

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

**SUBSTRATOS PARA CULTIVO DE FEIJÃO E
TOLERÂNCIA A ALTA TEMPERATURA DO AR NO
PERÍODO REPRODUTIVO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Leo Hoffmann Junior

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**SUBSTRATOS PARA CULTIVO DE FEIJÃO E TOLERÂNCIA
A ALTA TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO
REPRODUTIVO**

por

Leo Hoffmann Junior

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado 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 **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS, Brasil

2006

<p>H699s</p> <p>Hoffmann Junior, Leo, 1979-</p> <p>Substratos para cultivo de feijão e tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo / por Leo Hoffmann Junior ; orientador Nerinéia Dalfole Ribeiro. - Santa Maria, 2006</p> <p>45f. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2006.</p> <p>1. Agronomia 2. Phaseolus vulgaris L. 3. Cultivo sem solo 4. Solução nutritiva 5. Fitotron 6. Abortamento de flores 7. Seleção de cultivares 8. feijão I. Ribeiro, Nerinéia Dalfole, orient. II. Título</p> <p>CDU: 635.652</p>

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**Substratos para cultivo de feijão e tolerância a alta
temperatura do ar no período reprodutivo**

elaborada por
Leo Hoffmann Junior

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA

Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dr^a.
(Presidente/Orientadora)

Elmar Luiz Floss, Dr. (UPF)

Sandro Luis Petter Medeiros, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 8 de fevereiro de 2006.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora de Aparecida pela iluminação espiritual.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade em realizar o Curso de Mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A professora Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela orientação, sugestões dadas a este trabalho e amizade.

Aos professores Osmar Souza dos Santos e Sandro Luis Petter Medeiros pelo auxílio nas questões técnicas e pela camaradagem.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, pela ajuda e amizade, em especial, João Colpo e Paulo de Tarso.

Aos colegas Evandro, Marcinéia, Nerison, Simone e Taiguer, pela amizade, parceria, tempo e esforço destinados à conclusão dos inúmeros desafios para a realização deste trabalho.

A minha namorada, Aline Rodrigues, pela compreensão, companheirismo, amor e apoio em todos os momentos de nossas vidas.

A minha família por todo incentivo, carinho, ajuda e por terem compreendido as minhas ausências.

A todos aqueles que direta ou indiretamente apoiaram e participaram deste período da minha vida, **MUITO OBRIGADO**.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

Substratos para cultivo de feijão e tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo

AUTOR: LEO HOFFMANN JUNIOR

ORIENTADORA: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 8 de fevereiro de 2006.

A cultura do feijão tem sua produtividade afetada em condições de alta temperatura do ar durante o período reprodutivo. A avaliação dos danos causados as estruturas reprodutivas são melhor realizadas em câmara controlada (fitotron), com controle de temperatura e de umidade. Sendo assim, foram objetivos desse trabalho: (1) identificar o substrato mais apropriado para o cultivo de feijão em vasos; (2) avaliar a variabilidade genética do feijão para tolerância a alta temperatura do ar, durante o período de pré-floração (R5) à formação de vagens (R7). Para identificar o substrato mais adequado foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação, durante o ano de 2005, com a cultivar de feijão TPS Nobre. Sete substratos foram avaliados: Plantmax®, casca de arroz carbonizada, vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax®, casca de arroz carbonizada + 20% vermiculita e casca de arroz carbonizada + 20% areia. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. A avaliação da variabilidade genética para a alta temperatura do ar foi realizada em fitotron, com controle de temperatura, luz, fotoperíodo e demais condições ótimas de cultivo. Durante o subperíodo R5-R7 às plantas foram submetidas à temperatura de 30°C, durante uma hora diariamente. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, e avaliaram-se 20 cultivares de feijão. Na avaliação de substratos, foi possível observar diferenças químicas e físicas entre os substratos. A utilização do substrato comercial Plantmax® propiciou melhores condições para o crescimento e o desenvolvimento das plantas de feijão, devido as características químicas e físicas mais apropriadas. As cultivares de feijão apresentaram comportamento diferenciado quanto à fenologia, caracteres reprodutivos e componentes da produção evidenciando a presença de variabilidade genética para tolerância a alta temperatura do ar durante o período reprodutivo (R5 a R7). As cultivares Pérola, TPS Bonito, BRS Valente e Corrente são tolerantes a temperatura do ar de 30°C, por uma hora, durante o período reprodutivo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., cultivo sem solo, solução nutritiva, fitotron, abortamento de flores, seleção de cultivares.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Agronomy Post-Graduation Program
Federal University of Santa Maria

SUBSTRATES FOR CULTIVATION OF COMMON BEAN AND TOLERANCE TO HIGH AIR TEMPERATURE DURING THE REPRODUCTIVE PHASE

AUTHOR: LEO HOFFMANN JUNIOR

ADVISER: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO
Santa Maria, February 8th, 2006.

The yield of common bean crop is affected by high air temperature during the reproductive phase. The experiment was carried out in pots and in growth chambers (phytotron) with controlled air temperature and humidity. The objective of this study was to identify the most appropriate substrate for common bean grown in pots and to evaluate common bean genetic variability for tolerance to high air temperature during the pre-flowering (R5) to pod formation (R7) phase. To identify the most appropriate substrate two experiments were carried out in a greenhouse during 2005, with the TPS Nobre common bean cultivar. Seven substrates were evaluated: Plantmax®, carbonized rice husks, vermiculite, sand, carbonized rice husks + 20% of Plantmax®, carbonized rice husks + 20% of vermiculite and carbonized rice husks + 20% of sand. The experimental design was a completely randomized with five replications. To evaluate the genetic variability under high temperature the experiment was conducted in *phytotron*, with controlled temperature, lighting and photoperiod and all other conditions for growing were optimum. During the R5-R7 phase, plants were submitted to air temperature of 30°C during one hour a day. The experimental design used was completely randomized with three repetitions, with 20 common bean cultivars. In the substrate evaluation, it was possible to observe chemical and physical characteristics among the substrates. The substrate Plantmax® provided the most appropriate characteristics leading to the best conditions for growing and development of common bean plants. The cultivars showed different us in phonological, reproductive, yield traits and components indicating genetic variability for tolerance to high temperature during the reproductive phase (R5 to R7). Cultivars Pérola, TPS Bonito, BRS Valente and Corrente were tolerant to the air temperature of 30°C during one hour a day during the reproductive period.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L. soilless cropping, nutrient solution, phytotron, flower abortion, cultivar selection.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas e químicas dos substratos avaliados para cultivo de feijão em vasos quanto à densidade (densidade), volume retido de água (volume), capacidade máxima de retenção de água em percentagem de massa úmida (CMR), pH em água (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC). Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	20
Tabela 2 - Número de dias da sementeira à emergência (emergência) e número de dias da emergência a floração (floração) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	21
Tabela 3 - Fitomassa seca das raízes (raiz), fitomassa seca da parte aérea (aérea) e fitomassa seca total (total) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	22
Tabela 4 - Número de vagens (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes (NSP) e massa de sementes (MSP) por planta de feijão cultivada em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	23
Tabela 5 - Caracterização do tegumento dos grãos (COR), hábito de crescimento (HC), número de dias da sementeira a emergência (emergência), número de dias da emergência a floração (floração) e número de dias da emergência a maturação fisiológica (ciclo) de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	33
Tabela 6 - Número de flores emitidas (n° flores), número de vagens formadas (n° vagens), número de flores e vagens abortadas (n° abortado) e percentagem de abortamento (% abortamento) de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	34
Tabela 7 - Número de sementes por vagem (n° sementes) e massa de 100 sementes por planta de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....	35

