de água, atrasando e diminuindo a germinação (BOTELHO; PEREZ, 2007), quanto pelo excesso de umidade, que geralmente provoca decréscimo na germinação, devido à restrição da aeração e aos possíveis danos de embebição (MARCOS FILHO, 2005). Para Kappes et al. (2010), os efeitos da disponibilidade hídrica se prolongam após a emergência do eixo embrionário, com reflexos sobre o desenvolvimento das plântulas.

O excesso de água pode acarretar a aceleração da deterioração (MELO; BARBEDO, 2007), já que, segundo Lucca e Reis (1995), a absorção de água pela semente, em condições de excesso de umidade no solo, é muito rápida, ocorrendo a desorganização das membranas celulares, rupturas nos tecidos, perda de solutos para o meio e surgimento de plântulas anormais e pouco vigorosas.

Os efeitos do estresse hídrico tornam-se graves a medida que aumenta a suscetibilidade das plântulas durante a germinação e emergência (MEDEIROS FILHO et al., 2000), visto que, a base da alta produção por área de qualquer cultura está relacionada ao estabelecimento das plantas no campo, que por sua vez, depende do manejo racional e da qualidade das sementes utilizadas (MACHADO et al., 2001).

Plantas originadas de lotes de alta qualidade fisiológica apresentam maior taxa de crescimento (DANTAS et al., 2000) e segundo Hösf (2003), sementes que apresentam maior qualidade fisiológica permitem um rápido estabelecimento da cultura, reduzindo possíveis riscos na implantação. Carvalho e Nakagawa (2000) relatam que sementes de alto vigor possuem potencialmente maior capacidade de resistir a estresses ambientais. Em sementes de milho, Martin et al. (1991) verificaram que a tolerância dessa espécie ao alagamento varia de acordo com o genótipo, mas principalmente com o vigor das sementes. Contudo, o desempenho

germinativo das sementes pode ser resultado da interação entre o vigor da semente utilizada e intensidade do estresse ocorrido.

Neste contexto, considerando a suscetibilidade do milho ao excesso hídrico e a relação do potencial fisiológico da semente com a resistência a diferentes estresses ambientais, objetivou-se estudar, em condições de laboratório, o desenvolvimento de plântulas e o desempenho germinativo de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, submetidas a diferentes intensidades de excesso hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR. Foram utilizados lotes de sementes de milho híbrido Balu – 580, fornecidos pela Produtora e Comercial Agrícola Arapongas Ltda (Sementes Balu), localizada no município de Arapongas/PR. Para o experimento utilizaram-se seis diferentes lotes de sementes (L1, L2, L3, L4, L5 e L6), com germinação semelhante e dentro dos padrões de comercialização para a espécie. As sementes foram tratadas com inseticidas (pirimifós-metílico 50% 0,016 l/ton e Deltamethrin 2,5% 0,04 l/ton) e fungicida (Metalaxyl-M 1,0 % + Fludioxonil 2,5% 1,00 l/ton) e corante vermelho na concentração 0,20 l/ton.

Os lotes de sementes foram inicialmente homogeneizados por meio do divisor de solos, como recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foi realizada a caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes visando à separação dos mesmos em classes de vigor, mediante as seguintes avaliações fisiológicas: **Massa de mil sementes:** determinada com oito repetições de 100 sementes, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Germinação e primeira contagem:** realizados com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel, acondicionados em saco plástico, foram mantidos em germinadores sob temperatura de 25 °C. A avaliação constou de duas contagens, aos quatro e sete dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009). **Teste de frio:** conduzido utilizando a metodologia do rolo de papel sem solo, com quatro repetições de 50 sementes (DIAS; BARROS, 1995). **Teste de**

envelhecimento acelerado: quatro repetições de 50 sementes envelhecidas a 42 °C por 72 horas (DIAS; BARROS,1995) e posteriormente colocadas para germinar segundo Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Teste de tetrazólio:** conduzido empregando-se quatro repetições de 50 sementes conforme metodologia descrita por Dias e Barros (1995). **Teste de condutividade elétrica:** quatro repetições de 25 sementes, previamente pesadas, foram colocadas para embeber em 75 ml de água destilada, por um período de 24 horas a 25 °C (DIAS; BARROS, 1995). **Massa seca de plântulas:** as plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular, e secadas a 65 °C até massa constante e os resultados foram expressos em gramas por plântulas das porções aérea e radicular (NAKAGAWA, 1999). **Comprimento de plântulas:** Foram distribuídas 10 sementes no terço superior, no sentido longitudinal do papel substrato pré-umedecido. As sementes foram posicionadas com a extremidade da radícula para a parte inferior do papel e foram confeccionados rolos semelhantes ao teste de germinação, com quatro repetições por tratamento (BRASIL, 2009) e colocados para germinar por quatro dias. Após este período mediu-se em centímetros o comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas normais. **Emergência das plântulas no campo:** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas a 5 cm de profundidade em linhas de 2,5 m, distanciadas de 0,30 m entre si. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura e o resultado foi expresso em porcentagem (NAKAGAWA, 1994). **Índice de velocidade de emergência das plântulas no campo (IVE):** conduzido junto com o teste de emergência de plântulas, foram realizadas contagens diárias, a partir da emergência da primeira plântula até o décimo quarto dia. O IVE foi calculado segundo Maguire, citado por Nakagawa (1999).

Para a avaliação do efeito do excesso hídrico dos lotes, quatro repetições de 50 sementes por lote, foram submersas em 100ml de água destilada, em recipientes plásticos (200 ml), a temperatura constante de 25°C, por períodos de 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Após os referidos períodos, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo as avaliações realizadas quatro e sete dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

Para a avaliação do comprimento e massa seca da parte aérea e radicular, foram retiradas, na primeira contagem do teste de germinação, 20 plântulas normais ao acaso, por repetição. Os comprimentos foram obtidos com o

auxílio de uma régua com resultados expressos em cm por plântula. Após a avaliação do comprimento as partes aéreas e radiculares foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante. Após estas foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g, e obtida a massa seca que, dividida pelo número de plântulas normais, expressou os resultados em gramas por plântula das porções aérea, radicular e total, quando somada as duas anteriores (NAKAGAWA 1999).

Para verificar a normalidade e a homogeneidade de variância dos dados, foram aplicados os testes de kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Os dados obtidos na caracterização dos lotes foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente casualizado.

Nos estudos dos efeitos do excesso hídrico na germinação de sementes, foi realizada a análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 6 (lotes X períodos de submersão). Para lotes os dados foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% e, os dados de intensidade de estresses submetidos a estudo de regressão até 2º grau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações provenientes dos testes para a avaliação da qualidade inicial dos lotes de sementes encontram-se nas Tabelas 1 e 2. A porcentagem de emergência à campo separou os lotes em apenas 2 níveis de vigor. Os testes de C.E, C.R e C.PA, foram eficientes para diferenciar os lotes em três níveis de vigor, a P.C e o I.V.E identificou quatro diferentes níveis e os testes de E.A, T.F e M.S.R, permitiu separar os lotes em cinco níveis de vigor.

Tabela 1– Primeira contagem (P.C), germinação (G), massa seca da raiz (M.S.R), massa seca da parte aérea (M.S.PA), comprimento da raiz (C.R), comprimento da parte aérea (C.PA) de seis lotes de milho BALU-580, Londrina, 2011.

	P.C (%)	G. (%)	M.S.R (g)	M.S.PA (g)	C.R (cm)	C.PA (cm)
1	57 d	88	0,2085 e	0,2336 d	4,5 c	2,0 c
2	76 c	88	0,3258 d	0,3257 cd	6,1 b	3,0 b
3	83 b	94	0,4085 c	0,3792 c	6,4 b	3,0 b
4	94 a	95	0,5306 b	0,5268 b	7,7 a	3,4 ab
5	88 ab	94	0,5231 b	0,5635 b	7,5 a	3,6 ab
6	94 a	98	0,6958 a	0,6707 a	8,2 a	3,7 a
CV (%)	3,58	1,32	7,65	10,15	6,88	9,37

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2 – Teste de frio (T.F), envelhecimento acelerado (E.A), tetrazólio (TZ), condutividade elétrica (C.E), emergência à campo (E.C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E) de seis lotes de milho BALU-580. Londrina, 2011.

	T.F (%)	E.A (%)	TZ (%)	C.E (μS/cm/g)	E.C (%)	I.V.E
L1	54 d	19 e	45 c	19,59 c	79 b	3,19 d
L2	43 e	48 d	70b	19,43 c	80 b	3,51 cd
L3	70 c	61 cd	71 b	15,17 b	89 a	3,94 bc
L4	76 bc	68 bc	80 ab	16,45 b	92 a	4,42 a
L5	83 ab	79 ab	71 b	16,83 bc	93 a	4,34 ab
L6	91 a	86 a	84 a	12,38 a	96 a	4,62 a
CV	6,28	12,8	6,72	7,41	4,15	5,13

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A diferença dos níveis de vigor na classificação dos lotes pode variar conforme o teste utilizado, dependendo, segundo Kryzanowski et al. (1999), da característica avaliada pelo teste e do genótipo das sementes. Freitas (2002) e Mattione et al. (2009) também encontraram diferenças entre os testes de vigor utilizados e a classificação da qualidade fisiológica dos lotes.

Apesar dos testes de vigor apresentarem resultados distintos quanto à classificação da qualidade fisiológica dos lotes de sementes, a análise conjunta dos dados, permitiu a separação em três níveis de vigor. O lote L6 mostrou-se significativamente superior aos demais em quase todos os testes realizados, sendo, desta forma, identificado como de alto vigor. Os lotes L3, L4 e L5 foram identificados como de vigor intermediário (Tabelas 1 e 2).

Em geral, os testes de vigor apontaram a inferioridade dos lotes L1 e L2, e a porcentagem de emergência de plântulas a campo, que apresentou apenas dois níveis de vigor entre os lotes, confirmou a menor qualidade fisiológica destes. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), sementes de baixa qualidade fisiológica apresentam baixa capacidade de estabelecimento no campo e, os testes de vigor tem mesmo como objetivo estimar o desempenho a campo de lotes com germinação semelhantes.

Os lotes de sementes apresentaram alta porcentagem de germinação, acima de 85%, padrão estabelecido pelo ministério da agricultura para a comercialização de sementes de milho (Tabela 1). A alta porcentagem de germinação é fundamental para o estudo comparativo entre lotes com diferentes níveis de vigor, já que, o processo de deterioração inicia com a redução de vários atributos de desempenho e vigor da semente, que ocorrem anteriormente a perda da capacidade germinativa das sementes (MARTINS et al., 2004).

Para Marcos Filho (1999), a utilização de lotes com porcentagens de germinação inferior ao valor mínimo exigido para a comercialização contribui para a obtenção de correlações significativas entre os resultados de laboratório e de campo, não associando de maneira eficiente o vigor com o desempenho das sementes sob condições de estresses. Assim, os lotes selecionados mostraram-se adequados para o estudo proposto.

Na avaliação do estresse hídrico, a porcentagem de germinação diferiu entre os lotes em todos os períodos de submersão, exceto para 0 hora (Tabela 3). As sementes provenientes dos lotes L1 e L2, consideradas de baixo vigor pela caracterização inicial, apresentaram em relação aos lotes de vigor intermediário e alto, porcentagens de germinação significativamente menores para os períodos de 24, 48 e 72 horas de submersão.

A germinação das sementes é desencadeada por várias reações químicas, ativadas com a sua hidratação, sendo que a quantidade de água embebida pelas sementes determina a retomada do crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), e na fase de embebição, os embriões das sementes com menor potencial fisiológico absorvem quantidade de água superior aos de maior potencial fisiológico (VILLELA et al., 2003), o que pode ter provocado as menores porcentagens de germinação nos lotes de menor vigor (L1 e L2).

O milho é suscetível ao encharcamento do solo nas fases iniciais de desenvolvimento, sendo as fases mais críticas compreendidas entre a germinação e o estágio R3, ou seja, três folhas (SILVA; PARFITT, 2008). No entanto, por ser uma planta unicolmo e com a produção de uma espiga por planta, não tendo capacidade de compensação de população de plantas (LUDWIG et al., 2010), a germinação e emergência das plântulas recebem destaque pela relação com a definição do estande de plantas e, conseqüentemente, associação direta com a produtividade da cultura do milho.

Nota-se que os lotes de menor vigor foram menos tolerantes ao excesso hídrico. A semeadura de lotes com menor potencial fisiológico torna-se pouco interessante, pois esses apresentam menor resistência às condições de estresses ambientais (ALBUQUERQUE 2000). Em milho tanto o encharcamento do solo quanto a submersão das sementes em água, em condições de laboratório, reduzem ou impedem a germinação (KHOSRAVI; ANDERSEN, 1990), sendo que a tolerância dessa espécie ao alagamento varia de acordo com o genótipo, mas principalmente com o vigor das sementes (MARTIN et al., 1991).

Tabela 3A – Germinação de lotes sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	88	61 c	42 d	19 c	11 c	0 b
2	88	52 c	36 d	27 c	16 c	8 b
3	94	80 b	62 c	48 b	19 c	7 b
4	95	86 ab	76 bc	45 b	40 b	3 b
5	94	92 ab	86 ab	42 b	24 c	8 b
6	98	97 a	93 a	70 a	63 a	23 a
CV				12,62%		

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

O lote L6, identificado inicialmente como de maior vigor, apresentou maiores porcentagens de germinação em todos os períodos de submersão, inclusive a 120 horas, período considerado drástico para todos os tratamentos (Tabela 3). Dantas et al. (2000), estudando o efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho, relataram decréscimo na germinação, de 40 pontos percentuais, após 72 horas, e ausência de germinação após 120 horas de submersão, resultados que correlacionam-se com os obtidos

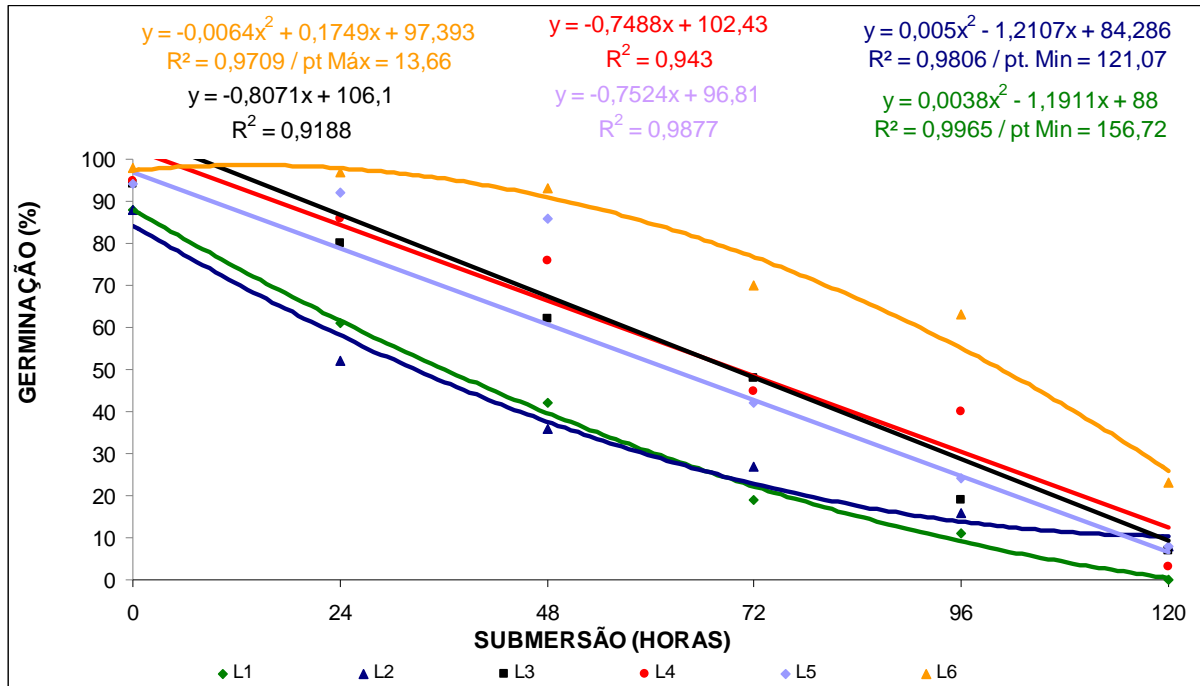
neste estudo. Contudo, neste estudo as reduções foram dependentes do nível de vigor das sementes, com redução semelhantes às obtidas por Dantas et al. (2000) apenas nos lotes de vigor intermediário; para os lotes de menor e maior vigor os resultados após 72 horas foram mais e menos drásticos, respectivamente.

O excesso hídrico, simulado pela submersão das sementes em água destilada, tornou-se uma barreira na germinação das sementes, principalmente dos lotes de sementes menos vigorosos, visto que, Braccini et al. (1999) e Carvalho e Nakagawa (2000), relatam que sementes de alto vigor são potencialmente capazes de resistir a estresses ambientais e segundo França-Neto et al. (2010), em condições de estresse, lavouras originadas de sementes de alta qualidade sofrerão consequências menos drásticas, resultando em maiores produtividades em relação às originárias de sementes de baixo vigor.

Na Figura 1A estão apresentados os resultados de germinação dos seis lotes de sementes, nas diferentes condições de estresse estudadas. Houve, em geral, com o aumento do tempo de submersão, decréscimo na germinação das sementes de milho. O decréscimo da germinação a partir do tempo zero, corrobora com Wuebker et al. (2001), que estudando os efeitos da inundação e temperatura na germinação de soja, concluíram que as sementes são suscetíveis a perdas de germinação a partir de uma hora de inundação.

No entanto, segundo Peske e Peske (2011), o tempo de embebição das sementes de soja para alcançarem 50% de umidade, em condições de umidade adequada, situa-se ao redor de 12 horas, portanto, segundo o autor, chuvas torrenciais, após meio dia da semeadura não afeta praticamente às sementes, explicando, a baixa taxa de redução na germinação de sementes de milho dos lotes de vigor intermediário e inclusive o incremento da germinação do lote L6 (alto vigor) quando submersas em água por 13,66 horas.

Figura 1A – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada.



Observa-se que o lote L6 (maior vigor), a partir do tempo zero, apresentou porcentagem de germinação crescente até atingir o ponto de máxima com 14 horas de submersão, enquanto os demais lotes apresentaram redução, porém dependente da qualidade fisiológica inicial das sementes. Os lotes de baixo vigor (L1 e L2), expõem ajuste quadrático com curvas de tendências convexas, indicando a maior susceptibilidade das sementes provenientes desses lotes no início do período de submersão (Figura 1A).

O excesso de água no substrato pode prejudicar o processo germinativo, devido à menor aeração (MARCOS FILHO, 2005) e segundo Perez e Negreiros (2001), sementes com maior integridade de membranas e mais vigorosas devem resistir mais à hipoxia ou anoxia, que são a restrição parcial ou total de oxigênio. Neste aspecto os relatos são concordantes com os resultados obtidos onde as sementes provenientes de todos os lotes quando submetidas ao excesso hídrico apresentaram redução na porcentagem de germinação, contudo as sementes de menor vigor foram mais afetadas.

Ludwig et al. (2010), estudando o desempenho de sementes de milho originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica, observaram que o lote de sementes mais vigorosas apresentou, em condições de

excesso hídrico (altas precipitações), 5,6 vezes mais plântulas emergidas, confirmando a importância do uso de sementes de boa qualidade para o estabelecimento da cultura no campo, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo .

Na Tabela 4A são apresentados os resultados da primeira contagem da germinação. Os lotes L1 e L2, classificados como de menor vigor na classificação inicial dos lotes, apresentaram valores de plântulas normais na primeira contagem significativamente menores em relação aos lotes de vigor superior e intermediário, com exceção do tratamento de 120 horas, que apresentou ausência de germinação para todos os lotes, independente da qualidade inicial das sementes. A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local onde foi semeada (SIMONI et al., 2011).

Tabela 4A – Plântulas normais da primeira contagem de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água Londrina, 2011.

