

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE ABÓBORA E  
DE TRIGO A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DAS SEMENTES**

**TESE DE DOUTORADO**

**Alexandra Augusti Boligon**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2010**

**EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE ABÓBORA E DE TRIGO  
A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS  
SEMENTES**

**por**

**Alexandra Augusti Boligon**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2010**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE ABÓBORA E DE TRIGO A  
PARTIR DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SEMENTES**

elaborada por  
**Alexandra Augusti Boligon**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)**  
(PRESIDENTE/ORIENTADOR)

**Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)**

**Danton Camacho Garcia, Dr. (UFSM)**

**Thomas Newton Martin, Dr. (UFTPR)**

**Luciane Flores Jacobi, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 22 de Janeiro de 2010.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, presença constante em minha vida, por me acompanhar e guiar meus passos.

Aos meus pais Glória Maria e Sérgio, meus maiores mestres, por tudo que são e representam em minha vida.

A minha família, meu maior alicerce, pela presença e apoio constantes.

Ao meu marido Leandro, pelo apoio e dedicação incondicional.

Ao meu orientador Alessandro Dal'Col Lúcio, pela amizade e orientação durante o curso.

Ao meu co-orientador Dandon Camacho Garcia pela amizade, dedicação e ajuda no decorrer do trabalho.

Aos professores Sidinei José Lopes e Lindolfo Storck, pela ajuda no decorrer do trabalho e pelos ensinamentos durante o curso.

À doutoranda em Agronomia Maquiel Duarte Vidal e ao agrônomo Júnior Capitâneo pelo fornecimento dos dados.

Às colegas e amigas Maria Helena e Melissa, pela amizade e apoio em todos os momentos.

À Universidade Federal de Santa Maria, instituição de ensino de excelência, por toda minha formação profissional.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade e por oferecer subsídios necessários para o desenvolvimento do trabalho.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

A todas as pessoas que contribuíram de alguma maneira para minha formação, para a realização deste trabalho ou que apenas torceram por isso.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE ABÓBORA E DE TRIGO A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SEMENTES

AUTORA: ALEXANDRA AUGUSTI BOLIGON

ORIENTADOR: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de janeiro de 2010.

A grande quantidade de testes de vigor existentes dificulta a utilização destes como estimadores da emergência de plântulas das diferentes culturas. O objetivo do estudo foi identificar as variáveis da análise de sementes de trigo e de abóbora que melhor predizem a emergência de plântulas dessas culturas. O trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, utilizando-se sementes de trigo do cultivar CEP 30 e de abóbora dos cultivares Caserta, Caravela, De Tronco e Menina Brasileira. Foi determinada a percentagem de plântulas normais para ambas as culturas nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio sem solo, emergência (aos sete e 15 dias para o trigo e aos 21 dias para a abóbora), comprimento de raiz, comprimento total de plântula e massa seca de raiz. Também foram determinados o índice de velocidade de germinação e o comprimento de parte aérea para a cultura do trigo e, para a abóbora, o teste de temperatura sub-ótima, além do índice de velocidade de emergência, massa seca de hipocótilo, massa seca total de plântula e comprimento do hipocótilo, no laboratório e na emergência. As variáveis avaliadas nas plântulas foram submetidas à análise de trilha e a percentagem de plântulas normais obtidas nos testes de sementes, à análise de regressão múltipla *stepwise*, considerando a emergência de plântulas como variável dependente. A análise de fatores foi realizada para todas as variáveis. A percentagem de plântulas normais obtida no teste de envelhecimento acelerado foi a variável mais adequada para prever a emergência de plântulas de trigo lotes de baixa e de alta qualidade fisiológica. Para a cultura da abóbora, a percentagem de plântulas normais obtida no teste de temperatura subótima foi a variável mais adequada para prever a emergência de plântulas, nas quatro cultivares avaliadas.

**Palavras-chave:** Testes de vigor, qualidade de sementes, análise multivariada.

# ABSTRACT

Doctor's Thesis  
Doctor degree in Agronomy Program  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

## SQUASH AND WHEAT SEEDLINGS EMERGENCY FROM SEEDS QUALITY EVALUATION

AUTHOR: ALEXANDRA AUGUSTI BOLIGON

ADVISER: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO

Defense: Santa Maria, January 22, 2010.

The great quantity of vigor tests difficult the determination of the estimators of the seedlings emergency of each culture. The aim of the study is to identify the wheat and squash seeds analysis variables that best predict the plants emergency of this cultures. The word was carried out of the Crop Science Departament, in the Federal University of Santa Maria. It was utilized wheat seeds of CEP 30 cultivar and, for the squash seeds of the Caserta, De Tronco, Caravela and Menina Braisleira cultivars.. It was determined for both the cultures, the percentage of normal seedlings in the germination test, first counting of germination, accelerated aging test, cold test without soil and emergency (at 7th and 15th days of the wheat and 21th days of the squash), root length, total plant length and root dry mass. The germination speed index and the aerial part length were determined for the wheat seeds and the sub optimal temperature test, emergence speed index, hypocotyl dry mass, total dry mass, hypocotyls length e hypocotyls length at the emergency for squash seeds.. The seedlings variables had been analyzed through the path analysis and the tests variable through the stepwise multiple regression, considering the seedlings emergency as dependent variable. The data had been submitted also to the factors analysis. The percentage of wheat normal seedlings obtained through the accelerated aging test was the adequate variable for to predict the wheat seedlings emergency, in the sub lots of the low and high physiologic quality. For the squash culture, the percentage of normal seedlings obtained in the sub optimal temperature test was the adequate variable for to predict the squash seedlings emergency, of the four cultivars available.

**Key words:** Vigor tests, seeds quality, multivariate analysis.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 – Variáveis dos testes e das plântulas avaliadas em sementes de trigo e de abóbora. Santa Maria, RS, 2010.....25**

**Tabela 2 - Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão ( $\sigma^2$ ), valor máximo (min), valor máximo (máx) e coeficiente de variação (CV%) para a porcentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), emergência aos sete (EM7) e aos 15 dias(EM15), frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA), comprimento total de plântula (CP), de raiz (CR) e de parte aérea (CPA) para lotes de sementes de trigo de alta e de baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.....29**

**Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis da plântula massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento total de de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), e emergência de plântulas aos sete dias (EM7) para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.....30**

**Tabela 4 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis massa seca de parte aérea, comprimento total de raiz e comprimento da parte aérea, sobre a emergência de plântulas aos sete dias, para sublotos de sementes de trigo de alta e baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.....32**

**Tabela 5 - Análise de variância e coeficientes da equação de regressão (*stepwise*) para a variável explicativa porcentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G) de frio (TF) e envelhecimento acelerado (EA) e variável principal emergência de plântulas aos sete dias, para sublotos de sementes de trigo de alta e baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010. ....34**

**Tabela 6 - Autovalor, variância explicada VE (%) e variância explicada acumulada VEA (%) para a porcentagem de plântulas normais nos testes de**

germinação, primeira contagem de germinação, frio, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, emergência de plântulas aos sete dias, emergência de plântulas aos 15 dias, massa seca de raiz e parte aérea e comprimento total de plântula, de raiz e de parte aérea, para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010. ....35

Tabela 7 - Fatores associados à percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), de frio (TF), de envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas aos sete dias (EM7), emergência de plântulas aos 15 dias (EM15), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), e comprimento total de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA), para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010. ....36

Tabela 8 – Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão ( $\sigma^2$ ), valor máximo (máx), valor mínimo (mín) e coeficiente de variação (CV%) para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF) e emergência aos 21 dias (EM), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e total (MST), comprimento de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e total (CT), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010. ....39

Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis das plântulas massa seca total (MST), de raiz (MSR) e de hipocótilo (MSH), comprimento total de plântula (CT), de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e de hipocótilo na emergência (CHEM), e emergência de plântulas (EM) para sementes de quatro cultivares de abóbora. Santa Maria, RS, 2010.....40

Tabela 10 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis massa seca total de plântula, comprimento de raiz, comprimento total da plântula, comprimento do hipocótilo, índice de velocidade de emergência e comprimento do hipocótilo



na emergência sobre a emergência de plântulas, para sementes de abóbora das cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010. ....42

Tabela 11 - Análise de variância e coeficientes da equação de regressão (stepwise) para a variável explicativa emergência de plântulas normais nos testes de germinação (G), temperatura subótima (TSO), de frio (TF) e de envelhecimento acelerado (EA) e variável principal emergência de plântulas (EM), para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.....45

Tabela 12 - Autovalor, variância explicada VE (%), e variância explicada acumulada VEA (%) para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, temperatura subótima e frio, massa seca de raiz, de hipocótilo e de total de plântula, comprimento de raiz, hipocótilo e total de plântula, emergência em areia aos sete dias, índice de velocidade de emergência e comprimento do hipocótilo na emergência para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010. ....46

Tabela 13 - Fatores associados a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), temperatura subótima (TSO), frio (TF), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e de total de plântula (MST), comprimento de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e total de plântula (CT), emergência em areia aos sete dias (EM7), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010. ....47

Tabela 14 - Comunalidades para as variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de envelhecimento acelerado (EA), temperatura subótima (TSO), teste de frio (TF), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e de total de plântula (MST), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total de plântula (CT),

**emergência em areia aos sete dias (EM7), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.....50**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1. Trigo .....	29
4.2. Abóbora.....	37
5. CONCLUSÕES .....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura atual deixou de ser uma simples atividade agrícola produtora de alimentos e passou a ser um negócio lucrativo para os agricultores. Esses, por sua vez, passaram de apenas proprietários de terras de onde tiravam seu sustento a empresários rurais. Surge assim, o agronegócio, onde os recursos naturais, genéticos e tecnológicos devem ter sua utilização potencializada. Nesse sentido, a aplicação de fertilizantes e defensivos passou a ser realizada de maneira precisa; grandes áreas passaram a ser irrigadas através de pivôs centrais; novas culturas passaram a ser cultivadas visando maior lucratividade do setor; variedades melhoradas e adaptadas a cada local e a cada ambiente vem sendo utilizadas cada vez em maior escala; surgiram grandes avanços na área de biotecnologia, como o uso de plantas transgênicas; as máquinas agrícolas estão cada vez mais modernas e eficientes; a comercialização do produto é realizada de maneira a se obter melhores preços, entre outros. Porém, de nada adianta o controle de todos esses fatores se a qualidade das sementes utilizadas na implantação das lavouras não for considerada, já que é um dos fatores que determinam um estande uniforme de plantas saudáveis e vigorosas e uma lavoura mais rapidamente estabelecida, resultando em maior qualidade dos produtos finais e maior produtividade da cultura, gerando maior margem de lucro ao produtor.

O conhecimento da qualidade das sementes é de fundamental importância para o sucesso de uma lavoura. Isso porque sementes de menor qualidade resultarão em menor percentagem de emergência no campo, sendo necessária uma maior quantidade deste insumo para o estabelecimento da lavoura, elevando os custos de implantação. Além disso, quando não se conhece a qualidade das sementes, sua comercialização pode ser realizada pelos mesmos preços, independentemente de possuírem alta ou baixa qualidade.

