

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE SEMENTES**



**Dissertação**

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO EM**  
**TEMPERATURAS SUBÓTIMAS**

**Neander Teixeira Silveira**

**Pelotas – Rio Grande do Sul – Brasil**

**Maio de 2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE SEMENTES**

**Neander Teixeira Silveira**

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO EM**  
**TEMPERATURAS SUBÓTIMAS**

Dissertação apresentada por **Neander Teixeira Silveira** ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, sob orientação do Professor Dr. Francisco Amaral Villela, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

**Pelotas – Rio Grande do Sul – Brasil**

**Maio de 2011**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Francisco Amaral Villela, Orientador**

**Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch**

**Dr. Irajá Ferreira Antunes**

**Dr. Geri Meneghello**

## **Dados de catalogação na fonte:**

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

S587c Silveira, Neander Teixeira

Comportamento de genótipos de feijão em temperaturas subótimas / Neander Teixeira Silveira ; orientador Francisco Amaral Villela. - Pelotas, 2011. 40f. ; il..- Dissertação ( Mestrado ) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1. Phaseolus vulgarisL. 2.Adaptabilidade 3.Estabilidade  
4.Estresse térmico I. Villela, Francisco Amaral(orientador) II  
.Título.

CDD 635.652

## **AGRADECIMENTOS**

*Ao Dr. Francisco Amaral Villela pela orientação.*

*Ao Dr. Irajá Ferreira Antunes pela amizade, e colaboração em minha vida profissional e pessoal.*

*A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.*

*À Professora Dra. Clause Fátima de Brum Piana pelo auxílio nas análises estatísticas.*

*Aos amigos Dr. Gilberto Beviláqua, Pablo Cadore, Claiton Eicholz, Leonel Guerreiro Mendes, Verônica Schinagl, Lucas Marcolin, Clarissa Zambiasi, Guilherme Fiss e todos aqueles que por questão de espaço não posso citar, pela companhia e ajuda incansável nesta caminhada.*

*Aos Professores do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, em especial ao Professor Dr. Silmar Teichert Peske, pela contribuição em minha vida profissional.*

*A todos os funcionários da Embrapa Clima Temperado e do Laboratório Didático de Análise de Sementes da UFPEL pela disposição incessante em colaborar com o trabalho.*

*Em especial a minha mãe Vergília Iguineia Teixeira Silveira e ao meu pai Gilberto Silveira, ao meu irmão Gilver Teixeira Silveira e a minha noiva Cláudia Lidiane Carvalho da Cunha pelo amor, compreensão e carinho. Amo todos vocês.*

*A todos aqueles que acompanharam, apoiaram e contribuíram com críticas neste trabalho, meu muito obrigado.*

## Sumário

Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. Feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	3
2.2. Temperaturas subótimas na germinação .....	5
3. Material e métodos .....	8
4. Resultados e discussão.....	16
4.1. Experimentos Individuais de temperatura .....	16
4.2. Análise de variância conjunta .....	18
4.3. Análise de estabilidade .....	20
4.3.1. Índices ambientais .....	20
4.3.2. Parâmetros de estabilidade .....	25
5. Conclusões .....	35
6. Referências Bibliográficas .....	36
7. Anexo .....	40

## Lista de Tabelas

TABELA 1. Identificação dos genótipos e caracterização da qualidade fisiológica representada pelas variáveis índice de velocidade de emergência (IVE), emergência em campo (EC) e germinação em laboratório (GL). Pelotas, 2011. ....	8
TABELA 2. Quadrado médio do erro (QM do erro) e coeficiente de variação (CV%) dos experimentos conduzidos para avaliação das variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSRA), relação entre fitomassa seca de parte aérea e raiz (RELFMSRAPA) e relação entre o comprimento da parte aérea e da raiz (RELCPARA). Pelotas, 2011.....	17
TABELA 3. Graus de liberdade e quadrado médio da análise conjunta das variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSRA), relação entre fitomassa seca de parte aérea e raiz (RELFMSRAPA) e relação entre o comprimento da parte aérea e da raiz (RELCPARA). Pelotas, 2011. ....	19
TABELA 4. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) do comprimento da parte aérea (CPA) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.....	20
TABELA 5. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) do comprimento da raiz (CR) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011. ....	21
TABELA 6. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) da germinação (GER) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011. ....	21
TABELA 7. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) do índice de velocidade de germinação (IVG) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011. ...	22
TABELA 8. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) da fitomassa seca de parte aérea (FMSPA) por planta em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.	23
TABELA 9. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) da fitomassa seca de raiz (FMSRA), em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011. ....	23
TABELA 10. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) da relação entre fitomassa seca de parte aérea e fitomassa seca de raiz (RELFMSPARA) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.....	24
TABELA 11. Média e índice ambiental ( $I_J$ ) da relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (RELCPARA), em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011. ....	25

TABELA 12. Média de comprimento de parte aérea (CPA) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011. .... 26

TABELA 13. Média de comprimento de raiz (CR) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011. .... 27

TABELA 14. Média de germinação de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011. .... 28

TABELA 15. Média de índice de velocidade de germinação (IVG) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011..... 29

TABELA 16. Fitomassa seca média da parte aérea (FMSPA,  $\text{mg.planta}^{-1}$ ) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011..... 30

TABELA 17. Média da fitomassa seca de raiz (FMSRA,  $\text{mg.planta}^{-1}$ ) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011..... 31

TABELA 18. Média da relação entre fitomassa seca de parte aérea e matéria seca de raiz (RELFMSPARA,  $\text{mg.planta}^{-1}$ ) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011. .... 32

TABELA 19. Média da relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (RELCPARA) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011. ....	33
---	----

### **Lista de Figuras**

FIGURA 1. Vista geral das parcelas do experimento de emergência em campo para seleção de materiais. Pelotas, 2011. ....	11
---	----

# COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO EM TEMPERATURAS SUBÓTIMAS

**Autor:** Neander Teixeira Silveira

**Orientador:** Dr. Francisco Amaral Villela

**RESUMO** – A cultura do feijão está sujeita a ocorrência de temperaturas subótimas na fase de estabelecimento em campo no estado do Rio Grande do Sul, podendo resultar em falhas no estande, conseqüentemente, prejuízo para o produtor. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho fisiológico de genótipos de feijão expostos a diferentes níveis de temperaturas subótimas e estudar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos ao serem submetidos a decréscimos sucessivos de temperatura. As variáveis utilizadas foram fitomassa seca de parte aérea, fitomassa seca de raiz, relação entre fitomassa da parte aérea e de raiz, comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, relação entre comprimento da parte aérea e de raiz, germinação, índice de velocidade de germinação e emergência em campo. Os ensaios foram conduzidos em câmara B.O.D., em delineamento blocos ao acaso. A análise de variância foi realizada para cada temperatura e a análise conjunta de variância para cada variável. Foram determinados os índices ambientais e os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade dos genótipos para cada variável. Os índices ambientais constituem-se em adequado indicativo do efeito do ambiente sobre genótipos de feijão. Existem genótipos adaptados a baixas temperaturas, revelados pelas pronunciadas diferenças de adaptabilidade e estabilidade entre genótipos. A redução sucessiva de temperatura afeta negativamente a porcentagem e a velocidade de germinação e o crescimento inicial das plântulas de feijão dos genótipos testados. A fitomassa seca das partes aérea e radicular permite identificar os efeitos negativos da temperatura subótima em genótipos de feijão em níveis superiores do fator temperatura quando comparadas com as demais variáveis.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., adaptabilidade, estabilidade, estresse térmico

## BEHAVIOR OF BEAN GENOTYPES AT SUBOPTIMAL TEMPERATURES

**Author:** Neander Teixeira Silveira

**Advisor:** Dr. Francisco Amaral Villela

**ABSTRACT** – The bean crop is subjected to the occurrence of suboptimal temperatures during the field establishment in the state of Rio Grande do Sul, which can result in delays and stand failures, with consequent losses to the farmer. So, the purpose of this study was to test the general behavior of a group of 10 strains in the launch phase and three commercial cultivars when submitted to successive decreases in temperature. Moreover, aimed to test the adaptability and stability of each genotype. The variables used were the dry weight of the aerial part, dry weight of root, the relation between the aerial part and root, root length, aerial part length, relation between aerial part length and root, germination and speed index of germination. The trials were conducted in B.O.D., with randomized block design. The variance analysis was performed for each of the temperatures of each variables and conjoint analysis of variance for each variable. It was calculated the environmental indexes and the parameters of genotypes adaptability and stability in each of the variables. The successive decrease in temperature negatively affects the germination, the germination speed, the dry matter accumulation in aerial part and the length of aerial part and root of the genotypes tested. There is interaction between genotypes and temperatures. The variables dry matter of aerial part and root have identified negative effects of temperature beforehand, and the germination was less sensitive. The genotypes tested showed differences in the adaptability and stability. The L6 genotype proved to be predictable in all the analysis, being identified as promising for unfavorable environments regarding to growth of aerial part, root and dry matter accumulation of root and aerial part.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L., adaptability, stability, temperature stress

## 1. INTRODUÇÃO

A população brasileira tem como uma de suas principais fontes de proteínas, senão a principal, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que se apresenta como produto de maior significado em termos de segurança alimentar.

Conseqüência da reduzida significância do mercado internacional, associada ao baixo consumo em países situados fora do continente americano, a participação da iniciativa privada em lançamentos de cultivares ainda é inexpressiva. Não se registrou aumento nesta participação nem mesmo após a promulgação da Lei de número 9.456, de 25 de abril de 1997, conhecida como Lei de Proteção de Cultivares, a qual serviria de estímulo ao desenvolvimento de novas cultivares pelo setor privado. Assim, a continuidade do aporte tecnológico ao setor produtivo de feijão depende de instituições públicas de pesquisa (ANTUNES et al., 2008).