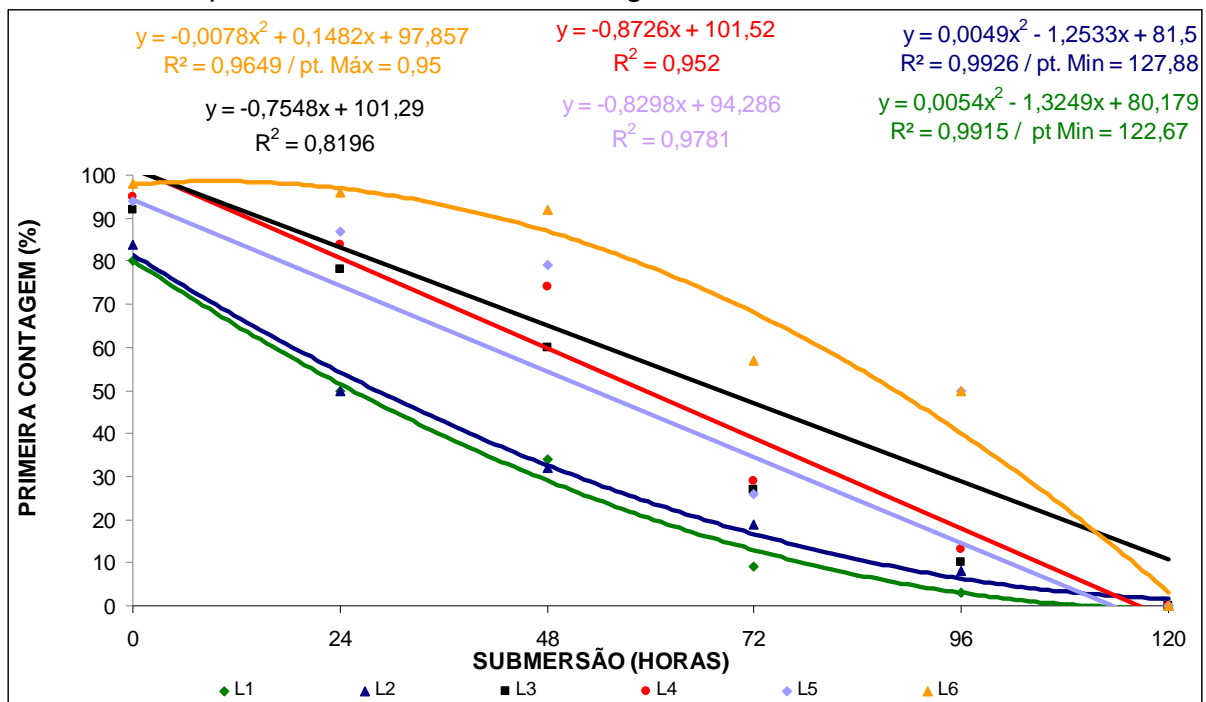
LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	80 c	50 d	34 d	9 d	3 c	0
2	84 bc	50 d	32 d	19 c	8 bc	0
3	92 ab	78 c	60 c	27 bc	10 bc	0
4	95 a	84 bc	74 b	29 b	13 b	0
5	94 a	87 ab	79 b	26 bc	12 bc	0
6	98 a	96 a	92 a	57 a	50 a	0
CV	10,19%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Verifica-se pelos resultados obtidos na primeira contagem um atraso do processo germinativo dos lotes de menor vigor, evidenciado pela menor porcentagem de sementes germinadas na Primeira Contagem. Sementes que apresentam maior qualidade fisiológica permitem um rápido estabelecimento da cultura, reduzindo possíveis riscos na implantação da cultura (HOSF, 2003), principalmente sob condições adversas. Segundo Bhering et al. (2003), a primeira contagem do teste de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor, uma vez que à medida que a deterioração da semente avança a velocidade de germinação é reduzida. Neste caso, as diferenças entre lotes foram ainda acentuadas pela intensidade do estresse.

Na primeira contagem de germinação, as linhas de tendência seguiram o mesmo comportamento observado para a porcentagem de germinação (Figura 1A e 2A), no entanto apresentam valores absolutos inferiores, principalmente os lotes caracterizados como de menor vigor, indicando maior atraso na germinação dos mesmos. Munizzi et al. (2010), relatam que sementes de melhor qualidade fisiológica apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando germinações mais rápidas e uniformes de plântulas e, segundo Ludwig (2010), a emergência rápida e uniforme das plântulas é de extrema importância para a cultura do milho, por se tratar de uma espécie que tem seu ciclo determinado pela soma térmica.

Figura 2A – Plântulas normais na primeira contagem de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada.



A porcentagem de plântulas anormais diferiu entre lotes apenas nos períodos de 0, 24 e 48 horas, onde L1 e L2 apresentaram maior número de plântulas anormais, em relação ao L6, com exceção do tempo de submersão de 0 horas, no qual apenas o L2 foi significativamente inferior aos demais (Tabela 5). Nota-se que o número de plântulas anormais foi crescente, principalmente para os lotes de menor vigor, até o tempo de 72 horas, decrescendo a partir deste período, portanto a

anormalidade das plântulas não justifica a redução na porcentagem de germinação após 72 horas de submersão em água.

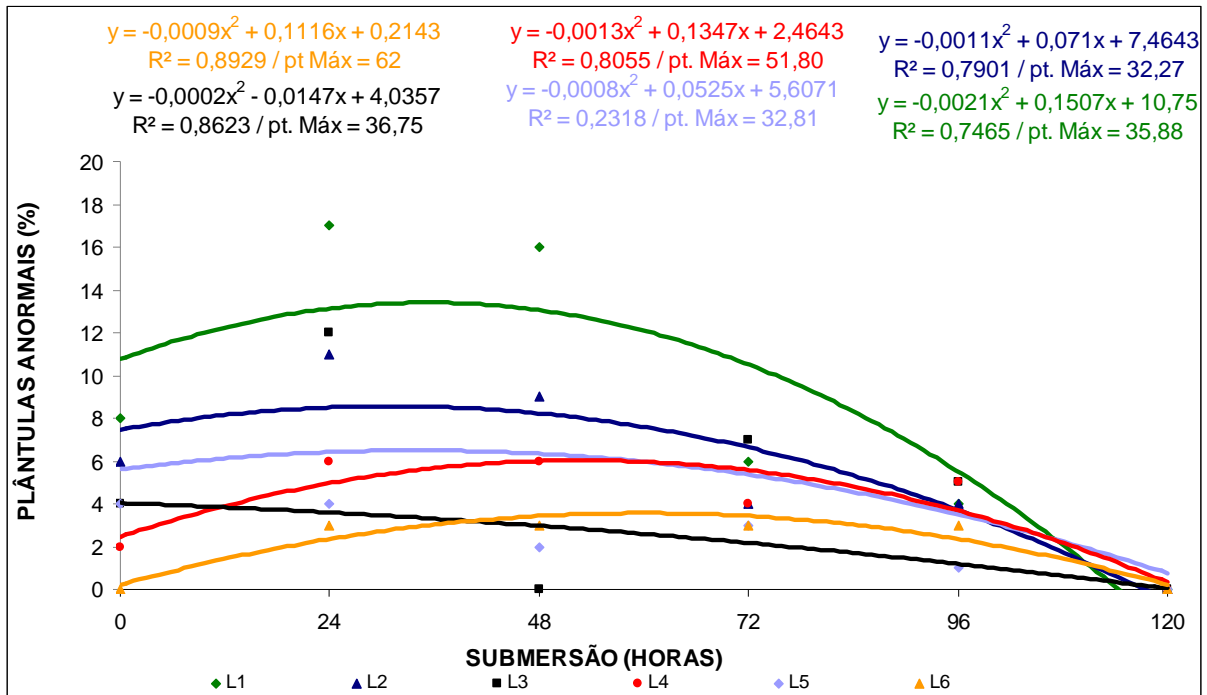
Tabela 5A – Plântulas anormais do teste de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	8a	17 a	16 a	6	4	0
2	6 ab	11 bc	9 ab	4	4	0
3	4 ab	12 ab	0 c	7	5	0
4	2 ab	6 cd	6 bc	4	5	0
5	4 ab	4 d	2 c	3	1	0
6	0 b	3 d	3 c	3	3	0
CV	55,44%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

A porcentagem de plântulas anormais, independente do nível de vigor, ajustou-se a uma equação quadrática para todos os lotes (Figura 3A). Contudo, os lotes de menor vigor, L1 e L2, apresentaram ponto de máxima à 35 e 32 horas, respectivamente, valores inferiores ao observado para o lote de maior vigor L6, o qual apresentou o ponto de máxima à 62 horas de submerção. A rápida absorção de água pelas sementes, ocasionadas pela diferença de potencial, acarreta na desorganização das membranas celulares, rupturas nos tecidos, perda de solutos para o meio e surgimento de plântulas anormais e pouco vigorosas (LUCCA; REIS, 1995).

Figura 3A – Plântulas anormais do teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água destilada.



Por outro lado, em função do aumento do estresse hídrico, observa-se, redução da anormalidade, para todos os lotes de sementes, até atingirem, no período 120 horas, níveis zero de plântulas anormais, indicando que o estresse hídrico em excesso reduziu a porcentagem de plântulas anormais (Figura 3A), devido ao aumento do número de sementes mortas. Custódio et al. (2002), estudando o efeito da submersão em água na germinação e no vigor de sementes de feijão, relataram que sementes que passam por submersão, tendem a apresentar porcentagem de plântulas anormais maiores em relação às sementes não alagadas, porém quando em alagamentos prolongados, ocorre a morte das sementes.

As porcentagens de sementes mortas para os diferentes tempos de submersão em água estão apresentadas na Tabela 6. As diferenças estatísticas estendem-se até o período de 120 horas de submersão, onde o lote L6, mostrou-se significativamente superior, com menor porcentagem de sementes mortas, em todos os períodos (Tabela 6A). Corroborando com os resultados Carvalho; Nakagawa (2000) relatam que sementes de alto vigor são potencialmente mais capazes de resistirem a estresses ambientais.

Tabela 6A – Sementes mortas obtidas no teste de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

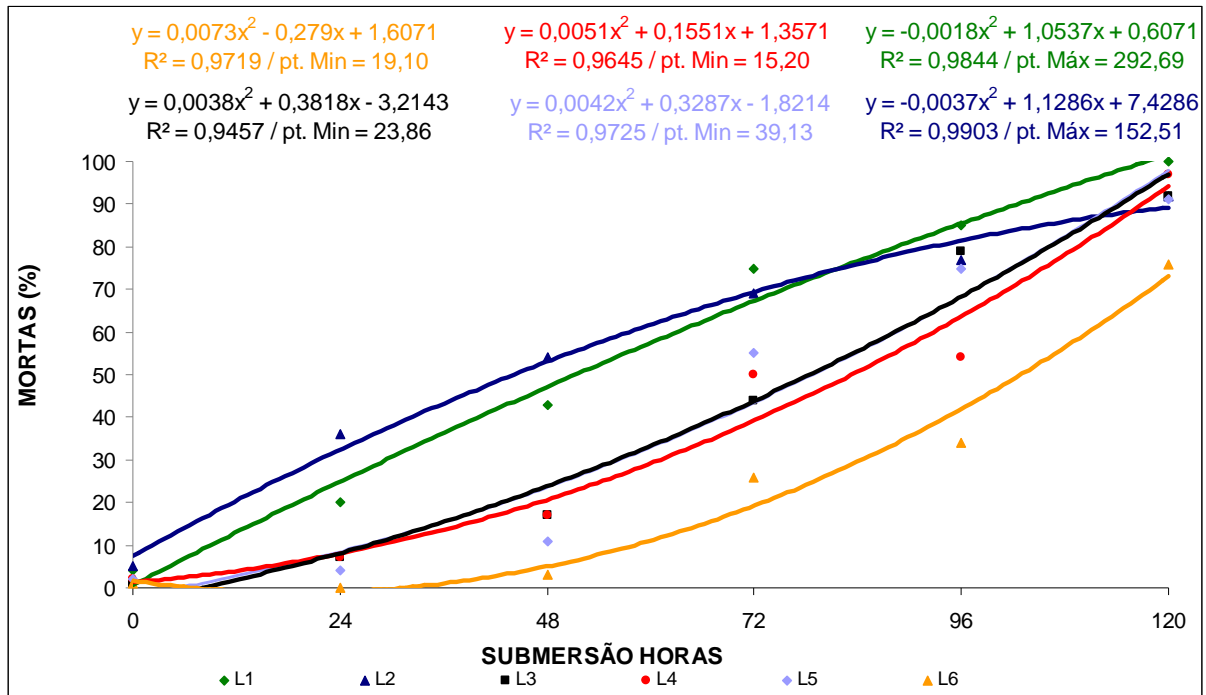
LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	4	20 b	43 a	75 a	85 a	100 a
2	5	36 a	54 a	69 ab	77 a	92 a
3	1	7 bc	17 b	44 c	79 a	92 a
4	2	7 bc	17 b	50 c	54 b	97 a
5	2	4 c	11 b	55 bc	75 a	91 a
6	1	0 c	3 b	26 d	34 c	76 b
CV	17,14%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Ao contrário do observado nas plântulas anormais, as curvas das sementes mortas são crescentes, com ajuste quadrático, em função do tempo de submersão. No entanto, as sementes provenientes dos lotes de baixo vigor, L1 e L2, apresentam curvatura convexa, indicando menor tolerância ao excesso hídrico com maior taxa de mortalidade no início da submersão. As de vigor alto e intermediário apresentaram curvas côncavas, com aumento acentuado da taxa de mortalidade principalmente após 48 horas de submersão (Figura 4A). As sementes de melhor qualidade fisiológica, geralmente, são também as que se apresentam mais tolerante às condições de estresse hídrico no campo, conforme verificado por Tonin et al. (2000), em sementes de milho submetidas ao déficit hídrico.

As curvas de regressão das sementes mortas mostraram-se inversas às de plântulas normais, indicando que o motivo da redução na germinação foi a morte das sementes, e não o aumento de plântulas anormais (Figura 1A, 3A e 4A). O excesso de água pode acarretar aceleração da deterioração, com condições favoráveis ao desenvolvimento de microorganismos, principalmente sob condições de temperaturas elevadas (MELO; BARBEDO, 2007).

Figura 4A – Sementes mortas no teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada



Segundo Peske e Peske (2011), o dano por embebição das sementes, ocasionado pela diferença do potencial osmótico, pode ocorrer tanto no teste de germinação em laboratório quanto no campo e é manifestado pelo aumento de lixiviação de solutos da semente, redução em vigor ou, inclusive a morte das sementes. Fica evidenciado, assim, que a germinação é diretamente dependente do período de submersão e do nível de vigor das sementes, com maior porcentagem de mortalidade e menor de plântulas normais quanto maior o período de estresse e menor o nível de vigor das sementes.

Nas Tabelas 7A e 8A são apresentados os valores do comprimento da raiz e parte aérea das plântulas normais, obtidas na primeira contagem do teste de germinação de sementes de milho submetidas a diferentes períodos de submersão. Verifica-se que o comprimento da raiz, com exceção do período de 48, do lote L6 (alto vigor) foi maior e dos lotes L1 e L2 (baixo vigor) menores quando comparados aos lotes de vigor intermediário (Tabela 7A). No período de 120 horas de submersão, devido a intensidade do estresse, não houve plântulas normais (Tabela 4A) e, portanto o comprimento de raiz e parte aérea das plântulas não foi avaliado. .

Tabela 7A – Comprimento da raiz, em centímetros, de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de sementes de lotes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	4,22 e	2,93 c	4,16 a	2,69 c	1,62 c	0
2	6,02 d	3,58 bc	2,96 b	2,92 c	2,34 bc	0
3	6,85 c	3,75 ab	3,19 b	2,70 c	2,22 bc	0
4	8,77 b	4,09 ab	4,15 a	3,94 a	3,00 ab	0
5	7,50 c	3,96 ab	4,53 a	3,01 bc	2,74 ab	0
6	9,75 a	4,51 a	3,24 b	3,77 ab	3,22 a	0
CV	11,64%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

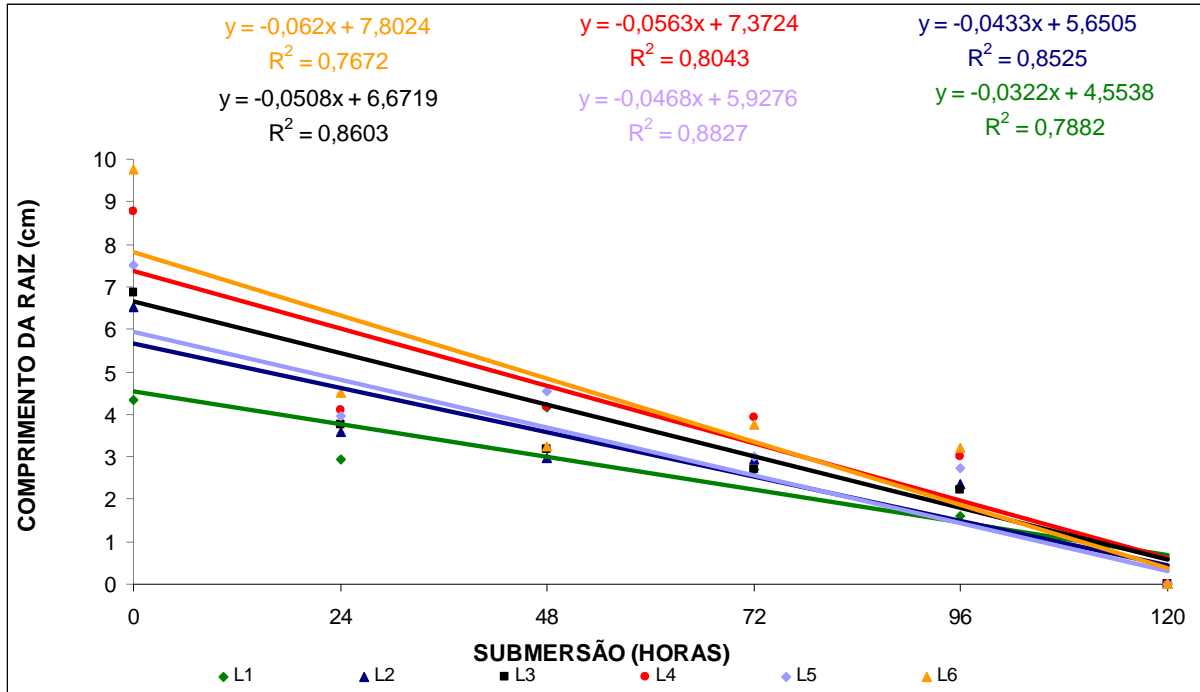
Tabela 8A – Comprimento da parte aérea, em centímetros, de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de sementes de lotes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água, Londrina, 2011.

LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	2,12 c	5,32 c	4,87 cd	4,07 c	3,08 d	0
2	2,95 bc	6,54 bc	4,24 d	4,81 bc	2,87 d	0
3	3,85 ab	6,96 b	5,93 bc	4,96 bc	3,35 cd	0
4	3,97 ab	6,87 b	6,95 ab	6,27 a	5,00 ab	0
5	4,17 ab	7,26 b	8,03 a	5,40 ab	4,45 bc	0
6	4,30 a	9,08 a	7,49 a	5,89 ab	6,17 a	0
CV	13,74%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

As linhas de tendência mostraram ajuste linear decrescente em função do aumento do tempo de submersão (Figura 5A). O estresse causado pelo alagamento reduz severamente o crescimento e a produtividade da cultura do milho, o qual é classificado como não tolerante a essa condição (FERRER et al., 2004).

Figura 5A – Comprimento da raiz, em centímetros, das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.