A qualidade fisiológica de sementes é normalmente determinada por meio de testes laboratoriais que avaliam diferentes aspectos. Na maioria das culturas, apenas os testes de germinação e pureza são utilizados para classificação de lotes de sementes de baixa ou alta qualidade. Porém, o teste de germinação possui a limitação de ser realizado em condições ótimas, o que normalmente não ocorre no campo por ocasião da semeadura. É importante a utilização, conjuntamente com os

testes citados, de alguma metodologia que avalie o vigor das sementes, fornecendo informações a respeito do desempenho das sementes quando submetidas a condições adversas. Porém, a grande variedade de testes de vigor existentes e o fato de não existirem testes selecionados para a maioria das culturas dificulta sua utilização no momento da avaliação das sementes.

Alguns testes de vigor apresentam princípios bastante próximos, como submeter as sementes a estresses por frio ou por calor antes da avaliação de sua qualidade fisiológica, por exemplo, podendo serem bons indicadores para determinados grupos de espécies, não o sendo para outras. Assim, há a necessidade da seleção de testes de vigor que predigam o desempenho das sementes quando semeadas no campo, para cada cultura ou para cada grupo de culturas. Essa seleção pode ser realizada por meio do estudo das relações que os diferentes testes de vigor apresentam com a emergência de plântulas. Os testes de vigor que apresentarem boa relação com essa variável podem ser utilizados como preditores desta.

Com a seleção de um ou poucos testes laboratoriais como preditores da emergência de plântulas de cada cultura, há redução dos custos com materiais no laboratório devido a realização apenas do(s) teste(s) recomendado(s) para determinada cultura. Aliado a isso, o tempo de execução dos testes e de entrega dos resultados aos produtores e os custos para esses é reduzido, além do aumento da confiabilidade dos resultados obtidos. Com isso, os produtores teriam mais informações para o planejamento dos plantios, resultando em lavouras com maior potencial produtivo.

Todos esses aspectos resultam em melhor qualidade de sementes ofertadas no mercado, potencializando cada vez mais a atividade agrícola brasileira e a tornando cada vez mais qualificada e competitiva no mercado interno e externo. Assim, há possibilidade de maior lucratividade por parte dos produtores rurais, o que os motiva a continuarem investindo e atuando nessa atividade.

O objetivo foi identificar os testes de análise de sementes aplicados em trigo e em abóbora mais relacionados com a emergência de plântulas dessas culturas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trigo pertence à família das gramíneas e ao gênero *Triticum*, o qual conta com, aproximadamente, 24 espécies, sendo as mais cultivadas o *Triticum aestivum* e o *Triticum durum*. Em regiões de clima temperado é o cereal mais importante na alimentação humana, enquanto que, em regiões tropicais, as culturas do arroz e do milho predominam. A cultura é anual e possui ciclo variável entre 90 e 180 dias, dependendo das condições climáticas e de solo, além do genótipo. Pode apresentar variação de porte, oscilando entre 0,2 m e 2 m (Gullo, 2005).

A cultura é a segunda gramínea mais cultivada no mundo, ficando atrás apenas do milho. Aproximadamente 150 milhões de hectares de trigo são produzidos anualmente no mundo, com produção chegando a 590 milhões de toneladas. O Brasil apresentou área cultivada de 2.373.432 ha na safra 2008/09, com produção de 5.885.370 t e rendimento médio de 2.480 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2009). A produção está concentrada no sul e centro-sul do país, sendo o Paraná o maior produtor. O Estado do Rio Grande do Sul, segundo maior produtor, cultiva o cereal em aproximadamente 762.090 ha, com produção total de 2.360.110 t e rendimento médio de 3.097 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2008/09 (CONAB, 2008).

A abóbora é o fruto da aboboreira, pertencente à família *Cucurbitaceae*, mesma família da melancia, do melão, do chuchu e do pepino. Originária das Américas, a abóbora é conhecida e cultivada em todos os continentes. Largamente empregada no consumo humano, animal e na indústria para fabricação de doces, quando madura é excelente fonte de pró-vitamina A e carboidratos. Também fornece vitaminas do complexo B, cálcio e fósforo. Tem poucas calorias e é de fácil digestão (Pasqualetto et al., 2001).

São plantas anuais, em que ocorre o desenvolvimento simultâneo da parte vegetativa, da floração e da frutificação. Apresentam caule herbáceo, rastejante, provido de gavinhas e de raízes adventícias, nos pontos de contato com o solo, que auxiliam na fixação da planta. O hábito de crescimento é indeterminado, podendo as ramas atingir 6 m. As folhas são grandes, de coloração verde-escura, com manchas prateadas nas folhas de abóbora e dos híbridos (Filgueira, 2003).

O cultivo de cucurbitáceas é realizado em diversos estados brasileiros, tal como Minas Gerais, que tem como objetivo o mercado nacional e também mercado internacional, integrando países do MERCOSUL. A região Nordeste possui maior variabilidade entre as cultivares comercializadas e onde o consumo dessas hortaliças é mais tradicional (Rocha & Tomazini Neto, 2006).

Dados de produção e comercialização de abóbora são raros, sendo normalmente encontrados para a família das cucurbitáceas de maneira geral. Dados obtidos na CEAGESP-SP, principal centro de comercialização do Brasil, mostram que 23 % do total de hortaliças comercializadas são cucurbitáceas (Lopes, 1991). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 1998), entre 1996 e 1998 foram produzidas no mundo 14,5 milhões de toneladas, em média, de morangas, abóboras e melões, em uma área de 1,2 milhões de hectares.

Embora a abóbora (*Cucurbita moschata*) ocupe o sétimo lugar em volume de produção no país (Pereira, 1999), sementes de cultivares tradicionais, mantidas pelos próprios produtores, ainda são as mais utilizadas para cultivo, já que são poucas as cultivares desenvolvidas e adaptadas para as regiões produtoras (Bezerra Neto et al., 2006).

Para ambas as culturas é importante a utilização de sementes de qualidade na semeadura das áreas de produção. A qualidade de sementes deve ser avaliada sob os aspectos físico, genético, sanitário e fisiológico. Esses quatro aspectos predizem o comportamento das sementes depois de semeadas no campo, sujeitas a condições adversas de clima, solo, disponibilidade de água, agentes biológicos, entre outros.

A qualidade da semente é definida como o conjunto de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que influenciam na capacidade do lote de originar uma lavoura uniforme constituída de plantas vigorosas e representativas da cultivar, livre de plantas invasoras ou indesejáveis (Popinigis, 1985). Segundo o mesmo autor, também é definida como a capacidade das sementes de desempenharem funções vitais, caracterizadas pela germinação, vigor e longevidade.

A qualidade fisiológica de sementes, para fins de comércio, de acordo com Amaral & Peske (2000), é determinada pelo teste de germinação. Apesar do seu uso generalizado, os resultados oriundos desse teste, realizado sob condições ótimas em laboratório, normalmente não predizem o potencial de emergência e o

comportamento das plântulas no campo, onde ocorrem condições quase sempre desfavoráveis. Segundo Barros et al. (2002) este apresenta limitações por fornecer resultados que superestimam o potencial fisiológico das sementes, devido ao fato de ser conduzido sob condições consideradas ótimas. Os autores ainda citam que têm sido desenvolvidos testes de vigor com a finalidade de fornecer informações complementares às obtidas no teste de germinação e que permitam estimar o potencial de emergência de plântulas em campo, sob ampla faixa de condições de ambiente. Além disso, para algumas culturas, como as olerícolas, poucos são os testes de vigor disponíveis e/ou padronizados para avaliação da qualidade fisiológica de sementes.

Alguns fatores inerentes às condições do próprio teste, como qualidade e umidade do substrato utilizado e temperatura, podem causar variações indesejáveis. Assim, torna-se necessária a avaliação do vigor das sementes complementarmente ao teste de germinação, que pode ser feita através da utilização de testes de vigor. Estes visam estimar o desempenho das sementes quando semeadas no campo, onde estão expostas a vários fatores adversos.

A constatação de que o teste de germinação era inadequado para estimar a emergência das plântulas em campo, motivou o desenvolvimento de conceitos de vigor e, conseqüentemente, de novos testes de avaliação com sensibilidade suficiente para estimar com maior precisão a qualidade das sementes (Torres, 1998).

O conceito de vigor em sementes ainda é muito discutido, não tendo uma definição aceita por todos. Segundo Höfs et al. (2004), vigor de sementes é a soma de atributos que confere a semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais sob ampla diversidade de condições ambientais. Em sua publicação, Carvalho & Nakagawa (2000) trazem alguns conceitos de vigor de acordo com diferentes autores. Entre os autores, Isely (1957) define vigor como o resultado da conjunção de todos aqueles atributos da semente que permitem a obtenção do estande sob condições desfavoráveis de campo. Delouche & Cardwell (1960) o definem como o resultado da conjunção de todos aqueles atributos da semente, que permitem a obtenção rápida e uniforme do estande no campo. Woodstock (1969) definiu vigor como a condição de saúde boa e ativa e de robustez natural das sementes, que permitem que estas, no solo, germinem de forma rápida e completa, dentro de uma ampla faixa de condições ambientais. Para Perry (1972), vigor de sementes é uma propriedade fisiológica determinada pelo genótipo e



modificada pelo ambiente, que governa sua capacidade de dar rapidamente origem a uma plântula no solo, bem como melhorar sua capacidade de resistir a uma série de fatores ambientais. Para a International Seed Testing Association (ISTA), é a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividades e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula (ISTA, 1981). A Association of Official Seed Analysts (AOSA) entende que 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 (AOSA, 1983).

Portanto, vigor de sementes abrange muitas características da semente e do meio ambiente. Assim, afetam o vigor de sementes: o material genético, condições de produção das plantas que originaram as sementes, colheita das sementes, beneficiamento e armazenamento, condições de semeadura, entre outros. Dentro de cada um desses fatores, existem inúmeras condições que podem afetar o vigor das sementes de acordo com a ocorrência e a combinação com que estes ocorrem.

A redução do vigor de sementes está relacionada ao processo de deterioração causado por vários fatores, dentre eles: as condições de produção, época de colheita, ocorrência de chuvas acima do ideal e secagem e/ou armazenamento inadequados. As sementes deterioradas possuem baixa germinação e vigor e, por conseguinte, tendem a produzir plântulas fracas com reduzido potencial de rendimento. As vantagens da utilização de sementes de alto vigor são, frequentemente, associadas ao aumento do nível de emergência e estabelecimento do estande. Lotes de sementes com germinação total similar podem ter variação na taxa de emergência e crescimento de plântulas (Maguire, 1962).

A primeira contagem do teste de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor, uma vez que a velocidade de germinação é reduzida com o avanço da deterioração da semente. Assim, amostras que apresentam maiores valores de germinação na primeira contagem podem ser consideradas mais vigorosas. Trata-se de um teste simples e de fácil execução, mas que geralmente apresenta baixa sensibilidade, não detectando pequenas diferenças de vigor entre os lotes (Barros et al., 2002). Segundo os mesmos autores, o teste de envelhecimento acelerado se baseia no aumento da deterioração das sementes quando expostas a condições

adversas de alta temperatura e alta umidade relativa. Sob essas condições, sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, de modo que há possibilidade de serem estabelecidas diferenças no potencial fisiológico das amostras avaliadas. Este teste tem sido indicado para determinar o potencial de armazenamento das sementes e a emergência de plântulas no campo.

A germinação a baixa temperatura fundamenta-se no princípio de que sementes de menor vigor germinam mais lentamente sob temperatura sub-ótima, ou seja, temperaturas baixas, particularmente no início da embebição, com efeitos negativos na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Dias & Alvarenga, 1999). Sua principal vantagem é ser um método de estresse que não requer equipamento adicional, sendo ainda de simples execução (Barros et al., 2002).