A produção caracteriza-se, sobretudo, pelo cultivo em unidades familiares, sendo em geral comercializado o excedente da produção. Estas unidades são responsáveis por 67% da produção nacional de feijão (CONAB, 2006). Sua importância não é apenas econômica, mas principalmente social, conforme pode ser visualizado pela situação encontrada na Região Sul, onde o feijão envolve um número expressivo de famílias na sua produção. A região é responsável pela produção de mais de 50% do total consumido nacionalmente.

No Brasil, com a finalidade de diminuir riscos climáticos, foi desenvolvido um zoneamento agrícola que identifica os períodos e os locais favoráveis para o cultivo de feijão. Baseia-se no clima e nas interações com as cultivares, sendo a temperatura predominante no período de semeadura um dos aspectos observados a partir de cartas de temperatura, o que acaba por delimitar as regiões que admitem semeaduras precoces (CEPEF, 2007). Esta prática torna-se interessante sob o viés econômico, visando colheitas antecipadas, as quais permitem a obtenção de melhores preços na comercialização. Um passo nesta direção seria prever a colheita no mês de novembro, pois conforme FERREIRA et al. (2002), é o que apresenta segundo menor percentual de área colhida. O menor percentual é registrado no mês de outubro.

Pelo zoneamento, dos 492 municípios onde o cultivo de feijão é recomendado no Rio Grande do Sul, aproximadamente 26% apresentam

características de clima que permitiriam a semeadura na primeira quinzena de agosto (CEPEF, 2007). Contudo, dentre outros exemplos, pode-se citar o descrito por ZABOT (2007), em Santa Maria, em que temperaturas subótimas para o estabelecimento do feijão são encontradas no período indicado para semeadura. No município de Pelotas, apesar de o período recomendado para semeadura iniciar na segunda quinzena de setembro, a temperatura do solo gramado à profundidade de até 10 cm é, em média de 16°C (EMBRAPA, 2009), o que evidencia um avanço do período de frio sobre a estação de cultivo.

Em situações como estas, a germinação constitui-se em uma fase crítica para o estabelecimento da cultura. A limitação deve-se não somente à lentidão do processo de germinação (SIQUEIRA, 1995), mas também ao aumento do número de plântulas anormais e sementes mortas. Em um cenário onde os custos de produção são crescentes, a redução no estande de plantas e a diminuição do potencial competitivo frente a plantas invasoras com a conseqüente necessidade de correção do número de sementes na semeadura, podem comprometer o retorno do investimento por parte do produtor.

A semente de cada espécie e respectivas cultivares tem temperaturas mínima e ótima de germinação (NEDEL, 2003). Uma variação de 7°C a 10°C na temperatura mínima de germinação de sementes de feijão foi registrada por ROEGGEN (1987).

A variação da temperatura em campo e a interação com outros fatores climáticos limitam a condução de trabalhos de pesquisa neste ambiente, sendo preferível a avaliação dos genótipos em condições controladas. Em um programa de melhoramento onde o número de linhagens em teste é grande e a disponibilidade de sementes é reduzida, a existência de um método que possibilite a identificação dos genótipos com maior tolerância a estresses desta natureza assume grande importância.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho fisiológico de genótipos de feijão expostos a decréscimos sucessivos de temperatura, e estudar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos ao serem submetidos a decréscimos sucessivos de temperatura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

No Brasil, o cultivo do feijão está distribuído por todo o território nacional e segundo COSTA e VIEIRA (2000), apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional, sendo relativamente alto o conteúdo protéico e elevado o teor de lisina que possuem efeito complementar às proteínas dos cereais. Nas camadas da população de baixa renda tem sido considerada a principal fonte de proteínas e segunda fonte de carboidratos (ANTUNES e SILVEIRA, 2000).

Segundo dados da CONAB (2011), a área atual cultivada com a espécie no país é de aproximadamente 3,6 milhões de hectares. Contudo, a cultura vem perdendo espaço ano após ano, evidenciado pela área ocupada na safra de 1981/82, de 6,1 milhões de hectares. No Rio Grande do Sul, este decréscimo ocorreu em proporções semelhantes, sendo a área atual de 106 mil hectares, valor 2,3 vezes menor do que os 248 mil hectares da safra 1996/97. A produção nacional tem se mantido com relativa estabilidade, apresentando média de 2,75 milhões de toneladas, com acréscimo nos últimos três anos, chegando às atuais 3,6 milhões de toneladas. Esta estabilidade de produção, sobretudo no estado do Rio Grande do Sul, foi conseguida através de aumentos sucessivos da média de produtividade. No caso do Rio Grande do Sul este número saltou de 370 kg.ha<sup>-1</sup> no ano agrícola de 1986 para 910 kg.ha<sup>-1</sup> em 2010.

Dentre as causas prováveis para este aumento de produtividade está o desenvolvimento de novas cultivares por órgãos de pesquisa, com a concomitante difusão por parte da extensão rural e adoção de práticas agrícolas eficazes. De acordo com ANTUNES et al. (2008), o setor público tem se apresentado como fundamental no aprimoramento tecnológico e conseqüentemente, nos possíveis ganhos econômicos que possam ter ocorrido. Mesmo após a promulgação da lei 9.456 de 1997, conhecida como Lei de Proteção de Cultivares, a qual teria como um dos objetivos o incentivo ao aumento do investimento da iniciativa privada em pesquisa, o número de cultivares para a produção de grãos secos lançadas por instituições públicas é

de 9,2 vezes maior que o número de cultivares lançadas por instituições privadas.

O cultivo de feijão no Brasil ocorre, praticamente, durante todo o ano, preferencialmente, em unidades familiares, sendo em geral comercializado o excedente da produção. Em regiões onde não ocorre impedimento climático é cultivado em três épocas denominadas, respectivamente, de feijão “das águas”, “da seca” e “de inverno”. De acordo com MAEDA e MENDONÇA (1990), o cultivo em várias épocas do ano deve-se ao fato do feijão não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo, todavia é necessário que não ocorram limitações de temperatura e água. Entretanto, no estado do Rio Grande do Sul, a ocorrência de temperaturas baixas durante a semeadura ou no período de floração limita o cultivo em duas épocas, denominadas safra, cujo período de semeadura pode variar de agosto a dezembro e safrinha, de janeiro a fevereiro.

O mercado de feijão caracteriza-se por notável volatilidade de preço, o que torna necessário desenvolver estratégias de comercialização vinculadas à produção. Deste modo, visto que o mês de novembro apresenta o segundo menor percentual médio do índice de colheita de feijão no país (FERREIRA et al., 2002), é interessante que colheitas precoces sejam buscadas, a fim de que melhores preços sejam atingidos.

O feijão é suscetível a variações climáticas. As temperaturas do ar muito baixas ou muito altas, durante os estádios vegetativo e reprodutivo, e chuvas, principalmente na colheita, são elementos climáticos que influenciam na escolha das melhores regiões e definem as épocas de semeadura mais adequadas (STONE e SARTORATO, 1994).

Uma das fases mais importantes da cultura do feijão em condições de campo é precisamente a germinação de sementes. O processo de germinação somente inicia em condições de umidade e temperatura satisfatórias, e a limitação da disponibilidade de água ou baixas temperaturas no solo durante esse período freqüentemente determinam o insucesso da implantação da cultura com grandes prejuízos para a produtividade.

O efeito da temperatura na germinação de cultivares de feijão tem sido destacado por ROEGGEN (1987), HUCL e CAN (1993), ZAITER (1994) e OTUBO (1996). As conclusões delineadas destas investigações foram que cultivares de feijão podem ter diferentes reações à temperatura, além disto, a

germinação de sementes de feijão sob temperatura subótima tem sido fortemente influenciada pelo genótipo, ocorrendo considerável variabilidade em relação à tolerância ao frio.

## **2.2. Temperaturas subótimas na germinação**

A temperatura atua sobre a velocidade de absorção de água e também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo. Em consequência, afeta tanto a velocidade e a uniformidade da germinação, a qual só ocorre dentro de determinados limites de temperatura, nos quais existe uma temperatura ótima, ou faixa de temperaturas, na qual o processo ocorre com a máxima eficiência (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Geralmente, três pontos críticos podem ser observados: temperatura mínima e máxima, que são aquelas abaixo e acima das quais não ocorre germinação, e a temperatura ótima, aquela na qual o número máximo de sementes germina em um período de tempo mínimo (FLOSS, 2004). A temperatura ótima situa-se, para a maioria das espécies cultivadas entre 20 e 30°C. Algumas apresentam limites mais amplos porque as cultivares podem exibir exigências distintas. As temperaturas máximas situam-se entre 35 e 40°C e as mínimas são geralmente inferiores a 15°C; as espécies adaptadas a climas mais frios, como beterraba, centeio, cevada, trigo, suportam melhor as baixas temperaturas (MARCOS FILHO, 2005).

Tomando-se como exemplo o município de Pelotas, pode-se observar no Anexo I a ocorrência de temperaturas abaixo da ótima nos meses de agosto, setembro e outubro, meses referentes a época recomendada para semeadura da cultura no estado do Rio Grande do Sul. Segundo MARCOS FILHO (2005), a variação de temperatura afeta a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação, sendo, portanto considerada ótima a temperatura que possibilita a combinação mais eficiente entre a porcentagem e a velocidade de germinação. Temperaturas inferiores a 12°C reduzem de forma acentuada a taxa e a velocidade de germinação das sementes de feijão e contribuem para o aumento do número de plântulas anormais.