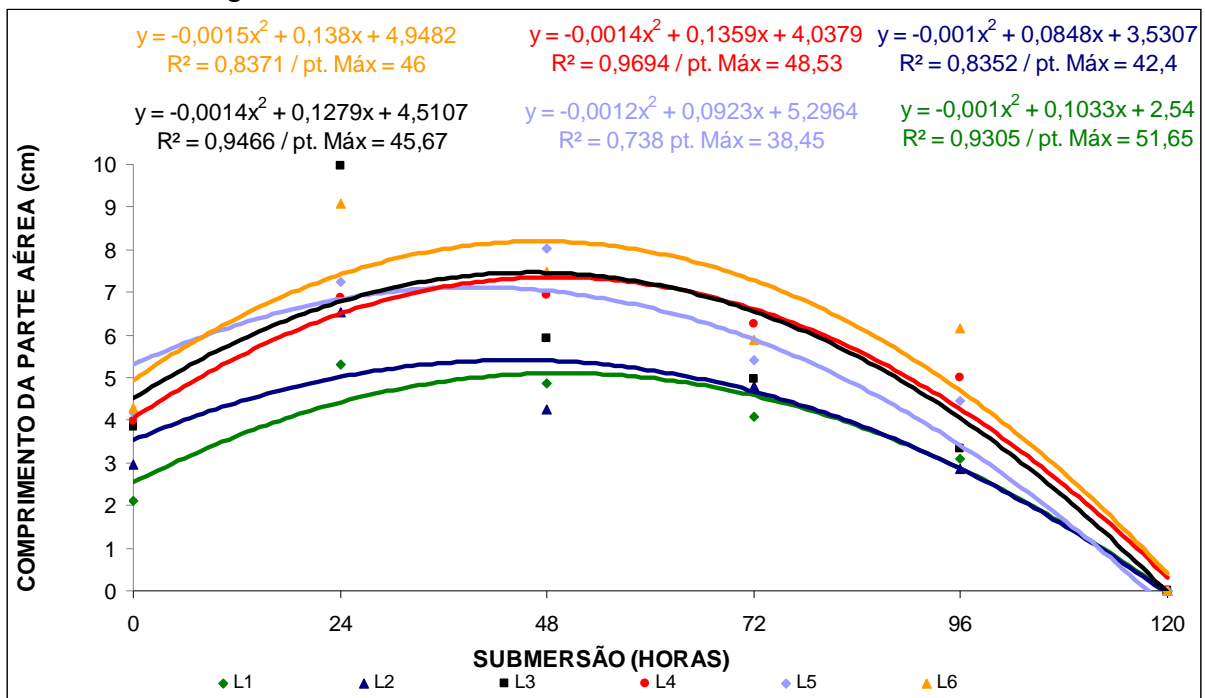


Para Silva e Parfitt (2004), o crescimento das raízes também é afetado pelo encharcamento do solo, ocorrendo o retardamento da elongação e a inibição das raízes secundárias, no entanto, segundo os autores, a extensão dos danos por encharcamento do solo depende de vários fatores como o período de inundação, o estágio de desenvolvimento da planta, condições ambientais e a espécie ou cultivar implantada. Analisando os valores do comprimento das raízes neste experimento, verifica-se que a extensão dos danos também é dependente da interação entre intensidade do estresse e vigor das sementes.

O comportamento do comprimento da parte aérea dos lotes de sementes ao longo do tempo de submersão está apresentado na Figura 6A. O comprimento da parte aérea das plântulas aumentou quando submersas por 38 a 51 horas, dependendo do nível de vigor do lote. Dantas et al. (2000), também observou, em sementes de milho aumento no comprimento da parte aérea nos primeiros dois dias de alagamento. Segundo Dias Filho e Carvalho (2000), o alagamento do solo altera a alocação de biomassa para o sistema radicular e para a parte aérea, influenciando na relação raiz parte aérea.

A diferença no comportamento das curvas de tendência da parte aérea (Figura 6A) e raiz (Figura 5A), em todos os lotes de sementes, podem ser justificados pois, segundo Ramos et al. (1985), em sementes de arroz, quando a germinação ocorre dentro da água, o coleóptilo contendo as folhas embrionárias emerge antes da radícula e quando o meio ambiente é arejado, a primeira estrutura a surgir é a radícula. Isto porque sementes germinadas sob água, na presença de luz, utilizam o oxigênio dissolvido na água para a síntese de clorofila e em retorno fornece também oxigênio produzido pela fotossíntese, necessário à subsequente expansão da folha e crescimento da raiz (ASHRAF; KORDAN, 1992).

Figura 6A – Comprimento da parte aérea, em centímetros, das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.



Os dados da massa seca da raiz e parte aérea diferiram entre os lotes de sementes, com exceção do período de 72 e 48 horas, respectivamente (Tabela 8A e 9A). A massa seca de plântula, no período de 120 horas de submersão em água, foi nula, devido à ausência de plântulas germinadas na primeira contagem (Tabela 4A).

Em geral, novamente o lote L6 apresentou maior e os lotes L1 e L2 menores valores de massa seca de plântulas, confirmando a importância da

utilização de lotes de sementes de qualidade superior no desenvolvimento inicial da cultura. Souza et al. (2009), trabalhando com sementes de mamona, ressaltam a importância do controle de qualidade de sementes para o estabelecimento da cultura.

Tabela 9A – Massa seca da raiz, em gramas, de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

LOTES	0 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	0,0975 b	0,0090 c	0,0092 c	0,0105	0,0057 b	0,0000
2	0,0099 b	0,0110 bc	0,0113 c	0,0129	0,0061 ab	0,0000
3	0,0103 b	0,0119 bc	0,0128 bc	0,0103	0,0046 b	0,0000
4	0,0145 a	0,0131 b	0,0155 ab	0,0113	0,0073 ab	0,0000
5	0,0160 a	0,0147 b	0,0161 ab	0,0128	0,0068 ab	0,0000
6	0,0179 a	0,0179 a	0,0169 a	0,0123	0,0098 a	0,0000
CV	19,75%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Tabela 10A – Massa seca da parte aérea, em gramas, de plântulas obtidas do teste de primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido BALU-580, submetidos a diferentes períodos de submersão em água. Londrina, 2011.

LOTES	0 hora	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas
1	0,0073 d	0,0101 b	0,0134	0,0106 bc	0,0090 b	0,0000
2	0,0085 d	0,0143 a	0,0165	0,0095 c	0,0109 ab	0,0000
3	0,0100 cd	0,0143 a	0,0134	0,0117 abc	0,0132 a	0,0000
4	0,0131 bc	0,0160 a	0,0141	0,0144 ab	0,0120 ab	0,0000
5	0,0146 ab	0,0149 a	0,0151	0,0117 abc	0,0110 ab	0,0000
6	0,0180 a	0,0177 a	0,0163	0,0158 a	0,0140 a	0,0000
CV	18,54%					

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

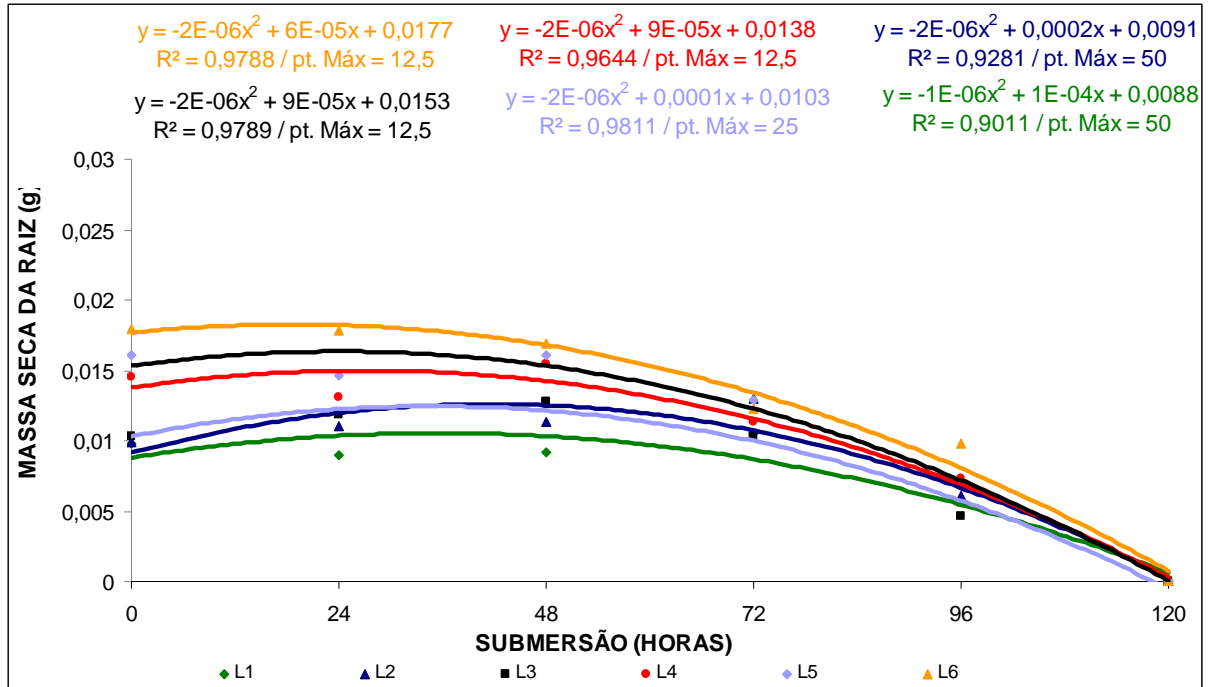
A influência do vigor, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), é marcante, na fase de plântula, sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de germinação até a velocidade de germinação, tamanho e massa das plântulas. Confirmando os resultados observados, Dantas et al. (2000), em sementes de milho, também constataram, pelo crescimento da parte aérea e pela matéria seca das plântulas, maior vigor individual das sementes que sobreviveram ao alagamento.

O comportamento observado para massa seca radicular (Tabela 7A), não se correlacionou com o constatado para comprimento da raiz (Tabela 5A), uma vez que, o comprimento radicular apresentou redução desde o início da submersão enquanto a massa seca da raiz aumentou, até o período de 12 a 50 horas, dependendo do nível de vigor do lote. Neste contexto, conclui-se que as raízes formadas em condições de excesso hídrico, apresentaram raízes mais espessas e/ou maior desenvolvimento das raízes secundárias, o que provavelmente ocasionou maior massa seca de raiz.

O excesso de umidade, decorrente da modificação de vários processos na planta, pode reduzir o crescimento de raízes e formação de raízes adventícias e/ou superficiais (DANTAS et al., 2001; ALVES et al., 2002) e segundo Durbim (1971), as raízes formadas em condições de excesso de água, geralmente, tendem a aumentar o diâmetro, reduzir os pêlos absorventes, ramificar e ter raízes curtas, justificando os resultados obtidos.

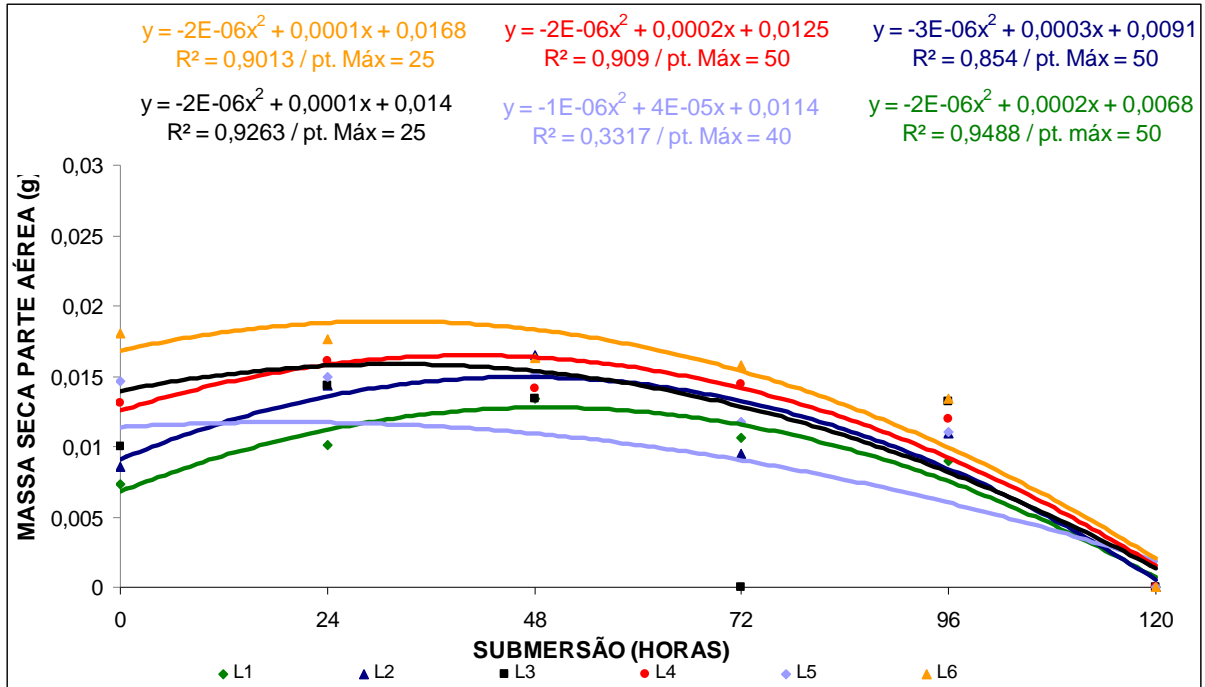
No entanto nos maiores períodos de submersão, observa-se menor massa seca da raiz (Figura 7A), corroborando com Ferrer et al. (2004), que observaram em raízes de plantas de milho alagadas, diminuição da epiderme, alterações no córtex como a presença de aerênquimas, exoderme e endoderme pouco lignificada (fina), em relação a plantas sob o regime de irrigação normal. Mesmas alterações foram observadas por Pereira et al. (2008), em experimento conduzido em casa de vegetação.

Figura 7A – Massa seca da raiz, em gramas, das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.



A massa seca da parte aérea, Figura 8A, seguiu a mesma tendência do comprimento da parte aérea, observou-se aumento nos primeiros dias de alagamento. O mesmo foi relatado por Dantas et al. (2000), avaliando a duração do alagamento em sementes de milho. O aumento inicial da massa seca, também pode ser explicado pelo padrão trifásico de absorção de água, visto que, as sementes submersas em água, ao serem colocadas para germinar em rolo de papel, já haviam se hidratado e completado a fase I, estando à frente do processo germinativo, comparadas com a testemunha.

Figura 8A – Massa seca da parte aérea, em gramas, das plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos à diferentes períodos de submersão em água destilada.



Para todas as variáveis, observou a superioridade do lote L6, classificado inicialmente como de maior vigor e a inferioridade dos lotes L1 e L2, caracterizados como de baixo vigor. Nota-se, apesar do excesso hídrico provocar vários efeitos prejudiciais à germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de milho, que o vigor das sementes é de extrema importância para amenizar os efeitos e danos causados pelo estresse. Sementes de alta qualidade, portanto, proporcionam maior velocidade e porcentagem de germinação, maior crescimento da cultura, podendo, conseqüentemente, proporcionar maiores produtividades da cultura. Contudo, o aumento da intensidade do estresse causado pelo excesso hídrico diminui a diferença de comportamento dos lotes com diferentes níveis de vigor.

CONCLUSÃO

O aumento do período de submersão ocasiona redução na porcentagem e velocidade da germinação e aumenta a mortalidade das sementes, independentemente do vigor dos lotes.

Os lotes de sementes de baixo vigor, apresentam desempenho germinativo e desenvolvimento de plantas inferior após a submersão, quando comparados aos lotes de vigor alto e intermediários.

A submersão das sementes, por períodos dependentes do nível de vigor das sementes, favorece o comprimento da parte aérea e a massa seca de plântulas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.C.F. **Desempenho germinativo de sementes de milho, soja, e girassol. I. Influência do tipo de estresse ambiental sobre a manifestação do nível de vigor das sementes. II. Testes de vigor mais eficientes para previsão de desempenho germinativo no campo sob diferentes tipos de estresse ambiental.** 2000. 159f. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- ALMANSOURI M., KINET, J.M., LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Plant and Soil**, .n. 231, p. 243-254, 2001.
- ALVES, J.D.; MAGALHÃES, M.M.; GOULART, P. de F.P.; DANTAS, B.F.; GOUVÊA, J.A. de; PURCINO, R.P.; MAGALHÃES, P.C.; FRIES, D.D.; LIVRAMENTO, D.E. do; MEYER, L.E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “Saracura” (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.41-52, 2002.
- ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v.41, p.1-12, 1995.
- BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, D. I.; DIAS, L. A. S.; TOKUHISA, D. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, nº 2, p.1-6, 2003.
- BOTELHO, B.A.; PEREZ, S.C.J.G.A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agrícola**, v.58, p.43-49, 2001.
- BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília: SNDA/ DNDV/ CLAV, 2009. 364p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CUSTÓDIO, C.C.; MACHADO NETTO, N.B; MASSAKITTO, H.; VIVAN, M.R. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor: **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 49-54, 2002.

DANTAS (b), B. F.; ARAGÃO, C. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J. D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.88-96, 2000.

DANTAS, B.F.; ARAGÃO, C.A.; ALVES, J.D. Cálcio e o desenvolvimento de aerênquimas e atividade de celulase em plântulas de milho submetidas a hipoxia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.251-257, abr./jun. 2001.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p.

DIAS-FILHO, M. B.; M. B.; CARVALHO, C. J. R. de. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1959-1966, 2000.

FANCELLI, L.A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, p. 183-215, 2000.

FERRER, J.L.R.; CASTRO, E.M.; ALVES, J.D.; ALENCAR, M.A.; SILVA, S.; VIEIRA, C. V.; MAGALHÃES, P.C. Efeito do cálcio sobre as características anatômicas de raízes de milho (*Zea mays* L.) "Saracura" BRS-4154 submetido ao alagamento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.2, p.172-181, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; CECON, P.R.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S. Storability of cotton seeds predicted by vigour test. **Seed Science and Technology**, v.30, n.2, p.403-410, 2002.

HÖSF, A. **Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta a qualidade fisiológica**. 2003. 44f. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C; HAGA, K.I.; FERREIRA J.P.; ARF, M.V., Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico, **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.2, p.125-133, Mar./Apr. 2010.

KHOSRAVI, G.R. & ANDERSEN, I.C. Pre-emergence flooding and nitrogen atmosphere effects on germinating corn inbreds. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.2, p.495-499, 1990.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Coord.) **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LUCCA, A.; REIS, M.S. Considerações sobre a influência do potencial hídrico e do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de soja.

Informativo Abrates, v.5, p.42-50, 1995.

MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, J.A.; VIEIRA, M.G.G.C.; ALVES, M.C. Uso da restrição hídrica na inoculação de fungos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 88-94, 2001.

MARTIN, B.A.; CERWICK, S.F. & REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. **Crop Science**, Madison, v.31, n.1, p.152-1057, 1991.

MARTINS, C. C. et al. Temporary storage of jussara palm seeds: effects of time, temperature and pulp on germination and vigor. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.271-276, 2004.

MARTTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; MARCOS FILHO, J., Vigor de sementes sobre o desempenho de plantas e a produção de algodoeiro, **VII Congresso Brasileiro de Algodão**, Foz do Iguaçu Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p1851-1859, 2009.

MEDEIROS-FILHO, S.; CARVALHO, L. F. de; TEÓFILO, E. M.; ROSSETTI, A. G. Efeito do osmocondicionamento no vigor de sementes de sorgo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 31,n. 1/2, p. 33-42, 2000.

MELLO, J.I.O.; BARBEDO, C.J., Temperatura, luz e substrato para germinação de sementes de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6 jul-ago 2007.

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

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

MARTIN, B.A.; CERWICK, S.F. & REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. **Crop Science**, Madison, v.31, n.1, p.152-157, 1991.

MOTERLE, L.M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A.L.; RODOVALHO, M.A.; BARRETO R, R. Influencia do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6 nov-dez 2008

MUNIZZI, A; BRACCINI.; A.L.; RANGEL, MA. S; SCAPIM; CA; ALBRECHT, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no

estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**: v.32, n.1, p.176-185, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

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

PESKE, S.T.; PESKE, F.B., Absorção de água sob estresse, **Seed News**, Reportagem de capa, Edição maio-jun 2011.

PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M. de; SOUZA, T.C. de; MAGALHÃES, P.C. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1649-1656, 2008.