LISTA DE ANEXOS

<p>Anexo 1 - Resumo da análise da variância das variáveis número de dias da sementeira à emergência (emergência), número de dias da emergência à floração (floração), fitomassa seca das raízes (raiz), fitomassa seca da parte aérea (aérea), fitomassa seca total (total), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes por planta (NSP), massa de sementes por planta (MSP) e massa de 100 sementes (MCS) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....</p>	42
<p>Anexo 2 - Resumo da análise da variância das variáveis número de dias da sementeira a emergência (emergência), número de dias da emergência a floração (floração), número de dias da emergência a maturação fisiológica (ciclo), número de flores emitidas (n^o flores), número de vagens formadas (n^o vagens), número de flores e vagens abortadas (n^o abortado), percentagem de abortamento (% de abortamento), número de sementes por vagem (NSV) e massa de 100 sementes (MCS) em cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30^o C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....</p>	43
<p>Anexo 3 - Caracterização das cultivares de feijão avaliadas quanto à tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....</p>	44
<p>Anexo 4 - Evolução da temperatura do ar em graus Celsius, durante os estádios fenológicos R2 à R4 (pré-estresse), R5 à R7 (estresse térmico) e R8 à colheita (pós-estresse) em cultivares de feijão cultivadas em fitotron. Santa Maria – RS, UFSM, 2005.....</p>	45

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
CAPÍTULO 1 – Substratos para cultivo de feijão em vasos com fertirrigação	
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	16
Conclusões.....	19
CAPÍTULO 2 – Variabilidade genética em feijão para tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo	
Resumo.....	24
Abstract.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	27
Resultados e Discussão.....	29
Conclusões.....	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	42

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal fonte de proteína utilizada pela população brasileira, com consumo per capita de aproximadamente 16kg ano⁻¹, equivalente a 43,83g dia⁻¹ (CNPAF, 2003). É cultivado em quase todos os estados brasileiros, embora no Norte e no Nordeste do país predomine o cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata*). O sistema de produção é muito variável, abrangendo desde o cultivo de subsistência (em pequenas áreas com uso restrito de insumos) aos grandes empresários rurais (em áreas extensivas com alto nível de tecnologia).

As pesquisas de melhoramento genético do feijão iniciaram em 1930 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), porém receberam maior ênfase a partir de 1970 com a criação da EMBRAPA e de várias empresas estaduais de pesquisa (RAMALHO, 2001). Com o desenvolvimento de cultivares por essas instituições tornou-se possível produzir feijão em todos os meses do ano e com ganhos em produtividade (POMPEU, 1993; ABREU et al., 1994). Estudos realizados nos últimos anos indicam grande progresso no aumento da produtividade da cultura no país, o que pode ser atribuído ao melhoramento genético do feijão (RAMALHO, 2001).

No Brasil foram semeados 4,34 milhões de hectares com feijão sendo que, aproximadamente, 77% dessa área foi ocupada com *Phaseolus vulgaris* L., correspondendo a 3,34 milhões de hectares (RAMALHO, 2001). Considerando o progresso genético médio estimado por ABREU et al. (1994), de 17,46 kg ha⁻¹ ano⁻¹, tem-se o crescimento anual de 58,3 milhões de kg de grãos por ano. No período de 1990 a 1997, o preço médio recebido pelos agricultores foi de 0,79 kg⁻¹ (AGROANALYSIS, 1998), o que representa um incremento na renda anual dos agricultores superior a 43 milhões de reais (VENCOVSKY & RAMALHO, 2000).

Entretanto, perdas drásticas no rendimento de grãos e na capitalização dos produtores são observadas quando são registradas altas temperaturas do ar durante a fase reprodutiva do feijão. A ocorrência de valores de temperaturas do ar superiores a 30°C causa severos prejuízos ao estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura, refletindo em redução da produtividade de grãos (SMITH & PRYOR, 1962; DICKSON & BOETTGER, 1984; BULISANI et al., 1987; GONÇALVES et al., 1997).

Na região da depressão central do Rio Grande do Sul (DC – RS) ocorrem condições climáticas desfavoráveis a cultura no que diz respeito à ocorrência de altas temperaturas do ar e a deficiência hídrica no período reprodutivo. Nessa região, os valores médios da temperatura máxima do ar situam-se na faixa entre 28 a 29°C e de 31 a 32°C nos meses de novembro e de dezembro, respectivamente (BURIOL et al., 1979).

ESTEFANEL et al. (1994) citam que no município de Santa Maria-RS existe uma probabilidade de 46% e de 80% para que nos meses de novembro e de dezembro, respectivamente, ocorra uma seqüência de quatro dias consecutivos com valores máximos de temperatura do ar igual ou superior a 30°C. Nessas condições tem sido observado reduções entre 30,7% a 75,5% na produtividade de grãos de feijão (MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001; AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002a; AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002b).

Além disso, é importante destacar que vários estádios são sensíveis a alta temperatura, incluindo a formação do botão floral, formação do pólen, fertilização e formação de vagens e de sementes. Uma característica marcante do estresse térmico é a abscisão de botões florais antes da antese, provavelmente em decorrência do decréscimo do nível de carboidrato ou da deficiência na translocação dos mesmos (MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001). De acordo com esses autores os danos após a antese podem ser observados como a abscisão de flores e o baixo vingamento de vagens e de sementes em consequência da falta de polinização ou de fertilização. A alta temperatura do ar talvez seja a variável meteorológica que exerça maior influência sobre a abscisão de flores e de vagens, o não enchimento adequado de grãos, o vingamento e a retenção final de vagens no feijão, sendo também responsável pela redução do número de sementes por vagem e pela menor massa de sementes (DICKSON & BOETTGER, 1984; PORTES, 1996; GONÇALVES et al., 1997; DIDONET & MADRIZ, 2002; DIDONET et al., 2002).

Variabilidade genética em *Phaseolus vulgaris* e espécies relacionadas para tolerância a alta temperatura tem sido relatada (SMITH & PRYOR, 1962; SHONNARD & GEPTS, 1994; MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001). Quando foram avaliados 187 genótipos, incluindo linhagens avançadas, cultivares e introduções, observou tolerância a alta temperatura em genótipos de feijão Andinos (SHONNARD & GEPTS, 1994). Mais recentemente no Brasil, MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR (2001) ao estudarem diferentes grupos comerciais de feijão

quanto à tolerância a ocorrência de alta temperatura do ar, no período reprodutivo, identificaram genótipos tolerantes do grupo preto (TPS Nobre, LP 98-153 e CNPF 82-16) e do grupo carioca (Carioca, LP 98-20 e LP 98-76).

A grande maioria dos trabalhos realizados de avaliação do comportamento do feijão sob a ocorrência de alta temperatura do ar foram realizados em campo. Nessa condição, não é possível isolar o efeito da temperatura elevada e do déficit hídrico do solo e, dessa maneira, a condução de experimentos em câmaras controladas (fitotron), é mais apropriada devido ao controle desses fatores. Além disso, é possível prevenir a contaminação das plantas por fitopatógenos e pelo ataque de pragas que possam ser oriundos do solo. Dessa maneira, faz-se necessário a utilização de substratos para o cultivo de plantas de feijão em vasos, pois esse apresenta vantagens fitossanitárias e no fornecimento de água e de nutrientes (ANDRIOLO et al., 1999).

Para que seja possível evitar reduções de produtividade, diante da possibilidade de ocorrência de temperaturas elevadas no período reprodutivo do feijão, torna-se importante a seleção de cultivares de feijão, adaptadas a essa condição de estresse térmico, haja vista a extensão do cultivo dessa leguminosa em áreas consideradas de risco climático.

Em vista disso os objetivos desse trabalho foram: identificar o substrato mais apropriado para o cultivo de feijão em vasos e avaliar a variabilidade genética do feijão para tolerância a alta temperatura do ar, durante o período de pré-floração (R5) à formação de vagens (R7).