Em milho, a baixa temperatura do solo na semeadura retarda a germinação, diminui a mobilização de reservas e a velocidade de emergência.

Além disso, a lentidão na germinação predispõe a semente e a plântula a uma menor resistência às condições ambientais adversas, restringe a absorção de nutrientes do solo, bem como ao ataque de patógenos, principalmente fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phyitium* e *Macrophomina* (MAGALHÃES e DURÃES, 2005).

Trabalhando com sementes de arroz, CRUZ et al. (2000) verificaram que a temperatura é um fator imprevisível e, por isso, os efeitos negativos de sua ocorrência são de difícil controle em nível de manejo, o que torna a tolerância genética das cultivares extremamente importante para estabilizar o rendimento de grãos nas áreas sujeitas à ocorrência de baixas temperaturas, sendo a tolerância ao frio altamente desejável em genótipos de arroz para o cultivo no sul do País.

Submetendo as cultivares de grãos pretos, Uirapuru e BRS Valente, a temperaturas que variaram de 10°C a 30°C em intervalos de 5°C, ZABOT (2007) concluiu que temperaturas baixas prejudicam a germinação e alongação do hipocótilo, com maiores efeitos sobre a cultivar Uirapuru. Para ambas as cultivares o ponto de crescimento máximo foi aos 25°C.

Na determinação da variabilidade em cultivares de arroz de diferentes origens, FREITAS (2005) utilizando mesa termogradiente regulada em 10°C, 13°C e 16°C, encontrou materiais de maior tolerância à germinação nestas condições. Observa-se a alternância daqueles que atingiram valores superiores a média mais um desvio padrão nas diferentes temperaturas, evidenciando efeito de interação entre genótipo e temperatura.

Ao avaliar a eficiência do teste de frio como teste de vigor em sementes de feijão, utilizando um intervalo de temperaturas de 10 a 30°C, em progressão aritmética com razão de 5°C, ZABOT (2007) concluiu que o vigor das sementes, bem como sua origem influenciam o desempenho em baixas temperaturas. Além disso, constatou que o teste que apresenta maior correlação com o teste de frio é o índice de velocidade de germinação. Este fator deve ser considerado no momento da escolha de sementes para a experimentação com diferentes níveis do fator temperatura, sobretudo se estes estiverem situados na faixa subótima.

Na avaliação de genótipos de milho quanto ao acúmulo de fitomassa de raiz e parte aérea, comprimento de raiz e parte aérea, germinação e índice de

velocidade de germinação a 25°C e 10°C, CRUZ et al. (2007) constataram que os materiais sofrem reduções nos valores de todas as variáveis analisadas. Entretanto, estas reduções foram menos drásticas em 7 dos 19 genótipos testados. Além disso, observaram também a existência de interação entre as temperaturas e os genótipos.

A existência de interação em estudos de tolerância a baixas temperaturas indica que cultivares que apresentaram desempenho superior em uma determinada temperatura podem não ter apresentado desempenho similar em outra. Este comportamento permite que estudos de estabilidade e adaptabilidade sejam realizados, como proposto por EBERHART e RUSSEL (1966), de modo a identificar aqueles genótipos de melhor desempenho em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Além disto, permite identificar aqueles de comportamento previsível em situações desta natureza, caracterizado por reduções no desempenho à medida que a temperatura decresce.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas – RS. Foram utilizadas 10 linhagens de diferentes centros de pesquisa, identificadas com a letra L e três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), conforme apresentado na Tabela 1. Tanto as linhagens quanto as cultivares foram provenientes do ensaio de valor de cultivo e uso (VCU), composto por 30 genótipos conduzido no município de Sobradinho – RS, na safra 2008/09. As sementes foram beneficiadas manualmente, removendo-se material inerte e sementes visualmente danificadas. As sementes foram armazenadas em câmara fria a 10°C durante o período de realização dos testes.

**TABELA 1.** Identificação dos genótipos e caracterização da qualidade fisiológica representada pelas variáveis índice de velocidade de emergência (IVE), emergência em campo (EC) e germinação em laboratório (GL). Pelotas, 2011.

Genótipo	Grupo Comercial	IVE	EC (%)	GL (%)
L1	Carioca	23,76 A	96 A	98 A
L2	Preto	24,38 A	98 A	99 A
L3	Carioca	24,20 A	98 A	98 A
L4	Preto	22,39 A	92 A	98 A
L5	Carioca	23,79 A	96 A	98 A
L6	Preto	23,02 A	94 A	96 A
L7	Preto	23,84 A	96 A	95 A
L8	Preto	24,58 A	99 A	98 A
L9	Preto	23,31 A	94 A	96 A
L10	Preto	22,34 A	91 A	95 A
GUAPO BRILHANTE	Preto	23,60 A	95 A	97 A
CARIOCA	Carioca	23,03 A	93 A	99 A
PÉROLA	Carioca	22,71 A	93 A	99 A
<b>CV (%)</b>	<b>-</b>	<b>3,61</b>	<b>3,49</b>	<b>2,95</b>

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

A seleção dos genótipos cujos lotes de sementes apresentassem similaridade quanto à qualidade fisiológica foi baseada no teste de germinação conduzido em rolo de papel a temperatura constante de 25°C, conforme

BRASIL (2009) e no teste de emergência em campo, conduzido em duas épocas. Foram selecionados os genótipos cujos valores de germinação, emergência e índice de velocidade de emergência não diferissem entre si. A seguir, os genótipos selecionados foram testados em seis níveis de temperatura (25°C, 22°C, 19°C, 16°C, 13°C e 10°C).

**Teste de germinação (GER)** - foram utilizadas quatro repetições, sendo a parcela composta por quatro rolos de 25 sementes por genótipo. Foi feita a desinfestação superficial das sementes pela imersão em solução de hipoclorito, pelo período de um minuto. Após, as sementes foram lavadas em água corrente. O delineamento experimental empregado foi inteiramente ao acaso. Foram semeadas sobre duas folhas de papel de germinação, embebidas em água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Em seguida, foi colocada mais uma folha de Papel Germitest® sobre as sementes. Realizou-se uma contagem aos cinco dias, retirando-se apenas as plântulas normais e outra aos nove dias, realizando a classificação em plântulas normais, anormais e sementes mortas. A apresentação dos resultados foi feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (BRASIL, 2009).

**Índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi constituído por quatro repetições. O delineamento experimental empregado foi blocos casualizados, empregando duas câmaras. A parcela foi constituída por quatro rolos de 50 sementes de cada genótipo. A desinfestação superficial das sementes foi realizada por imersão em solução de hipoclorito pelo período de um minuto. Após, as sementes foram lavadas em água corrente. A semeadura foi feita em rolo de papel umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram levados a câmaras de germinação reguladas para fotoperíodo de 12 horas e temperatura constante de 25°C, 22°C, 19°C, 16°C, 13°C e 10°C. Computaram-se as plântulas que apresentaram comprimento de hipocótilo igual ou superior a 20 mm, medidos com régua graduada em mm. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado registrando-se diariamente o número de sementes germinadas e calculado pela fórmula proposta por MAGUIRE (1962).

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

Sendo:

IVG - Índice de velocidade de germinação.

$G_1$ ,  $G_2$  e  $G_n$  - número de plântulas normais computadas na primeira, segunda e última contagem.

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  - número de dias após a implantação do teste.

O período de duração do teste variou de acordo com o nível do fator temperatura. O teste realizado na temperatura de 25°C durou quatro dias, sendo o que apresentou menor tempo de duração. Em contraponto, o teste realizado na temperatura de 10°C prolongou-se por 21 dias, sendo o de maior duração.

**Emergência em campo (EC)** - nos testes as parcelas foram constituídas de uma linha de 100 cm de comprimento, espaçadas em 20 cm, com utilização de 50 sementes por linha. A profundidade média de semeadura utilizada foi de 4 cm. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com três repetições. Foram conduzidos dois testes, sendo que o primeiro teste teve o objetivo de selecionar preliminarmente aqueles genótipos que diferissem quanto aos parâmetros testados. O segundo serviu para ratificar a efetividade da seleção, conforme mostrado na Figura 1.

Diariamente, sempre no mesmo horário, foi determinado o número de plântulas emergidas por parcela, até atingir valor constante, e determinado o índice de velocidade de emergência (IVE) e o percentual de plântulas emergidas, segundo metodologia descrita por VIERA e CARVALHO (1994). Buscou-se selecionar aqueles que não apresentassem diferença significativa quanto aos dois parâmetros. A temperatura média diária durante o período de experimento foi de 22°C, determinada com termômetro digital de máxima e mínima.



**FIGURA 1.** Vista geral das parcelas do experimento de emergência em campo para seleção de materiais. Pelotas, 2011.

**Comprimento de plântulas (CP)** - utilizou-se o método adaptado de NAKAGAWA (1999) e RIBEIRO (2008), empregando-se quatro repetições. A parcela foi constituída por quatro rolos de 10 sementes. O delineamento experimental empregado foi blocos casualizados, utilizando duas câmaras. Uma linha foi traçada a dois centímetros da borda superior do papel de germinação na direção longitudinal, com o intuito de proporcionar a mesma dificuldade de germinação a todas as sementes. O papel foi umedecido previamente com água destilada com quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel.

A desinfestação superficial das sementes foi realizada por imersão em solução de hipoclorito, pelo período de um minuto, lavando-as a seguir em água corrente. As sementes foram posicionadas de forma que a micrópila estivesse voltada para a parte superior do papel e o hilo apontado para o lado esquerdo. Os rolos foram suportados por um copo de Poli Tereftalato de Etila (PET) coberto por sacos de polietileno e posicionados verticalmente em câmara B.O.D. por nove dias em cada um dos níveis de temperatura. O nono dia foi escolhido visto tratar-se da última contagem da germinação. As medidas que caracterizaram a parte aérea foram feitas da zona de diferenciação até a extremidade da plúmula ou folha primária desenvolvida, caso existente. O

comprimento da raiz correspondeu à medida resultante desde a zona de diferenciação até extremidade da raiz primária. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros.