PEREZ, S.C.J.G.A.; NEGREIROS, G.F. Efeitos do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de Canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.175-183, 2001

RAMOS, M.G. et al. **Manual de produção do arroz irrigado**. EMPASC/ACARESC: Florianópolis, 1985. 225p.

SILVA, C.A.; PARFITT, J.M.B.; SILVA, J.J.C.; THEISEN, G., **Drenagem superficial para cultivos rotacionados em solo de várzeas**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 22 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 237). ISSN 1516-8840

SOUZA, L.A. de; CARVALHO, M.L.M. de; KATAOKA, V.Y.; OLIVEIRA, J.A. de. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.060-067, 2009.

TONIN, G.A.; CARVALHO, N.M.; KRONKA, S.N.; FERRAUDO, A.S. Influência do cultivar e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.276-279, 2000.

VILLELA, F. A.; MARCOS-FILHO, J. ; NOVENBRE, A. D. L. C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 01, p. 95-100, 2003.

WUEBKER, E. F.; MULLEN, R. E.; KOEHLER, K. Flooding and temperature effects on soybean germination, **Crop Science**, Madison, v.41, n.1, p.1857 – 1861, 2001.

3.2 ARTIGO B: GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO EM RESPOSTA AO DÉFICIT HÍDRICO E VIGOR DE SEMENTES

Resumo

Objetivou-se estudar o desempenho germinativo das sementes de milho com diferentes níveis de vigor sob condições de déficit hídrico. Foram avaliados seis lotes de sementes de milho, híbrido Balu 580, com diferentes níveis de vigor, colocados para germinar em substrato de papel germitest, umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG 6000) com os seguintes potenciais hídricos: 0,0 (testemunha); -0,10; -0,20; -0,30; -0,40; -0,50 e -0,60 MPa. Determinou-se a porcentagem de germinação, primeira contagem da germinação, comprimento e massa seca da raiz e parte aérea das plântulas. Os dados obtidos na caracterização inicial dos lotes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. No estudo do efeito do déficit hídrico foi realizada regressão e análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 X 7. O aumento da concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) reduz a germinação das sementes o comprimento e a massa seca da raiz e parte aérea das plântulas de milho. Sementes de milho com maior vigor apresentam maior porcentagem de germinação independentemente do potencial hídrico do substrato. Em potenciais hídricos extremamente negativos o nível de vigor dos lotes de sementes não interfere no comprimento e massa seca de raiz e parte aérea das plântulas.

Palavras-chave: *Zea mays*. Qualidade fisiológica. Estresse hídrico e polietileno glicol.

GERMINATION AND DEVELOPMENT OF MAIZE SEEDLINGS, WITH DIFFERENT LEVELS OF VIGOR IN RESPONSE TO WATER EXCESS

Abstract

The aim of this work was to study, under laboratory conditions, the development and performance of seedling and maize seed germination with different levels of vigor, subject to different intensities of excess water. The effect of water deficit was determined by the germination test, conducted in substrate germitest paper moistened with solutions of polyethylene glycol (PEG 6000) with the following variable situations of potential water: 0.0 (control), 0.10 , -0.20, -0.30, -0.40, 0.50 and -0.60 Mpa and was evaluated the germination, first count length and dry mass off roots and shoots. The data obtained in the characterization of the lots were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. In the study of the effect of adverse conditions (excess water) on germination and early growth of seedlings was carried out the analysis of variance following a completely randomized design, factorial scheme 6 X 7. Increasing the concentration of PEG 6000 caused gradual reductions in the germination of all seed

lots of hybrid maize BALU 580, The effect of the less water potential on germination depends on the initial quality of seed, and the lotes with lowest vigor (L1 e L2) was significantly lower than the others one. Extremely negative water potentials were not different lots of seed germination, length and dry mass of root and shoot.

Keywords: *Zea mays*. Physiological quality. Water stress and polyethylene glycol.

INTRODUÇÃO

Com destaque no cenário nacional, o milho (*Zea mays*), é uma das culturas mais importantes e cultivadas no mundo (BEZERRA et al., 2008). A importância econômica caracteriza-se pela multiplicidade de aplicações, sendo empregado na alimentação humana, animal e até mesmo na indústria de alta tecnologia (FORNASIERI FILHO, 2007). Pelo alto potencial produtivo, composição química e valor nutritivo constitui-se em um dos cereais mais consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O uso de sementes de alta qualidade é fundamental para aumentar a produtividade na lavoura e obter altos rendimentos (MULLER et al., 2008). Sementes que apresentam maior qualidade fisiológica permitem um rápido estabelecimento da cultura, reduzindo possíveis riscos na implantação (HÖLF, 2003). No milho, a emergência rápida e uniforme das plântulas é de extrema importância, por se tratar de uma espécie unicolmo, produzir uma espiga por planta e não ter a capacidade de compensação da população de plantas (LUDWIG et al., 2010).

Merotto Junior et al. (1999) identificaram que a desuniformidade de emergência de plântulas de milho reduziu a produtividade de grãos, fator que pode ser encontrado com a utilização de lotes de baixo vigor, já que segundo Loies et al. (2002), a germinação mais rápida e uniforme é apresentada por sementes de alto vigor, com capacidade, inclusive, de melhor suportar as adversidades do local. Tonin et al. (1997), reforçam que o vigor das sementes de milho estende-se ao comportamento em relação à resistência ao estresse.

Taiz e Zeiger (2004) definem estresse como fator externo, que exerce influencia desvantajosa sobre a planta, e segundo Fanti e Perez (2004), diversas culturas têm sido expostas a condições de múltiplos estresses que limitam seu desenvolvimento e conseqüentemente diminuem suas possibilidades de

sobrevivência. Os estresses térmicos e osmóticos afetam a produtividade das culturas e limitam a expansão agrícola em muitas regiões do mundo (SONG et al., 2005).

Com ampla dispersão geográfica, cultivada entre 58° de latitude Norte a 40° latitude Sul e distribuída nas mais diversas altitudes (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), o milho está sujeito a diferentes adversidades bióticas e abióticas, que alteram a fisiologia e a morfologia da planta, e conseqüentemente reduzem o rendimento e sua qualidade (ABRASEM, 2002). Segundo Piana (1994), por ocasião da época de semeadura ocorrem, em sementes de milho, problemas freqüentes relacionados à disponibilidade hídrica e tanto a água do substrato como o vigor das sementes são agentes ativos ao processo de estabelecimento de plântulas no solo.

A água é considerada um dos fatores mais importantes na germinação das sementes, pois reativa o metabolismo e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas da germinação (MARCOS FILHO, 2005). A disponibilidade de água e a maneira como ela é absorvida pelas sementes afeta a germinação, o desenvolvimento inicial das raízes e a alongação da parte aérea (MACHADO NETO et al., 2006).

Segundo Maia et al. (2007), em clima tropical, a deficiência hídrica é considerada a maior causa de redução na produtividade agrícola. Potenciais hídricos negativos atrasam e diminuem a porcentagem de germinação, sendo necessário um nível mínimo de umidade para que a semente germine, o qual é dependente da composição química e a permeabilidade das sementes (VERSLUES et al., 2006).

A restrição hídrica também afeta o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causam a morte das plântulas (OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2009). Sans et al. (2001), relatam que a água é fator determinante na produção do milho, principalmente, na fase de germinação e nos períodos de floração e enchimento de grãos. Segundo Bergamaschi et al. (2004), o estresse hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa.

Custódio et al. (2009), relatam que inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos sob condições de deficiência hídrica, com o objetivo de se determinar o vigor das sementes em condições de estresse e que, a restrição hídrica em laboratório é simulada por meio de diversas soluções osmótica, PEG (polietileno

glicol), Manitol, CaCl_2 (cloreto de cálcio); KCl (cloreto de potássio) e NaCl (cloreto de sódio), sendo que para cada um, quantidades específicas determinam a intensidade do potencial hídrico.

No entanto, são poucos os trabalhos relacionados ao efeito do vigor das sementes em condições de déficit hídrico. Neste contexto, objetivou-se estudar, em condições de laboratório, o desenvolvimento de plântulas e o desempenho germinativo de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, submetidas a diferentes intensidades de déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR. Foram utilizados lotes de sementes de milho híbrido Balu – 580, fornecidos pela Produtora e Comercial Agrícola Arapongas Ltda (Sementes Balu), localizada no município de Arapongas/PR.

Para o experimento utilizaram-se seis diferentes lotes de sementes (L1, L2, L3, L4, L5 e L6) com diferentes níveis de vigor, porém com germinação semelhante e dentro dos padrões de comercialização para a espécie. As sementes foram tratadas com inseticidas (pirimifós-metílico 50% 0,016 l/ton e Deltamethrin 2,5% 0,04 l/ton) e fungicida (Metalaxyl-M 1,0 % + Fludioxonil 2,5% 1,00 l/ton) e corante vermelho na concentração 0,20 l/ton.

Os lotes de sementes foram inicialmente homogeneizados por meio do divisor de solos, como recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foi realizada a caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes, visando a separação dos mesmos em classes de vigor, mediante as seguintes avaliações fisiológicas: **Massa de mil sementes:** determinada com oito repetições de 100 sementes, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Germinação e primeira contagem:** quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel, acondicionados em saco plásticos, foram mantidos em germinadores sob temperatura de 25 °C. A avaliação constou de duas contagens, aos quatro e sete dias após a instalação do teste. **Teste de frio:** conduzido utilizando a metodologia do rolo de papel sem solo, com quatro repetições de 50

sementes (DIAS; BARROS, 1995). **Teste de envelhecimento acelerado:** quatro repetições de 50 sementes envelhecidas a 42 °C por 72 horas (DIAS; BARROS, 1995) e posteriormente colocadas para germinar segundo Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Teste de tetrazólio:** conduzido empregando-se quatro repetições de 50 sementes conforme metodologia descrita por Dias e Barros (1995). **Teste de condutividade elétrica:** quatro repetições de 25 sementes, previamente pesadas, foram colocadas para embeber em 75 ml de água destilada, por um período de 24 horas a 25 °C (DIAS, BARROS, 1995). **Massa seca de plântulas:** as plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular, e secadas a 605 °C até massa constante e os resultados foram expressos em grama por plântulas das porções aérea e radicular (NAKAGAWA, 1999). **Comprimento de plântulas:** Foram distribuídas 10 sementes no terço superior, no sentido longitudinal do papel substrato pré-umedecido. As sementes foram posicionadas com a extremidade da radícula para a parte inferior do papel e foram confeccionados rolos semelhantes ao teste de germinação, quatro repetições por tratamento (Brasil, 2009) e colocados para germinar por quatro dias. Após este período mediu-se em centímetros o comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas normais. **Emergência das plântulas no campo:** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas a 5 cm de profundidade em linhas de 2,5 m, distanciadas de 0,30 m entre si. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura e o resultado foi expresso em porcentagem (NAKAGAWA, 1994). **Índice de velocidade de emergência das plântulas no campo:** conduzido junto com o teste de emergência de plântulas, foram realizadas contagens diárias, a partir da emergência da primeira plântula até o décimo quarto dia. O IVE foi calculado segundo Maguire, citado por Nakagawa (1999).

O déficit hídrico foi determinado por meio do teste de germinação conduzido em substrato de papel germitest, a temperatura constante de 25°C, umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG 6000) com os seguintes potenciais hídricos: 0,00; -0,10; -0,20; -0,30; -0,40; -0,50 e -0,60 MPa. O potencial 0,00 MPa corresponde a testemunha (controle), cujo papel foi umedecido com água destilada em proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato. As quantidades de PEG 6000 utilizadas para obter os referidos potenciais hídricos foram calculadas segundo Villela et al. (1991).

A primeira contagem foi realizada quatro dias após a instalação do experimento. Nesta etapa foi realizada a contagem das plântulas normais e estas foram mantidas por mais três dias para a realização da segunda contagem (BRASIL, 2009).

A avaliação do comprimento e massa seca da parte aérea e radicular foi realizada aos sete dias após a montagem do teste de germinação. Para o comprimento de plântulas foram retiradas, para cada repetição, 20 plântulas normais ao acaso, totalizando 80 plântulas por tratamento. O comprimento da parte aérea e radicular foi obtido com o auxílio de uma régua de escala centimetrada e, somando-se as medidas tomadas para cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais medidas obteve-se a média dos comprimentos.

Após a avaliação do crescimento, as plântulas normais obtidas na segunda contagem, aos sete dias, foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular e, desse modo, acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa a $60\pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante. Após, estas foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g, e obtida a massa seca que, dividida pelo número de plântulas normais, expressou os resultados em gramas por plântula das porções aérea, radicular (NAKAGAWA 1999).

Os dados obtidos na caracterização dos lotes foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente casualizado.

Para verificar a normalidade e a homogeneidade de variância dos dados, foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

Nos estudos dos efeitos do déficit hídrico na germinação de sementes, foi realizada a análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 7, correspondente a 6 lotes e 7 intensidades de estresse hídrico. Para níveis de vigor os dados foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% e, os dados de déficit hídrico submetidos a estudo de regressão até 2º grau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de caracterização inicial apresentaram resultados distintos quanto à classificação do vigor dos lotes de sementes (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Primeira contagem (P.C), germinação (G), massa seca da raiz (M.S.R), massa seca da parte aérea (M.S.PA), comprimento da raiz (C.A), comprimento da parte aérea (C.PA) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580. Londrina, 2011.

	P.C (%)	G. (%)	M.S.R (g)	M.S.PA (g)	C.R (cm)	C.PA (cm)
L1	57 d	88	0,2085 e	0,6707 d	4,5 c	2,0 c
L2	76 c	88	0,3258 d	0,3257 c	6,1 b	3,0 b
L3	83 b	94	0,4085 c	0,3792 c	6,4 b	3,0 b
L4	94 a	95	0,5306 b	0,5268 b	7,7 a	3,4 ab
L5	88 ab	94	0,5231 b	0,5635 b	7,5 a	3,6 ab
L6	94 a	98	0,6958 a	0,6707 a	8,2 a	3,7 a
CV(%)	3,58	1,32	7,65	10,15	6,88	9,37

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2 – Teste de frio (T.F), envelhecimento acelerado (E.A), tetrazólio (TZ), condutividade elétrica (C.E), emergência à campo (E.C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580. Londrina, 2011.

	T.F (%)	E.A (%)	TZ (%)	C.E (μS/cm/g)	E.C (%)	I.V.E
L1	54 d	19 e	45 c	19,59 c	79 b	3,19 d
L2	43 e	48 d	70b	19,43 c	80 b	3,51 cd
L3	70 c	61 cd	71 b	15,17 b	89 a	3,94 bc
L4	76 bc	68 bc	80 ab	16,45 b	92 a	4,42 a
L5	83 ab	79 ab	71 b	16,83 bc	93 a	4,34 ab
L6	91 a	86 a	84 a	12,38 a	96 a	4,62 a
CV(%)	6,28	12,8	6,72	7,41	4,15	5,13

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A porcentagem de emergência à campo separou os lotes em apenas dois níveis de vigor. Os testes de C.E, C.R e C.PA, foram eficientes para diferenciar os lotes em três níveis de vigor. A P.C e o I.V.E identificou quatro diferentes níveis de vigor, enquanto os testes de E.A, T.F e M.S.R, permitiram separar os lotes em cinco diferentes níveis de vigor.

Segundo Kryzanowski et al. (1999), a diferença dos níveis de vigor na classificação dos lotes pode variar conforme o teste utilizado, dependendo da característica avaliada e do genótipo das sementes. Freitas (2002) e Marttione et al. (2009), em sementes de algodão, também encontraram diferenças entre os testes de vigor utilizados e a classificação da qualidade fisiológica dos lotes.

Apesar dos testes de vigor apresentarem resultados distintos quanto à classificação da qualidade fisiológica dos lotes de sementes, a análise conjunta

dos dados, permitiu identificar três níveis de vigor (Tabelas 1 e 2). O lote L6 e os lotes L1 e L2 mostraram-se significativamente superior (alto vigor) e inferiores (baixo vigor), respectivamente. Os lotes L3, L4 e L5 foram identificados como de vigor intermediário, no entanto, o teste de frio, comprimento de raiz e massa seca da parte aérea e raiz, apontaram, estatisticamente, a inferioridade do lote L3, comparado aos demais lotes de vigor intermediário.

Quanto à capacidade germinativa os lotes de sementes apresentaram alta porcentagem de germinação, ou seja, acima de 85%, padrão utilizado pelo ministério da agricultura na comercialização da espécie (Tabela 1). A alta porcentagem de germinação mostra-se importante para o estudo comparativo entre lotes com diferentes níveis de vigor, pois, segundo Martins et al. (2009), o início do processo de deterioração, acarreta, inicialmente, a redução de vários atributos de performance e vigor da semente e, finalmente, resulta na perda da capacidade germinativa.

Segundo Marcos Filho (1999), a utilização de lotes com porcentagens de germinação inferior ao valor mínimo exigido para a comercialização, contribui para a obtenção de correlações significativas entre os resultados de laboratório e de campo, não associando de maneira eficiente o vigor com o desempenho das sementes sob condições de estresses.

Na primeira contagem do teste de germinação sob condições de déficit hídrico, foi observado a ocorrência de plântulas normais apenas no potencial hídrico de 0,0 MPa, correspondente a testemunha. A diminuição no potencial hídrico do substrato ocasionou atraso na germinação em todos os lotes, não sendo possível, na primeira contagem, identificar as estruturas necessárias para a classificação das plântulas normais e avaliar o efeito do vigor das sementes em condições de estresse.

É importante ressaltar que as sementes que apenas emitiram raiz primária não foram consideradas plântulas normais, já que segundo as Regras para Análise de Sementes, a germinação de sementes em teste de laboratório é o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal (BRASIL, 2009).

Corroborando os resultados, Ávila et al (2007), Gomes-Filho (2009) e Teixeira et al. (2011), estudando o déficit hídrico, também obtiveram aumento no número de dias para a germinação inicial das sementes de canola, sorgo e crambe,

respectivamente. Morlete et al. (2006), também relataram atraso na germinação de sementes de milho-pipoca ocasionado pelo déficit hídrico induzido por PEG 6000.

Segundo Masetto et al. (2011), o estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, com grande variação de respostas das espécies. O fato do tempo requerido para a germinação ser maior sob potenciais hídricos reduzidos pode ser explicado pela diminuição do metabolismo das sementes em função da menor disponibilidade de água para digestão das reservas e translocação dos produtos metabolizados (BEWLEY; BLACK, 1994).

Na Tabela 3B são apresentados os valores médios da porcentagem de germinação dos lotes de sementes submetidos a diferentes intensidades de déficit hídrico.

Tabela 3B – Germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. Londrina, 2011.

LOTES	0 MPa	- 0,1 MPa	- 0,2 MPa	- 0,3 MPa	- 0,4 MPa	- 0,5 MPa	- 0,6 MPa
L1	88	66 b	43 c	22 b	8 c	1 c	2
L2	88	77 ab	49 bc	32 b	22 bc	7 bc	5
L3	93	89 a	63 ab	36 b	23 bc	5 bc	3
L4	96	85 a	71 a	53 a	33 ab	11 abc	5
L5	96	90 a	74 a	29 b	18 bc	18 ab	5
L6	98	91 a	76 a	55 a	45 a	23 a	15
CV				16,72%			

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

No potencial hídrico de 0,0 MPa, correspondente a testemunha, a germinação não diferiu estatisticamente entre os lotes, confirmando os resultados obtidos na caracterização da qualidade fisiológica inicial (Tabela 1). Estes resultados confirmam que em condições de disponibilidade hídrica normal, as sementes tendem a apresentar desempenhos e potenciais germinativos semelhantes, visto que o efeito do nível de vigor é minimizado (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

As sementes identificadas como de baixo vigor na caracterização inicial dos lotes (L1 e L2), foram mais sensíveis à redução do potencial osmótico do substrato e o lote L6, classificado como de alto vigor, apresentou maiores porcentagens de germinação em todas as concentrações de PEG 6000, não sendo significativo apenas no potencial de -0,6MPa (Tabela 3B). Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Tonin et al. (2000), em que

sementes de milho de alto vigor apresentaram menor redução percentual na germinação quando submetidas ao déficit hídrico.