CAPÍTULO 1

SUBSTRATOS PARA CULTIVO DE FEIJÃO EM VASOS COM FERTIRRIGAÇÃO

SUBSTRATES FOR COMMON BEAN GROWN WITH FERTIGATION

RESUMO

Considerando a necessidade de se identificar o substrato mais apropriado para o cultivo de feijão em vasos - objetivo desse trabalho - foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação durante o ano de 2005, com a cultivar de feijão TPS Nobre. Sete substratos foram avaliados: Plantmax[®], casca de arroz carbonizada, vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax[®], casca de arroz carbonizada + 20% vermiculita e casca de arroz carbonizada + 20% areia. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os elementos minerais foram fornecidos semanalmente através de fertirrigação e a água foi adicionada de maneira a repor o volume consumido. Os substratos avaliados apresentaram características químicas e físicas diferenciadas. O substrato comercial Plantmax[®] caracterizou-se pela elevada capacidade de troca de cátions (30,6 cmol c L⁻¹) e maior capacidade de armazenamento de água por unidade de volume, o que contribuiu para a superioridade na produção de fitomassa seca das plantas e dos componentes do rendimento de grãos de feijão. Sendo assim, o substrato comercial Plantmax[®] é o mais apropriado para o cultivo de feijão em vasos com o uso de fertirrigação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., fitotron, cultivo sem solo, solução nutritiva.

ABSTRACT

The objective of this paper was to identify the most appropriate substrate for common bean grown in flowerpots. The experiments were carried out in a green house during 2005, with the TPS Nobre common bean cultivar. Seven substrates were evaluated: Plantmax®, carbonized rice husks, vermiculite, sand, carbonized rice husks + 20% of Plantmax®, carbonized rice husks + 20% of vermiculite and carbonized rice husks + 20% of sand. The experimental design was completely randomized with five replications. The mineral elements were supplied weekly through fertigation and the water was added to refill the consumed volume. The evaluated substrates had different chemical and physical characteristics. The commercial substrate Plantmax® was characterized by high cations capacity exchange ($30,6 \text{ cmol c L}^{-1}$) and the highest water storage capacity per volume unit, which contributed for the higher dry matter yield of the plants and for common bean grains yield components. Therefore, we concluded that commercial substrate Plantmax® is the most appropriate for the common bean cultivation in flowerpots with fertigation.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., fitotron, soilless cropping, nutrient solution.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão e apresenta consumo per capita de 16 kg ano⁻¹ por habitante (CNPAF, 2003). Na safra agrícola de 2004/05 foram semeados 3,9 milhões de hectares de feijão no país, com produção de 2,8 milhões de toneladas (CONAB, 2005). No Rio Grande do Sul, a área semeada foi de 137 mil hectares, com uma produtividade média de grãos de 1.004 kg ha⁻¹ (IBGE, 2004), sendo superior à média nacional (718 kg ha⁻¹).

Entretanto, são observadas reduções da produtividade de grãos e da capitalização dos produtores rurais em função da ocorrência de elevada temperatura do ar, principalmente durante a fase reprodutiva do feijão. A ocorrência de temperaturas superiores a 30/32°C durante o transcorrer do dia, pode resultar em sérios prejuízos ao estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura, refletindo em baixo rendimento de grãos (GONÇALVES et al., 1997; ANDRADE, 1998; MASSIGNAM et al., 1998). O efeito negativo da ocorrência de altas temperaturas depende do tempo em que a temperatura permanecer acima de 30°C, do valor máximo a ser atingido e do número de dias consecutivos em que essa situação se mantiver (BARBANO et al., 2001).

A maioria dos trabalhos realizados para avaliar os efeitos prejudiciais da ocorrência de valores elevados de temperatura do ar sobre o feijão foram conduzidos a campo. Nessa condição não se tem controle da intensidade e da duração da temperatura do ar limitante às plantas de feijão. Assim, as câmaras de crescimento (fitotron) destacam-se como estruturas mais apropriadas para a avaliação dos danos causados ao feijão em decorrência de altas temperaturas. No entanto, um dos problemas dos cultivos implantados no fitotron, utilizando solo nos vasos, é a incidência de pragas e fitopatógenos que limitam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Por essa razão, os cultivos realizados em substratos são mais indicados, pois apresentam as vantagens do manejo mais adequado da água, o fornecimento dos nutrientes em doses e épocas apropriadas e a redução da ocorrência de problemas fitossanitários (ANDRIOLO et al., 1999).

O conhecimento das características químicas e físicas são determinantes na escolha do substrato mais adequado, pois um substrato ideal deve apresentar elevado espaço de aeração, elevada capacidade de retenção de água, alta capacidade de troca de cátions e baixo teor total de sais solúveis (BELLÉ & KÄMPF,

1993). Considerando que não existe um material ou uma mistura de materiais considerada universalmente válida como substrato para todas as espécies (ABAD, 1991), faz-se necessária a avaliação do desempenho de plantas de feijão em diferentes substratos. Isso é justificado pelo fato de que a maioria das informações referentes ao uso de substratos na condução de culturas dizem respeito a área de olericultura, sendo inexistentes para o feijão. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar substratos para cultivo de feijão em vasos com fertirrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram instalados em janeiro de 2005 em casa-de-vegetação do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. Para o primeiro experimento foi considerado o período compreendido entre a semeadura aos 40 dias após a emergência e o segundo experimento abrangeu a semeadura ao final do ciclo da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram de sete substratos: Plantmax®, casca de arroz carbonizada, vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada + 20% de Plantimax®, casca de arroz carbonizada + 20% de vermiculita e casca de arroz carbonizada + 20% de areia. A unidade experimental foi constituída por um vaso - com volume de 5 litros - contendo uma planta de feijão da cultivar TPS Nobre.

As características físicas – densidade seca, volume retido de água e capacidade máxima de retenção de água – foram avaliadas nos substratos. A densidade seca foi determinada pelo teor de matéria seca das amostras, através de secagem em estufa a 105°C até a estabilização do peso das amostras, utilizando a metodologia proposta por HOFFMANN (1970). O volume retido de água representa a umidade presente nas amostras em estado de saturação e a capacidade máxima de retenção de água é a expressão da quantidade de água em percentagem de massa úmida de substrato.

As características químicas determinadas foram: pH em água (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC). Os valores de pH foram obtidos através de potenciômetro, em suspensões substrato: água deionizada (1:2,5; volume:volume) como sugerido por HOFFMANN (1970). A CTC foi quantificada a pH 7 com

extratores tamponados de acordo com a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Os nutrientes foram fornecidos em doses semanais através da fertirrigação com a solução nutritiva proposta por HOAGLAND & ARNON (1950), porém utilizando a metade da dose de nitrato recomendada. A água foi adicionada de maneira a repor o volume consumido, sendo que o excedente foi eliminado através da drenagem natural.

Amostras da solução drenada foram coletadas semanalmente para a leitura da condutividade elétrica. Sempre que a leitura ultrapassou o valor de $3,0 \text{ mS.cm}^{-1}$, foi realizada uma irrigação abundante para lixiviar o excesso de sais do substrato, como recomendado por ANDRIOLO (2002). Com esse procedimento, evitava-se a salinização dos substratos e o eventual comprometimento do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de feijão.

As variáveis avaliadas no primeiro experimento foram número de dias da semeadura à emergência (V2), número de dias da emergência à floração (R6) – de acordo com a escala adotada pelo CIAT (1987) – fitomassa seca da raiz, fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca total. Para o segundo experimento foram determinados o número de vagens por planta, o número de sementes por planta e o peso de sementes por planta, ajustados a 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância separadamente - por experimento - e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os substratos casca de arroz carbonizada e a combinação casca de arroz carbonizada + 20% de vermiculita apresentaram valores de densidade inferior ao considerado por GROLLI (1991) como satisfatório para a propagação de plantas (Tabela 1). Materiais que apresentam baixa densidade podem acarretar problemas de fixação das plantas e tombamento quando o cultivo é realizado em recipientes altos (Jansen et al., 1989 apud SCHMITZ et al., 2002). A maior densidade (1610 kg m^{-3}) foi verificada na areia, o que pode ter afetado o crescimento das raízes. Os demais substratos apresentaram valores de densidade adequados ao cultivo de plantas.