**Fitomassa seca de raiz e parte aérea (FMSRA e FMSPA)** - foram avaliadas as plântulas obtidas a partir dos testes de comprimento de parte aérea e radícula eliminando os cotilédones em todos os níveis de temperatura. As plântulas tiveram a parte aérea separada da raiz. Após a separação, as frações foram separadamente acondicionadas em sacos de papel, identificadas, e levadas à estufa com circulação de ar. As plântulas foram mantidas à temperatura de 60°C até que sua massa alcançasse valor constante, o que ocorreu após um período de 24 horas. Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,0001 g, e os resultados médios expressos em mg por plântula.

**Relação parte aérea e raiz (RELCPARA e RELFMSPARA)** - os valores foram obtidos pela razão entre a medida do comprimento da parte aérea e o comprimento de raiz (RELCPARA). De maneira similar, foi feita a razão entre a fitomassa seca de parte aérea e de raiz (RELFMSPARA).

**Método de EBERHART e RUSSEL (1966)** - para avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos em relação aos diferentes ambientes utilizou-se o método proposto por EBERHART e RUSSEL (1966), calculado com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2006). O método é baseado numa análise de regressão linear simples, sendo efeito do ambiente a variável independente e a produtividade média de cada genótipo, em cada ambiente, a variável dependente. Os parâmetros coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ) e a média da variável em questão ( $\mu$ ) estimam a adaptabilidade do genótipo. A variância dos desvios da regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) mede a estabilidade de cada genótipo. Em estudos desta natureza, o emprego do termo adaptabilidade refere-se a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente.

No que tange a adaptabilidade, as seguintes classes podem ser criadas: adaptabilidade geral ou ampla, constituída por aqueles genótipos com  $\beta_i = 1$ ;

adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, formada por genótipos com  $\beta_i$  maior que 1 e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis que compreende aqueles com  $\beta_i$  menor que 1. O cálculo foi efetuado pelas fórmulas:

$$\beta_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

Sendo:

$Y_{ij}$  é a média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) e

$$I_j = \frac{\sum_i Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ng}$$

$I_j$ : índice ambiental no ambiente  $j$

$$\sigma^2_{di} = \frac{\left[ \sum_j Y^2_{ij} - \left( \sum_j Y_{ij} \right)^2 / n \right] - \left( \sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{n - 2}$$

$\sigma^2_{di}$ : variância dos desvios de regressão

O conceito de estabilidade faz referência à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo de ambiente. Avaliada pelo componente de variância atribuído aos desvios da regressão ( $\sigma^2_{di}$ ), sendo que os genótipos com estabilidade ou previsibilidade alta apresentam  $\sigma^2_{di}$  igual a 0 e genótipos com estabilidade ou previsibilidade baixa alcançam  $\sigma^2_{di}$  maior que 0.

Para a análise da variável produtividade, segundo este método são considerados ideais aqueles genótipos que apresentam média alta, coeficiente de regressão igual a 1,0 e desvios de regressão tão pequenos quanto possível. Contudo, a interpretação sofre alterações se empregada em estudos de investigação de tolerância a frio, como no caso em questão. Nesta situação, torna-se interessante a verificação daqueles com coeficientes de regressão significativos menores do que 1, buscando o melhor desempenho em ambientes desfavoráveis. Os genótipos que atendem os requisitos para serem considerados "ideais" em termos de adaptabilidade e estabilidade são

interpretados como aqueles capazes de responder positivamente a estímulos ambientais e apresentar comportamento previsível, com desvios de regressão não significativos.

O método de EBERHART e RUSSELL (1966), segundo VENCOVSKY e BARRIGA (1992) tem sido usado com sucesso em diversas espécies cultivadas, tais como, aveia, arroz de sequeiro, trigo, soja, feijão, sorgo, milho e mandioca. Além disso, este método é o mais indicado para um número pequeno de ambientes. O seguinte modelo de regressão linear é adotado:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i I_j + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Sendo :

$Y_{ij}$ : rendimento médio observado do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\mu$ : média esperada do genótipo  $i$  no conjunto dos ambientes;

$\beta_i$ : taxa de resposta esperada do genótipo  $i$ ;

$I_j$ : índice de ambiente, definido como a diferença entre o rendimento médio de todos os genótipos no ambiente  $j$  e o rendimento médio geral dos genótipos nos  $a$  ambientes:

$$I_j = Y_{.j} - Y_{..};$$

$\varepsilon_{ij}$ : resíduo da regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\sigma_{ij}$ : desvio entre o efeito da interação genótipo x ambiente e seu componente sistemático atribuível à relação linear simples com o índice de ambiente.

**Correção dos graus de liberdade em análise de variância conjunta COCHRAN (1954)** - a análise da variância para cada um dos experimentos foi realizada separadamente. Em seguida, foi testada a existência de quadrados médios residuais semelhantes. Para execução da análise de variância conjunta é necessária a existência de homogeneidade de variância do erro entre os diferentes ambientes. Empregou-se para tal o teste de Hartley, que consiste na razão entre a menor e a maior variância. O valor encontrado, denominado  $F$  máximo, foi comparado com o valor tabelado (RAMALHO, 2000). Constatada a heterogeneidade da variância do erro, empregou-se o método descrito por

PIMENTEL GOMES (1990), sendo então ajustados os graus de liberdade. As fórmulas empregadas foram:

$$\mathbf{n}_r = \frac{(\sum s_i^2)^2}{\sum \frac{s_i^4}{n_i}}$$

Sendo:

$n_r$ : número de graus de liberdade do resíduo

$s_i^2$ : quadrado médio do resíduo

$n_i$ : graus de liberdade da interação entre genótipo e temperatura

$$\mathbf{V}_1 = \frac{\sum s_i^2}{e}$$

Sendo:

$e$ : número de experimentos

$s_i^2$ : quadrado médio do resíduo

$$\mathbf{V}_2 = \frac{\sum (s_i^2)^2}{e}$$

Sendo:

$e$ : número de experimentos

$s_i^2$ : quadrado médio do resíduo

$$\mathbf{n}_{ct} = \frac{(n-1)(e-1)^2(V_1)^2}{(e-2)V_2 + V_1^2}$$

Sendo:

$n_{ct}$ : número de graus de liberdade da interação genótipo e temperatura

$n$ : número de tratamentos

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Experimentos individuais de temperatura**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de quadrado médio e coeficiente de variação para as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSRA), relação de fitomassa seca entre parte aérea e raiz (RELFMSPARA) e relação entre comprimento da parte aérea e raiz (RELCPARA), respectivamente. Em todos os casos, correspondem a avaliação de 13 genótipos. Os dados submetidos à análise de variância individual revelaram heterogeneidade de variância entre os experimentos para as variáveis CPA, FMSPA, FMSRA e IVG. Para estes, a razão máxima entre o quadrado médio do resíduo de maior e o de menor valor extrapolou os valores permitidos, conforme proposto por RAMALHO (2000). Assim, foram corrigidos os graus de liberdade pelo método de COCHRAN (1954) e descrito por PIMENTEL GOMES (1974).

Os coeficientes de variação apontam precisão satisfatória dos experimentos, considerando-se aqueles com coeficiente de variação inferior a 20%. A exceção foram aqueles encontrados nos experimentos à temperatura de 10°C para CPA, FMSPA e RELFMSPARA, com valores de 25,1%, 25,88% e 20,38%, respectivamente e na temperatura de 22°C para FMSRA e FMSPA, com valores respectivos de 20,43% e 20,69%.

**TABELA 2.** Quadrado médio do erro (QM do erro) e coeficiente de variação (CV%) dos experimentos conduzidos para avaliação das variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSRA), relação entre fitomassa seca de parte aérea e raiz (RELFMSRAPA) e relação entre o comprimento da parte aérea e da raiz (RELCPARA). Pelotas, 2011.

Temp. (°C)	CPA		CR		GER		IVG		FMSPA		FMSRA		RELMSPARA		RELCPARA	
	QM do erro	CV (%)														
10	0,020	25,10	0,026	11,05	-	-	0,010	3,42	0,110	25,88	0,330	15,34	0,005	20,38	0,01	25,83
13	0,010	4,38	0,060	8,97	10,63	10,73	0,051	4,20	1,824	19,71	0,261	15,62	0,091	15,67	0,02	16,50
16	0,227	13,00	0,113	5,86	11,79	3,86	0,079	3,98	0,216	5,33	0,726	17,45	0,081	15,64	0,007	13,32
19	0,545	10,49	0,144	5,07	8,231	3,05	0,082	3,24	2,734	10,54	0,811	9,52	0,008	5,49	0,01	12,97
22	0,749	7,39	0,056	2,45	7,154	2,77	0,204	3,52	78,507	20,69	10,547	20,43	0,043	7,74	0,009	7,85
25	0,589	4,85	0,123	3,35	2,41	1,59	0,033	1,31	65,244	12,37	7,550	13,43	0,074	8,39	0,01	8,22

#### **4.2. Análise de variância conjunta**

A tabela 3 revela que para as variáveis CPA, CR, GER, IVG, FMSPA, FMSRA, RELFMSPARA e RELCPARA, respectivamente, o efeito de genótipos, temperaturas e da interação entre ambas foi significativo. Na referida tabela também são apresentados os graus de liberdade e quadrados médios corrigidos. A ocorrência de interação significativa torna interessante a determinação da adaptabilidade e estabilidade. A ocorrência de interação entre genótipos e temperaturas subótimas em arroz e milho também foram verificadas por FREITAS (2005) e CRUZ et al. (2007).