Corroborando os resultados França-Neto et al. (2010), também relatam que em condições de estresse, como em caso da ocorrência de seca, durante a emergência, lavouras originadas de sementes de alta qualidade sofrerão conseqüências menos drásticas, resultando em maiores produtividades em relação às originárias de sementes de médios ou baixos vigores.

O potencial de -0,6 MPa acarretou porcentagens de germinação muito baixas, próximas a zero, e também não diferiu os lotes estatisticamente (Tabela 3B). A severidade do déficit hídrico, ocasionado pelo potencial hídrico de -0,6 MPa, pode justificar as baixas porcentagens de germinação e a ausência de diferença estatística, demonstrando que neste potencial o estresse hídrico foi limitante ao processo de germinação independente dos níveis de vigor das sementes. Contudo, mesmo sem diferença estatística a germinação do lote L6 foi no mínimo três vezes superior aos demais lotes.

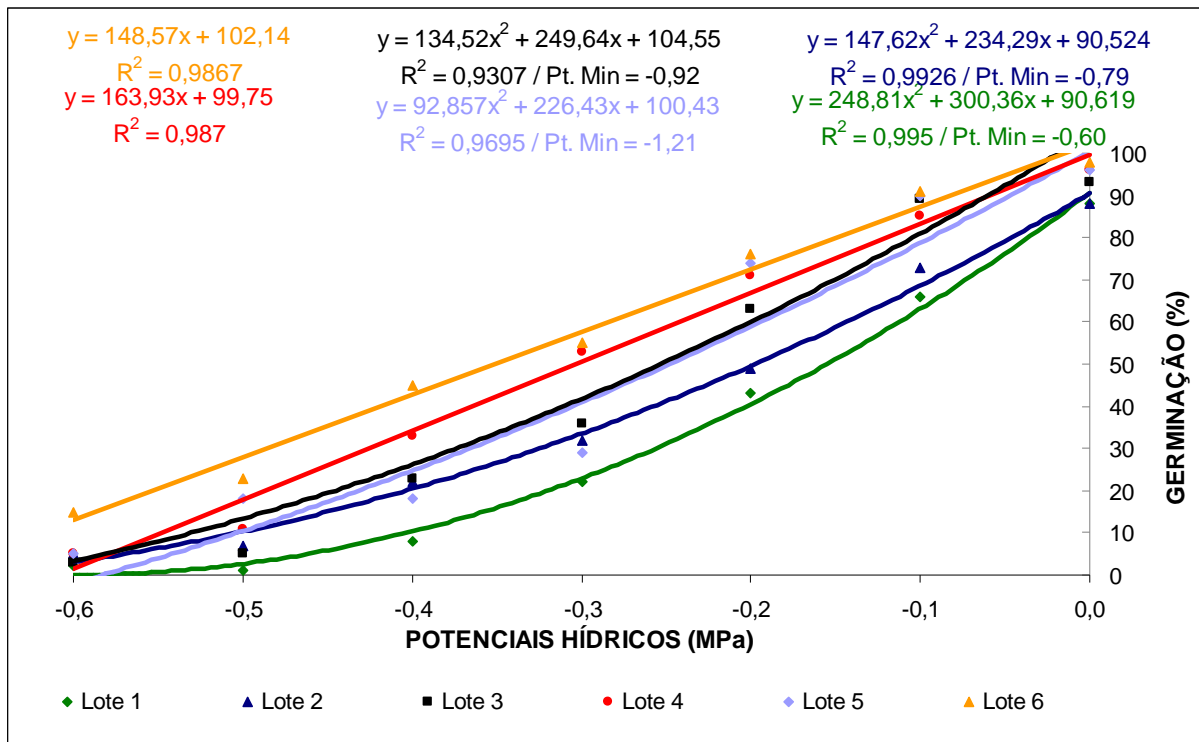
Potenciais hídricos muito negativos no início da embebição interferem na absorção de água podendo dificultar a seqüência de eventos que culminam na germinação (BERTAGNOLLI et al. 2003). Em condições de estresse hídrico ocorrem atraso e redução na germinação, havendo, portanto, segundo Verslues et al., (2006), um nível mínimo de umidade necessário para que a semente germine, o qual é dependente da composição química e permeabilidade do tegumento, justificando a quase ausência de germinação em concentrações de -0,6 MPa de PEG 6000.

MARTINELLI-SENEME et al. (2000), estudando a germinação de milho em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato, observaram, a partir de -0,81 MPa de PEG 6000, a completa inibição da germinação de todas as classes de sementes. No mesmo trabalho, os autores observaram que o valor de -0,81 MPa, apesar de possibilitar a emissão da raiz primária, não foi suficiente para que a plântula continuasse o seu desenvolvimento, emitindo as estruturas necessárias para a sua sobrevivência, corroborando os resultados obtidos neste experimento nas concentrações de -0,6 MPa.

Na Figura 1B estão apresentados os resultados de germinação dos seis lotes de sementes, em função das condições de déficit hídrico estudadas. Conforme observado, o percentual de germinação das sementes diminuiu

drasticamente com o incremento do nível de restrição hídrica aplicada ao substrato, para todos os lotes de semente testados. No entanto, ao taxa de decréscimo na porcentagem de germinação foi menos acentuado nos lotes de sementes L4 (vigor intermediário) e L6 (alto vigor), enfatizado pelas linhas de tendências lineares.

Figura 1B – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos



Kappes et al. (2010), avaliando a germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico, observaram redução na germinação e no vigor de sementes à medida que o potencial osmótico de água foi reduzido, sendo o desempenho das sementes dependente do híbrido utilizado. Segundo Torres et al. (1999), a resposta ao déficit hídrico não só depende da constituição genética, mas, também, da condição fisiológica das sementes, como observado nesse estudo.

Para Simoni et al. (2011), a habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local onde foi semeada. As linhas de tendências observadas reforçam a importância da utilização de sementes de alta qualidade sob condições desfavoráveis de umidade,

visto que, segundo Tonin et al. (1997), o vigor das sementes de milho estende-se ao comportamento em relação à resistência ao estresse.

Na Tabela 4B são apresentados os valores médios do comprimento da raiz, obtidos no teste de germinação. Observa-se que o comprimento da raiz das plântulas provenientes do lote L1, caracterizado como de baixo vigor, foi inferior nos potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,5 e -0,6 MPa, simulados por PEG 6000. Segundo Munizzi et al. (2010), sementes de alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial, justificando as menores taxas de crescimento das raízes do lote L1 em relação aos demais.

Tabela 4B – Comprimento da raiz, em centímetros, de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. Londrina, 2011.

LOTES	0 MPa	- 0,1 MPa	- 0,2 MPa	- 0,3 MPa	- 0,4 MPa	- 0,5 MPa	- 0,6 MPa
L1	7,39 b	3,35 b	2,47 b	2,14	1,89	0,53 b	0,37 b
L2	7,76 b	3,63 ab	2,79 ab	2,58	2,55	1,84 a	1,85 a
L3	7,75 b	3,81 ab	3,07 ab	2,35	2,17	1,29 ab	1,23 ab
L4	8,88 a	4,37 a	2,78 ab	2,70	2,27	1,76 a	1,66 a
L5	9,06 a	4,49 a	3,56 a	2,47	2,14	1,89 a	1,74 a
L6	7,80 b	4,29 ab	3,09 ab	2,95	2,60	1,78 a	1,95 a
CV	14,30%						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Com relação ao comprimento da parte aérea das plântulas (Tabela 5B), o lote L1 também mostrou-se significativamente inferior aos demais lotes, no entanto a diferença estatística estendeu-se na concentração de -0,3 MPa. A disponibilidade de água e a maneira como ela é absorvida afeta a germinação, o desenvolvimento inicial das raízes e a alongação da parte aérea (MACHADO NETO et al., 2006) e segundo Dias et al. (2010), o vigor das sementes exerce efeitos diretos no crescimento inicial de plantas de milho, o que reflete na habilidade competitiva da cultura, corroborando com os resultados deste experimento.

Tabela 5B – Comprimento da parte aérea, em centímetros, de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. Londrina, 2011.

LOTES	0 MPa	- 0,1 MPa	- 0,2 MPa	- 0,3 MPa	- 0,4 MPa	- 0,5 MPa	- 0,6 MPa
L1	11,66 b	6,85 b	6,05 b	4,24 b	4,62	1,55 b	1,40 b
L2	12,84 b	9,76 ab	7,61 ab	6,06 ab	6,81	5,52 a	4,68 a
L3	13,12 b	12,20 a	8,32 ab	5,63 ab	5,14	3,12 ab	2,68 ab
L4	16,44 a	11,64 a	9,84 a	6,66 ab	6,88	4,41 ab	3,74 a
L5	12,84 b	10,20 a	8,37 ab	4,90 ab	5,49	4,55 a	4,37 a
L6	14,01 ab	11,03 a	9,46 a	7,72 a	7,53	4,64 a	4,43 a
CV	20,12%						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

À medida que os potenciais tornam-se mais negativos, verifica-se que a relação parte aérea e raiz diminui (Tabela 4B e 5B), corroborando os resultados de Kappes et al. (2010), em sementes de milho. Castro e Kluge (1999), relatam que os fatores como alta temperatura e déficit hídrico podem reduzir esta relação, e que o crescimento do sistema radicular está intimamente relacionado com o da parte aérea, sendo esta relação importante na determinação do potencial produtivo da planta de milho.

Os dados da análise de regressão das variáveis comprimento da raiz e parte aérea estão apresentados na Figura 2B e 3B. Nota-se que à medida que se diminui o potencial osmótico da solução no substrato, o comprimento da raiz e parte aérea decresce em todos os lotes avaliados, independentemente do vigor. Taiz e Zeiger (2004) relatam que o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento devido à redução da expansão celular, causada, segundo Bewley e Black (1994), por decréscimos na turgescência dessas células.

Figura 2B – Comprimento de raiz, em centímetros, das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos

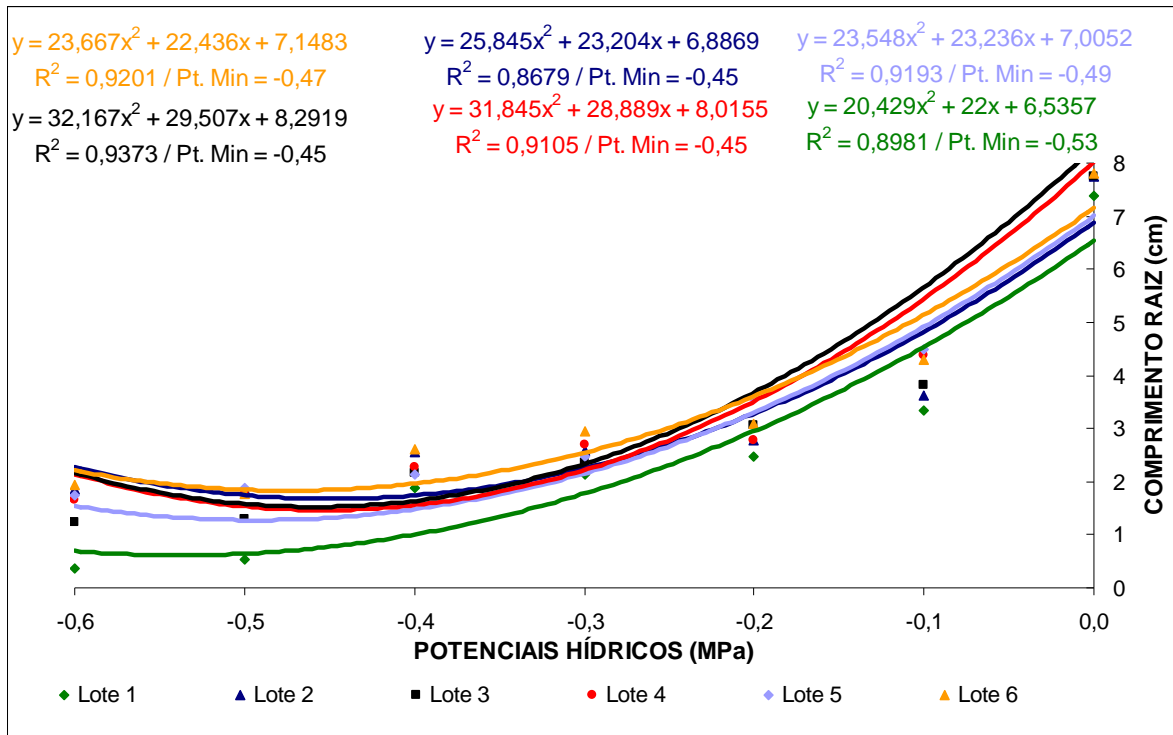
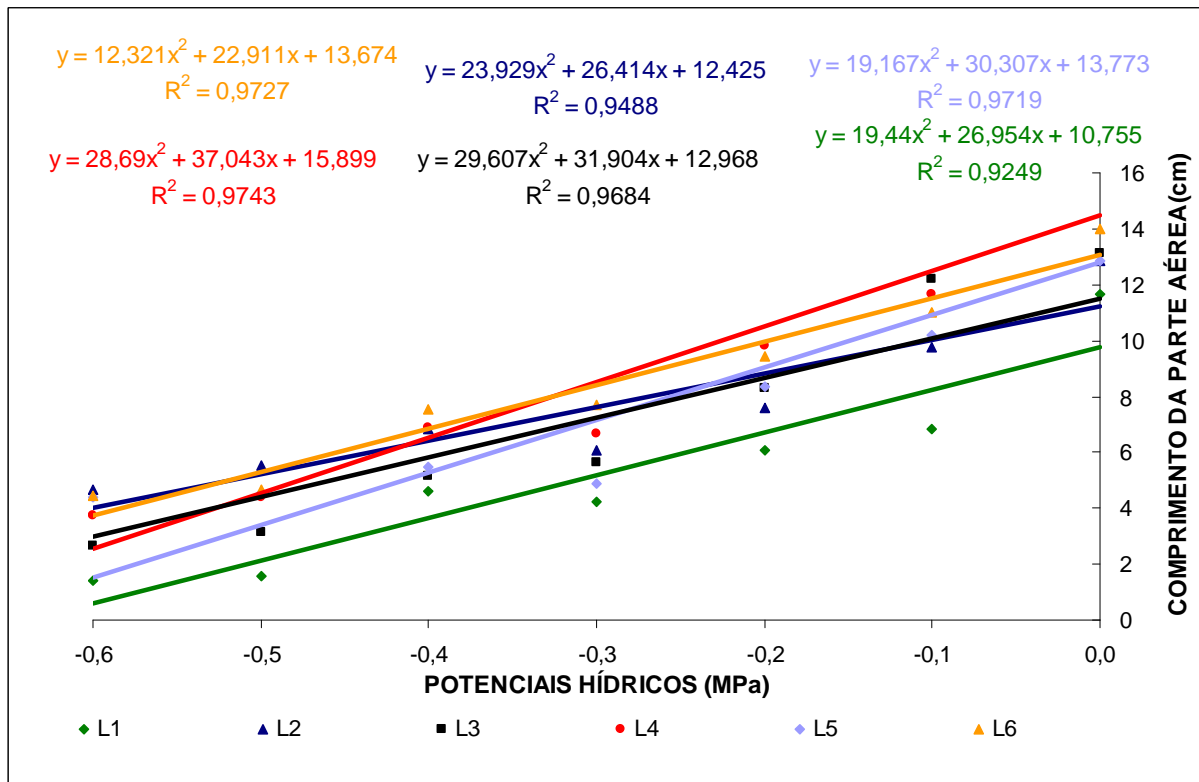


Figura 3B – Comprimento da parte aérea, em centímetros, das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos



Resultados semelhantes ao comprimento da parte aérea (Figura 3B) foram encontrados por Moterle et al. (2006), em milho pipoca, que observaram redução linear no comprimento da raiz e parte aérea das plântulas com redução no potencial osmótico da solução de KCl. No entanto, neste experimento, o melhor modelo que se ajustou ao comprimento da raiz nos potenciais osmóticos induzido pelas soluções de polietilenoglicol foi o exponencial.

Observou-se, portanto, no comprimento da raiz, inicialmente um declínio mais expressivo com tendência posterior a estabilizar a redução no crescimento, mesmo com a utilização dos menores potenciais osmóticos (Figura 2B), apresentando coerência com os resultados obtidos por Conus et al. (2009), estudando a germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais.

Com relação à biomassa seca da raiz, houve diferença entre os lotes apenas na testemunha, representada por 0,0 MPa e nas concentrações de -0,1 e -0,2 MPa de PEG 6000 (Tabela 6B). O lote L1 e L2, inicialmente classificados como de baixo vigor, nos potenciais de 0,0 e -0,1 e o lote L1 também no potencial osmótico de -0,2, foram inferiores ao lote L6, caracterizado como de alto vigor. Sementes com baixo vigor podem provocar reduções na velocidade e na emergência total, no tamanho inicial, na produção de matéria seca, na área foliar e nas taxas de crescimento das plantas (MELO et al., 2006), o que justifica a menor massa seca dos lotes de baixo vigor nestes potenciais hídricos.

Tabela 6B – Massa seca da raiz, em gramas, de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. Londrina, 2011.

LOTES	0 MPa	- 0,1 MPa	- 0,2 MPa	- 0,3 MPa	- 0,4 MPa	- 0,5 MPa	- 0,6 MPa
L1	0,0217 c	0,0160 b	0,0106 b	0,0060	0,0072	0,0039	0,0013
L2	0,0249 bc	0,0155 b	0,0152 ab	0,0123	0,0108	0,0088	0,0090
L3	0,0296 abc	0,0201 ab	0,0133 ab	0,0106	0,0074	0,0057	0,0035
L4	0,0328 abc	0,0305 a	0,0193 ab	0,0112	0,0094	0,0094	0,0102
L5	0,0356 ab	0,0218 ab	0,0208 ab	0,0083	0,0080	0,0072	0,0094
L6	0,0398 a	0,0311 a	0,0239 a	0,0148	0,0160	0,0123	0,0086
CV	26,80%						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Para a massa seca da parte aérea (Tabela 7B), verificou-se comportamento semelhante ao observado na massa seca da raiz (Tabela 6B), onde os lotes L1 e L2 mostraram-se inferiores nos mesmos potenciais hídricos, acrescido de diferença estatística no potencial de -0,5 MPa para o lote L1. Bergamaschi et al. (2004), relatam que o estresse hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e conseqüentemente da biomassa.

Tabela 7B – Massa seca da parte aérea, em gramas, de plântulas obtidas no teste de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos. Londrina, 2011.

LOTES	0 MPa	- 0,1 MPa	- 0,2 MPa	- 0,3 MPa	- 0,4 MPa	- 0,5 MPa	- 0,6 MPa
L1	0,0244 b	0,0134 b	0,0094 b	0,0095	0,0057	0,0012 b	0,0015
L2	0,0247 b	0,0139 b	0,0128 ab	0,0096	0,0116	0,0091 a	0,0074
L3	0,0265 ab	0,0149 b	0,0121 ab	0,0100	0,0083	0,0093 a	0,0027
L4	0,0289 ab	0,0218 a	0,0125 ab	0,0116	0,0109	0,0052 ab	0,0066
L5	0,0326 a	0,0173 ab	0,0161 a	0,0102	0,0099	0,0082 a	0,0064
L6	0,0302 ab	0,0197 ab	0,0143 ab	0,0134	0,0104	0,0062 ab	0,0073
CV	24,37%						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

O estresse hídrico reduz a habilidade de embebição de água, o que provoca rapidamente a redução no crescimento, além de um conjunto de mudanças metabólicas que culminam com diminuição do crescimento da parte aérea, provavelmente devido aos hormônios produzidos pelas raízes (Munns, 2002), justificando os resultados apresentados.

De modo similar ao que ocorreu no comprimento da raiz, a massa seca da raiz e parte aérea de plântulas também foi reduzida à medida que houve decréscimo no potencial osmótico do substrato para todos os lotes de sementes testados (Figura 3B e 4B).