Considerando as olerícolas, os testes mais promissores para a cultura do tomate foram o teste de frio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica (Rodo et al., 1998a e 1998b). Os autores trabalharam com os testes envelhecimento acelerado, deterioração controlada, teste de frio, condutividade elétrica e emergência de plântulas. Observaram também, que a separação dos lotes por níveis de vigor variou com o teste utilizado e com a cultivar. Panobianco (2000) observou que dentre os testes estudados, o de envelhecimento e o de deterioração controlada foram eficientes para identificar lotes de sementes com diferentes níveis de vigor, para a mesma cultura. Barros et al. (2002) avaliando os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, emergência das plântulas no solo, deterioração controlada e germinação a baixa temperatura em sementes de tomate, concluíram que os testes germinação a baixa temperatura e emergência das plântulas no solo permitiram agrupar os lotes em dois níveis de vigor.

Para culturas pertencentes à família das cucurbitáceas, Bhering et al. (2003) avaliaram os testes de primeira contagem de germinação, germinação a baixa temperatura (18 °C durante 24 h e após mantidos a 18 °C até a contagem de plantas germinadas, após cinco dias), emergência de plântulas no solo, envelhecimento acelerado e envelhecimento acelerado com uso de sal em sementes de melancia. O teste de envelhecimento acelerado se mostrou eficiente na avaliação no vigor das sementes, se mostrando alternativa promissora para avaliação da qualidade fisiológica de sementes com percentagens de germinação semelhantes.

Para sementes de melão, avaliando-se os testes de germinação, primeira contagem de germinação, germinação a baixa temperatura, emergência de plântulas, comprimento de plântulas e deterioração controlada, o teste de deterioração controlada foi eficiente para a separação dos lotes de vigor (Bhering et al., 2004). Já Muniz et al. (2004), avaliando-se os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, teste de frio, emergência de plântulas no campo, estatura de plântulas no campo e massa seca de plântulas, concluíram que os testes de deterioração controlada e envelhecimento acelerado apresentaram sensibilidade para identificar lotes de sementes de melão com diferentes níveis de vigor.

Para sementes de pepino, dentre os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl), condutividade elétrica e germinação a baixa temperatura, os testes de condutividade elétrica (50 mL / 12 h; 75 mL / 12 e 18 h) e de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (a 41 °C, por 72 h), possibilitam a identificação de lotes com diferentes níveis de qualidade fisiológica (Abdo et al., 2005). Avaliando o vigor de sementes de mogango (*Cucurbita pepo* L.), o teste de envelhecimento acelerado permitiu classificar lotes de sementes em diferentes níveis de vigor dentre os procedimentos adotados. Além disso, diferenças acentuadas no vigor entre lotes de sementes dessa cultura influenciaram o desempenho o comprimento da parte aérea e a matéria seca da planta (Malone et al., 2008).

Avaliando o vigor em sementes de grandes culturas, Fanan et al. (2006) estudaram os testes de envelhecimento acelerado e de frio em sementes de trigo. Concluíram que o teste de frio não constituiu opção eficiente para avaliação do vigor de sementes dessa cultura. O teste de envelhecimento acelerado, a 43 ° C por 48 h, foi adequado para avaliação do vigor dessas sementes. Para a mesma cultura, avaliando apenas o teste de envelhecimento acelerado a 43 ° C por 48 h, Lima et al. (2006) concluíram que este foi adequado para diferenciar lotes de sementes de trigo quanto ao vigor.

Em sementes de canola, Ávila et al. (2005) utilizaram o coeficiente de correlação de Pearson para relacionar: a germinação, a primeira contagem de germinação, o teste de condutividade elétrica, o teste de envelhecimento acelerado, o teste de frio modificado, a emergência em leito de areia, a velocidade de

emergência em leito de areia, o índice de velocidade de emergência em leito de areia e a massa de mil sementes, com a emergência de plântulas no campo. Concluíram que os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica foram eficientes para estimar o potencial de emergência de plântulas de canola no campo.

Os principais objetivos da pesquisa sobre o vigor de sementes são o desenvolvimento de procedimentos confiáveis para avaliá-lo e a determinação de sua influência sobre o desempenho das plântulas e plantas em campo. Existem referências na literatura que indicam associação consistente entre o potencial fisiológico das sementes, determinado em laboratório, e a emergência das plântulas em campo (Kikuti & Marcos Filho, 2007). Várias ferramentas estatísticas podem ser utilizadas para avaliar a relação entre os diversos testes de laboratório e a emergência de plântulas no campo. Entre elas destacam-se a análise de trilha, a regressão múltipla e a análise de fatores. A análise de trilha e a regressão múltipla consistem em um modelo matemático onde uma variável dependente é explicada por uma ou mais variáveis independentes.

A análise de trilha, desenvolvida por Wright (1921 e 1923) e detalhada por Li (1975), consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre uma variável básica. Segundo Kurek et al. (2001) essa técnica permite ao pesquisador entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal e das variáveis explicativas. Segundo Cruz et al. (2004) a análise de trilha com um único modelo causal é uma análise de regressão parcial padronizada, sendo útil no desdobramento dos coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos. Quando estão envolvidos vários diagramas causais, esta passa a ser uma expansão da regressão múltipla.

Nessa técnica, quando ocorrem coeficientes de correlação elevados, deve-se analisar o comportamento dos efeitos diretos e indiretos. Efeitos diretos elevados indicam elevada associação entre as variáveis, onde a variável explicativa considerada pode ser utilizada na predição da variável principal. Quando o efeito direto for baixo, existe uma ou mais variáveis que apresentarão efeitos indiretos elevados, mostrando que são estas as responsáveis pelo coeficiente de correlação e não a relação real entre as variáveis consideradas. Nesses casos, a variável principal não pode ser predita ou estimada pela variável explicativa considerada, já

que sua real relação é baixa (efeito direto). Esta é a importância de se conhecer os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a principal, evitando a ocorrência de erros grosseiros na utilização de uma variável para estimação da principal.

O procedimento *stepwise* tem por finalidade estabelecer a relação entre um conjunto de variáveis explicativas (ou independentes) e uma variável principal (ou dependente). Assim, são estimados os parâmetros de modelo adotado, apresentados testes de significância para estes parâmetros e avaliada a adequação do modelo, por meio do coeficiente de determinação. O método *stepwise* permite que sejam escolhidas para inclusão no modelo apenas variáveis que contribuam para a eficiência deste, expressa em sua capacidade de prever a variável principal (Cruz, 2006). Assim, o modelo não precisa incluir necessariamente todas as variáveis explicativas que se dispõe, não sendo incluídas variáveis redundantes, ou seja, correlacionadas entre si.

O método inicia selecionando o melhor preditor da variável dependente, sendo selecionadas variáveis independentes adicionais de acordo com o poder explicativo incremental que podem acrescentar ao modelo de regressão. As variáveis independentes são acrescentadas à medida que seus coeficientes de correlação parcial são estatisticamente significantes, sendo que estas também podem ser eliminadas se seu poder preditivo cair para um nível não significativo quando uma outra variável independente for acrescentada ao modelo (Hair et al., 2005).

A análise de fatores objetiva a estruturação e simplificação dos dados originais, com um número grande de variáveis representado por algumas delas, expresso por combinações lineares desses dados originais, conservando o máximo possível de suas informações (Cruz & Carneiro, 2003). A técnica permite a obtenção de um pequeno número de combinações (componentes) que expliquem grande parte da variabilidade dos dados. Assim, o primeiro componente principal explica a maior percentagem desta variação, o segundo componente a segunda maior parte e assim sucessivamente. Segundo Cruz et al. (2004), os componentes são independentes entre si e estimados com o propósito de reter o máximo de informação, em termos de variação total, nos dados originais. Esta metodologia também permite a avaliação da importância de cada caráter estudado sobre a

variação total disponível. Os mesmos autores recomendam a utilização dos componentes que expliquem, no mínimo, 80 % da variação total dos dados originais.

Para Hair et al., (2005) a análise de fatores objetiva encontrar um meio de condensar a informação contida em um número de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação. Os autores ainda citam que, diferentemente da análise de trilha e regressão múltipla, na análise fatorial os fatores são formados para maximizar seu poder de explicação do conjunto inteiro de variáveis, e não prever uma variável dependente como ocorre naquelas técnicas.

A multicolinearidade pode afetar os resultados e as interpretações obtidos em algumas técnicas multivariadas. Na análise de trilha e na regressão múltipla a multicolinearidade ocorre quando as variáveis explicativas estão inter-relacionadas entre si. Os problemas causados por estas relações estão relacionados à sua presença e também à magnitude em que essa se manifesta. Em graus moderados a severos de multicolinearidade, as variâncias associadas a certos estimadores, por exemplo, os coeficientes de trilha que medem efeitos diretos de variáveis explicativas sobre uma principal, podem atingir valores demasiadamente elevados, evidência de estimativas pouco confiáveis. Ainda, as estimativas dos parâmetros podem assumir valores absurdos ou sem coerência com o fenômeno estudado.

Na análise de regressão múltipla, as estimativas para o desvio-padrão das estimativas dos coeficientes de regressão podem apresentar valores elevados, podendo ter magnitude igual ou superior a da própria estimativa do coeficiente. As equações adotadas podem incluir variáveis com baixa correlação com a variável principal, causando dúvidas quanto a sua importância na predição desta (Cruz & Carneiro, 2003). Além disso, o valor do coeficiente de determinação da regressão será baixo, já que este é obtido a partir do quadrado do coeficiente de correlação. Hair et al. (2005) ainda citam que os coeficientes de regressão são incorretamente estimados, tendo até mesmo, sinais contrários. Com isso, variáveis com coeficientes de correlação que refletem relação direta podem apresentar relação contrária pela análise de regressão.

O diagnóstico de multicolinearidade pode ser realizado através do número de condição (NC), em que:  $NC \leq 100$ , a multicolinearidade é considerada fraca;  $100 < NC < 1000$  a multicolinearidade é moderada a forte; e,  $NC \geq 1000$ , a multicolinearidade é severa.

Na maioria dos experimentos na área agrícola há existência de multicolinearidade, muitas vezes em níveis prejudiciais. Isso porque quando se avaliam inúmeras características é muito raro que estas não sejam correlacionadas entre si, bem como, dificilmente serão completamente independentes entre si, devido à atuação da variação não controlada, ou simplesmente, erro experimental. Assim, é importante o conhecimento do grau de associação entre as variáveis explicativas, já que é este que vai definir se são necessárias ou não medidas para o controle da multicolinearidade.

Para contornar os efeitos da multicolinearidade, pode-se realizar a eliminação de variáveis do modelo de regressão, sendo necessário, porém, ter cuidado na utilização desta metodologia. Apesar de apresentar bons resultados, quando se conhece a relação entre as variáveis explicativas, em muitos casos estas relações são pouco conhecidas, dificultando a escolha das variáveis a serem retiradas da análise. Além disso, muitas vezes é necessária a retirada de variáveis explicativas importantes, como variáveis facilmente obtidas no campo e com boa correlação com a variável explicativa. O fato de nem todas as variáveis explicativas permanecerem no modelo também restringe sua utilização. Em alguns casos, há interesse do pesquisador na utilização de todas as variáveis mensuradas em sua análise, o que inviabiliza o método de retirada de variáveis.