**TABELA 3.** Graus de liberdade e quadrado médio da análise conjunta das variáveis comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSRA), relação entre fitomassa seca de parte aérea e raiz (RELFMSRAPA) e relação entre o comprimento da parte aérea e da raiz (RELCPARA). Pelotas, 2011.

Fontes de variação	CPA		CR		GER		IVG		FMSPA		FMSRA		RELFMSPARA		RELCPARA	
	GL (¹)	QM (²)	GL	QM (²)	GL	QM (¹)	GL (¹)	QM (²)	GL (¹)	QM (²)	GL (¹)	QM (²)	GL (¹)	QM (²)	GL (¹)	QM (²)
Cultivar	12	2,58*	12	2,849*	12	555,7*	12	2,87*	12	116,1*	12	20,01*	12	0,86	12	0,13*
Temperatura	5	1815*	5	691,2*	5	74942*	5	958,2*	5	32959*	5	2642,52*	5	49,86	5	7,07*
Bloco/Temperatura	6	0,073 <sup>ns</sup>	6	7,783*	X	x	6	0,10 <sup>ns</sup>	6	1485*	6	209,59*	6	0,12	6	0,34*
Cultivar x Temperatura	60(40)	2,28*	60	1,686*	60	661,3*	60 (39)	1,29*	60(24)	134,4*	60 (27)	26,76*	60	0,15	60	0,04*
Resíduo	228(219)	0,37	228	0,087*	234	14,73	228(216)	0,08	228(127)	44,45	228 (145)	5,30	228	0,05	228	0,01
<b>Média</b>	<b>6,84</b>		<b>4,71</b>		<b>74</b>		<b>8,49</b>		<b>23,44</b>		<b>9,63</b>		<b>1,95</b>		<b>0,92</b>	
<b>CV(%)</b>	<b>8,72</b>		<b>6,26</b>		<b>5,18</b>		<b>3,24</b>		<b>21,23</b>		<b>19,06</b>		<b>11,54</b>		<b>12,35</b>	

(¹) Valores entre parênteses referem-se aos graus de liberdade ajustados da fonte de variação

(²) \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> = não significativo

### 4.3. Análise de estabilidade

#### 4.3.1. Índices ambientais

Para a variável comprimento da parte aérea (Tabela 4), as reduções relativas à temperatura de 25°C proporcionadas pelas subseqüentes reduções de temperatura foram da ordem de 25,1%, 55,5%, 76,8%, 85,5% e 96,4% nas temperaturas de 22°C, 19°C, 16°C, 13°C, e 10°C, respectivamente. Segundo ZABOT (2007), a cultivar BRS Valente apresentou parte aérea inferior a 1 cm a 10°C e atingiu o comprimento máximo na temperatura de 25°C. Drástica redução no coleótilo de plântulas de arroz foram observadas a 13°C por MERTZ et al. (2009). Os índices ambientais foram negativos a partir dos 16°C até os 10°C, sendo estes ambientes classificados como desfavoráveis ao crescimento de parte aérea, visto que o índice foi negativo.

**TABELA 4.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) do comprimento da parte aérea (CPA) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média CPA (cm)	Índice ( $I_j$ )
25	15,82	8,97
22	11,7	4,86
19	7,03	0,19
16	3,66	-3,18
13	2,28	-4,56
10	0,56	-6,28

Observou-se tendência de decréscimo da média de comprimento de raiz (Tabela 5) à medida que a temperatura decresceu. As reduções proporcionadas pelas temperaturas de 22°C, 19°C, 16°C, 13°C e 10°C foram de 7,5%, 28,4%, 45,2%, 73,8%, e 85,9%, respectivamente. Reduções semelhantes foram observadas por ZABOT (2007) para as cultivares BRS Valente e Uirapuru, chegando a 87,5% em média para as duas cultivares a 10°C. Os resultados obtidos assemelham-se aos alcançados por CRUZ et al. (2007), em milho, os quais apontaram uma tendência de decréscimo no comprimento da raiz, chegando aos valores mínimos na temperatura de 10°C. Os índices apontam como favoráveis ao crescimento radicular os ambientes

representados pelas temperaturas de 25°C, 22°C e 19°C e como desfavoráveis 16°C, 13°C e 10°C.

**TABELA 5.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) do comprimento da raiz (CR) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média CR (cm)	Índice ( $I_j$ )
25	10,46	4,2
22	9,68	3,41
19	7,49	1,23
16	5,73	-0,53
13	2,74	-3,52
10	1,47	-4,79

A variável germinação (Tabela 6) mostrou baixa sensibilidade para a identificação de ambientes desfavoráveis, sendo caracterizadas como tal as temperaturas de 13°C e 10°C. Reduções acentuadas foram registradas a partir de 16°C, não havendo germinação a 10°C. Estes valores divergem daqueles encontrados por ZAITER (1994), os quais descrevem percentuais de germinação de até 91,7% para as cultivares testadas na temperatura de 10°C. Esta discrepância pode ter ocorrido em virtude de diferenças quanto ao critério de avaliação, uma vez que os mesmos consideraram germinadas as sementes que originaram plântulas que atingiram 1 mm de radícula em relação à superfície do tegumento, enquanto neste trabalho consideraram-se germinadas as sementes que resultaram em uma plântula normal, com radícula, pelos radiculares, hipocótilo e plúmula.

**TABELA 6.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) da germinação (GER) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média (%)	Índice ( $I_j$ )
25	97,46	23,4
22	96,42	22,36
19	94,11	20,05
16	89,08	15,01
13	67,31	-6,76
10	0	-74,06

Foram observados decréscimos sucessivos da ordem de 8,1%, 36,8%, 49,3%, 62% e 79,1%, nas temperaturas de 22°C, 19°C, 16°C, 13°C e 10°C, respectivamente, nos índices ambientais referentes à variável índice de

velocidade de germinação (Tabela 7). Em sementes de feijão de grão preto, cultivares Uirapuru e BRS Valente, testando temperaturas que variaram dos 30°C aos 10°C, ZABOT (2007) constatou reduções semelhantes. Os ambientes desfavoráveis para o índice de velocidade de germinação foram aqueles com temperaturas de 16°C, 13°C e 10°C. Em sementes de arroz, MERTZ et al. (2009) observaram redução acentuada na velocidade de germinação, até mesmo nas cultivares mais tolerantes, concluindo que no estágio de germinação, os sintomas de danos pelo frio mais comumente observados são o atraso e a diminuição na porcentagem de germinação.

**TABELA 7.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) do índice de velocidade de germinação (IVG) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média IVG	Índice ( $I_j$ )
25	13,97	5,48
22	12,82	4,34
19	8,82	0,34
16	7,07	-1,41
13	5,30	-3,18
10	2,91	-5,57

À medida que a temperatura diminuiu a fitomassa seca da parte aérea sofreu reduções (Tabela 8), de 34,3% a 22°C, sendo mais drástica na temperatura de 19°C (75,9%). Nas temperaturas de 16°C, 13°C e 10°C foram de 86,6%, 89,5% e 98%, respectivamente. Os índices ambientais caracterizam como desfavoráveis temperaturas entre 19°C e 10°C. Avaliações baseadas no acúmulo de fitomassa seca mostraram maior sensibilidade na identificação de ambientes desfavoráveis, pois índices negativos foram encontrados já na temperatura de 19°C. Face ao fato, devem ser preferidas em estudos de tolerância ao frio.

**TABELA 8.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) da fitomassa seca de parte aérea (FMSPA) por planta em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média MSPA (mg.planta <sup>-1</sup> )	Índice ( $I_j$ )
25	65,28	41,84
22	42,83	19,39
19	15,68	-7,76
16	8,73	-14,71
13	6,85	-16,59
10	1,28	-22,16

Da mesma forma que para relação entre fitomassa seca de parte aérea e fitomassa seca de raiz, a fitomassa seca de raiz (Tabela 9) foi fortemente influenciada pela temperatura. Em relação ao acúmulo de fitomassa seca na parte aérea a 25°C, houve decréscimo de 22,3%, 53,5%, 76,1%, 81,6% e 83,9%, nas temperaturas de 22°C, 19°C, 16°C, 13°C e 10°C, respectivamente. Temperaturas inferiores a 19°C até 10°C foram consideradas desfavoráveis, e seus índices ambientais foram diminuindo à medida que a temperatura decresceu. Estes valores foram divergentes dos encontrados por ZABOT (2007) que, ao considerar os cotilédones na mensuração da parte aérea, encontrou valores maiores para esta variável na temperatura de 10°C.

**TABELA 9.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) da fitomassa seca de raiz (FMSRA), em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média MSRA (mg.planta <sup>-1</sup> )	Índice ( $I_j$ )
25	20,46	10,84
22	15,89	6,26
19	9,51	-0,12
16	4,88	-4,75
13	3,75	-5,88
10	3,29	-6,34

A relação entre fitomassa seca de parte aérea e fitomassa seca de raiz (Tabela 10) apresentou decréscimos com a redução da temperatura. Observa-se que em relação à temperatura de 25°C, houve diminuição de 17,6% na temperatura de 22°C. Nas temperaturas de 19°C, 16°C, e 13°C, a relação foi mantida em média de 1,8, resultando em redução média de 44,3%. Apesar de haver reduções nos acúmulos de fitomassa seca na parte aérea e na raiz, a

proporção de ambos não se alterou. Entretanto, na temperatura de 10°C houve redução acentuada, resultado de maior acúmulo de fitomassa seca na raiz. Nesta temperatura, a redução foi máxima e chegou a 88,7%. A diminuição da temperatura dificulta a absorção de água por sementes e plântulas de leguminosas (CARVALHO et al., 2009). Esta condição pode aumentar a concentração de ácido abscísico, exercendo forte efeito positivo no crescimento de raiz, por suprimir a produção de etileno e sutil efeito negativo no crescimento da parte aérea, o que aumenta a razão de raiz em relação à parte aérea (TAIZ e ZIEGER, 2004).