Figura 4B – Massa seca, em gramas, da raiz das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

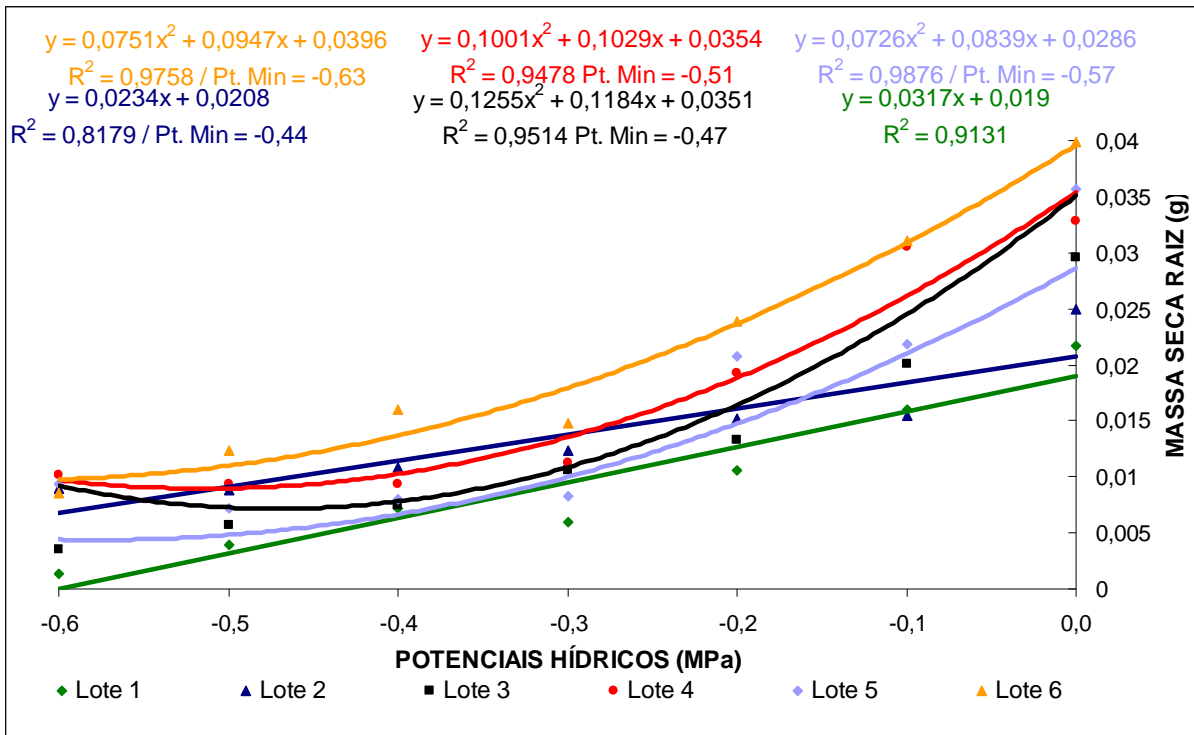
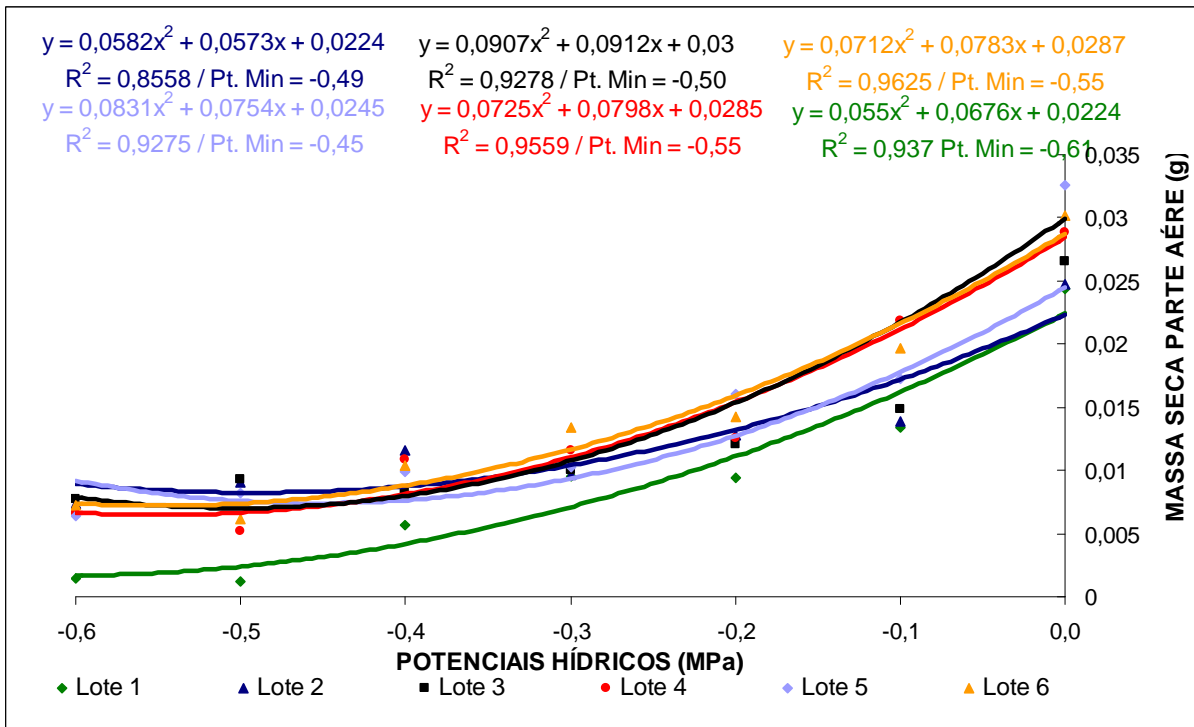


Figura 5B – Massa seca, em gramas, da parte aérea das plântulas obtidas na germinação dos lotes de sementes milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes potenciais osmóticos.



Verifica-se claramente na representação gráfica, a dificuldade imposta pelos níveis negativos de potencial osmótico em relação ao acúmulo da biomassa seca durante o desenvolvimento das plântulas de milho. Segundo Bewley e Black (1994), a redução da biomassa em função da restrição hídrica pode ser atribuída à menor velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos ou pela dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas da semente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moraes e Menezes (2003) em sementes de soja e Moterle et al. (2006) em sementes de milho pipoca, onde também observaram redução na biomassa de plântulas com o aumento do estresse hídrico. Para Kappes et al. (2010), o decréscimo da absorção de água pelas sementes evidencia o efeito prejudicial do déficit hídrico sobre a germinação e vigor das sementes e sobre o crescimento das plântulas.

Neste contexto, conforme observado neste experimento, as sementes quando submetidas à restrição hídrica reduzem a germinação e o desenvolvimento das plântulas, em razão, segundo Marcos Filho (2005), da interferência no processo de embebição e de alongamento celular. No entanto, os resultados ressaltam a importância da utilização de sementes de alto vigor, visto que ameniza os efeitos causados pelo déficit hídrico, verificado neste experimento, pelo menor desempenho dos lotes L1 e L2, classificados inicialmente como de menor vigor.

CONCLUSÃO

O aumento da concentração de polietilenoglicol (PEG 6000), reduz a germinação das sementes e o comprimento e a massa seca da raiz e parte aérea das plântulas de milho.

Sementes de milho com maior vigor apresentam maior porcentagem de germinação independentemente do potencial hídrico do substrato.

Em potenciais hídricos extremamente negativos o nível de vigor dos lotes de sementes não interfere no comprimento e massa seca de raiz e parte aérea das plântulas.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, M. R. *et al.* Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 01, p. 98-106, 2007.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, n.9, p. 831-839, 2004.
- BERTAGNOLLI, C.M.; MENEZES, N.L.; STORCK, L.; SANTOS, O.S; PASQUALLI, L.L. Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, vol.25, n.1, pp. 7-13, 2003.
- BEZERRA, A.M.E.; MEDEIROS FILHO, S.; BRUNO, R.L.A.; MOMENTE, V.G. Efeito da pre-embecao e aplicacao de acido giberelico na germinacao de sementes de macela. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, p.185-190. 2006.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/ CLAV, 2009. 364p.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.
- CONUS, L.A.; CARDOSO, P.C.; VENTUROSO, L.R.; SCALON, S.P.Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais, **Revista Brasileira de Sementes**, vol.31 no.4, Londrina 2009.
- CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 4, p. 617-623, 2009.
- DIAS, M.A.N.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; Vigor de Sementes de Milho Associado à Mato-Competição, **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, nº 2 p. 093-101, 2010.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p.
- FANCELLI, L.A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 183-215.
- FANTI, S.C.; PEREZ, J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.903-909, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

HÖSF, A. **Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta a qualidade fisiológica**. 2003. 44f. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C; HAGA, K.I.; FERREIRA J.P.; ARF, M.V.,
Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico, **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.2, p.125-133, Mar./Apr. 2010.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Coord.) **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LOPES, J. C.; MARTINS FILHO, S.; TAGLIAFERRI, C.; RANGEL, O. J. P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.51-58, 2002.

LUDWIG, M.P.; SCHUCH, L.O.B.; LUCCA FILHO, O.A.; AVELAR, S.A.G.; MIELERZRSKI, F.; OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R.L. Desempenho De Sementes E Plantas De Milho Híbrido Originadas De Lotes De Sementes Com Alta E Baixa Qualidade Fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8 n.1, p83-92, Pelotas 2009.

MACHADO NETO, N.B.A.; CUSTÓDIO, C.C.; COSTA, P.R.;DONÁ, F.L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.1, n.28, p.142–148, 2006.

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

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

MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; NAKAGAWA, J., MACHADO, C.G., Secagem e armazenamento de sementes de juçara, **Revista Árvore**, v.33 n.4, Viçosa 2009.

MARTINELLI-SENEME, A.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Germinação de milho cv.al-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas. v.22, n. 2, p.131-138. 2000.

MARTTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; MARCOS FILHO, J., Vigor de sementes sobre o desempenho de plantas e a produção de algodoeiro, **VII Congresso Brasileiro de Algodão**, Foz do Iguaçu Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p1851-1859, 2009.

MASETTO, T.E.; QUADROS, J.B.; TIBEIRO, D.M.; REZENDE, R.K.S.; SCALON, S.P.Q. Potencial Hídrico do Substrato e Teor De Água das Sementes na Germinação do Crambe, **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3 p. 511 - 519, 2011.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N; CONCENÇO, G. Comportamento Individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n.2, p.84-94, 2006.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

MOTERLE, L.M.; LOPES, P.C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

MUNIZZI, A; BRACCINI.; A.L.; RANGEL, MA. S; SCAPIM; CA; ALBRECHT, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**: v.32, n.1, p.176-185, 2010.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v25, p.239-250, 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

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

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino, **Revista Brasileira de Sementes**, v31 n. 3, Londrina 2009.

PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.486-489, 1994.

PIANA, Z. **Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 107p. (Tese Doutorado).

SANS, L. M. A. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.527-535, 2001.

TEIXEIRA, R.N.; TOLEDO, M.Z.; FERREIRA, G.; CAVARINI, C.; JASPER, S.P. Germinação E Vigor De Sementes De Crambe Sob Estresse Hídrico, **Irriga**, v.16 n.1, p 42-51, Botucatu 2011.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J.K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, p. 523–539, 2006.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1957-1968, 1991.

SIMONI, F.; COSTA, R.S.; FOGAÇA, C.A.; GEROLINETO, E. Sementes de *Sorghum bicolor* L. – Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000), **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 11, n. , 2011.

SONG, S.Q.; LEI, Y.B.; TIAN, X.R. Proline metabolism and cross-tolerance to salinity and heat stress in germinating wheat seeds. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 52, n.6, p. 897-904, 2005.

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

TONIN, G. A.; CARVALHO, N. M.; KRONKA, S. N.; FERRAUDO, A. S. Influência do cultivar e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n. 1, p. 276-279.

3.3 ARTIGO C: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO, COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR, EM RESPOSTA À DIFERENTES TEMPERATURAS

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho germinativo de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, sob diferentes temperaturas. Utilizaram-se seis lotes de sementes de milho híbrido Balu-580 com potenciais germinativos próximos, porém com diferentes níveis de vigor, submetidos a germinação sob temperaturas de 16; 19; 22; 25; 28; 31; 34; 37 e 40°C. Foram avaliados a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, a germinação e...Os dados obtidos na caracterização inicial dos lotes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade. No estudo do efeito das temperaturas foi realizado a análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 X 9. Temperaturas baixas retardaram a germinação das sementes, principalmente às de baixo vigor, não sendo observado germinação à 16°C. Lotes de maior vigor apresentam melhor desempenho germinativo em todas as temperaturas, porém com destaque em temperaturas supra-ótimas. Os lotes de menor vigor são mais suscetíveis às altas temperaturas e apresentam maiores porcentagens de plântulas anormais e sementes não germinadas.

Palavras-chave: *Zea mayz*. Alta temperatura. Baixa temperatura. Estresse térmico.

GERMINATION OF CORN SEEDS WITH DIFFERENT LEVELS OF VIGOR IN RESPONSE TO DIFFERENTS TEMPERATURES

Abstract

The objective of this study was to evaluate the performance of maize seeds with different levels of force at different temperatures for germination. To this was used six seed lots of hybrid corn Balu-580 with similar germination potential, but different level of vigor. After the initial characterization of the lots, the effects of temperature were determined by first counting and the germination test conducted on paper substrate germitest, at 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37 and 40 ° C . The data obtained in the initial characterization of the lots were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. In the study of the effect of adverse conditions of temperature on first counting and germination was carried out the analysis of variance following a completely randomized design, factorial scheme 6 X 9. Low temperatures slowed the germination of seeds, especially those of low vigor, and there was no germination at 16 ° C. Lots of smaller effect were also more susceptible to high temperatures, with higher percentages of abnormal seedlings and ungerminated seeds.

Keywords: *Zea mays*. High temperature. Low temperature. Thermal stress.

INTRODUÇÃO

A germinação e o estabelecimento das plântulas são etapas importantes na produção e, conseqüentemente, na obtenção de altos rendimentos na cultura do milho (SIKDER et al., 2009). Isto se deve a baixa capacidade de compensação da planta quando sob baixa densidade (TOLLENAAR; WU, 1999) e a importância da uniformidade de estabelecimento por se tratar, segundo Ludwig et al. (2010) de uma espécie unicolmo e produzir uma espiga por planta.

A temperatura é considerada o fator mais importante na germinação de sementes (NERSON, 2007). A mobilização das reservas e a germinação das sementes variam conforme a temperatura (PENNING de VRIES et al., 1979) por alterar e influenciar a absorção de água e outros substratos necessários para o crescimento e desenvolvimento das plântulas (WANJURA; BUXTOR 1972). Segundo Marcos Filho (2005) os efeitos da temperatura podem ser avaliados a partir de mudanças na porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação.

Segundo Andrade et al. (2000), a temperatura adequada de germinação está relacionada às temperaturas encontradas, na época propícia para a germinação natural, nas regiões de origem de cada espécie, portanto, as temperaturas entre 20 a 30 °C, para grande número de espécies subtropicais e tropicais, tem-se demonstrado adequada. A temperatura ótima para germinação de sementes de milho está entre 25-28 °C (FAROOQ et al., 2008) ou, segundo Marcos Filho (2005), entre 32-35 °C, sendo a temperatura mínima 9 °C e máxima 44 °C, ou seja abaixo e acima dessas temperaturas ocorre a inibição da germinação.

Apesar de ser uma planta de clima tropical e exigir calor e umidade para produzir satisfatoriamente (DUARTE, 2005) temperaturas elevadas do solo proporcionam, em sementes de milho, baixa porcentagem de emergência (RILEY, 1981). O estresse ocasionado por altas temperaturas ocorre quando, por um período suficiente de tempo, as temperaturas são quentes o bastante e causam danos irreversíveis na função e no desenvolvimento das plântulas (HALL, 2001).

As baixas temperaturas também são consideradas um dos principais fatores limitantes na produtividade das plantas e frequentemente causa danos na germinação e no desenvolvimento de plântulas de milho (PARERA; CANTLIFFE, 1994). Guan et al. (2009) relatam que baixas temperaturas induzem danos na membrana celular e afetam as funções fisiológicas das plantas, podendo também,

segundo Lukatkin (2003), ocasionar mudanças nas estruturas enzimáticas das sementes.

Skider et al. (2009), estudando a germinação e a mobilização das reservas de sementes de diferentes variedades de milho sob influência da temperatura, observou que a porcentagem e a taxa de germinação são significativamente influenciadas pela interação cultivar e temperatura. O rendimento de uma lavoura de milho está diretamente relacionado com o potencial genético da semente e das condições edafoclimáticas do local de semeadura, além do manejo da lavoura, sendo o potencial genético responsável por 50% do rendimento final da cultura (CRUZ et al., 2007).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais que encontra no local onde foi semeada (SIMONI et al., 2011) e segundo Tonin et al. (1997), o vigor das sementes de milho estende-se ao comportamento em relação à resistência ao estresse.

Na fase de plântula, a influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total de germinação, o tamanho e o peso das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Nascimento (2000) relata que sementes com alto vigor toleram mais condições de estresses como altas e baixas temperatura. Neste sentido, a escolha de sementes com alta qualidade fisiológica e adaptada às condições locais pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura (SANS; SANTANA, 2005).

O milho é cultivado em regiões nem sempre favoráveis para a emergência e desenvolvimento das plântulas. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi estudar, em condições de laboratório o desempenho germinativo de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor sob diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR. Foram utilizados lotes de sementes de milho do híbrido BALU – 580,

fornecidos pela Produtora e Comercial Agrícola Arapongas Ltda (Sementes Balu), localizada no município de Arapongas/PR. Para o experimento utilizaram-se seis diferentes lotes de sementes (L1, L2, L3, L4, L5 e L6) com diferentes níveis de vigor, porém com germinação semelhante e dentro dos padrões de comercialização para a espécie. As sementes foram tratadas com inseticidas (pirimifós-metílico 50% 0,016 l/ton e Deltamethrin 2,5% 0,04 l/ton) e fungicida (Metalaxyl-M 1,0 % + Fludioxonil 2,5% 1,00 l/ton) e corante vermelho na concentração 0,20 l/ton.

Os lotes de sementes foram inicialmente homogeneizados por meio do divisor de solos, como recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foi realizada a caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes, visando a separação dos mesmos em classes de vigor, mediante as seguintes avaliações fisiológicas: **Massa de mil sementes:** determinada com oito repetições de 100 sementes, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Germinação e Primeira contagem:** quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel, acondicionados em saco plásticos, foram mantidos em germinadores sob temperatura de 25 °C. A avaliação constou de duas contagens, aos quatro e sete dias após a instalação do teste. **Teste de frio:** conduzido utilizando a metodologia do rolo de papel sem solo, com quatro repetições de 50 sementes (DIAS; BARROS, 1995). **Teste de Envelhecimento Acelerado:** quatro repetições de 50 sementes envelhecidas a 42 °C por 72 horas (DIAS & BARROS, 1995) e posteriormente colocadas para germinar segundo Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **Teste de tetrazólio:** conduzido empregando-se quatro repetições de 50 sementes conforme metodologia descrita por Dias e Barros (1995). **Teste de condutividade elétrica:** quatro repetições de 25 sementes, previamente pesadas, foram colocadas para embeber em 75 ml de água destilada, por um período de 24 horas a 25 °C (DIAS; BARROS, 1995). **Massa seca de plântulas:** as plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular, e secadas a 60±5 °C até massa constante e os resultados foram expressos em grama por plântulas das porções aérea e radicular (NAKAGAWA, 1999). **Comprimento de plântulas:** Foram distribuídas 10 sementes no terço superior, no sentido longitudinal do papel substrato pré-umedecido. As sementes foram posicionadas com a extremidade da radícula para a parte inferior do papel e foram confeccionados rolos

semelhantes ao teste de germinação, com quatro repetições por tratamento (BRASIL, 2009) e colocados para germinar por quatro dias. Após este período mediu-se em centímetros o comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas normais. **Emergência das plântulas no campo:** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas a 5 cm de profundidade em linhas de 2,5 m, distanciadas de 0,30 m entre si. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura e o resultado foi expresso em porcentagem (NAKAGAWA, 1994). **Índice de velocidade de emergência das plântulas no campo:** conduzido junto com o teste de emergência de plântulas, foram realizadas contagens diárias, a partir da emergência da primeira plântula até o décimo quarto dia. O IVE foi calculado segundo Maguire, citado por Nakagawa (1999).