A eliminação de variáveis pode ser realizada pela experiência do pesquisador, quando a relação entre essas é conhecida, ou através da avaliação dos autovalores e autovetores da matriz de correlação. Assim, considera-se a variável que provoca maiores problemas de multicolinearidade como sendo aquela associada ao maior elemento do autovetor associado ao autovalor de menor magnitude. Isso porque um autovalor próximo de zero indica existência de dependência linear entre um grupo de variáveis analisadas. Os elementos do autovetor associados a este autovalor descrevem a natureza dessa dependência.

Uma maneira de amenizar os efeitos da multicolinearidade, sem a eliminação de variáveis, é a utilização da análise de regressão em crista, proposta por Carvalho (1995), que permite a estimação de parâmetros, mesmo na presença de multicolinearidade. O método baseia-se em obter estimativas de coeficientes de regressão a partir das equações normais parcialmente modificadas. Estas modificações são originadas pela adição, nos elementos diagonais da matriz  $X'X$ , de um valor  $k$ , de pequena magnitude (Cruz & Carneiro, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados no Laboratório Didático e de Pesquisa de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), nas coordenadas 29°43'23" S e 53°43'15" W e altitude 95 m.

Para a cultura do trigo, foi utilizado um lote de sementes, cultivar CEP 30, dividido em dois sublotos de mesmo tamanho. Anteriormente à realização da análise de sementes, um sublote foi submetido ao processo de envelhecimento acelerado, sendo denominado de baixa qualidade. O processo de envelhecimento acelerado foi conduzido conforme a metodologia proposta pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) para o teste de envelhecimento acelerado, que consiste na utilização de caixa plástica adaptada do tipo gerbox e que funciona como uma minicâmara de envelhecimento. No interior da caixa plástica foram adicionados 40 mL de água destilada, cobertos por uma tela metálica, sobre a qual foram acondicionadas as sementes em uma única camada. Cada caixa foi mantida em câmara, à temperatura de 41 °C, por um período de 48 horas. A caracterização do sublote de baixa qualidade fisiológica foi utilizada baseada na hipótese de que o trigo é uma cultura de inverno e o estresse pelo calor, utilizado nesse processo, é um dos mais prejudiciais à qualidade de sementes. O segundo sublote foi mantido nas condições originais, sendo denominado de alta qualidade.

Após essa subdivisão e caracterização dos sublotos, foram realizados os testes de análise de sementes para determinação da percentagem de plântulas normais e variáveis das plântulas, listados na tabela 1. O teste de germinação foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992), com oito repetições de 50 sementes. Foi utilizado um germinador regulado à temperatura constante de 25 °C e as avaliações da percentagem de plântulas normais foram realizadas aos quatro (primeira contagem de germinação) e oito dias após o início deste teste. O índice de velocidade de germinação foi calculado a partir de quatro repetições de 50 sementes, efetuando-se contagens diárias do número de plântulas normais germinadas, até obter-se número constante de plântulas. Para



cada repetição, foi calculado o índice de velocidade de germinação, somando-se o número de plântulas germinadas a cada dia e dividindo-se pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura em papel.

**Tabela 1 – Variáveis dos testes e das plântulas avaliadas em sementes de trigo e de abóbora. Santa Maria, RS, 2010.**

	Trigo	Abóbora
	Germinação	Germinação
	Primeira contagem de germinação	Primeira contagem de germinação
	Índice de velocidade de germinação	—
Variáveis dos testes	Envelhecimento acelerado	Envelhecimento acelerado
	Teste de frio	Teste de frio
	—	Teste de temperatura sub-ótima
	Emergência aos sete e 15 dias	Emergência aos 21 dias
	—	Índice de velocidade de emergência
	Comprimento total de plântula	Comprimento total de plântula
	Comprimento de raiz	Comprimento de raiz
Variáveis das plântulas	Comprimento de parte aérea	Comprimento de hipocótilo
	Massa seca de raiz	Massa seca de raiz
	Massa seca de parte aérea	Massa seca de hipocótilo
	—	Massa seca total
	—	Comprimento do hipocótilo na

O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido conforme a metodologia descrita anteriormente, sendo que, ao término do período de 48 h de envelhecimento, duas repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, com a determinação da percentagem de plântulas normais realizada aos seis dias. Assim as sementes do subote de baixa qualidade foram submetidas duas vezes ao processo de envelhecimento, sendo a primeira para caracterização

do lote e a segunda para avaliação da qualidade das sementes através do teste de envelhecimento acelerado. Para o teste de frio sem solo, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel filtro umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Em seguida, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos vedados com fita adesiva, e levados a um germinador à temperatura de 10 °C por sete dias. Após, os rolos foram colocados em germinador à 25 °C por seis dias, considerando-se na avaliação a percentagem de plântulas normais.

A emergência de plântulas foi realizada em casa de vegetação, com a semeadura realizada em bandejas com areia, em linhas de 1,0 m, espaçadas de 6,0 cm e as sementes colocadas a 3,0 cm de profundidade. Utilizaram-se três repetições de 50 sementes, com contagem realizada aos sete e 15 dias após a semeadura e os resultados expressos em percentagem de plantas emergidas.

Para a cultura da abóbora foram utilizados três lotes de sementes de cada um dos cultivares Caserta, Caravela, Menina Brasileira e De tronco, totalizando doze lotes avaliados. As sementes foram produzidas na safra 2004/2005 e comercializadas pela Empresa Hortec Sementes Ltda e embaladas em latas hermeticamente fechadas. Foram utilizadas sementes dos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G) misturadas em todas as avaliações.

Foram realizados os testes de análise de sementes para determinação da percentagem de plântulas normais (Tabela 1). O teste de germinação foi realizado com oito repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura constante de 25 °C. As contagens foram realizadas aos quatro e aos oito dias após a semeadura, considerando-se as plântulas normais de cada repetição, obtendo-se a média das repetições (Brasil, 1992), sendo os dados expressos em percentagem de plântulas normais. A primeira contagem de germinação foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, constituindo o registro da percentagem de plântulas normais verificadas na primeira contagem do teste de germinação, realizada no quarto dia após a semeadura, conforme Brasil (1992). O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido conforme descrito anteriormente, sendo que ao término do período, as sementes foram colocadas para germinar, conforme descrito no teste de germinação, porém,

contendo quatro repetições de 50 sementes, efetuando-se a contagem única das plântulas normais aos seis dias após a semeadura.

O teste de frio sem solo foi conduzido de acordo com a metodologia descrita para a cultura do trigo. O teste de temperatura subótima foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, procedendo-se a semeadura como no teste de germinação, porém, as sementes foram mantidas à temperatura constante de 18 °C, realizando-se uma única contagem de plântulas normais aos oito dias após a semeadura. Considerou-se como resultado do teste a média das repetições, expressa em percentagem de plântulas normais.

A emergência de plântulas foi realizada em casa de vegetação, com a semeadura realizada em caixas multicelulares de poliestireno expandido tipo isopor, contendo 128 células, com substrato comercial Plantmax®. As sementes foram semeadas a uma profundidade de 1,0 cm. Para avaliação da percentagem de emergência foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, com determinações das plântulas emersas aos 21 dias após a semeadura, sendo os dados expressos em percentagem de plântulas emersas. O índice de velocidade de emergência foi determinado a partir de quatro repetições de 50 sementes, efetuando-se contagens diárias de plântulas emersas até obter-se número constante de plântulas emersas. Para cada repetição, foi calculado o índice de velocidade de emergência, somando-se o número de plântulas emersas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura (Maguirre, 1962).

Para as variáveis das plântulas as determinações do comprimento da parte aérea, comprimento de raiz e comprimento total de plântula, foram realizadas em quatro repetições de dez sementes para a cultura do trigo e em quatro repetições de 15 sementes para a cultura da abóbora, sempre semeadas sobre uma linha traçada no terço superior da folha de papel toalha, umedecido com água destilada, na razão de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos, colocados em sacos plásticos vedados, foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25 °C, durante cinco dias. As avaliações foram realizadas pela medição das plântulas normais com auxílio de régua e os resultados expressos em cm plântula<sup>-1</sup>. Após as determinações de comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e comprimento total de plântula, foram determinadas a massa seca de raiz e de parte aérea, onde que as plântulas foram colocadas em sacos de papel e levadas a estufa regulada à temperatura de 80 °C, por 48 horas. Após esse período, foram mantidas em

dessecador, por 15 minutos, e a massa de matéria seca determinada em balança de precisão em mg plântula<sup>-1</sup>. O comprimento do hipocótilo na emergência foi determinado conjuntamente com a emergência de plântulas, utilizando-se quatro repetições de dez plântulas para cada lote de sementes, selecionadas de forma aleatória aos 20 dias após a semeadura em bandejas. O comprimento do hipocótilo foi medido com o auxílio de régua milimetrada, computando-se os resultados médios de cada repetição em cm planta<sup>-1</sup>.

Foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade para cada grupo de variáveis explicativas, das plântulas e dos testes de sementes, de ambos os sublotos de sementes de trigo e para todas as cultivares de abóbora, separadamente. A retirada de variáveis foi realizada dentro de cada grupo, de plântulas e dos testes, de cada sublote e de cada cultivar, pela análise do número de condição, mantido sempre abaixo de 100 (multicolinearidade fraca). As variáveis foram retiradas de acordo com o conhecimento das relações entre si, sendo excluídas as obtidas por metodologias semelhantes.

Após, as variáveis remanescentes de plântulas foram submetidas à análise de correlação de Pearson e de trilha, considerando a emergência de plântulas aos sete e 21 dias como variável principal. As variáveis remanescentes dos testes foram submetidas à análise de regressão linear múltipla (*Stepwise*), considerando a emergência de plântulas aos sete e 21 dias, para trigo e abóbora respectivamente, como variável dependente, visando identificar a relação destas variáveis com a emergência de plântulas dessas culturas

A análise de fatores foi realizada com todas as variáveis da plântula e dos testes de sementes, para ambas as culturas, em um único conjunto de dados, para identificar as que mais explicam a variação total dos dados originais, escolhendo os fatores que explicam em torno de 80 % da variância explicada acumulada, de acordo com recomendação de Johnson & Wicherns (1998).

O diagnóstico de multicolinearidade, a correlação de Pearson, a análise de trilha e de fatores foram realizados com o software Genes (Cruz, 2001) e a regressão via *stepwise* realizada com auxílio do software NTIA (EMBRAPA, 1997). Em todas as análises estatísticas foi adotado 5 % de probabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Trigo

As maiores médias foram observadas no subote de alta qualidade fisiológica, para todas as variáveis analisadas. Além disso, os maiores coeficientes de variação, observados no subote de baixa qualidade fisiológica, mostram a maior heterogeneidade existente dentro deste grupo de sementes (Tabela 2).