Em relação aos índices ambientais ( $I_j$ ), excetuando-se as temperaturas de 25 e 22°C, as demais podem ser consideradas desfavoráveis para os genótipos em teste, visto que o rendimento médio em cada uma foi inferior ao rendimento médio dos genótipos em todos os ambientes, resultando em índices negativos.

**TABELA 10.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) da relação entre fitomassa seca de parte aérea e fitomassa seca de raiz (RELFMSPARA) em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

Temperatura (°C)	Média RELMSPARA	Índice ( $I_j$ )
25	3,24	1,29
22	2,67	0,72
19	1,66	-0,27
16	1,82	-0,12
13	1,92	-0,02
10	0,36	-1,58

Para a relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (Tabela 11), o decréscimo de temperatura provocou aumento do percentual de raiz em relação a parte aérea. Este comportamento também foi observada por CRUZ et al (2007), em milho. Comportamento similar foi encontrado na avaliação da relação entre fitomassa seca de partes aérea e raiz e para ambas as variáveis pode ter havido as mesmas causas. A temperatura de 10°C proporcionou maior proporção média de raiz em relação à parte aérea. Observa-se para as variáveis CPA e CR que proporcionalmente a redução foi maior para CPA, o que explica a redução do índice.

**TABELA 11.** Média e índice ambiental ( $I_j$ ) da relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (RELCPARA), em cada uma das temperaturas testadas. Pelotas, 2011.

<b>Temperatura (%)</b>	<b>Média RELCPARA</b>	<b>Índice (<math>I_j</math>)</b>
25	1,4	0,49
22	1,22	0,3
19	0,95	0,03
16	0,65	-0,27
13	0,89	-0,02
10	0,39	-0,53

#### **4.3.2. Parâmetros de estabilidade**

A análise dos dados da Tabela 12 permite afirmar que maioria dos genótipos atende aos requisitos de estabilidade, ou seja, à medida que o ambiente apresenta melhoria de condições, o comprimento de parte aérea também aumenta. Ainda, não foram encontrados desvios de regressão significativos, evidenciando a previsibilidade de comportamento dos genótipos nestas condições. O genótipo L6 ( $\beta_i = 0,8721$ ) apresentou maior capacidade de crescimento de parte aérea em ambientes desfavoráveis. Além disso, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) demonstram a eficiência das análises conduzidas.

**TABELA 12.** Média de comprimento de parte aérea (CPA) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	6,946	0,946 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	99,040
L2	7,413	1,074 <sup>ns</sup>	-0,149 <sup>ns</sup>	99,558
L3	6,729	1,025 <sup>ns</sup>	-0,143 <sup>ns</sup>	99,503
L4	6,592	1,089 <sup>ns</sup>	0,173 <sup>ns</sup>	98,959
L5	6,775	1,016 <sup>ns</sup>	-0,309 <sup>ns</sup>	99,862
L6	6,746	0,872 <sup>*</sup>	-0,102 <sup>ns</sup>	99,194
L7	6,613	0,96 <sup>ns</sup>	-0,229 <sup>ns</sup>	99,645
L8	7,242	1,04 <sup>ns</sup>	-0,016 <sup>ns</sup>	99,252
L9	7,379	1,071 <sup>ns</sup>	-0,271 <sup>ns</sup>	99,799
L10	7,008	1,054 <sup>ns</sup>	-0,124 <sup>ns</sup>	99,491
PÉROLA	6,558	0,964 <sup>ns</sup>	-0,343 <sup>ns</sup>	99,929
G. BRILHANTE	6,563	0,912 <sup>ns</sup>	-0,235 <sup>ns</sup>	99,624
CARIOCA	6,421	0,977 <sup>ns</sup>	0,169 <sup>ns</sup>	98,719
<b>Média geral</b>	<b>6,844</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; <sup>\*</sup> significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Em relação ao comprimento de raiz (Tabela 13), os genótipos L2, L3, L4, Pérola, Carioca e L9 atenderam aos critérios de adaptabilidade ( $\beta_i = 1$ ) e estabilidade ( $\sigma^2_{di} = 0$ ), respondendo positivamente a estímulos de ambiente e apresentando comportamento previsível, com exceção dos genótipos L2 e Carioca, cujo  $\sigma^2_{di}$  foi significativo. Os genótipos L1 ( $\beta_i = 0,8234$ ), Guapo Brilhante ( $\beta_i = 0,8357$ ), L6 ( $\beta_i = 0,8595$ ) e L7 ( $\beta_i = 0,9255$ ) demonstraram tolerância a ambientes desfavoráveis. Contudo, os genótipos Guapo Brilhante, e L7 mostraram imprevisibilidade de comportamento, caracterizada pelo  $\sigma^2_{di}$  diferindo significativamente de zero, o que é indesejável. Os genótipos L5 ( $\beta_i = 1,1681$ ) e L10 ( $\beta_i = 1,1779$ ) apresentaram as maiores médias, respectivamente e, além disso, demonstraram desempenho superior em ambientes favoráveis,

mas pouca previsibilidade de comportamento. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram altos para todos os genótipos.

**TABELA 13.** Média de comprimento de raiz (CR) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

<b>Genótipo</b>	<b>Média</b>	<b><math>\beta_i^1</math></b>	<b><math>\sigma^2_{di}^2</math></b>	<b><math>R^2</math> (%)</b>
L1	5,842	0,823*	0,018 <sup>ns</sup>	99,072
L2	6,104	1,021ns	0,161*	98,59
L3	6,242	1,062 ns	-0,077 <sup>ns</sup>	99,947
L4	5,983	1,013ns	0,037 <sup>ns</sup>	99,272
L5	6,942	1,168*	0,208*	98,713
L6	5,888	0,859*	0,036 <sup>ns</sup>	99,002
L7	6,354	0,925*	0,383*	96,800
L8	6,892	1,103*	0,17*	98,745
L9	6,088	0,9901ns	0,015 <sup>ns</sup>	99,374
L10	6,463	1,178*	0,204*	98,753
PÉROLA	6,129	0,958ns	-0,067 <sup>ns</sup>	99,867
G. BRILHANTE	6,092	0,836*	0,815*	92,795
CARIOCA	6,404	1,062ns	0,553*	96,696
<b>Média geral</b>	<b>6,263</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; \* : significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Quanto à germinação (Tabela 14), os genótipos L5 e L6 responderam positivamente a estímulos de ambiente e apresentaram comportamento previsível. Os demais genótipos apresentaram imprevisibilidade de comportamento, visto que o  $\sigma^2_{di}$  diferiu significativamente de zero. Os coeficientes de determinação baixos para os genótipos L1 e para L2 conferem menor grau de precisão às análises referentes a estes genótipos, enquanto os demais apresentaram bons níveis de precisão.

**TABELA 14.** Média de germinação de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	65	1,075 <sup>ns</sup>	852,232*	70,604
L2	66	1,056 <sup>ns</sup>	541,659*	78,297
L3	72	1,031 <sup>ns</sup>	76,167*	95,464
L4	78	0,996 <sup>ns</sup>	54,255*	96,286
L5	75	1,008 <sup>ns</sup>	-13,058 <sup>ns</sup>	99,909
L6	72	0,997 <sup>ns</sup>	4,880 <sup>ns</sup>	98,917
L7	77	0,973 <sup>ns</sup>	65,005*	95,536
L8	80	0,998 <sup>ns</sup>	137,939*	92,154
L9	78	0,984 <sup>ns</sup>	65,408*	95,609
L10	76	0,931 <sup>ns</sup>	249,993*	85,510
PÉROLA	78	0,980 <sup>ns</sup>	123,088*	92,626
G. BRILHANTE	76	0,976 <sup>ns</sup>	63,152*	95,658
CARIOCA	70	0,994 <sup>ns</sup>	38,210*	97,117
<b>Média geral</b>	<b>74</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; \*, <sup>†</sup> significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; \*, <sup>†</sup> significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Em termos de índice de velocidade de germinação (Tabela 15), os genótipos L2, L4, L5, L6, L7, L10 e PÉROLA atenderam os requisitos de estabilidade e adaptabilidade. Os genótipos Carioca e L3 apresentaram maior velocidade de germinação em ambientes favoráveis, não sendo recomendável sua utilização para situações de baixa temperatura. O genótipo L1 mostrou-se promissor para ambientes desfavoráveis, contudo, sua baixa previsibilidade torna inadequado seu uso em situações de declínio sucessivo de temperatura. Os coeficientes de determinação observados conferem uma boa precisão aos experimentos. Estes resultados concordam com os obtidos por ZABOT (2007), o qual registrou valor crescente de IVG com o aumento de temperatura, para ambos genótipos testados. Segundo MARCOS FILHO (2005), o decréscimo da temperatura exerce efeitos negativos sobre a velocidade de embebição e de

mobilização de reservas, o que provoca decréscimo acentuado na velocidade de germinação.