Com relação ao volume retido de água verificou-se amplitude de $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (areia) a $0,41 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (Plantmax®), situado dentro da faixa ideal para cultivo em substratos (GROLLI, 1991). Já, a capacidade máxima de retenção de água foi menor para a areia (12,2%) e maior para a casca de arroz carbonizada (66,5%). A areia é mais densa e apresenta menor capacidade armazenamento de água por unidade de volume e de massa úmida.

Os substratos avaliados apresentaram diferentes características químicas (Tabela 1). O pH dos substratos variou de 4,9 (Plantmax®) a 8,0 (vermiculita). Entre os materiais de base mineral – vermiculita e areia - apenas a areia apresentou valor de pH dentro da faixa ideal que é de 6 a 7 (KÄMPF, 2000). Já para substratos com base orgânica - Plantmax®, casca de arroz carbonizada, casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax®, casca de arroz carbonizada + 20% vermiculita e casca de arroz carbonizada + 20% areia - a faixa ideal de pH é de 5,2 – 5,5 e nenhum dos substratos apresentou valor dentro da faixa considerada satisfatória (KÄMPF, 2000).

Os substratos Plantmax® e casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax® apresentaram pH inferior a 6, sendo necessária a correção da acidez desses substratos, pois a faixa de pH onde há maior disponibilidade de nutrientes está entre 6 e 7 (SCHMITZ et al., 2002). Já a utilização da vermiculita (pH 8,0) como substrato, implica em maiores cuidados para evitar-se a salinização. Para tanto, irrigações abundantes com certa periodicidade deverão ser realizadas para evitar a salinização do substrato, como recomendado por ANDRIOLO (2002).

A CTC é uma valiosa informação do potencial de fertilidade de um substrato. Como muitos cátions existentes no substrato são nutrientes, a CTC expressa a potencialidade de armazenamento e fornecimento desses nutrientes às plantas (KIEHL, 1979; CARNEIRO, 1995). Com base nessa informação, pode-se afirmar que os substratos casca de arroz carbonizada, areia e casca de arroz carbonizada + 20% areia poderão apresentar problemas no desenvolvimento e no crescimento das plantas de feijão devido aos valores de CTC estarem abaixo da faixa ideal de $>12 \text{ cmol c L}^{-1}$, estabelecida por PENNINGSFELD (1983). Segundo essa especificação, os substratos Plantmax®, vermiculita, casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax® e casca de arroz carbonizada + 20% vermiculita – que obtiveram valores de CTC superiores ao considerado como mínimo ideal – podem ser utilizados para o cultivo de plantas em vasos.

O número de dias da sementeira à emergência e o número de dias da

emergência à floração foram variáveis em função do substrato utilizado (Tabela 2). Assim, observou-se maior precocidade para a emergência, quando a semeadura foi realizada nos substratos Plantmax®, vermiculita e areia. Em um trabalho de germinação de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.), foi observada maior velocidade de germinação das sementes no substrato Plantmax® quando comparada com a da vermiculita (BEZERRA et al., 2004). Esses resultados sugerem que diferenças na emergência e na velocidade de germinação podem ser observadas em diferentes espécies quando cultivadas em determinado substrato.

Para o subperíodo emergência-floração, verificou-se maior precocidade para plantas cultivadas nos substratos Plantmax® e casca de arroz carbonizada + 20% Plantmax®, sendo de 32,4 e 35,4 dias, respectivamente. A duração desse subperíodo foi maior para plantas conduzidas em areia, tendo duração de 39,4 dias.

Com relação a produção de fitomassa seca de raízes, de parte aérea e total verificou-se superioridade quando as plantas de feijão foram cultivadas no substrato Plantmax® (Tabela 3). Provavelmente, o valor elevado de 30,6 cmol c L⁻¹ de CTC (Tabela 1) proporcionou maior capacidade de armazenamento e fornecimento dos nutrientes às plantas e, mesmo com o pH baixo (4,9), favoreceu o maior crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, esse substrato apresenta maior capacidade de armazenamento de água por unidade de volume, contribuindo com maior volume de água ofertada para a planta durante o dia.

Além do feijão (Tabela 3), o substrato Plantmax®, também mostrou-se como um meio apropriado para a condução de plantas de moringa, que apresentaram maior crescimento de plântulas e produção de fitomassa seca da parte aérea e total (BEZERRA et al., 2004). Resultado semelhante foi obtido em limoeiro “Cravo”, verificado pelo maior crescimento e produção de fitomassa seca total das plantas (LIRA, 1990), e em maracujazeiro foi constatado melhor desenvolvimento de mudas (LOPES, 1996). Já para o cultivo de alface, o Plantmax® proporcionou o menor desenvolvimento das plântulas (MENEZES JÚNIOR et al., 2000).

Os componentes do rendimento de grãos – número de vagens por planta, número de sementes por planta e massa de sementes por planta – apresentaram maiores valores nas plantas cultivadas no substrato Plantmax® (Tabela 4). No entanto, para número de sementes por vagem não se observou diferença para substratos. Geralmente, a casca de arroz carbonizada e casca de arroz carbonizada + 20% de Plantmax® apresentaram os piores desempenhos para os componentes

do rendimento de grãos do feijão.

As misturas de substratos não apresentaram desempenho satisfatório nas variáveis analisadas (Tabela 3 e 4). Apesar das características físicas e químicas mais adequadas do substrato Plantmax®, a mistura desse com casca de arroz carbonizada, na proporção de 20%, não acarretou melhora significativa que favorecesse os componentes do rendimento.

O melhor desempenho do substrato comercial Plantmax® pode ser atribuído as características físicas e químicas mais apropriadas (Tabela 1), as quais possibilitaram maior crescimento das raízes (Tabela 3), favorecendo a absorção de água e de nutrientes, determinando maior acúmulo de fitomassa e componentes do rendimento de grãos do feijão (Tabela 4).

CONCLUSÕES

O substrato comercial Plantmax® é o mais apropriado para o cultivo de feijão em vasos com o uso de fertirrigação.

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos substratos avaliados para cultivo de feijão em vasos quanto à densidade (densidade), volume retido de água (volume), capacidade máxima de retenção de água em percentagem de massa úmida (CMR), pH em água (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC). Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Substratos	Características físicas			Características químicas	
	Densidade	Volume	CMR	pH	CTC
	(kg.m ⁻³)	(m ³ .m ⁻³)	(%)	(H ₂ O)	(cmol c.L ⁻¹)
Plantmax®	418	0,41	49,4	4,9	30,6
Casca de arroz carbonizada	135	0,27	66,5	6,8	4,2
Vermiculita	180	0,28	61,1	8,0	39,7
Areia	1610	0,22	12,2	6,5	2,0
Casca carb. + 20% Plantmax®	220	0,31	58,6	5,8	15,6
Casca carb. + 20% vermiculita	149	0,28	65,1	6,4	17,1
Casca carb. + 20% areia	494	0,33	39,7	6,6	4,8
Ideal*	170-1000 ¹	0,20-0,80 ²		6,0-7,0 ³ 5,2-5,5 ⁴	> 12 ⁵

* Médias de valores considerados ideais de acordo com: ¹GROLLI (1991); ²GROLLI (1991); ³Com materiais e mistura de base mineral (KÄMPF, 2000); ⁴Com materiais e mistura de base orgânica (KÄMPF, 2000); ⁵PENNINGSFELD (1983).