**Tabela 2 - Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão ( $\sigma^2$ ), valor máximo (min), valor máximo (máx) e coeficiente de variação (CV%) para a porcentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), emergência aos sete (EM7) e aos 15 dias(EM15), frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA), comprimento total de plântula (CP), de raiz (CR) e de parte aérea (CPA) para lotes de sementes de trigo de alta e de baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

Variáveis	Alta qualidade			Baixa qualidade		
	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%
G	92,8	2,38	1,66	91,35	3,46	2,04
PC	90,5	6,79	2,88	88,55	7,10	3,01
EM7	17,85	22,45	8,77	16,70	2,75	9,92
EM15	18,65	0,87	5,00	17,45	1,31	6,57
TF	92,9	2,73	1,78	91,55	8,68	3,22
EA	87,75	87,99	10,69	82,85	78,98	10,73
IVG	19,48	1,43	6,13	18,89	1,06	5,44
MSR	0,052	0,000	9,55	0,049	0,000	9,59
MSPA	0,060	0,000	8,23	0,059	0,000	9,28
CP	20,67	1,29	5,49	19,99	0,69	4,16
CR	12,01	0,55	6,12	11,67	0,29	4,66
CPA	8,58	0,41	7,48	8,31	0,21	5,50

Pelo diagnóstico de multicolinearidade, os grupos de variáveis explicativas das plântulas de ambos os sublotos apresentaram número de condição entre 100 e 1000 (multicolinearidade fraca a moderada). Analisando os coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 3), verifica-se que a variável comprimento de plântula apresentou elevada associação com o comprimento de raiz e com o comprimento de parte aérea, mostrando que esta pode estar causando problemas de multicolinearidade. Assim, além da massa seca de raiz, o comprimento total de plântula foi retirado das análises do grupo das variáveis das plântulas resultando em conjunto de dados com multicolinearidade fraca ( $NC < 100$ ).

**Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis da plântula massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento total de de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), e emergência de plântulas aos sete dias (EM7) para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

	MSPA	MSR	CP	CR	CPA	EM7
Baixa qualidade						
MSPA	1	0,4965	0,1363	-0,1726	0,4531	0,1839
MSR		1	0,3146	0,1636	0,3774	0,2198
CP			1	0,8602	0,7952	0,3443
CR				1	0,3748	-0,2437
CPA					1	0,3362
EM7						1
Alta qualidade						
MSPA	1	0,5331	0,5748	0,2348	0,7400	0,5489
MSR		1	0,4981	0,4362	0,3661	0,4431
CP			1	0,8450	0,7854	0,6030
CR				1	0,3332	0,5841
CPA					1	0,3881
EM7						1

Pela análise de trilha, observou-se para o sublote de alta qualidade, que as variáveis comprimento de raiz e massa seca de parte aérea apresentaram comportamento similar, com coeficientes de correlação significativos com a emergência de plântulas e elevado efeito direto com essa (Tabela 4). O comprimento de parte aérea apresentou o menor coeficiente de correlação com a emergência de plântula, com elevado efeito indireto via massa seca de parte aérea. Para o sublote de baixa qualidade, nenhuma variável apresentou coeficiente de correlação significativo com a emergência de plântulas (Tabela 4). Assim, para as variáveis da plântula, a massa seca de parte aérea apresentou boa relação com a emergência de plântulas de trigo apenas no sublote de alta qualidade fisiológica. Ainda, elevada associação foi observada para as variáveis comprimento de raiz, para o sublote de alta qualidade fisiológica, e comprimento de parte aérea, para o sublote de baixa qualidade, sendo que este último apresentou coeficiente de correlação negativo, dificultando sua compreensão prática.

**Tabela 4 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis massa seca de parte aérea, comprimento total de raiz e comprimento da parte aérea, sobre a emergência de plântulas aos sete dias, para sublotos de sementes de trigo de alta e baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

	Baixa qualidade	Alta qualidade
Variável	Massa seca de parte aérea	
Efeito direto sobre emergência aos sete dias	0,439600	0,589971
Efeito indireto via comprimento total de raiz	-0,006596	0,121979
Efeito indireto via comprimento de parte aérea	-0,249059	-0,163960
Coeficiente de correlação de Pearson	0,183944	0,547990*
Variável	Comprimento de raiz	
Efeito direto sobre emergência aos sete dias	0,038217	0,519372
Efeito indireto via massa seca de parte aérea	-0,075876	0,138560
Efeito indireto via comprimento de parte aérea	-0,206064	-0,073824
Coeficiente de correlação de Pearson	-0,243723	0,584108*
Variável	Comprimento de parte aérea	
Efeito direto sobre emergência aos sete dias	-0,549723	-0,221562
Efeito indireto via massa seca de parte aérea	0,199166	0,436591
Efeito indireto via comprimento total de raiz	0,014326	0,173054
Coeficiente de correlação de Pearson	-0,336231	0,388083
Coeficiente de determinação	0,256382	0,540683
Efeito da variável residual	0,862333	0,677729

\* significativo a 5 % de probabilidade.

Para o sublote de baixa qualidade, as variáveis utilizadas explicaram 25,6 % da variação dos dados, enquanto que, para o sublote de alta qualidade, 54,1 %. Isso pode ser devido a maior heterogeneidade dentro do sublote de baixa qualidade, ou seja, os diferentes níveis de deterioração entre as sementes componentes do sublote não permitem que as relações entre as variáveis sejam discriminadas totalmente. Os coeficientes de correlação negativos para o comprimento de parte aérea e comprimento de raiz também podem ser reflexo desta heterogeneidade. Esse efeito é destacado por Maia et al. (2007), que citam que a eficiência do teste de envelhecimento acelerado, aplicado às sementes do sublote de baixa qualidade anteriormente à realização dos testes é avaliada pela diferença de sensibilidade



apresentada pelas sementes de um mesmo lote ao envelhecimento. Assim, dentro de um mesmo lote, sementes mais vigorosas retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas a tratamentos de envelhecimento acelerado, enquanto que as de baixo vigor apresentam maior redução de sua viabilidade (Marcos-Filho, 1994).

Pelo procedimento *stepwise*, para ambos os sublotes, apenas a variável percentagem de plântulas normais obtida pelo teste de envelhecimento acelerado foi incluída no modelo para predição da emergência de plântulas de trigo (Tabela 5). Pelo coeficiente de determinação observa-se bom ajuste dos dados ao modelo selecionado, considerando que apenas uma variável resultou em coeficientes de determinação acima de 60 % para ambos os sublotes, ou seja, 60% da variação observada na percentagem de emergência de plântulas de trigo pode ser explicada pelo resultado obtido no teste de envelhecimento acelerado. A seleção da percentagem de plântulas normais, obtida pelo teste de envelhecimento acelerado, no modelo de predição da emergência mostra que o estresse pelo calor afeta de maneira severa a emergência de plântulas de trigo. A escolha da época de semeadura em cada região de acordo com a temperatura do solo e do ar é um dos fatores que determinarão a emergência de plântulas da cultura de maneira uniforme, contribuindo decisivamente para o sucesso da lavoura.

O uso do teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes tem sido pesquisado e tem se apresentado promissor para grandes culturas, tais como soja (Hampton & Tekrony, 1995), milho (Bittencourt & Vieira, 2007) e trigo (Lima et al., 2006; Fanan et al., 2006). Esses resultados apontam para a utilização do teste de envelhecimento acelerado também para algumas culturas de verão, mostrando que esse é um dos mais importantes indicadores da qualidade de sementes em diversas culturas.

**Tabela 5 - Análise de variância e coeficientes da equação de regressão (stepwise) para a variável explicativa percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G) de frio (TF) e envelhecimento acelerado (EA) e variável principal emergência de plântulas aos sete dias, para sublotos de sementes de trigo de alta e baixa qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

Baixa qualidade fisiológica					
FV	GL	SQ	QM	F	Prob.
EA	1	31,99147	31,99147	28,4952	0,00005
Desvio	18	20,20854	1,1227	-----	-----
Total	19	52,20001	-----	-----	-----
Modelo		EM7=4,60281+0,14601EA			
R <sup>2</sup>		0,6129			
Alta qualidade fisiológica					
EA	1	31,98836	31,98836	39,54164	0,00000
Desvio	18	14,56162	0,80898	-----	-----
Total	19	46,54999	-----	-----	-----
Modelo		EM7=5,71171+0,13833EA			
R <sup>2</sup>		0,6872			

Em trabalho visando identificar diferenças entre níveis de vigor de sublotos de sementes de trigo, Fanan et al. (2006) avaliaram a sensibilidade do teste de envelhecimento acelerado e concluíram que este foi adequado para a avaliação do vigor de sementes. O estresse pelo calor é uma das principais limitações da cultura do trigo, principalmente em regiões mais quentes (Cargnin et al., 2006). De acordo com Blum & Sinmena (1994) existem evidências de que a tolerância ao calor da planta adulta está associada com tolerância no estágio de plântula. Assim, lotes de sementes que apresentem menor qualidade após submetidas ao processo de envelhecimento acelerado, seriam mais prejudicadas quando esse tipo de estresse ocorresse em campo, em qualquer fase de desenvolvimento da cultura.

Pela análise de fatores, para o sublote de baixa qualidade, os três primeiros componentes foram suficientes para a explicação de 76,93 % da variância deste. Para o sublote de alta qualidade, os dois primeiros componentes explicaram 84,11 % da variância total (Tabela 6).

As cargas obtidas na análise de fatores para as variáveis analisadas, para o subote de baixa qualidade, mostram que o teste de envelhecimento acelerado, o comprimento total de plântula e a emergência de plântulas aos sete dias são as variáveis que mais explicam a variação total existente (Tabela 7). As sementes de alta qualidade apresentam maior distinção entre os testes de vigor, facilitando a escolha do teste a ser utilizado. Isso é comprovado pela explicação da variação total, em que o subote de alta qualidade teve maior variação explicada com menor número de fatores.

**Tabela 6 - Autovalor, variância explicada VE (%) e variância explicada acumulada VEA (%) para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, frio, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, emergência de plântulas aos sete dias, emergência de plântulas aos 15 dias, massa seca de raiz e parte aérea e comprimento total de plântula, de raiz e de parte aérea, para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

Baixa qualidade			Alta qualidade		
Autovalor	VE (%)	VEA (%)	Autovalor	VE (%)	VEA (%)
5,2553	43,79	45,79	7,8065	65,05	65,05
2,1286	17,74	61,53	2,2864	19,05	84,11
1,8480	15,40	76,93	0,8460	7,05	91,16
1,1901	9,91	86,85	0,5867	4,89	96,05
0,8336	6,94	93,79	0,1726	1,44	97,48
0,4667	3,88	97,68	0,1524	1,27	98,75
0,1652	1,37	99,06	0,0693	0,58	99,33
0,0658	0,55	99,61	0,0471	0,39	99,72
0,0287	0,24	99,85	0,0306	0,25	99,78
0,0139	0,12	99,96	0,0025	0,02	99,99
0,0041	0,03	100,0	0,0000	0,00	100,0

**Tabela 7 - Fatores associados à percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), de frio (TF), de envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência de plântulas aos sete dias (EM7), emergência de plântulas aos 15 dias (EM15), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), e comprimento total de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA), para sementes de trigo de baixa e alta qualidade fisiológica. Santa Maria, RS, 2010.**