**TABELA 15.** Média de índice de velocidade de germinação (IVG) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	8,634	0,942*	0,154*	98,869
L2	8,959	1,038 <sup>ns</sup>	0,081 <sup>ns</sup>	99,355
L3	8,382	1,073*	-0,059 <sup>ns</sup>	99,923
L4	8,338	0,981 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	99,216
L5	8,607	0,986 <sup>ns</sup>	0,094 <sup>ns</sup>	99,230
L6	8,413	0,946 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	99,663
L7	8,513	1,024 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	99,628
L8	9,138	0,944 <sup>ns</sup>	0,296**	98,219
L9	8,711	0,969 <sup>ns</sup>	0,198**	98,731
L10	8,169	1,011 <sup>ns</sup>	0,084 <sup>ns</sup>	99,31
PÉROLA	7,781	1,056 <sup>ns</sup>	-0,053 <sup>ns</sup>	99,896
G. BRILHANTE	8,421	0,952 <sup>ns</sup>	0,505**	97,276
CARIOCA	8,236	1,076*	0,060 <sup>ns</sup>	99,478
<b>Média geral</b>	<b>8,485</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; \* : significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; \* : significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Quanto ao acúmulo de fitomassa seca na parte aérea (Tabela 16), os genótipos L6 e Guapo Brilhante mostraram-se promissores para ambientes desfavoráveis. Os demais não apresentaram significância para  $\beta_i$  e  $\sigma^2_{di}$ , mostrando tendência de crescimento dos valores de FMSPA frente aos estímulos ambientais, bem como previsibilidade de comportamento. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mostraram boa precisão das análises executadas.

**TABELA 16.** Fitomassa seca média da parte aérea (FMSPA, mg.planta<sup>-1</sup>) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	26,975	1,139 <sup>ns</sup>	-19,512 <sup>ns</sup>	99,491
L2	24,051	1,019 <sup>ns</sup>	-23,814 <sup>ns</sup>	99,884
L3	23,922	1,021 <sup>ns</sup>	-23,874 <sup>ns</sup>	99,891
L4	22,241	1,045 <sup>ns</sup>	-11,658 <sup>ns</sup>	98,506
L5	22,286	0,915 <sup>ns</sup>	-5,048 <sup>ns</sup>	97,115
L6	20,640	0,827 <sup>*</sup>	-24,352 <sup>ns</sup>	99,922
L7	20,894	0,849 <sup>ns</sup>	-23,473 <sup>ns</sup>	99,773
L8	24,134	1,033 <sup>ns</sup>	-13,246 <sup>ns</sup>	98,654
L9	25,831	1,075 <sup>ns</sup>	-23,307 <sup>ns</sup>	99,840
L10	23,485	0,989 <sup>ns</sup>	-19,761 <sup>ns</sup>	99,358
PÉROLA	25,911	1,135 <sup>ns</sup>	-24,427 <sup>ns</sup>	99,966
G. BRILHANTE	19,701	0,791 <sup>*</sup>	-24,211 <sup>ns</sup>	99,887
CARIOCA	24,689	1,161 <sup>ns</sup>	-21,049 <sup>ns</sup>	99,652
<b>Média geral</b>	<b>21,655</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; <sup>\*</sup> : significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

No que tange à fitomassa seca acumulada na raiz (Tabela 17), os genótipos identificados como promissores em ambientes desfavoráveis foram Guapo Brilhante, L6 e L7. Para ambientes favoráveis, os genótipos destacados foram Carioca e L3, sendo suas médias as maiores dentre os genótipos testados. Os coeficientes de determinação observados mantiveram-se altos, demonstrando boa precisão das análises. Para a temperatura de 10°C, CRUZ et al. (2007) encontraram genótipos de milho com maior capacidade de acúmulo de fitomassa seca de raiz e parte aérea em baixa temperatura, contudo, para a parte aérea apenas um genótipo destacou-se, enquanto que para a raiz, o número de genótipos encontrados foi de 8, dentre eles o que atingiu a maior média de acúmulo de fitomassa seca de parte aérea.

**TABELA 17.** Média da fitomassa seca de raiz (FMSRA, mg.planta<sup>-1</sup>) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	8,931	0,893 <sup>ns</sup>	-2,599 <sup>ns</sup>	98,496
L2	9,335	0,968 <sup>ns</sup>	-2,748 <sup>ns</sup>	98,961
L3	11,089	1,247 <sup>*</sup>	-2,847 <sup>ns</sup>	99,470
L4	9,795	1,209 <sup>ns</sup>	-2,499 <sup>ns</sup>	99,068
L5	10,353	1,050 <sup>ns</sup>	-,045 <sup>ns</sup>	95,466
L6	8,586	0,760 <sup>*</sup>	-2,967 <sup>ns</sup>	98,907
L7	8,440	0,732 <sup>*</sup>	-2,579 <sup>ns</sup>	97,721
L8	9,858	0,834 <sup>ns</sup>	-2,621 <sup>ns</sup>	98,334
L9	9,573	1,093 <sup>ns</sup>	-2,629 <sup>ns</sup>	99,029
L10	9,612	1,016 <sup>ns</sup>	-1,621 <sup>ns</sup>	97,399
PÉROLA	10,487	1,066 <sup>ns</sup>	-2,774 <sup>ns</sup>	99,177
G. BRILHANTE	8,259	0,759 <sup>*</sup>	-1,937 <sup>ns</sup>	96,225
CARIOCA	10,885	1,370 <sup>*</sup>	-,899 <sup>ns</sup>	97,968
<b>Média geral</b>	<b>9,631</b>			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; <sup>\*</sup> : significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

A análise da adaptabilidade e estabilidade da variável fitomassa seca de parte aérea e matéria seca de raiz (Tabela 18) revelou que o genótipo Guapo Brilhante tende a preservar maiores valores, sendo identificado como promissor para ambientes desfavoráveis. A mesma análise indica que o genótipo L1 é recomendado para ambientes favoráveis. Todos os genótipos evidenciaram previsibilidade de comportamento, uma vez que seus  $\sigma^2_{di}$  não diferem significativamente de zero. Os coeficientes de determinação apresentaram valores altos, demonstrando boa precisão da análise.

**TABELA 18.** Média da relação entre fitomassa seca de parte aérea e matéria seca de raiz (RELFMSPARA, mg.planta<sup>-1</sup>) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	R <sup>2</sup> (%)
L1	2,275	1,2536*	-0,0313 <sup>ns</sup>	98,992
L2	2,017	1,0998 <sup>ns</sup>	-0,0477 <sup>ns</sup>	99,8069
L3	1,715	0,8775 <sup>ns</sup>	-0,0156 <sup>ns</sup>	96,3647
L4	1,637	0,8289 <sup>ns</sup>	-0,0403 <sup>ns</sup>	98,7771
L5	1,826	0,9715 <sup>ns</sup>	-0,0173 <sup>ns</sup>	97,1534
L6	1,9462	1,0201 <sup>ns</sup>	-0,0273 <sup>ns</sup>	98,1802
L7	1,9832	1,1045 <sup>ns</sup>	-0,0192 <sup>ns</sup>	97,9066
L8	1,9779	1,1381 <sup>ns</sup>	-0,0374 <sup>ns</sup>	99,1662
L9	2,2687	0,9318 <sup>ns</sup>	-0,0484 <sup>ns</sup>	99,8032
L10	1,9916	1,0392 <sup>ns</sup>	-0,0343 <sup>ns</sup>	98,7644
PÉROLA	1,9903	1,0749 <sup>ns</sup>	-0,0378 <sup>ns</sup>	99,0928
G. BRILHANTE	1,7401	0,7736*	0,0376 <sup>ns</sup>	89,0682
CARIOCA	1,941	0,8865 <sup>ns</sup>	-0,0296 <sup>ns</sup>	97,8362
<b>Média geral</b>	<b>1,9469</b>			

<sup>1</sup> H<sub>0</sub> =  $\beta_i = 1$ ; \* : significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup> H<sub>0</sub> =  $\sigma^2_{di} = 0$ ; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Na relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (Tabela 19), o genótipo Carioca mostrou-se promissor para ambientes desfavoráveis e L1 para ambientes favoráveis, sendo a média do genótipo nas diferentes temperaturas a segunda maior dentre os demais. Para a temperatura de 10°C, CRUZ et al. (2007) constataram maior desenvolvimento do sistema radicular em relação à parte aérea, alcançando aproximadamente 2/3 do comprimento total da plântula. Na temperatura de 25°C, recomendada para feijão, o desenvolvimento das raízes foi acentuadamente similar ao da parte aérea. Deste modo, consideraram-se genótipos de melhor desempenho aqueles que apresentaram maior relação mesmo sob baixas temperaturas. Os genótipos restantes responderam favoravelmente a estímulos ambientais e

apresentaram previsibilidade dos valores de relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz, em temperaturas decrescentes. Os coeficientes de determinação demonstraram boa precisão dos experimentos.

**TABELA 19.** Média da relação entre o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz (RELCPARA) de 13 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) – coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ), desvio de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação  $R^2$ , avaliados em seis temperaturas. Pelotas, 2011.