Tabela 2 - Número de dias da semeadura à emergência (emergência) e número de dias da emergência a floração (floração) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Substratos	Emergência		Floração	
Plantmax®	4,0	c*	32,4	c
Casca de arroz carbonizada	7,4	a	38,6	ab
Vermiculita	4,0	c	37,8	ab
Areia	5,2	bc	39,4	a
Casca carb. + 20% Plantmax®	6,2	ab	35,4	bc
Casca carb. + 20% vermiculita	6,2	ab	37,2	ab
Casca carb. + 20% areia	6,6	ab	38,8	ab
Média	5,6		37,1	
C.V. (%)	14,5		4,6	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Fitomassa seca das raízes (raiz), fitomassa seca da parte aérea (aérea) e fitomassa seca total (total) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Substratos	Raiz		Aérea		Total	
	(g)					
Plantmax®	5,04	a*	10,58	a	15,62	a
Casca de arroz carbonizada	2,25	b	2,66	b	5,92	b
Vermiculita	2,45	b	5,37	b	7,82	b
Areia	1,77	b	3,72	b	4,50	b
Casca carb. + 20% Plantmax®	2,27	b	5,77	b	8,05	b
Casca carb. + 20% vermiculita	1,64	b	4,83	b	6,47	b
Casca carb. + 20% areia	1,86	b	4,55	b	6,41	b
Média	2,47		5,49		7,97	
C.V. (%)	19,89		19,37		18,27	

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4- Número de vagens (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes (NSP) e massa de sementes (MSP) por planta de feijão cultivada em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Substratos	NVP		NSV		NSP		MSP (g)	
Plantmax®	19,4	a*	3,8	^{ns}	74,2	a	17,1	a
Casca de arroz carbonizada	6,8	cd	3,2		22,0	c	4,1	c
Vermiculita	13,0	b	3,3		43,0	b	8,5	b
Areia	9,2	c	3,4		31,0	bc	6,0	bc
Casca carb. + 20% Plantmax®	5,8	d	4,1		24,0	c	4,6	bc
Casca carb. + 20% vermiculita	10,0	bc	3,5		34,8	bc	7,1	bc
Casca carb. + 20% areia	8,6	cd	3,3		28,2	bc	5,5	bc
Média	10,4		3,5		37,7		7,5	
C.V. (%)	15,9		16,23		20,9		25,91	

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

^{ns} Não significativo.

CAPÍTULO 2

VARIABILIDADE GENÉTICA EM FEIJÃO PARA TOLERÂNCIA A ALTA TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO REPRODUTIVO

GENETIC VARIABILITY IN COMMON BEAN FOR TOLERANCE TO HIGH AIR TEMPERATURE IN THE REPRODUCTIVE PERIOD

RESUMO

A produtividade de grãos do feijão é afetada pela ocorrência de alta temperatura do ar durante o período reprodutivo. Sendo assim, foi objetivo do trabalho avaliar a variabilidade genética do feijão para tolerância a alta temperatura do ar durante o período pré-floração (R5) e formação de vagens (R7). O experimento foi conduzido em fitotron, com controle de temperatura, luz, fotoperíodo e demais condições ótimas de cultivo. Durante o subperíodo R5-R7 às plantas foram submetidas à temperatura de 30°C, durante uma hora diariamente. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, e avaliaram-se 20 cultivares de feijão. Comportamento diferenciado foi observado para as características fenológicas, reprodutivas e dos componentes da produção, indicando variabilidade genética para tolerância a alta temperatura do ar durante o subperíodo R5-R7. As cultivares de feijão Pérola, TPS Bonito, BRS Valente e Corrente são tolerantes a ocorrência temperatura do ar de 30°C com duração de uma hora por dia durante o período reprodutivo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., abortamento de flores, seleção de cultivares.

ABSTRACT

Common bean grain yield is affected by high air temperature value during the reproductive phase. The objective of this study was to evaluate common bean genetic variability for tolerance to high air temperature during the pre-flowering (R5) and pod formation (R7) phase. The experiment was conducted in a phytotron, with controlled air temperature, light and photoperiod and other conditions for growth were optimum. During the R5-R7 phase, plants were exposed to 30°C air temperature during one hour a day. The experimental design used was a completely randomized with three replications and 20 common bean cultivars. Differences in phenological and reproductive traits and yield components, indicating genetic variability for tolerance to high air temperature during the R5-R7 phase. Cultivars of Pérola, TPS Bonito, BRS Valente and Corrente were tolerant to the air temperature of 30°C during one hour a day during the reproductive period.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L., flower abortion, cultivar selection.

INTRODUÇÃO

As culturas de ciclo curto, como o feijão, são mais sensíveis às variações das condições ambientais. As altas temperaturas e a seca são problemas para o cultivo em muitas regiões do Brasil, especialmente, o Nordeste onde a produção é comprometida em mais de 1,5 milhões de ha (TERAN & SINGH, 2002).

A temperatura do ar é fator determinante para a exploração comercial do feijão em várias regiões. Essa espécie é cultivada sob temperaturas variando de 10 a 35°C (MARIOT, 1989), sendo a faixa de 18 a 24°C considerada ótima, de acordo com VIEIRA (1967). No entanto, a ocorrência de temperaturas superiores a 30/32°C durante o transcorrer do dia, resulta em sérios prejuízos ao estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura (GONÇALVES et al., 1997, ANDRADE, 1998, MASSIGNAM et al., 1998).

No Rio Grande do Sul, a área semeada com feijão foi de 137 mil hectares, com uma produtividade média de grãos de 1.004 kg ha⁻¹ (IBGE, 2004), superior à média nacional (718 kg ha⁻¹). No município de Santa Maria-RS, os valores médios da temperatura máxima do ar situam-se na faixa entre 28 a 29°C e de 31 a 32°C nos meses de novembro e de dezembro, respectivamente (BURIOL et al., 1979), período em que, normalmente, o feijão encontra-se na fase reprodutiva. Existe uma probabilidade de 46% e de 80% para que ocorra uma seqüência de quatro dias consecutivos com valores máximos de temperatura do ar igual ou superior a 30°C, nos meses de novembro e de dezembro (ESTEFANEL et al., 1994), o que afeta a produtividade da cultura.

Dependendo do tempo em que a temperatura permanecer acima de 30°C, do valor máximo atingido e do número de dias consecutivos que ocorrer essa condição, os danos observados podem ser mais severos (BARBANO et al., 2001). Assim, sob condições de alta temperatura do ar tem sido observadas reduções entre 30,7% a 75,5% na produtividade de grãos de feijão (MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002a, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002b).

A alta temperatura do ar talvez seja o fator ambiental que exerça maior influência sobre a abscisão de flores e de vagens, o não enchimento adequado de grãos, o vingamento e a retenção final de vagens no feijão, sendo também responsável pela redução do número de sementes por vagem e pela menor massa de sementes (DICKSON & BOETTGER, 1984, PORTES, 1996, GONÇALVES et al.,

1997, DIDONET & MADRIZ, 2002, DIDONET et al., 2002). Nos estádios de pré-floração (R5) e enchimento de vagens (R8), o feijão é mais afetado pela alta temperatura (SHONNARD & GEPTS, 1994).

Normalmente, a taxa de abscisão dos órgãos reprodutivos atinge de 50 a 70% do total de flores abertas (MARIOT, 1989). Mas, em condições de alta temperatura do ar, o incremento na taxa de abortamento de flores superou em 20 a 50% ao valor obtido no cultivo sem estresse térmico, para as cultivares Pérola e Valente (DIDONET, 2002). Além disso, presença de variabilidade genética para tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo tem sido constatada em cultivares de feijão (SILVEIRA et al., 1980, SHONNARD & GEPTS, 1994, MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002a, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002b, SILVA et al., 2005).

Efeito gênico aditivo para tolerância a alta temperatura foi verificado nos estádios R5 e R8, o que sugere oportunidades para ganhos na seleção dessa característica que apresenta herança quantitativa (DICKSON & PETZOLDT, 1989, SHONNARD & GEPTS, 1994). Como presença de interação genótipo x ambiente para essa característica foi constatada (SHONNARD & GEPTS, 1994), isso implica na necessidade de avaliações em anos e locais, para que seja possível a identificação de cultivares de feijão apropriadas para o cultivo em áreas consideradas de risco climático.