Cargas fatoriais iniciais				Cargas fatoriais finais		
Baixa qualidade fisiológica						
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
G	0,368868	0,604372	0,100536	-0,030870	0,405283	0,588412
PC	0,105466	0,447013	0,586613	-0,023233	-0,152028	0,728975
EM7	0,872644	0,114794	0,223441	0,673058	0,379512	0,477047
EM15	0,664763	0,186842	0,466526	0,531442	0,126075	0,629396
TF	0,242232	-0,106419	-0,265525	0,182336	0,272828	-0,181172
EA	0,897672	0,062711	0,181722	0,711690	0,399293	0,420515
IVG	0,661004	-0,364157	0,141620	0,759998	0,104641	0,032335
MSR	0,738418	-0,545315	-0,057743	0,873034	0,206097	-0,203219
MSPA	0,736519	0,524049	-0,482549	0,153760	0,981916	0,249276
CP	0,897529	-0,134748	-0,182689	0,731444	0,565996	0,041563
CR	0,763203	-0,419023	0,210010	0,888513	0,088893	0,069324
CPA	0,701008	0,247033	-0,563119	0,263465	0,894482	-0,005303
Alta qualidade fisiológica						
Variáveis	Fator 1	Fator 2		Fator 1	Fator 2	
G	0,780128	-0,000019	-----	0,768353	-0,135031	-----
PC	0,543233	-0,207626	-----	0,499103	-0,298507	-----
EM7	0,863006	-0,040145	-----	0,843036	-0,188895	-----
EM15	0,885390	0,071538	-----	0,884411	-0,082772	-----
TF	0,578737	0,105181	-----	0,588207	0,003435	-----
EA	0,836759	0,161283	-----	0,852045	0,014036	-----
IVG	0,638588	0,060270	-----	0,639382	-0,051156	-----
MSR	0,450513	0,846652	-----	0,590241	0,755908	-----
MSPA	0,396422	0,748727	-----	0,520019	0,668822	-----
CP	-0,427547	0,800033	-----	-0,282637	0,861955	-----
CR	-0,346354	0,511221	-----	-0,252653	0,563449	-----
CPA	-0,365809	0,845603	-----	-0,213945	0,896152	-----

Para o subote de alta qualidade, o fator 1 se refere às variáveis dos testes de sementes, com maior explicação fornecida pela emergência de plântulas aos sete e 15 dias, percentagem de plântulas normais obtidas pelos testes de envelhecimento acelerado e de germinação. Para o subote de baixa qualidade fisiológica, esse comportamento não é tão claro. Assim, em sementes de alta qualidade, a escolha do teste de vigor a ser utilizado é facilitada pela melhor distinção entre estes (Tabela 7). O fator 2, no subote de alta qualidade, se refere às características da plântula, sendo as variáveis massa seca de raiz, comprimento de parte aérea e comprimento total de plântula, as que mais explicam a variação total. Para o subote de baixa qualidade, o fator 1 está relacionado às características das plântulas e também dos testes, como comprimento total de plântula, percentagem de plântulas normais obtidas pelo teste de envelhecimento acelerado e a emergência de plântulas aos sete dias. O segundo fator refere-se às variáveis massa seca e comprimento de parte aérea das plântulas. O terceiro componente é referente à primeira contagem de percentagem de plântulas normais obtidas pelo teste de germinação e emergência de plântulas aos 15 dias.

Assim, observa-se que a percentagem de plântulas normais obtidas pelo teste de envelhecimento acelerado é a variável mais importante para ambos os subotes de sementes de trigo, confirmada em todas as metodologias estatísticas utilizadas. Para o subote de alta qualidade, o comprimento de raiz e massa seca de parte aérea das plântulas apresentaram a maior correlação com a emergência de plântulas. Desta forma estas devem ser preconizadas na seleção de variáveis para predição da qualidade fisiológica de sementes desta cultura.

#### **4.2. Abóbora**

O cultivar Caravela apresentou média superior aos demais cultivares para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, temperatura subótima, teste de frio e emergência (Tabela 8). Essa diferença de vigor observada entre os cultivares testados permite que as conclusões obtidas tenham maior abrangência, tanto para

lotes de sementes de maiores como de menores níveis de vigor. Observa-se também, maiores valores do coeficiente de variação para as variáveis massa seca de raiz, de hipocótilo e total de plântula, mostrando maior heterogeneidade dentro deste grupo de variáveis quando comparado aos demais.

Os valores dos coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 9) mostram elevada associação entre: massa seca total e massa seca de raiz, massa seca de raiz e massa seca de hipocótilo, e massa seca total e massa seca de hipocótilo, para a maioria dos cultivares. Além destas, para os cultivares Caravela e De Tronco, houve elevada associação entre o comprimento de raiz e o comprimento total de plântula, e para o cultivar Caserta, entre a massa seca de raiz e o comprimento do hipocótilo, tanto no laboratório como na emergência, e entre o comprimento de hipocótilo e o comprimento do hipocótilo na emergência. Assim, observa-se que as variáveis que podem estar causando multicolinearidade pertencem ao grupo das variáveis das plântulas, devendo a retirada de variáveis, ser direcionada para este grupo.

A retirada de variáveis obtidas por metodologias semelhantes, realizada no presente estudo, está de acordo com as relações observadas entre as variáveis (Tabela 9). Assim, visando a manutenção do número de condição abaixo de 100, em todos os grupos de variáveis explicativas das variáveis, a massa seca de raiz e a massa seca de hipocótilo foram retiradas das análises, resultando em conjuntos de dados com multicolinearidade fraca.

**Tabela 8 – Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão ( $\sigma^2$ ), valor máximo (máx), valor mínimo (mín) e coeficiente de variação (CV%) para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), frio (TF) e emergência aos 21 dias (EM), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e total (MST), comprimento de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e total (CT), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%	$\bar{X}$	$\sigma^2$	CV%
	Caravela			De Tronco			Caserta			Menina Brasileira		
G	89,0	29,4	6,0	77,9	68,8	10,6	83,5	57,5	9,1	84,2	60,7	9,3
PC	84,2	46,2	8,1	72,0	102,5	14,1	74,7	72,9	11,4	77,7	131,5	14,8
EA	81,5	92,5	11,8	77,2	21,4	6,0	82,5	35,7	7,2	78,0	54,5	9,5
TSO	83,0	39,6	7,6	70,6	140,4	16,8	74,3	88,6	12,7	76,3	58,1	9,9
TF	81,0	51,3	8,8	68,7	116,8	15,7	75,9	43,4	8,7	85,1	55,4	8,7
MSR	0,098	0,003	53,5	0,133	0,001	27,8	0,128	0,002	31,7	0,055	0,002	26,4
MSH	0,60	0,05	35,7	0,926	0,054	25,0	0,714	0,019	19,1	0,378	0,009	25,1
MST	0,71	0,08	38,1	1,059	0,069	24,9	0,842	0,027	19,7	0,433	0,011	24,6
CR	12,1	2,7	13,6	10,2	4,3	20,3	10,4	2,6	15,3	16,9	1,8	8,0
CH	4,3	0,2	11,3	3,7	0,1	8,6	5,0	0,4	12,2	7,1	0,6	11,0
CT	16,0	4,1	12,6	15,4	5,7	5,5	11,9	1,9	11,7	23,8	4,3	8,7
EM	94,0	15,3	4,2	85,9	61,5	9,1	86,3	82,8	10,5	92,8	32,3	6,1
IVE	13,4	2,5	11,9	10,4	2,5	15,3	12,4	2,5	12,8	11,4	2,5	13,9
CHEM	4,4	0,6	17,1	3,1	0,2	13,4	3,9	0,5	18,7	3,1	0,2	13,4

**Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis das plântulas massa seca total (MST), de raiz (MSR) e de hipocótilo (MSH), comprimento total de plântula (CT), de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e de hipocótilo na emergência (CHEM), e emergência de plântulas (EM) para sementes de quatro cultivares de abóbora. Santa Maria, RS, 2010.**

	MST	MSR	MSH	CR	CH	CT	CHEM	EM
Caravela								
MST	1	0,9870	0,9992	0,3323	-0,0947	0,3259	-0,1316	-0,1070
MSR		1	0,9800	0,6588	0,1365	0,6572	-0,0002	-0,3186
MSH			1	0,7244	0,1270	0,6864	0,0403	-0,3165
CR				1	0,0753	0,8675	0,0968	0,3895
CH					1	0,4484	-0,5282	-0,1592
CT						1	-0,2851	0,4336
CHEM							1	-0,2588
De Tronco								
MST	1	0,8847	0,9972	0,5292	-0,1102	0,5065	0,5016	0,3981
MSR		1	0,9473	0,3917	-0,1219	0,3599	0,5168	0,1634
MSH			1	0,5400	-0,1059	0,5193	0,4884	0,4272
CR				1	-0,4954	0,7038	0,6107	0,2434
CH					1	-0,0476	-0,1940	-0,2876
CT						1	0,5997	0,2391
CHEM							1	0,5476
Caserta								
MST	1	0,0824	0,9830	0,4397	-0,0330	0,1874	0,0196	0,4508
MSR		1	0,2339	0,4642	0,8837	0,2640	0,8837	-0,0141
MSH			1	0,4828	-0,1122	0,2259	0,1730	0,3902
CR				1	-0,3359	0,2681	0,1939	0,0974
CH					1	-0,0604	-0,6980	-0,2267
CT						1	0,1939	0,3510
CHEM							1	-0,0141
Menina Brasileira								
MST	1	0,8087	0,5999	0,3850	0,2677	0,2853	0,4721	0,3598
MSR		1	0,7518	0,4722	0,2235	0,0843	0,2436	-0,3410
MSH			1	0,3593	0,2655	0,3067	0,4915	-0,3256
CR				1	0,4197	0,4601	0,2656	-0,3735
CH					1	0,7425	0,1722	-0,4527
CT						1	0,0550	-0,3447
CHEM							1	0,4649



O coeficiente de correlação não foi significativo para todas as variáveis em todos os cultivares, exceto para o comprimento do hipocótilo na emergência para o cultivar De Tronco (Tabela 10), o qual apresentou também elevado efeito direto com a emergência, resultado que pode ser atribuído ao acaso. Apesar de coeficientes de correlação não significativos, as variáveis mais relacionadas com a emergência de plântulas de abóbora variaram entre os cultivares, mostrando que há diferença entre esses. Assim, não foi possível a determinação de variáveis da plântula como estimadores da emergência. Além disso, o coeficiente de determinação foi baixo para todos os cultivares, exceto para a Menina Brasileira (Tabela 8), mostrando que essas variáveis não foram boas estimadoras da emergência de plântulas de abóbora. Talvez o baixo coeficiente de determinação encontrado, seja efeito do tamanho das sementes, já que nos testes foram utilizadas sementes de diferentes tamanhos. É possível que existam relações distintas entre os testes de vigor e a emergência de plântulas para sementes de diferentes tamanhos. Quando essas são misturadas, torna-se difícil a identificação de relações entre essas variáveis. Assim, em trabalhos futuros, sugere-se a utilização de sementes de um mesmo tamanho nas determinações de variáveis que visem a estimativa da emergência de plântulas.