Genótipo	Média	$\beta_i^1$	$\sigma^2_{di}^2$	$R^2$ (%)
L1	1,021	1,326*	0,008 <sup>ns</sup>	93,453
L2	0,998	1,132 <sup>ns</sup>	-0,009 <sup>ns</sup>	98,468
L3	0,865	0,919 <sup>ns</sup>	-0,007 <sup>ns</sup>	96,353
L4	0,849	1,124 <sup>ns</sup>	-0,003 <sup>ns</sup>	95,701
L5	0,834	0,937 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	90,460
L6	0,987	0,992 <sup>ns</sup>	-0,001 <sup>ns</sup>	93,526
L7	0,869	1,049 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	91,661
L8	0,877	1,019 <sup>ns</sup>	-0,012 <sup>ns</sup>	99,628
L9	1,059	0,892 <sup>ns</sup>	-0,003 <sup>ns</sup>	92,939
L10	0,918	0,851 <sup>ns</sup>	-0,009 <sup>ns</sup>	97,427
PÉROLA	0,870	0,963 <sup>ns</sup>	-0,012 <sup>ns</sup>	99,522
G. BRILHANTE	0,909	1,063 <sup>ns</sup>	-0,006 <sup>ns</sup>	96,735
CARIOCA	0,879	0,7305*	0,004 <sup>ns</sup>	83,984
<b>Média geral</b>	0,918			

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_i = 1$ ; \* significativo a 5% pelo teste t; <sup>ns</sup>: não significativo

<sup>2</sup>  $H_0 = \sigma^2_{di} = 0$ ; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo

Uma análise geral dos resultados alcançados no presente trabalho permite verificar que o decréscimo sucessivo da temperatura influencia negativamente a porcentagem e a velocidade de germinação, o acúmulo de fitomassa seca na parte aérea e raiz e o comprimento das partes aérea e radicular das plântulas, para os genótipos avaliados.

Por outro lado, verifica-se que os índices ambientais servem adequadamente para indicar os efeitos ambientais sobre o desempenho de

genótipos de feijão. Vale ressaltar que quanto à adaptabilidade e à estabilidade, verificam-se acentuadas variações entre os genótipos de feijão.

Além disto, as câmaras B.O.D. podem ser utilizadas em experimentos com temperaturas subótimas, considerando a precisão baseada no coeficiente de variação.

## 5. CONCLUSÕES

Os índices ambientais constituem-se em adequado indicativo do efeito do ambiente sobre genótipos de feijão.

A redução sucessiva de temperatura afeta negativamente a porcentagem e a velocidade de germinação e o crescimento inicial das plântulas de feijão, dos genótipos testados.

A fitomassa seca das partes aérea e radicular permite identificar em níveis superiores do fator temperatura os efeitos negativos da temperatura subótima em genótipos de feijão.

Existem pronunciadas diferenças de adaptabilidade e estabilidade entre genótipos de feijão.

O genótipo L6 mostra-se previsível nas análises, sendo promissor para ambientes desfavoráveis quanto ao crescimento de parte aérea e de raiz e acúmulo de fitomassa seca de raiz e da parte aérea. O genótipo Guapo Brilhante mostra-se promissor para ambientes desfavoráveis para comprimento de raiz, fitomassa seca das partes aérea e radicular e relação entre fitomassa seca de parte aérea e da raiz.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, I. F. SILVEIRA, E. P. **O feijão no Rio Grande do Sul: commodity e alimento**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul/Embrapa Clima Temperado, 2000. 47p.

ANTUNES, I. F. SILVEIRA, N. T.; SOUZA, E. B.; BEVILAQUA, G. A. P.; **Efeitos da lei de proteção de cultivares sobre o desenvolvimento de cultivares de feijão**. In: XI Congresso Nacional de Feijão - CONAFE, 2008, Campinas. XI Congresso Nacional de Feijão - CONAFE - Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do Feijão, 2008. v. 85. p. 292-295.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. 395p.

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

CEPEF. Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 110p.

CARVALHO, L. F.; SEDIYAMA, C. S, REIS, M. S., DIAS, D. C. F. S., MOREIRA, M. A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 1, p.009-017, 2009.

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, v.2, n.1, p.101-129, 1954.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_01\\_19\\_11\\_03\\_55\\_feijaototalseriehist.xls](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_19_11_03_55_feijaototalseriehist.xls)> **Série histórica da cultura do feijão**. Acesso em 12/02/2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <[www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2levsaf.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2levsaf.pdf)> **Levantamento de Safra**. Acesso em: 13/11/2010.

COSTA, J.G.C.; VIEIRA, N.R.A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: característica da produção**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2000. 75p.

CRUZ, H. L.; FERRARI, C. S.; MENEGHELLO, G. E.; KONFLANZ, V.; ZIMMER, P. D.; VINHOLES, P. S.; CASTRO, M. A. S. Avaliação de genótipos de milho para semeadura precoce sob influência de baixa temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.52-60, 2007.

CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa: Editora UFV. 2006. 382p.

CRUZ, R. P.; MILACH, E. S. C. K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p.909-917, 2000.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**. v.6, p.36-40, 1966.

EMBRAPA.: <[www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim](http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim)> **Boletim Meteorológico**. Acesso em: 15/03/2010.

FERREIRA, C.M. **Comercialização de feijão no Brasil 1990-99**. 2001. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 47p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.

FREITAS, D. A. C. **Desempenho da mesa termogradiante e avaliação de genótipos de arroz tolerante à baixa temperatura**. 2005, 40f, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

HUCL, P.; CAN, J. Effects of temperature and moisture stress on the germination of diverse common bean genotypes. **Plant Science**, Ottawa, v. 73, p. 697-702, 1993.

MAEDA, S.; MENDONÇA, A. L. **Época de semeadura: a cultura do feijão no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA, 1990. p. 39-40.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/clima.htm>> **Cultivo do Milho – ecofisiologia**. Acesso em: 18 ago. 2005.

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

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

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; SOARES, R. C.; BALDIGA, R. F.; PESKE, F. B.; MORAES, D. M. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 31, n. 2, p. 254 – 262, 2009.

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

NEDEL, J. L. Fundamentos da qualidade de sementes, **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. Ed. Universitária, p. 95-138, 2003.

OTUBO, S.T. Genetic control of low temperature tolerance in germination of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 89, p. 313-317, 1996.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 13 ed. São Paulo. Livraria Nobel, 1990. 476p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. 2. ed. Brasília: ABRATES, 1985. 298p.

RAMALHO, M. A. P. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**, UFLA, 2000. 326 p.

RIBEIRO, L. S. **Uso de incubadoras BOD e de produtos fermentados na avaliação e no controle da antracnose do feijão**. 2007. 50f Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ROEGGEN, O. Variation in minimum germination temperature for cultivars of (*Phaseolus vulgaris*), (*Cucumis sativus*) and (*Lycopersicon esculentum*). **Science. Horticultural.**, Amsterdam, v. 33, p. 57-65, 1987.

SIQUEIRA, E. C. Avaliação da embebição e do comportamento da germinação de sementes de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em baixa temperatura. **Ciência e Prática**. Lavras, v.19, n.4, p351-356, 1995.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 83p.

TAIZ L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VAN DOBBEN, W. H.; VAN AST, A.; CORRÉ, W. J. The influence of temperature on morphology and growth rate of bean seedlings. **Acta Bot. Neerl.**, 33: 185-193,1984.

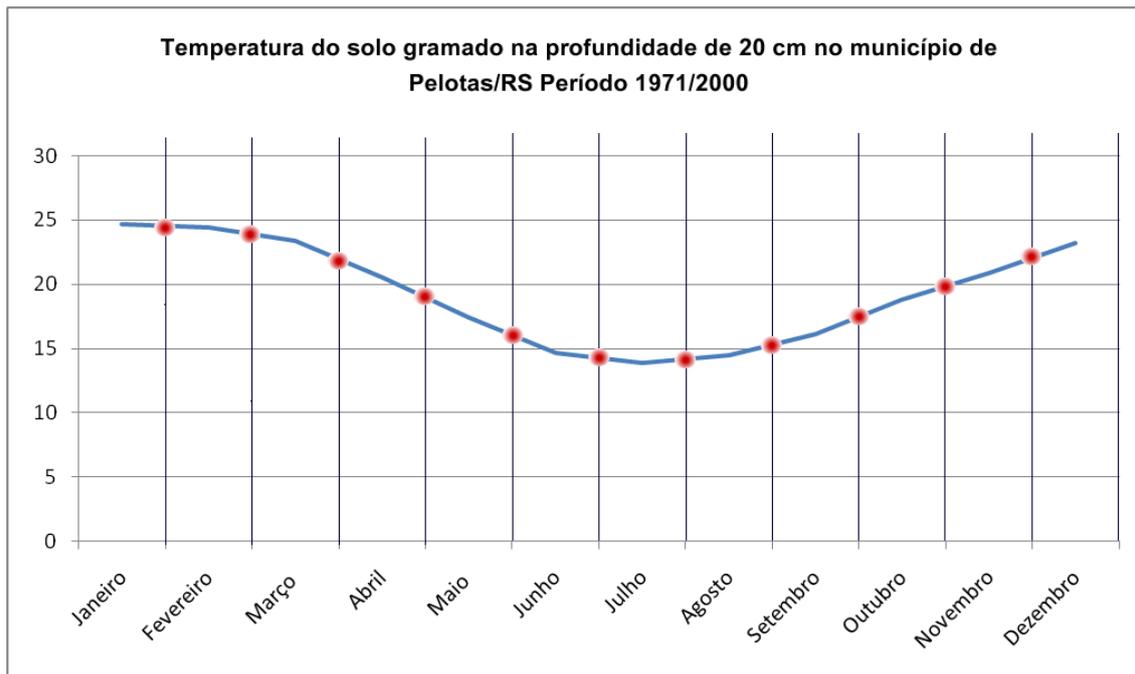
VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

ZAITER, H. Genotypic variation in the germination of common bean in response to cold temperature stress. **Plant Soil**, the Hague, v.163, p.95-101, 1994.

ZABOT, L. **Comportamento de duas cultivares de feijoeiro em resposta a temperatura e qualidade fisiológica de sementes.** 2007. 71f Dissertação (Mestrado em Agronomia) Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.

## 7. Anexo



Fonte: Estação Agroclimatológica: Capão do Leão - RS (Embrapa/ETB - Campus da UFPel)  
Convênio Embrapa/UFPel/INMET