A maioria dos trabalhos realizados para avaliar os efeitos prejudiciais da ocorrência de valores elevados de temperatura do ar sobre o feijão foram conduzidos no campo. Nessa condição não se tem controle da intensidade e da duração da temperatura do ar limitante às plantas de feijão. Por essa razão, os cultivos realizados em câmaras de crescimento (fitotron) são mais apropriados para a avaliação dos danos causados ao feijão em decorrência de altas temperaturas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade genética do feijão para tolerância a alta temperatura do ar durante o período reprodutivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma câmara controlada (fitotron), instalada no Laboratório de Análise de Qualidade, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

O fitotron foi pintado internamente de branco e possui as seguintes dimensões: 3,10 m comprimento x 1,90 m largura x 2,50 m altura. A luz foi fornecida através de lâmpadas fluorescentes (40W) e incandescentes (100W) em uma proporção de 4 fluorescentes:1 incandescente, fornecendo um total de $400,68 \text{ W m}^{-2}$ e um fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro. A temperatura do ar foi controlada através de condicionador de ar de 10000 BTUS e termohigrógrafo, instalados no interior do fitotron.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, e os tratamentos foram compostos de 20 cultivares de feijão (Tabela 5). A unidade experimental foi constituída por vaso plástico com uma planta, com capacidade para aproximadamente 5 litros de substrato comercial Plantmax®, definido em experimento prévio. Os vasos foram acomodados sobre bancadas de 70 cm de altura.

Os elementos minerais foram fornecidos em doses semanais através da fertirrigação com a solução nutritiva proposta por HOAGLAND & ARNON (1950), porém utilizando a metade da dose de nitrato recomendada. A água foi adicionada de maneira a repor o volume consumido pelas plantas, sendo o excedente eliminado através da drenagem natural.

Amostras da solução drenada foram coletadas semanalmente para a leitura da condutividade elétrica. Sempre que a leitura ultrapassou o valor de $3,0 \text{ mS.cm}^{-1}$, foi realizada uma irrigação abundante para lixiviar o excesso de sais do substrato.

A simulação da ocorrência de alta temperatura do ar foi realizada quando as plantas de feijão encontraram-se entre os estádios reprodutivos de R5 e R7, pré-floração e formação de vagens, respectivamente. Para tanto a temperatura do ar, no interior do fitotron, foi elevada para 30°C e permaneceu nessa condição por uma hora diariamente. Nos demais estádios fenológicos de desenvolvimento, a temperatura do ar foi mantida a $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante o dia e a $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, a noite.

As características fenológicas avaliadas foram: número de dias da semeadura à emergência (V1), número de dias da emergência à floração (R6) e número de dias da emergência à maturação fisiológica (R9), de acordo com a escala adotada pelo CIAT (1987). As estruturas reprodutivas, quantificadas em cada planta de feijão, foram número total de flores emitidas, número de vagens formadas (considerou-se vagem, quando se verificou a presença de pelo menos uma semente apta para a germinação) e, por diferença, se obteve o número de flores e vagens abortadas. O

número total de flores e vagens abortadas, em relação ao número total de flores emitidas, foi considerado como taxa de abortamento, em percentagem, e esse valor foi submetido à transformação angular ($\arcsen\sqrt{x/100}$). No entanto, os valores originais de percentagem de abortamento foram apresentados. Também foram determinados o número de sementes por vagem e massa de 100 sementes, a 13% de umidade média.

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância obteve-se efeito significativo para as características número de dias da sementeira à emergência, número de dias da emergência a floração, número de flores emitidas, número de flores e vagens abortadas, percentagem de abortamento, número de sementes por vagem e massa de 100 grãos, evidenciando a existência de variabilidade genética para cultivares.

De maneira geral, maior precisão experimental foi observada para as características fenológicas (Tabela 5) do que para as fenométricas (Tabela 6 e 7). Apesar de terem sido obtidos valores altos e intermediários de coeficiente de variação para as demais características, pode-se constatar comportamento diferenciado das cultivares de feijão em resposta a alta temperatura do ar no período reprodutivo (Tabela 6 e 7). Variabilidade genética para tolerância a alta temperatura do ar também foi obtida por em feijão (SILVEIRA et al., 1980, SHONNARD & GEPTS, 1994, MODA-CIRINO & FONSECA JÚNIOR, 2001, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002a, AGUIAR & MODA-CIRINO, 2002b, SILVA et al., 2005).

As cultivares Irai, PR 468 e Corrente – de hábito de crescimento determinado, tipo I – levaram de 6 a 7 dias para a emergência (Tabela 5). Provavelmente, essa demora para a emergência esteja relacionada com a maior massa de 100 sementes dessas cultivares. As demais cultivares de hábito de crescimento indeterminado com ramificações fechadas ou abertas - tipo II e tipo III, respectivamente - emergiram em cinco dias após a sementeira.

Apesar do atraso para a emergência verificado para 'Irai' e 'PR 468', essas cultivares foram mais precoces para a floração (22,7 dias). Também destacaram-se em precocidade para início da floração, as cultivares Carioca Precoce (26,3 dias) e

Ouro Negro (28,7 dias). No entanto, nem sempre os genótipos que florescem mais cedo serão os de ciclo mais precoce, como já observado por RIBEIRO et al. (2004).

Convém destacar que, no presente trabalho, as plantas de feijão foram submetidas à alta temperatura (30°C) durante o período reprodutivo, sendo a água e os nutrientes fornecidos em níveis ótimos. Nessa condição, as plantas de feijão apresentam atividade fotossintética intensa, com crescimento exuberante e alongamento do período de floração, como também constatado anteriormente por AIDAR et al. (2002). Esses fatores contribuíram para o alongamento do ciclo das cultivares precoces (Iraí, PR 468 e Corrente), que apresentaram número de dias para a maturação fisiológica semelhante às cultivares de ciclo intermediário, o que explica porque não foram observadas diferenças significativas para ciclo.

As cultivares de feijão que apresentaram maior número de flores emitidas foram: Carioca Precoce, PR 468, Iraí, Ouro Negro, Rio Tibagi e Minuano (Tabela 6). Para o número de vagens formadas, não foi possível a identificação de variabilidade genética, devido ao elevado coeficiente de variação observado.

Com relação ao número de flores e de vagens abortadas, maiores valores foram constatados para Iraí, Carioca Precoce e PR 468. Essas cultivares caracterizaram-se por apresentar mais de 34 flores emitidas e índices superiores a 79% de abortamento de flores (Tabela 6). As cultivares que floresceram mais precocemente (Tabela 5) foram submetidas a maior número de dias com temperatura de 30°C, o que contribuiu para o elevado número de flores abortadas.

A aplicação do teste de Scott-Knott permitiu a formação de dois grupos quanto a percentagem de abortamento de flores: grupo 1: 90,0% a 51,1% de abortamento e grupo 2: 48,6% a 5,7% (Tabela 6). As cultivares de feijão que apresentaram uma alta percentagem de abortamento de flores foram enquadradas no grupo 1, sendo consideradas de alta suscetibilidade aos efeitos da alta temperatura do ar. No grupo 2, menores percentagens de abortamento foram constatadas e as cultivares foram classificadas em tolerantes a alta temperatura do ar no período reprodutivo. As taxas de abortamento verificadas estão dentro do esperado para condições de cultivo a campo que é de 50 a 70% (MARIOT, 1989), podendo superar em 20 a 50% esses índices em condições de alta temperatura do ar (DIDONET, 2002).