Após a caracterização inicial dos lotes, foi realizada avaliação da influência das altas e baixas temperaturas sobre a primeira contagem e porcentagem de germinação. O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do substrato (BRASIL, 2009). Os rolos de papel, acondicionados em sacos plásticos, foram mantidos em germinador tipo câmara, na posição vertical, a 16°C, 19°C, 22°C, 25°C, 28°C, 31°C, 34°C, 37°C e 40°C. As avaliações foram realizadas, após quatro e sete dias da instalação do teste, computando-se o número de plântulas normais na primeira contagem, germinação, plântulas anormais e número de sementes não germinadas.

Os dados obtidos na caracterização dos lotes foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente casualizado.

Para verificar a normalidade e a homogeneidade de variância dos dados, foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

Nos estudos dos efeitos do estresse térmico e dos níveis de vigor dos lotes sobre a germinação de sementes, foi realizada a análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x9. Para níveis de vigor os dados foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% e, os dados de intensidade de estresses foram submetidos a estudo de regressão até 2º grau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à caracterização inicial, todos os lotes de sementes apresentaram porcentagens de germinação acima do padrão utilizado para a comercialização da espécie, 85%, estabelecido pelo ministério da agricultura (Tabela 1). Para Marcos Filho (1999), a utilização de lotes com porcentagens de germinação inferior ao valor mínimo exigido para a comercialização, contribui para a obtenção de correlações significativas entre os resultados de laboratório e de campo, não detectando de maneira eficiente a influência do vigor sobre o desempenho das sementes.

A alta porcentagem de germinação é fundamental para o estudo comparativo entre lotes com diferentes níveis de vigor, já que, o processo de deterioração inicia com a redução de vários atributos de desempenho e vigor da semente, resultando, por fim, na perda da capacidade germinativa das sementes (MARTINS et al., 2009). Delouche (2002), relata que a qualidade das sementes é máxima por ocasião da maturidade fisiológica e a partir desse momento, as sementes começam a se deteriorar até perderem sua aptidão de germinar (DELOUCHE, 2002), sendo a perda da capacidade germinativa o último estágio da deterioração das sementes.

Os lotes de sementes utilizado no estudo diferiram quanto ao vigor inicial em todos os testes realizados (Tabelas 1 e 2). O estudo da caracterização inicial dos lotes permitiu, pela análise conjunta dos testes, a identificação de três diferentes níveis de vigor. O lote L6 e os lotes L1 e L2 mostraram-se significativamente superior (alto vigor) e inferiores (baixo vigor), respectivamente. Os lotes L3, L4 e L5 foram identificados como de vigor intermediário, no entanto, o teste de frio, comprimento de raiz e massa seca da parte aérea e raiz, apontaram a inferioridade do lote L3, comparado aos demais lotes de vigor intermediária.

Tabela 1 – Massa de mil sementes (MMS), primeira contagem (P.C), germinação (G), massa seca da raiz (M.S.R), massa seca da parte aérea (M.S.PA), comprimento da raiz (C.A), comprimento da parte aérea (C.PA) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580. Londrina, 2011.

	P.C (%)	G. (%)	M.S.R (g)	M.S.PA (g)	C.R (cm)	C.PA (cm)
L1	57 d	88	0,2085 e	0,6707 d	4,5 c	2,0 c
L2	76 c	88	0,3258 d	0,3257 c	6,1 b	3,0 b
L3	83 b	94	0,4085 c	0,3792 c	6,4 b	3,0 b
L4	94 a	95	0,5306 b	0,5268 b	7,7 a	3,4 ab
L5	88 ab	94	0,5231 b	0,5635 b	7,5 a	3,6 ab
L6	94 a	98	0,6958 a	0,6707 a	8,2 a	3,7 a
CV	3,58	1,32	7,65	10,15	6,88	9,37

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2 – Teste de frio (T.F), envelhecimento acelerado (E.A), tetrazólio (TZ), condutividade elétrica (C.E), emergência à campo (E.C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E) da caracterização inicial de qualidade fisiológica de seis lotes de milho BALU-580.Londrina, 2011.

	T.F (%)	E.A (%)	TZ (%)	C.E (μS/cm/g)	E.C (%)	I.V.E
L1	54 d	19 e	45 c	19,59 c	79 b	3,19 d
L2	43 e	48 d	70b	19,43 c	80 b	3,51 cd
L3	70 c	61 cd	71 b	15,17 b	89 a	3,94 bc
L4	76 bc	68 bc	80 ab	16,45 b	92 a	4,42 a
L5	83 ab	79 ab	71 b	16,83 bc	93 a	4,34 ab
L6	91 a	86 a	84 a	12,38 a	96 a	4,62 a
CV	6,28	12,8	6,72	7,41	4,15	5,13

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Freitas (2002) e Mattione et al. (2009), também encontraram, em sementes de algodão, diferenças entre os testes de vigor utilizados e a classificação da qualidade fisiológica dos lotes, sendo que esta diferença dos níveis de vigor na classificação dos lotes pode, segundo Kryzanowski et al. (1999), variar conforme o teste utilizado, dependendo da característica avaliada e do genótipo das sementes.

Na Tabela 3C estão apresentados os resultados do teste de germinação dos seis lotes de sementes de milho Balu-580 em resposta a diferentes temperaturas. A porcentagem de germinação diferiu entre os lotes em todos os tratamentos, com exceção à temperatura de 16°C, onde foi observada ausência de germinação. As temperaturas baixas ocasionaram atraso na germinação em todos os lotes, não sendo possível, na temperatura de 16°C, identificar as estruturas

necessárias para a classificação das plântulas normais e avaliar o efeito do vigor das sementes.

Tabela 3C – Porcentagem de germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas. Londrina, 2011.

LOTES	16C°	19C°	22C°	25C°	28C°	31C°	34C°	37C°	40C°
L1	0	20 c	85 c	88 b	87 cb	83 c	81 b	9 c	2 d
L2	0	40 b	89 cb	88 b	85 c	87 cb	82 b	9 c	11 c
L3	0	46 b	96 ab	94 ab	95 a	93 ab	92 a	37 b	5 dc
L4	0	81 a	93 abc	95 ab	98 a	95 a	93 a	20 b	19 b
L5	0	75 a	93 abc	94 ab	94 ab	97 a	92 a	21 b	24 b
L6	0	81 a	98 a	98 a	98 a	94 ab	96 a	47 a	43 a
CV									6,35%

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

As temperaturas de 37 e 40°C, mostraram-se drásticas para todos os lotes de sementes, acarretando em decréscimos substanciais no potencial germinativo. Apesar da baixa porcentagem de germinação, o lote L6 e os lotes L1 e L2, mostraram-se superior e inferior aos lotes de vigor intermediários, respectivamente (Tabela 3C). Em temperaturas supra-ótimas ocorre maior velocidade do processo de germinação, mas somente as sementes mais vigorosas conseguem germinar, determinando assim, uma redução na porcentagem de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), justificando os maiores valores do lote L6 mesmo nas temperaturas mais altas.

As sementes provenientes do lote L6, consideradas de alto vigor pela caracterização inicial, apresentaram porcentagens de germinação significativamente maiores em todas as temperaturas comparadas aos lotes L1 e L2, classificados inicialmente como de baixo vigor (Tabela 3C). A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local onde foi semeada (SIMONI et al., 2011).

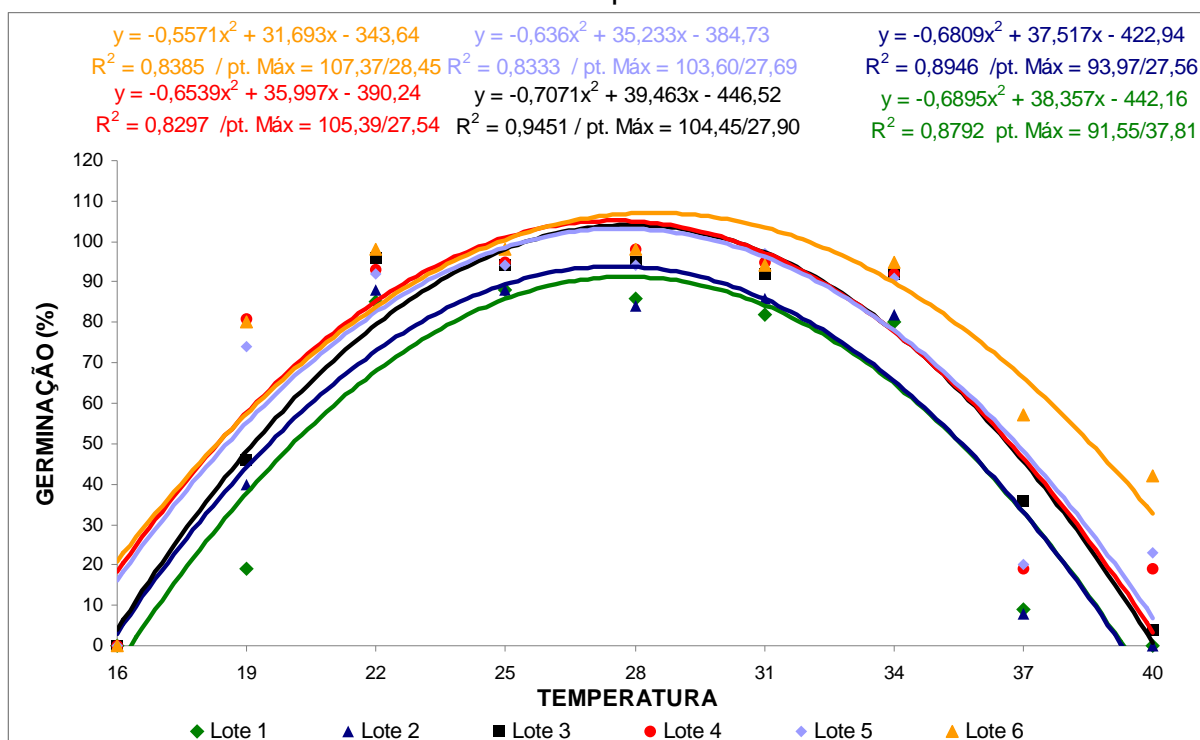
De acordo com Hampton (2002), apesar do vigor exercer profunda influencia sobre a produção de várias culturas, esses efeitos manifestam-se principalmente devido a possíveis diferenças na porcentagem de germinação e emergência das plântulas, confirmando os resultados de germinação observados. Segundo França-Neto (2009), o uso de sementes vigorosas assegura o estabelecimento de uma população adequada de plantas, mesmo sob condições estressantes.

Com exceção do lote L3 na temperatura de 19°C, os lotes de vigor intermediários também diferiram estatisticamente dos lotes de baixo vigor, apresentando maiores porcentagens de germinação. Por outro lado, quando comparados ao lote L6, maior vigor, estes apresentaram menores porcentagens de germinação apenas nas temperaturas extremas de 37 e 40°C (Tabela 3C). Corroborando os resultados França-Neto (2010), relata que em condições de estresse durante a emergência, lavouras originadas de sementes de alta qualidade sofrerão consequências menos drásticas, resultando em maiores produtividades em relação às originárias de sementes de médios ou baixos vigores.

Observa-se na Tabela 3C que as temperaturas entre 22 à 34°C mostraram-se eficientes, propiciando altas taxas de germinação em todos os lotes de sementes de milho. No entanto, apesar da elevada taxa de germinação encontrada nestas temperaturas, foi possível identificar diferenças estatísticas entre os lotes de sementes estudados, sendo observadas menores porcentagens de germinação dos lotes L1 e L2, confirmando, devido à maior sensibilidade dos mesmos, menor qualidade fisiológica desses lotes de sementes mesmo sob temperaturas ideais de germinação. Segundo Kolchinske et al. (2005), sementes de baixo vigor afetam o estabelecimento da cultura, o seu desempenho inicial e ao longo do ciclo e conseqüentemente a produtividade final.

Na Figura 1C estão apresentados os resultados de germinação dos seis lotes de sementes em resposta as diferentes temperaturas estudadas. Conforme relatado, o percentual de germinação das sementes foi maior entre 22 e 34°C, sendo que os pontos de máxima situaram-se entre 28,45 e 27,54°C, nos lotes L1 e L4 respectivamente. Analisando os pontos de máxima dos lotes de sementes, verificamos que os resultados obtidos vão de encontro aos relatados por Farooq et al. (2008), os quais relatam que a temperatura ótima para germinação de sementes de milho encontra-se entre 25 e 28°C, no entanto, são contrários aos relatados por Marcos Filho (2005), que sugere temperaturas mais elevadas, entre 32 e 35°C, para obtenção de maiores porcentagens de germinação.

Figura 1C – Germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.



A análise de regressão dos resultados indica comportamentos semelhantes entre os diferentes lotes estudados. Verifica-se que os seis lotes de sementes ajustaram-se a uma função quadrática positiva, indicando que as baixas e altas temperaturas acarretaram em menores porcentagens de germinação dos lotes de sementes de milho híbrido Balu-580 (Figura 1C). Menores porcentagens de germinação foram observadas pelos lotes L1 e L2 em toda a curva de tendência, ressaltando a inferioridade dos mesmos.

Enfatizado pelos pontos de máximos da linha de tendência, observa-se, com o aumento da temperatura, acréscimo na germinação dos lotes de semente, até aproximadamente 28 °C, tendendo a decrescer a partir dessa temperatura. Entretanto, nota-se também que o acréscimo e decréscimo na germinação são acentuados, até a temperatura de 22 °C e a partir da temperatura de 34 °C, respectivamente, apontando que a germinação das sementes tornou-se mais estável e homogênea entre estas temperaturas.

Segundo Steckel et al. (2004), isto ocorre, pois nas faixas sub-ótimas e supra-ótimas, a taxa de germinação responde linearmente à temperatura e nas temperaturas ótimas, estas quase não se alteram. Borba et al., (1995), estudando germinação de sementes de diversos genótipos de milho, em diferentes

temperaturas, também observaram, a partir da temperatura de 35 °C, um declínio acentuado e significativo na porcentagem de germinação.

Nota-se também na Figura 1C, que as temperaturas altas propiciaram uma maior diferenciação entre os lotes, comparadas com as baixas temperaturas, destacando-se o lote L6, considerado inicialmente como de maior vigor. Este fato pode ser explicado, pois, segundo Mauri et al (2010), somente as sementes mais vigorosas conseguem germinar sob temperaturas máximas.

Na Tabela 4C são apresentados os resultados da porcentagem de plântulas normais da primeira contagem do teste de germinação, os quais mostraram-se semelhantes aos obtidos na porcentagem de germinação (Tabela 3C). Segundo Bhering et al. (2003), a primeira contagem do teste de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor, uma vez que à medida que a deterioração da semente avança a velocidade de germinação é reduzida.

Tabela 4C – Plântulas normais na primeira contagem da germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas. Londrina, 2011.

LOTES	16C°	19 C°	22 C°	25 C°	28 C°	31 C°	34 C°	37 C°	40 C°
L1	0	0	0 d	80 b	75 b	78 c	69 c	8 d	0 d
L2	0	0	2 cd	84 b	77 b	81 bc	80 b	8 d	10 cb
L3	0	0	3 bcd	92 a	91 a	89 ab	90 a	31 b	4 dc
L4	0	0	16 a	95 a	96 a	94 a	92 a	19 c	15 b
L5	0	0	11 ab	94 a	92 a	95 a	90 a	20 c	15 b
L6	0	0	10 abc	98 a	97 a	93 a	93 a	52 a	42 a
CV	8,56%								

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

As sementes identificadas como de baixo vigor na caracterização inicial dos lotes (L1 e L2), apresentaram, em todas as temperaturas, menores porcentagens de germinação comparadas aos lotes de vigor intermediário (L4 e L5) e ao lote L6, classificado inicialmente como de alto vigor. O lote L3, também classificado como de vigor intermediário, foi superior ao lotes L1 em todos os tratamentos, no entanto, não apresentou diferença significativa nas temperaturas de 22 e 40°C em relação ao lote L2 .

Segundo Braccini et al. (1999) e Carvalho e Nakagawa (2000), sementes de alto vigor são potencialmente mais capazes de resistir a estresses ambientais, justificando os resultados apresentados pelo L6 nas temperaturas acima

e abaixo da ótima para a espécie. França-Neto et al. (2010), acrescentam que sementes de vigor médio ou baixo, diferentemente das de alto vigor, resultam em plântulas fracas com pouca ou nenhuma possibilidade de se estabelecerem competitivamente no campo.

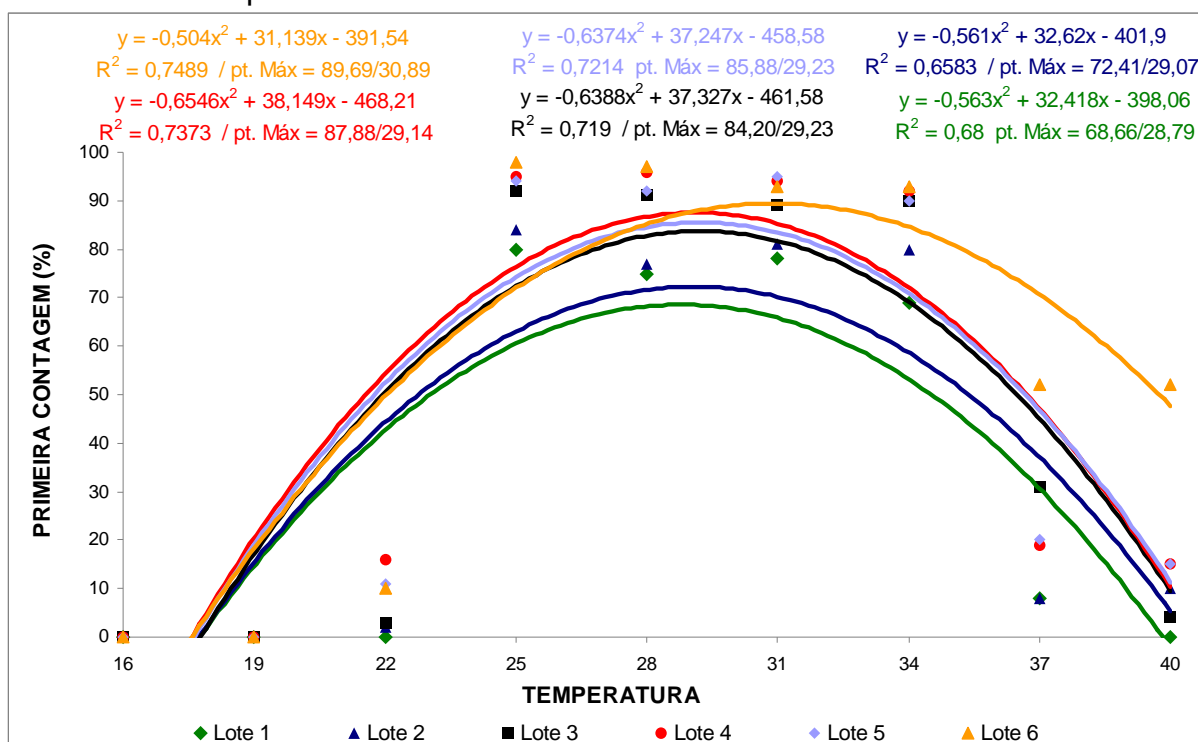
As temperaturas menos favoráveis (16, 19, 37 e 40°C), apresentaram maior barreira na germinação e primeira contagem de todos os lotes estudados (Tabela 3C e 4C), no entanto, observa maiores diferenças estatísticas entre os lotes de sementes nestas temperaturas, visto que, a perda da capacidade germinativa foi maior nos lotes L1 e L2, considerados de baixo vigor.