**Tabela 10 - Efeitos diretos e indiretos das variáveis massa seca total de plântula, comprimento de raiz, comprimento total da plântula, comprimento do hipocótilo, índice de velocidade de emergência e comprimento do hipocótilo na emergência sobre a emergência de plântulas, para sementes de abóbora das cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

	Caravela	De Tronco	Caserta	Menina
Variável	Massa seca total de plântula			
Efeito direto sobre emergência	0,018153	0,293711	0,459762	-0,457965
Efeito indireto via comprimento de raiz	0,027453	-0,288795	-0,084449	0,265675
Efeito indireto via comprimento do	0,010421	0,299239	-0,006530	0,039114
Efeito indireto via comprimento total de	-0,429167	0,049276	0,065894	-0,048667
Efeito indireto via comprimento do	0,055181	0,044657	0,016102	-0,135684
Correlação de Pearson	-0,317959	0,398089	0,450779	-0,337527
Variável	Comprimento de raiz			
Efeito direto sobre emergência	0,038027	-0,545664	-0,192076	-0,176613
Efeito indireto via massa seca total	0,013105	0,195448	0,202141	0,021753
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo na emergência	0,031046	0,364380	-0,170576	-0,078491
Efeito indireto via comprimento total de plântula	-0,545205	0,068463	0,094253	-0,212766
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo	0,032118	0,200757	0,163693	0,242791
Correlação de Pearson	-0,430909	0,243384	0,097435	0,242791
Variável	Comprimento do hipocótilo na emergência			
Efeito direto sobre emergência	0,320859	0,596615	-0,333113	0,082848
Efeito indireto via massa seca de raiz	0,000589	0,147314	0,009013	-0,216216
Efeito indireto via comprimento de raiz	0,003679	-0,333262	-0,098355	0,180883
Efeito indireto via comprimento total de plântula	0,179163	0,058338	0,068169	-0,009385
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo	-0,225427	0,078629	0,340153	-0,087289
Correlação de Pearson	0,278864	0,547634*	-0,014134	-0,049159

Continua...

...continuação

Variável	Comprimento total de plântula			
Efeito direto sobre emergência	-0,628483	0,097279	0,351526	-0,170597
Efeito indireto via massa seca total	0,012396	0,148778	0,086183	-0,130647
Efeito indireto via comprimento de raiz	0,032988	-0,384024	-0,051500	0,316963
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo na emergência	-0,091468	0,357787	-0,064598	0,004557
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo	0,191356	0,019279	0,029432	-0,376379
Correlação de Pearson	-0,483211	0,239099	0,351042	-0,356103
Variável	Comprimento do hipocótilo			
Efeito direto sobre emergência	0,426758	-0,405207	-0,487340	-0,506909
Efeito indireto via massa seca total	0,002347	-0,032369	-0,015190	-0,122584
Efeito indireto via comprimento de raiz	0,002862	0,270346	0,064516	0,289157
Efeito indireto via comprimento do hipocótilo na emergência	-0,169488	-0,115770	0,232506	0,014266
Efeito indireto via comprimento total de plântula	-0,281808	-0,004628	-0,021229	-0,126668
Correlação de Pearson	-0,019329	-0,287629	-0,226739	-0,452737
Coeficiente de determinação	0,362760	0,450553	0,427144	0,608011
Efeito da variável residual	0,798273	0,741179	0,756872	0,626090

\* significativo a 5 % de probabilidade.

Através da regressão linear múltipla *stepwise*, apenas a variável temperatura subótima foi selecionada para entrar no modelo de predição da emergência de plântulas de abóbora, para todos os cultivares avaliados. O uso do estresse pelo frio foi adequado na avaliação da qualidade fisiológica das sementes de abóbora. Pode-se observar que a cultura tolera melhor condições de temperaturas elevadas, como ocorre no teste de envelhecimento acelerado, e possui menor tolerância ao estresse pelo frio, como ocorre no testes de temperatura subótima e de frio. Além disso, respondeu melhor a um maior período de exposição ao frio em comparação a uma menor temperatura, visto que o teste de temperatura subótima, que mantém as

sementes à 18 °C por oito dias, foi selecionado para o modelo de regressão. Já o teste de frio, onde as sementes ficam mantidas à 10 °C, por sete dias, não foi significativo na predição da emergência de plântulas (Tabela 11). O coeficiente de determinação variou de 37,06 a 48,85 % para as equações de predição da emergência de plântulas de abóbora para os quatro cultivares testados, mostrando que a variação na percentagem de plântulas normais obtida no teste de temperatura subótima, explica de 37,06 a 48,85 % da variação na percentagem de emergência de plântulas de abóbora. Essa baixa explicação da variável principal pela variável explicativa pode ser devido ao número reduzido de variáveis utilizadas na análise. Apenas variáveis dos testes foram utilizadas, sendo que a predição da emergência é também explicada das variáveis da plântula, analisadas sob análise de trilha. Pode ser também efeito do tamanho das sementes, como comentado anteriormente.

Para a família das cucurbitáceas, os melhores resultados obtidos na separação de lotes de sementes por níveis de vigor foram obtidos para os testes de envelhecimento acelerado para melancia (Bhering et al., 2003), para mogango (Malone et al., 2008), para pepino (Abdo et al., 2005) e para melão (Bhering et al., 2004 e Muniz et al., 2004). Cabe ressaltar, que as metodologias utilizadas nesses trabalhos foram totalmente distintas das utilizadas no presente estudo.

Para melancia, Bhering et al. (2003) concluiu que, apesar do teste de envelhecimento acelerado ter se mostrado eficiente na avaliação do vigor de sementes, este foi compatível com o teste de germinação a baixa temperatura (18 °C por 24 h em substrato de papel toalha umedecido e 18 °C por cinco dias em rolos de papel colocados em sacos plásticos). A temperatura utilizada neste teste foi a mesma utilizada no teste de temperatura subótima no presente estudo, teste que apresentou a melhor relação com a emergência de plântulas para sementes de abóbora. Estudando o estresse por temperaturas baixas para a cultura da abóbora, Casaroli et al. (2006) avaliaram os tempos de exposição a baixa temperatura (10 °C) no teste de frio e sua correlação com: germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas. O período de três dias foi o que se apresentou mais promissor na avaliação do vigor de sementes, apresentando elevados coeficientes de correlação com os testes citados.

**Tabela 11 - Análise de variância e coeficientes da equação de regressão (stepwise) para a variável explicativa emergência de plântulas normais nos testes de germinação (G), temperatura subótima (TSO), de frio (TF) e de envelhecimento acelerado (EA) e variável principal emergência de plântulas (EM), para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

Caravela					
FV	GL	SQ	QM	F	Prob.
TSO	1	31,93578	31,93578	8,93786	0,01359
Desvio	10	35,73090	3,57309	-----	-----
Total	11	67,66667	-----	-----	-----
Modelo		EM = 68,3700+0,2706TSO			
R <sup>2</sup>		0,4720			
De tronco					
TSO	1	250,89383	250,89383	5,88921	0,03566
Desvio	10	426,02280	42,60228	-----	-----
Total	11	676,91663	-----	-----	-----
Modelo		EM = 57,4724+0,4030TSO			
R <sup>2</sup>		0,3706			
Caserta					
TSO	1	556,78302	556,78302	9,55222	0,01144
Desvio	10	582,88361	58,28836	-----	-----
Total	11	1139,66663	-----	-----	-----
Modelo		EM = 25,6512+0,7558TSO			
R <sup>2</sup>		0,4885			
Menina Brasileira					
TSO	1	151,76686	151,76686	7,44321	0,02127
Desvio	10	203,89983	20,38998	-----	-----
Total	11	-----	-----	-----	-----
Modelo		EM = 130,0438-0,4875TSO			
R <sup>2</sup>		0,4267			

Assim, pode-se observar que o estresse causado pelas baixas temperaturas no teste de frio padrão é agressivo às sementes da cultura. Quando o período de exposição é diminuído ou a temperatura é aumentada (teste de temperatura subótima) a relação com emergência de plântulas é elevada. Ou seja, mesmo sendo

o estresse pelo frio, o que melhor prediz a emergência de plântulas de abóbora, este só é efetivo com temperaturas em torno de 18 °C ou períodos mais curtos de exposição das sementes ao frio.

Através da análise de fatores, observa-se que a explicação da variação total dos dados variou de 71,88 a 78,94 % (Tabela 12), ficando próxima do valor recomendado para este tipo de análise, que é de 80 %. Apesar das cargas fatoriais de cada variável, nos diferentes fatores, terem variado entre os cultivares (Tabela 13), observa-se que as variáveis da plântula: massa seca de raiz, de hipocótilo e total, bem como, o comprimento de raiz e o comprimento do hipocótilo na emergência, foram variáveis importantes para todos os cultivares. Para as variáveis dos testes, a germinação, primeira contagem de germinação e o teste de temperatura subótima também apresentaram cargas elevadas para todos os cultivares.

**Tabela 12 - Autovalor, variância explicada VE (%), e variância explicada acumulada VEA (%) para a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, temperatura subótima e frio, massa seca de raiz, de hipocótilo e de total de plântula, comprimento de raiz, hipocótilo e total de plântula, emergência em areia aos sete dias, índice de velocidade de emergência e comprimento do hipocótilo na emergência para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

Caravela			De Tronco		
Autovalor	VE (%)	VEA (%)	Autovalor	VE (%)	VEA (%)
5,865035	41,893105	41,893105	7,062871	50,449078	50,449078
2,930063	20,929053	62,822158	2,408259	17,201850	67,650928
1,454959	10,392565	73,214723	1,580065	11,286179	78,937107
Menina Brasileira			Caserta		
Autovalor	VE (%)	VEA (%)	Autovalor	VE (%)	VEA (%)
6,045448	43,181771	43,181771	5,500987	39,292766	39,292766
2,797896	19,984973	63,166744	2,666193	19,044238	58,337004
1,847087	13,193481	76,360225	1,897102	13,550726	71,887730

**Tabela 13 - Fatores associados a percentagem de plântulas normais nos testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), temperatura subótima (TSO), frio (TF), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e de total de plântula (MST), comprimento de raiz (CR), de hipocótilo (CH) e total de plântula (CT), emergência em areia aos sete dias (EM7), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

Variáveis	Cargas fatoriais iniciais			Cargas fatoriais finais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
<b>Caravela</b>						
G	0,394315	-0,661731	-0,334598	0,182103	-0,768280	-0,286205
PC	-0,201006	0,754087	0,019725	0,076151	0,776916	0,006430
EA	0,040671	-0,063659	-0,650335	0,112614	-0,094580	-0,637977
TSO	0,624344	-0,533395	0,448424	0,322526	-0,703829	0,525358
TF	0,686575	0,387447	0,531484	0,691056	0,138907	0,638061
MSR	0,891318	0,288393	0,067953	0,914904	-0,040364	0,208706
MSH	0,910287	0,330274	-0,028029	0,961519	-0,010874	0,117690
MST	0,908760	0,322931	-0,009311	0,954726	-0,016615	0,135788
CR	0,783901	0,306457	-0,322506	0,880442	0,001750	-0,192993
CH	0,344806	-0,536413	-0,172160	0,156039	-0,628447	-0,130290
CT	0,862650	-0,119657	-0,259237	0,794073	-0,422680	0,128361
EM	0,390724	-0,334452	0,396656	0,184240	-0,437372	0,443420
IVE	-0,817807	-0,010796	0,207506	-0,790705	0,283206	0,081024
CH EM	-0,241567	0,824847	-0,171411	0,092140	0,851272	-0,186962
<b>De Tronco</b>						
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
G	-0,293666	0,768916	0,278629	0,184638	0,848244	-0,038665
PC	0,762497	-0,522344	-0,220941	0,322360	-0,871053	0,201021
EA	0,587260	0,358963	0,618062	0,579468	0,230115	0,683368
TSO	0,914108	-0,218172	0,101641	0,572745	-0,583921	0,473836
TF	0,892263	0,240282	-0,093990	0,860060	-0,300973	0,180036
MSR	0,785464	0,391539	0,056199	0,842869	-0,071049	0,240699
MSH	0,900315	0,324141	0,011911	0,899889	-0,198058	0,258357
MST	0,900511	0,339669	0,183890	0,908303	-0,183653	0,260556
CR	0,788324	-0,437334	-0,292160	0,404613	-0,847660	0,125833
CH	-0,320598	0,482057	-0,403127	0,098945	0,366920	-0,594352
CT	0,679472	0,062514	-0,392122	0,633226	-0,450816	-0,123044

Continua...