No grupo com tolerância a alta temperatura, convém destacar as cultivares de grãos tipo carioca que apresentaram menores índices de abortamento de flores – Pérola (35,1%) e TPS Bonito (35,2%) - e com adaptação ao cultivo no Estado do Rio

Grande do Sul. No grupo comercial preto, a cultivar BRS Valente (25,4% de abortamento) apresentou menor taxa de abscisão de flores. Para esse grupo, também destacaram-se as cultivares Iapar 44, Rio Tibagi, Guateian 6662, Ônix e Macanudo. No entanto, a utilização da BRS Valente é mais indicada para o cultivo no RS, pela maior disponibilidade de sementes, estabilidade de produção e características da qualidade de grãos que conferem a preferência do consumidor.

Convém destacar a cultivar Corrente, de tegumento creme, que apresentou 5,7% de abortamento de flores. Provavelmente, essa cultivar possui uma maior disponibilidade de carboidratos, o que segundo DIDONET & MADRIZ (2002), pode favorecer ao menor abortamento de flores. Isso explicaria o baixo valor de abortamento verificado para essa cultivar que pode ser utilizada para cultivo em regiões onde há maior probabilidade de ocorrência de risco climático para altas temperaturas, pois mostrou-se altamente tolerante. No entanto, na região sul não há mercado para esse tipo de grão devido ao consumo ser considerado pouco representativo.

As cultivares avaliadas são da espécie *Phaseolus vulgaris* L. que se caracteriza pela presença de até oito sementes por vagem. As cultivares Goytacazes, Ouro Negro, Corrente, TPS Bonito, Carioca Precoce, Iraí e PR 468 apresentaram o menor número de sementes por vagem (Tabela 7).

Em condições de cultivo sob temperatura do ar elevada, tem-se observado a diminuição do número de vagens por planta, do número de grãos por vagem e da massa de grãos, o que afeta negativamente a produtividade (AIDAR et al., 2002). No presente estudo, a redução na massa de 100 sementes não foi observada (Tabela 7). Provavelmente, pelo fato das plantas terem sido conduzidas em condições ótimas para água e nutrientes, observou-se o menor número de grãos, mas sem alteração da massa de 100 sementes.

Com base nos resultados obtidos sob temperatura de 30°C durante o subperíodo, pré-floração e formação de vagens, sugere-se a utilização das cultivares Pérola e TPS Bonito (grãos tipo carioca), BRS Valente (grupo comercial preto) e Corrente (grãos de coloração creme) para áreas que apresentam probabilidade de ocorrência de risco climático. Essas cultivares apresentam baixa percentagem de abortamento de flores em condições de alta temperatura do ar durante o período reprodutivo do feijão.

CONCLUSÕES

Há variabilidade genética em feijão para tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo.

As cultivares de feijão Pérola, TPS Bonito, BRS Valente e Corrente são tolerantes a temperatura do ar de 30°C, com duração de uma hora, durante o período reprodutivo.

Tabela 5 - Caracterização do tegumento dos grãos (COR), hábito de crescimento (HC), número de dias da sementeira à emergência (emergência), número de dias da emergência à floração (floração) e número de dias da emergência a maturação fisiológica (ciclo) de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Cultivares	COR	HC	Emergência	Floração	Ciclo
Iraí	creme com estrias roxas	I	7,0 a*	22,7 c	82,0 ^{ns}
PR 468	creme com estrias roxas	I	6,3 b	22,7 c	72,0
Corrente	creme	I	6,0 b	33,7 a	80,3
Macotaço	preto	III	5,7 c	35,0 a	84,0
Minuano	preto	III	5,7 c	33,0 a	77,7
Macanudo	preto	II/III	5,7 c	32,7 a	83,0
Rio Tibagi	preto	II	5,7 c	33,3 a	81,3
Bambuí	creme	III	5,3 c	35,0 a	84,0
Carioca Precoce	carioca	II	5,3 c	26,3 b	82,0
Pérola	carioca	III	5,3 c	35,3 a	89,7
Carioca	carioca	III	5,3 c	36,0 a	76,3
Ouro Negro	preto	II/III	5,3 c	28,7 b	78,0
TPS Nobre	preto	II	5,3 c	35,0 a	83,3
Goytacazes	carioca	III	5,0 c	35,3 a	83,0
TPS Bonito	carioca	III	5,0 c	33,0 a	74,7
IAPAR 31	carioca	II	5,0 c	34,0 a	83,3
Guateian 6662	preto	II/III	5,0 c	34,0 a	87,7
Ônix	preto	II	5,0 c	40,7 a	82,0
BRS Valente	preto	II	5,0 c	35,7 a	83,7
IAPAR 44	preto	II	5,0 c	38,0 a	87,7
Média			5,5	33,0	81,8
C.V.(%)			7,86	7,50	6,62

* Grupos de médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

^{ns} Não significativo.

Tabela 6 - Número de flores emitidas (n° flores), número de vagens formadas (n° vagens), número de flores e vagens abortadas (n° abortado) e percentagem de abortamento (% abortamento) de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Cultivares	n° flores	n° vagens	n° abortado	% abortamento
Carioca Precoce	36,7 a*	7,7 ^{ns}	29,0 a	79,2 a
PR 468	34,7 a	6,0	28,7 a	83,2 a
Iraí	34,5 a	3,5	31,0 a	90,0 a
Ouro Negro	26,3 a	9,5	16,8 b	59,2 a
Rio Tibagi	26,3 a	16,0	10,3 b	39,8 b
Minuano	23,3 a	10,0	13,3 b	56,7 a
TPS Nobre	21,3 b	9,0	12,3 b	55,2 a
Macotaço	20,0 b	9,0	11,0 b	51,1 a
Goytacazes	18,7 b	12,7	6,0 b	28,2 b
Macanudo	17,7 b	8,3	9,3 b	45,7 b
IAPAR 44	17,3 b	12,3	5,0 b	32,5 b
IAPAR 31	16,0 b	6,7	9,3 b	59,5 a
Pérola	14,5 b	9,5	5,0 b	35,1 b
Guateian 6662	14,0 b	8,0	6,0 b	45,3 b
Carioca	13,7 b	5,0	8,7 b	64,4 a
Corrente	13,3 b	12,7	0,7 b	5,7 b
BRS Valente	13,0 b	9,0	4,0 b	25,4 b
Ônix	12,3 b	6,0	6,3 b	45,5 b
Bambuí	10,0 b	4,7	5,3 b	48,6 b
TPS Bonito	10,0 b	5,3	4,7 b	35,3 b
Média	19,7	8,5	11,1	49,3
C.V. (%)	44,4	50,8	57,3	30,2

* Grupos de médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

^{ns} Não significativo.

Tabela 7- Número de sementes por vagem (n° sementes) e massa de 100 sementes por planta de cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30°C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Cultivares	n° de sementes por vagem	Massa de 100 sementes (g)
Carioca	6,6 a*	28,53 b
Macotaço	6,3 a	27,74 b
Rio Tibagi	6,1 a	22,42 b
Macanudo	5,9 a	26,33 b
TPS Nobre	5,6 a	21,32 b
Minuano	5,5 a	26,82 b
Guateian 6662	5,3 a	22,03 b
IAPAR 31	5,3 a	25,97 b
Ônix	5,2 a	27,60 b
BRS Valente	5,1 a	26,23 b
Bambuí	5,0 a	23,71 b
IAPAR 44	5,0 a	22,69 b
Pérola	4,9 a	32,82 a
Goytacazes	4,5 b	34,03 a
Ouro Negro	4,5 b	28,29 b
Corrente	4,5 b	31,49 a
TPS Bonito	4,1 b	23,10 b
Carioca Precoce	3,9 b	19,30 b
Iraí	3,8 b	35,48 a
PR 468	3,6 b	37,90 a
Média	5,0	27,19
C.V. (%)	15,8	18,4

* Grupos de médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que não existe um substrato único que possa ser utilizado para todas as espécies agrícolas, a identificação do substrato mais apropriado para cultivo de plantas de feijão torna-se necessária. Nesse sentido, a utilização do substrato comercial Plantmax®, de características químicas e físicas mais apropriadas, propiciou melhores condições para o desenvolvimento e crescimento das plantas, podendo então ser recomendado seu uso para cultivo de feijão.