A ausência de germinação na primeira contagem, estendeu-se à temperatura de 19 °C, enfatizando que as temperaturas baixas acarretaram atraso na germinação de todos os lotes, impedindo a avaliação do efeito do vigor nas temperaturas de 16 e 19 °C (Tabela 4C). Segundo Nascimento (2000), o atraso na germinação se deve, principalmente, ao menor ou maior comprimento da Fase II durante o processo de embebição de água pelas sementes, visto que as temperaturas baixas reduzem, enquanto as temperaturas altas aumentam a velocidade de germinação.

Conforme Carvalho e Nakagawa (2000), baixas temperaturas reduzem a velocidade de germinação e alteram a uniformidade de emergência das plântulas. Bewley e Black (1994) acrescentam que baixas temperaturas podem diminuir a capacidade da semente em absorver água, limitando a atividade de várias vias metabólicas e reduzir a velocidade do processo germinativo, explicando a ausência de germinação em todos os lotes na primeira contagem de germinação para as temperaturas de 16 e 19°C e porcentagens de germinação próxima a zero à 22°C.

Na primeira contagem (Figura 2C), as linhas de tendência seguem os mesmos comportamentos observados para a porcentagem de germinação (Figura 1C), no entanto apresentam valores absolutos inferiores, principalmente às de menor vigor.

Figura 2C – Plântulas normais na primeira contagem de germinação dos lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.



Nas temperaturas mais baixas, verificam-se proximidade entre as linhas de tendência dos lotes de sementes (Figura 2C). Isto devido à ausência da germinação e conseqüentemente de diferença significativa nas temperaturas de 16 e 19 °C entre os lotes de semente (Tabela 4), indicando que sob baixas temperaturas, houve atraso na germinação até mesmo no lote de maior vigor. No entanto, as diferenças entre lotes foram acentuadas com o aumento da temperatura, realçadas pela maior distancia entre as linhas de tendência da primeira contagem, comparada às da germinação (Figura 1C e 2C), indicando maior tolerância do lote de maior vigor sob temperaturas altas, como relatado e citado anteriormente por Mauri et al. (2010).

Com relação aos valores dos pontos de máxima, os menores valores, 28,79 e 29,07 °C foram observados nos lotes L1 e L2, respectivamente, e o maior valor, 30,89 °C, observado no lote de maior vigor, L6. Estes resultados indicam a menor tolerância dos lotes de baixo vigor à temperaturas mais altas e maior velocidade de germinação para o lote L1, classificado inicialmente como de maior vigor.

Munizzi et al. (2010), relatam que sementes de melhor qualidade fisiológica apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando

germinações mais rápidas e uniformes de plântulas e segundo Ludwig (2010), a emergência rápida e uniforme das plântulas é de extrema importância para a cultura do milho, justificando o uso de sementes de alta qualidade.

A porcentagem de plântulas anormais diferiu entre os lotes nas temperaturas de 19, 22, 34, 37 e 40°C, onde o lote L6 apresentou menor número de plântulas anormais (Tabela 5C). A ausência de diferença estatística nas temperaturas de 25, 28 e 31°C, pode ser explicada, pois em condições ideais de temperatura e umidade a diferença de vigor é amenizada.

Tabela 5C – Plântulas anormais obtidas na germinação de lotes de sementes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas. Londrina, 2011.

LOTES	16C°	19C°	22C°	25C°	28C°	31C°	34C°	37C°	40C°
L1	0 b	68 a	12a	8	6	8	8 ab	67 a	62 a
L2	0 b	47 b	8 ab	7	8	7	12a	68 a	44 b
L3	0 b	49 b	3 ab	5	1	4	5 ab	48 b	58 a
L4	0 b	17 c	3 ab	2	0	2	4 ab	69 a	58 a
L5	25 a	22 c	4 ab	4	4	2	4 ab	71 a	60 a
L6	16 a	18 c	1 b	1	1	5	2 b	51 b	42 b
CV	22,12%								

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade

Com relação à porcentagem de sementes não germinada, observou-se comportamento semelhante aos de plântulas anormais (Tabela 6C). Constatou-se ausência de diferença estatística entre os lotes, nas mesmas temperaturas 25, e 28°C, acrescida da temperatura de 22°C e com exceção da temperatura de 34°C.

Tabela 6C – Sementes não germinadas obtidas no teste de germinação dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas. Londrina, 2011.

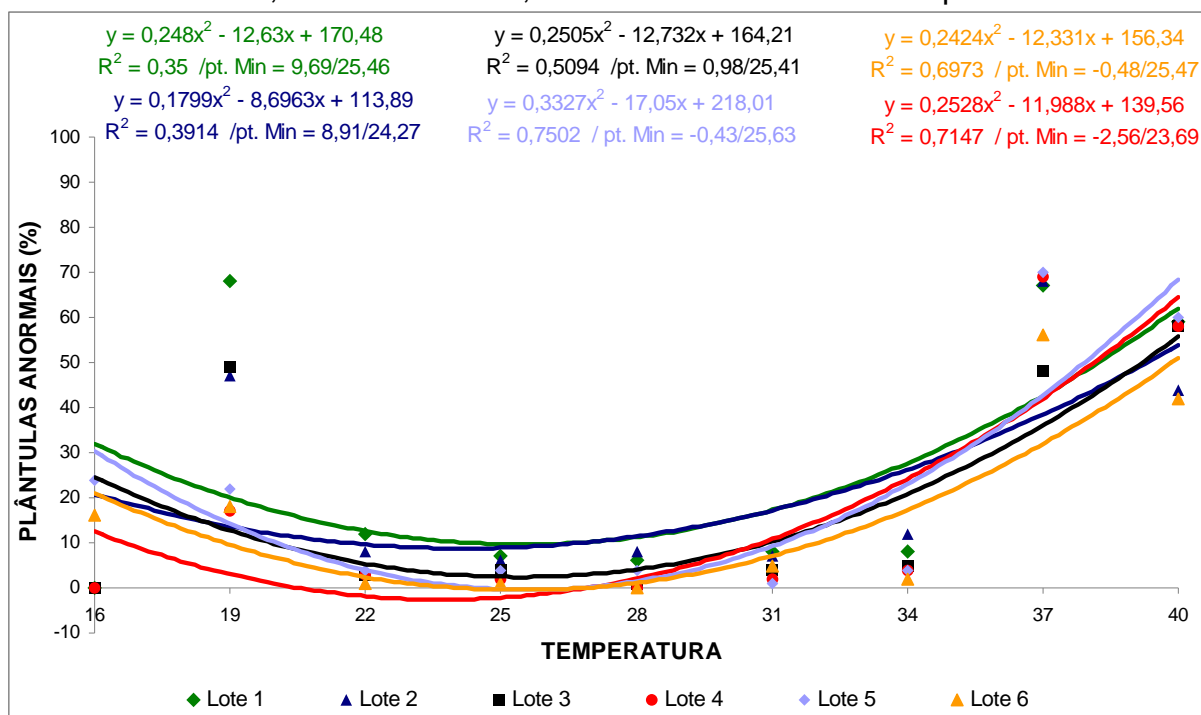
LOTES	16C°	19C°	22C°	25C°	28C°	31C°	34C°	37C°	40C°
L1	100 a	12a	3	4	7	9a	11a	24a	36 b
L2	100 a	13a	3	5	7	6 ab	6 ab	23 ab	45 a
L3	100 a	5 b	1	1	3	3 ab	3 ab	15 bc	37 ab
L4	100 a	2 b	4	2	2	3 ab	3 ab	11 c	23 c
L5	75 b	3 b	3	2	2	1 ab	4 ab	8 cd	16 cd
L6	14 b	1 b	1	1	1	1 b	2 b	2 d	15 d
CV	22,29%								

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

O lote L6, considerado de alto vigor, foi superior aos demais lotes em todas as temperaturas que apresentaram diferenças significativas, tanto para porcentagem de plântulas anormais quanto para sementes não germinadas. As sementes dos lotes de alto vigor foram, portanto, menos afetadas em todas as temperaturas, principalmente às menos favoráveis à germinação de sementes de milho, comprovadas pela diferença estatística entre eles (Tabela 5 e 6). Estes resultados corroboram com os resultados de Carvalho e Nakagawa (2000), que relatam que sementes de alto vigor são potencialmente mais capazes de resistirem a estresses ambientais.

Na Figura 3C estão apresentados os resultados médios das plântulas anormais obtidas no teste de germinação em resposta as diferentes temperaturas. A porcentagem de plântulas anormais apresentou decréscimo até aproximadamente 25 °C seguido de acréscimos até a temperatura de 40 °C, onde foram observadas as maiores taxas de plântulas anormais em todos os lotes (Figura 3C).

Figura 3C – Plântulas anormais obtidas na germinação de sementes dos lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.

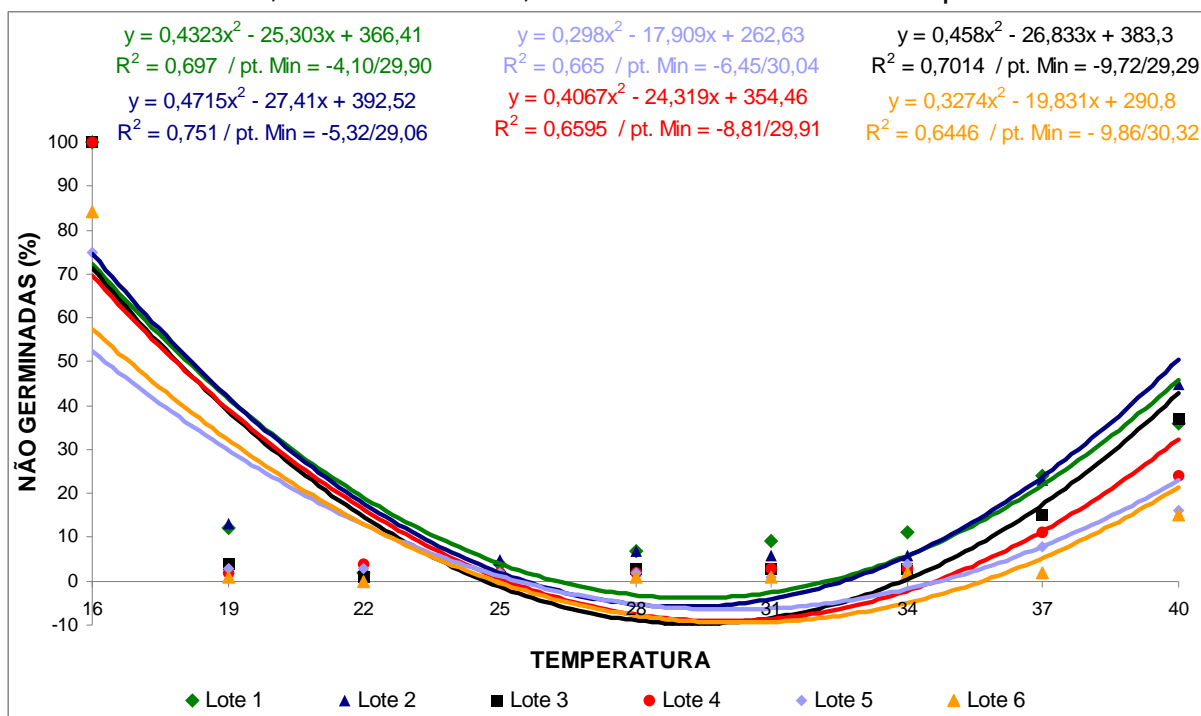


Sob temperaturas mais altas, a velocidade de absorção de água e as atividades enzimáticas tornam-se mais elevadas, fazendo com que as sementes

germinem mais rapidamente (VARELA et al., 2005), entretanto, segundo Dousseau et al., (2008), temperaturas muito elevadas podem ser prejudiciais à germinação de algumas espécies, provavelmente por causarem desnaturação de proteínas essenciais ao processo germinativo.

Com relação aos dados de sementes não germinadas em função da temperatura, estes apresentaram comportamento das curvas semelhantes aos de plântulas anormais (Figura 3C e 4C). Por outro lado, ao contrário do observado nas plântulas anormais, as maiores taxas de sementes não germinadas foram observadas na temperatura de 16°C (Figura 4C).

Figura 4C – Sementes não germinadas obtidas no teste de germinação de lotes de milho, híbrido Balu-580, submetidos a diferentes temperaturas.



Os resultados observados indicam que, mesmo após sete dias da instalação do teste de germinação, as temperaturas mais baixas (16 e 19°C), favoreceram elevadas taxas de sementes não germinadas (Figura 4C). Contudo, apesar da ausência de germinação, não é possível afirmar que, as sementes não germinadas estavam mortas, visto que, estas se apresentavam intactas, ou seja, sem liberação de exudados ou presença de fungos. Segundo Sans e Santa (2005), em condições de baixa temperatura, a emergência das plântulas pode tardar em até quatorze dias.

Por outro lado, as altas temperaturas favoreceram maior número de plântulas anormais, indicando que as sementes submetidas às altas temperaturas deram início ao processo germinativo (Figura 3C). Neste contexto, embora tenha estimulado o processo de germinação por meio da protusão de raiz, as temperaturas de 37 e 40°C inibiram o desenvolvimento subsequente do processo germinativo, impedindo, em geral, a formação de plântulas normais.

Borba et al., (1995), estudando germinação de sementes de diversos genótipos de milho, em diferentes temperaturas, também observaram, a partir da temperatura de 35 °C, um declínio acentuado e significativo na porcentagem de germinação, sendo que na temperatura máxima de 45 °C, a germinação das sementes não mais ocorreu. Segundo Sans e Santana (2005), se a temperatura do solo estiver próxima ou superior a 40°C, a germinação pode ser prejudicada ou não ocorrer.

Os resultados obtidos neste experimento ressaltam a necessidade de gerenciamento das condições de temperatura no momento da instalação da cultura, direcionando os lotes de menor vigor para as regiões ou locais com condições favoráveis e a importância da utilização de sementes de alto vigor, visto que, para todas as variáveis, observou-se a superioridade do lote L6, classificado inicialmente como de maior vigor e a inferioridade dos lotes L1 e L2, caracterizados como de baixo vigor, mesmo quando submetidos a condições de estresse térmico. Além da superioridade das sementes de alto vigor na velocidade e emergência total, conforme constatado neste experimento, segundo Hofs (2003), estas características podem se estender ao tamanho inicial, produção de matéria seca e nas taxas de crescimento das plantas.

CONCLUSÃO

Temperaturas baixas retardaram a germinação das sementes, principalmente às de baixo vigor, não sendo observado germinação à 16°C.

Lotes de maior vigor apresentam melhor desempenho germinativo em todas as temperaturas, porém com destaque em temperaturas supra-ótimas.

Os lotes de menor vigor são mais suscetíveis às altas temperaturas e apresentam maiores porcentagens de plântulas anormais e sementes não germinadas.

REFERÊNCIAS

- BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, D.I.; DIAS, L.A.S.; TOKUHISA, D. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista brasileira sementes**, Pelotas, v. 25, n.2, Dec.2003.
- BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 1053-1066, 1999.
- BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/ CLAV, 2009. 364p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CRUZ, H.L.; FERRARI, C.S.; MENEGHELLO, G.E.; KONFLANZ, V.; ZIMMER, P.D.; VINHOLES, P.S.; CASTRO, M.A.S. Avaliação de genótipos de milho para semeadura precoce sob influência de baixa temperatura **Revista brasileira sementes**, Londrina, v.29, n.1, abr. 2007.
- DAN, T.H.; BRIX, H. The influence of temperature, light, salinity and seed pre-treatment on the germination of *Sesbania sesban* seeds, **African Journal of Biotechnology**, v. 6, p. 2231-2235, out. 2007.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p.
- DOUSSEAU, S. et al. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.438-443, mar./abr. 2008.
- FAROOQ, M.; AZIZ, T.; BASRA, S.M.A.; CHEEMA, M.A.; REHMAN, H. Chilling Tolerance in Hybrid Maize Induced by Seed Priming with Salicylic Acid, **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, p. 161-168, abr. 2008.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **Sementes de soja de alta qualidade: a base para altas**. V Congresso de la Soja del Mercosur, 2009.
- FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; CECON, P.R.; REIS, M. S.; DIAS, L. A. S. Storability of cotton seeds predicted by vigour test. **Seed Science and Technology**, v.30, n.2, p.403-410, 2002.
- GUAN, Y.; HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Seed Science Center**. Abril, 2009.

HAMPTON, J.G. What is seed quality? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.30, n.1, p.1-10, 2002.

HÖSF, A. **Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta a qualidade fisiológica**. 44f. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

IBA, K. Acclimative response to temperature stress in higher plants: approaches of: Gene engineering for temperature tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, p. 225-245, 2002.

KRISHNASAMY, V. AND SESHU, D. V. Germination after accelerated aging and associated characters in rice varieties. **Seed Science and Technology**, v.18, p.353-359. 1990.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Coord.) **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

KOLCHINSKI, E.M. et al. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.6, p.1248-1256, 2005.

LUDWIG, M.P.; SCHUCH, L.O.B.; LUCCA FILHO, O.A.; AVELAR, S.A.G.; MIELERZRSKI, F.; OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R.L. Desempenho De Sementes E Plantas De Milho Híbrido Originadas De Lotes De Sementes Com Alta E Baixa Qualidade Fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Pelotas, v.8, n.1, p. 83-92, 2009.

LUKATKIN A.S. Contribution of oxidative stress to the development of cold-induced damage to leaves of chilling-sensitive plants: 3. Injury of cell membranes by chilling temperatures. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.50, n. 2, p.243–246, 2003.

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

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

MATTIONI, F.; FIGUEIREDO, M.C.; MENDONÇA, E.A.F. Desempenho de sementes de algodoeiro submetidas a diferentes tipos de estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.80-85, 2009.

MAURI, J.; LOPES, J.; FERREIRA, A.; AMARAL, J.T. FREITA, A.R. Germinação de semente e desenvolvimento inicial da plântula de brócolos em função de substratos e temperaturas **Scientia Agrária**, 2010.

- MUNIZZI, A; BRACCINI.; A.L.; RANGEL, MA. S; SCAPIM; CA; ALBRECHT, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**: v.32, n.1, p.176-185, 2010.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- NASCIMENTO, W. M. Temperatura X Germinação. **Seed News**, Pelotas, v.4, n.4, p.44-45, jul.-ago. 2000
- NERSON H. Seed production and germinability of cucurbit crops. **Seed Science Biotechnology**, v. 1, p. 1-10, 2007.
- PENNING DE VRIES, F. W. T., WITLAGE, J. M. AND KREMER, D. Rate of respiration and increase in structural dry matter in young wheat, ryegrass and maize plants in relation to temperature, to water stress and to their sugar content. **Annals of Botany**, v. 44, p. 595-609, 1979.
- RILEY, G.J.P. Effects of high temperature on the germination of maize (*Zea mays* L.). **Planta**, v. 151, p. 68-74. 1981.
- SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do Milho**: Clima e Solo. Informações Técnicas. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2005
- SIMONI, F.; COSTA,R.S.; FOGAÇA, C.A.; GEROLINETO, E. Sementes de *Sorghum bicolor* L. – Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.11, 2011.
- STECKEL, E. L.; SPRAGUE, L. C.; STOLLER, W. E. Temperature effects on germination of nine Amaranthus species. **Weed Science**., v. 52, n. 2, p. 217-221, 2004.
- SIKDER, S.; HASAN, M.A.; HOSSAIN, S. Germination Characteristics and Mobilization of Seed Reserves in Maize Varieties as Influenced by Temperature Regimes. **Journal of Agriculture & Rural Development**, Bangladesh, v.7, n. 1-2, p. 51-56, 2009.
- PARERA CA, CANTLIFFE DJ. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, v.16, p.109–141. 1994.
- TOLLENAAR, M; WU, J., Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, v.39 p.1597-1604, 1999.

TONIN, G. A.; CARVALHO, N. M.; KRONKA, S. N.; FERRAUDO, A. S. Influência do cultivar e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n. 1, p. 27-279, 1997.

VARELA, V.P.; COSTA S.S.; RAMOS M.B.P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinoideae. **Acta Amazonica**. v.35, p. 35-39, 2005.

WANJURA, D. F. AND BUXTOR, D. R. Hypocotyl and radicle elongation of cotton as affected by soil environment. **Agronomy Journal**, v. 64, p. 431-435, 1972.