..continuação

EM	0,518790	-0,185081	0,629135	0,198913	-0,147616	0,798656
IVE	-0,404549	-0,629872	0,497076	-0,772323	-0,078891	0,452521
CH EM	0,749310	-0,278767	0,065485	0,412595	-0,562350	0,396221

## Caserta

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
G	0,693511	-0,002530	-0,533808	0,235119	0,121311	-0,834216
PC	0,897704	0,190283	0,079148	-0,711433	0,387545	-0,438197
EA	-0,370666	0,515014	0,589793	-0,056725	0,452011	0,736856
TSO	0,802677	-0,085795	-0,510071	0,352236	0,065585	-0,885128
TF	0,741407	-0,584112	0,155930	0,796251	-0,396883	-0,351644
MSR	0,900429	-0,113573	0,158616	0,823741	0,096566	-0,401194
MSH	0,346904	0,851957	0,029646	0,110532	0,907792	-0,103675
MST	0,231793	0,904163	-0,044339	-0,033938	0,929219	-0,092766
CR	0,657951	0,356651	0,276632	0,602842	0,507481	-0,125175
CH	-0,563550	-0,021212	-0,441410	-0,695079	-0,168986	-0,034499
CT	0,274952	0,193824	0,193257	0,287652	0,259921	0,014546
EM	0,419015	0,253769	-0,600635	-0,073400	0,306749	-0,707992
IVE	-0,404898	0,466513	-0,424909	-0,663464	0,341872	-0,071155
CH EM	0,855770	-0,112700	0,309052	0,875940	0,095778	-0,253204

## Menina Brasileira

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
G	0,720409	-0,538782	0,211831	0,389925	-0,801582	0,244073
PC	0,710578	-0,593821	0,149843	0,326538	-0,851035	0,221604
EA	-0,132106	0,491272	0,415528	0,335118	0,546145	0,144515
TSO	0,803503	-0,382754	-0,106774	0,362805	-0,810982	-0,119155
TF	0,891009	0,224615	0,091917	0,803925	-0,365322	-0,270261
MSR	0,714251	0,363109	0,236930	0,809730	-0,118027	-0,168952
MSH	0,844763	0,334248	0,304743	0,926491	-0,205016	-0,133395
MST	0,848552	0,346879	0,303773	0,934560	-0,198163	-0,141319
CR	0,155521	0,890735	-0,045351	0,498668	0,558169	-0,509636
CH	0,427677	0,361615	-0,764902	0,096806	-0,174289	-0,926822
CT	0,355956	0,468714	-0,645274	0,152829	-0,021743	-0,859619
EM	-0,719016	0,332068	0,433254	-0,160388	0,796623	0,393230
IVE	-0,715999	0,244396	0,236001	-0,296929	0,683262	0,270308
CH EM	0,507260	0,197294	0,314724	0,620715	-0,094953	0,031380



Pelo estudo das comunalidades (Tabela 14), as variáveis que mais foram explicadas pelo modelo fatorial foram: a temperatura subótima, o teste de frio, as massas secas de raiz, de hipocótilo e total, além dos comprimentos de raiz e total (para o cultivar Caravela), primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, temperatura subótima, teste de frio, massas secas de hipocótilo e total e comprimento de raiz (para o cultivar De Tronco), primeira contagem de germinação, temperatura subótima, teste de frio, massas secas de hipocótilo, de raiz e total, além do comprimento do hipocótilo na emergência (para o cultivar Caserta) e germinação, primeira contagem de germinação, temperatura sub-ótima, teste de frio, massas secas de hipocótilo e total, e os comprimentos de raiz e de hipocótilo, além da emergência (para o cultivar Menina Brasileira). A variável temperatura sub-ótima, selecionada na análise de regressão múltipla, apresentou elevado valor para comunalidade, mostrando que grande parte da variação desta foi explicada pelos fatores. As variáveis com maior coeficiente de correlação na análise de trilha, também apresentaram boa explicação de sua variação, confirmando os resultados obtidos para as análises anteriores. Os valores recomendados de comunalidades diferem entre os autores, sendo que Cruz (2006) cita que o valor mínimo deve ser de 0,64, o qual corresponde a um coeficiente de correlação de 0,80. Já Hair et al. (2005) consideram suficiente uma comunalidade de que explique pelo menos 60 % da variação em cada variável. Considerando qualquer uma das classificações, poucas variáveis apresentaram valores abaixo do mínimo no presente estudo.

**Tabela 14 - Comunalidades para as variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de envelhecimento acelerado (EA), temperatura subótima (TSO), teste de frio (TF), massa seca de raiz (MSR), de hipocótilo (MSH) e de total de plântula (MST), comprimento de raiz (CR), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento total de plântula (CT), emergência em areia aos sete dias (EM7), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento do hipocótilo na emergência (CHEM) para sementes de abóbora dos cultivares Caravela, De Tronco, Caserta e Menina Brasileira. Santa Maria, RS, 2010.**

Variáveis	Comunalidades			
	Caravela	De Tronco	Caserta	Menina Brasileira
G	0,705328	0,755105	0,765914	0,854148
PC	0,609439	0,903059	0,848345	0,879997
EA	0,428642	0,855729	0,750489	0,431463
TSO	0,875400	0,893523	0,911824	0,803519
TF	0,903976	0,862702	0,915186	0,852798
MSR	0,882236	0,773413	0,848830	0,698139
MSH	0,938488	0,915777	0,847052	0,918213
MST	0,930216	0,926633	0,873205	0,932644
CR	0,812427	0,898073	0,636625	0,819653
CH	0,436269	0,497674	0,512882	0,898749
CT	0,825687	0,619351	0,150515	0,762776
EM	0,421860	0,699208	0,600735	0,814963
IVE	0,711984	0,807482	0,562124	0,628081
CH EM	0,768109	0,643465	0,840557	0,395289

## 5. CONCLUSÕES

A percentagem de plântulas normais obtidas pelo teste de envelhecimento acelerado é a variável mais adequada para prever a emergência de plântulas de trigo, tanto em lotes de baixa quanto de alta qualidade fisiológica. Para as variáveis da plântula, o comprimento de raiz e a massa seca de parte aérea foram as mais correlacionadas com a emergência de plântulas para o subote de alta qualidade fisiológica. Para o subote de baixa qualidade nenhuma variável apresentou boa relação com a emergência de plântulas.

Para a cultura da abóbora, a percentagem de plântulas normais obtida no teste de temperatura subótima foi a variável mais adequada para prever a emergência de plântulas da cultura. Para as variáveis da plântula nenhuma variável apresentou boa relação com a emergência de plântulas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.T.V.N. et al. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p. 195-198, 2005.

AMARAL, A.S.; PESKE, S.T. Testes para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n. 1, p. 12-15, 2000.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. (Contribution 32), 1983. 93p.

ÁVILA, M.R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005.

BARROS, D.I. et al. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n.2, p. 12-16, 2002.

BEZERRA NETO, F.V. et al. Análise biométrica de linhagens de abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.3, p. 378-380, 2006.

BHERING, M.C. et al. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n.2, p. 1-6, 2003.

BHERING, M.C. et al. Avaliação do vigor de sementes de melão pelo teste de deterioração controlada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 125-129, 2004.

BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 161-168, 2007.

BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, v. 37, n. 3, p. 185-191, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNAD/CLAV, 1992. 365p.

CARGNIN, A. et al. Tolerância ao estresse de calor em genótipos de trigo na fase de germinação. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 245-251, 2006.

CARVALHO, S.P. **Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade**. 1995. 163 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

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

CASAROLI, D. et al. O teste de frio sem solo em sementes de abóbora. **Ciência Rural**, v. 6, n. 36, 2006. p. 1923-1926.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos: terceiro levantamento**. Brasília, Dezembro/ 2008, 2008. 37p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES, versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285 p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 2. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C.D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 1. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DELOUCHE, J.C.; CARDWELL, W.P. Seed vigor and vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 50, n. 1, p. 124-129, 1960.

DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M. **Teste de germinação a baixa temperatura**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. de B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.7, p.1-4.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário – ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a agricultura, 1997. 258p.

FANAN, S. et al. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006.

FAO. Faostat agriculture data for 2002, agriculture production, primary crops. Food and agriculture organization of United Nations, Rome. Disponível em: <http://apps.fao.org> Acesso em: 27 de outubro de 2009.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 2ª edição, Viçosa-MG, Editora UFV, 2003.

GULLO, S.D. **Cultura do trigo**. Boletim técnico, n.2, 2005. Disponível em: <[www.fertiouroverde.com.br](http://www.fertiouroverde.com.br)>. Acessado em: 10 de setembro de 2009.

HAIR, J.F. et al. **Estatística Multivariada**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

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

HÖFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta a qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas**. 2009. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acessado em: 30 de abril de 2009.

International Seed Testing Association (ISTA). **Handbook of vigour test methods**. Zurich, Switzerland, 1981. 72 p.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 47, p. 177-182, 1957.

JOHNSON, R.A.; WICHERNS, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Upper Saddle River, 1998. 642p.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Potencial fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.107-113, 2007.

KUREK, A.J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.

LI, C.C. **Path analysis – a primer**. Boxwood: Pacific Grove, 1975. 346p.

LIMA, T.C.; MEDINA, P.F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

LOPES, J.F. I Simpósio Brasileiro de cucurbitáceas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, 1991.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

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

MALONE, P.F.V.A.; VILLELA, F.A.; MAUCH, C.R. Potencial fisiológico de sementes de mogango e desempenho das plantas no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.2, p. 123-129, 2008.

MARCOS FILHO, J. EM. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994, p. 133-150.

MUNIZ, M.F.B. et al. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de melão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p. 144-149, 2004.

PANOBIANCO, M. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate**. 2000. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

PASQUALETTO, A. et al. Produção de frutos de abóbora híbrida pela aplicação de 2,4-d nas flores. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, n.1, p. 23-27, 2001.

PEREIRA W. 1999. **Recomendações para a frutificação da abóbora híbrida tipo Tetsukabuto**: uso de polinizadores e reguladores de crescimento de plantas. Brasília: Embrapa Hortaliças. 8 p. (Comunicado Técnico 12).

PERRY, D.A. Seed vigour and field establishment. **Horticultural Abstract**, v.42, p. 334-342, 1972.

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

ROCHA, D.V.; TOMAZINI NETO, R. **Implantação de uma lavoura de abóbora com rotação de cultura, sob pivô central, no noroeste mineiro**. Boletim técnico. Brasília: UPIS Faculdades Integradas, 2006. Disponível em: <http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia>. Acesso em: 20 de junho de 2009.

RODO, A.B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.29-38, 1998a.

\_\_\_\_\_ Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.23-28, 1998b.

SOUZA, M.F. et al. Tamanho de amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.2, p.123-128, 2002.

TORRES, S.B. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate pelo teste de estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 653-657, 1998.

WOODSTOCK, L.W. Seedling growth as a measure of seed vigor. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, v. 34, p. 273-280, 1969.

WRIGTH, S. Correlation and causation. **Journal of Agriculture Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.



WRIGHT, S. The theory of path coefficients – a replay to Niles' criticism. **Genetics**, v.8, p. 239-255, 1923.