A identificação de cultivares de feijão com tolerância a alta temperatura do ar, durante o período reprodutivo, possibilita a utilização de cultivares mais apropriadas para o cultivo em áreas consideradas de risco climático devido ao estresse térmico. Além disso, permite o uso das cultivares tolerantes em blocos de cruzamentos para o desenvolvimento de genótipos com variabilidade genética superior a ocorrência de temperatura do ar superior a 30° C. Sendo assim, as cultivares Pérola, TPS Bonito, BRS Valente e Corrente são promissoras para novos estudos de tolerância a estresse térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M. Los substratos hortícolas y técnicas de cultivo sin suelo. In: RALLO, L., NUEZ, F. (Eds). **La horticultura Española em la C. E. Reus**: Horticultura S.L, p. 271-280. 1991.

ABREU, A.F. de B., et al. Progreso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas Regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n 7, p.105-112, 1994.

ANDRADE, M.J.B. Clima e solo. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.**: UFV, 1998. p.83-97.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura geral: princípios e técnicas.** Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 158 p.

ANDRIOLO, J.L.; et al. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, v.17, n3, p.215-219,1999.

AGUIAR, R.S. & MODA-CIRINO, V. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro do grupo comercial carioca quanto à tolerância ao estresse térmico. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002a. 842 p. p. 418-420.

_____. Reação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo comercial preto ao estresse térmico. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002b. 842 p. p. 421-424.

AGROANALYSIS. **Preços recebidos pelos agricultores e variações de alguns indicadores.** Rio de Janeiro: FGV, v.18, n.4, 1998.

AIDAR, H.; et al. Mudanças fisiológicas no feijoeiro-comum, sob altas temperaturas, em várzeas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002b. 842 p. p. 76-79.

ANDRADE, M.J.B. Clima e solo. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.** Viçosa: UFV, 1998. p.83-97.

BARBANO, M.T.; et al. Comparação entre valores observados e estimados de duração dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n1, p.103-110, 2001.

BELLÉ, S.; KÄMPF, A.N. Produção de mudas de maracujá-amarelo em substratos à base de turfa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n3, p.385-390, 1993.

BEZERRA, A.M.E.; MOMENTÉ, V.G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v.22, n2, p.295-299, 2004.

BULISANI, E.A., ALMEIDA, L.D'A., ROSTON, A.J. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI, E.A. **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Fundação Cargill: Campinas, 1987. p.29-88.

BURIOL, G.A.; et al. Cartas mensais e anuais das temperaturas médias, das médias das temperaturas máximas e das médias das temperaturas mínimas do estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 9 (suplemento). 60p. 1979.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CIAT. **Standart system for the evaluation of bean germoplasm**. Cali: CIAT, 1987. 54p.

Embrapa CNPAF. **A cultura do feijão. Embrapa – Arroz e Feijão**. Capturado em 29 janeiro de 2003. Online. Disponível em <http://cnpaf.embrapa.br/pesquisa/feijão.html>.

Companhia Nacional de Abastecimento. Capturado em 31 de maio de 2005. Online. Disponível em <http://conab.gov.br>.

DICKSON, M.K., BOETTGER, M.A. Effect of high and low temperatures on pollen germination and set in snap beans. **Journal American Horticultural Science**, v.109, p-372-374, 1984.

DICKSON, M.H.; PETZOLDT, R. Heat tolerance and pod set in green beans. **Journal American Society Horticulture Science**, , v.114, p.833-836, 1989.

DIDONET, A.D. **Acúmulo de biomassa, nitrogênio e temperatura na definição do rendimento de grãos do feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 37 p. (Embrapa. Programa 4 – Sistemas de Produção de Grãos. Projeto 04.2001.074).

DIDONET, A.D.; et al. Efeitos da alta temperatura do ar. In: **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. cap. 3, p.53-66.

DIDONET, A.D. & MADRIZ, P.M. Abortamento de flores e vagens no feijoeiro: efeito da temperatura e da radiação solar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002b. 842 p. p. 55-58.

ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G. A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.2, n1, p.57-63, 1994.

GONÇALVES, S.L.; et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado nas safras das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n2 p.99-107, 1997.

GROLLI, P.R. **Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas**. 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 1991.

HOAGLAND D. R.; ARNON D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkely: University of California, 1950. 32p. (Circular; 347).

HOFFMANN, G. Verbindliche metoden zur untersuchung von TKS und garterischen erden. **Mittelungen der VSLUFA**, v.6, p.129-153, 1970.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2004.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Eds) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LIRA, L.M. **Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* OSBECK cv. cravo) até a repicagem.** 1990. 86f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras 1990.

LOPES, P.S.N. **Propagação sexuada de maracujazeiro azedo (*Plassiflora edulis* Sims f. favicarpa deg.) em tubetes: efeito da adubação nitrogenada e substratos.** 1996. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras 1996.

MARRIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná.** Londrina: IAPAR, 1989. p.25-41. (Circular, 63).

MASSIGNAM, A.M.; et al. Ecofisiologia do feijoeiro. II – Redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1 p.41-45, 1998.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; et al. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.18, n. 3, p.164-170, 2000.

MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Seleção de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes a alta temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001. Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2001. CD-ROM.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland; ein kritischer & Überblick. **Plant and Soil**, v.75, p.269-281, 1983.

POMPEU, A.S. Feijão. In: FURLANI, A.M.C., VIEGAS, G.P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.111-156.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.101-137.

RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D.F., OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas.** Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; POSSEBON, S.B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.19-29, 2004.

SILVA, C.F.B.; BIUDES, G.; MODA-CIRINO, V. Avaliação de tolerância ao estresse térmico em linhagens de feijoeiro do grupo comercial carioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005. Gramado. **Anais...** Gramado: Embrapa Trigo; SBMP, 2005. CD-ROM.

SILVEIRA, P.M.; PORTES, T.A.; STONE, L.F. Idade de floração e vingamento de flores em duas cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.15, n.2, p.229-232, 1980.

SHONNARD, G.C.; GEPTS, P. Genetic of heat tolerance during reproductive development in common bean. **Crop Science**, v.34, n.5, p.1168-1175, 1994.

SMITH, F.L., PRYOR, R.H. Effects of maximum temperature and age of flowering and seed production in three bean varieties. **Hilgardia**, v.33, n.12, p.669-688, 1962.

SCHMITZ, J.A.K.; SOUZA, P.V.D.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

TÉRAN, H.; SINGH, S.P. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. **Crop Science**, v.42, p.64-70, 2002.

TEDESCO, M.J.; et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS /Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

VENCOVSKY, R., RAMALHO, M.A.P. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p.57-89.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: UFV, 1967. 220p.

ANEXOS

Anexo 1 - Resumo da análise da variância das variáveis número de dias da sementeira à emergência (emergência), número de dias da emergência à floração (floração), fitomassa seca das raízes (raiz), fitomassa seca da parte aérea (aérea), fitomassa seca total (total), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes por planta (NSP), massa de sementes por planta (MSP) e massa de 100 sementes (MCS) de plantas de feijão cultivadas em diferentes substratos, em casa-de-vegetação. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

	Emergência	Floração	Raiz	Aérea	Total	NVP	NSV	NSP	MSP	MCS
QMt	8,5142*	29,9238*	6,8823*	28,1627*	61,3918*	105,6000*	0,49673 ^{ns}	1609,7143*	100,0566*	13,1434 ^{ns}
Média	5,65	37,08	2,47	5,49	7,97	10,40	3,53	37,74	7,54	19,85
CV%	14,48	4,65	19,89	19,37	18,27	15,92	16,23	20,92	25,91	17,16

*Valores significativos para teste de F, com 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Valores não significativos para teste de F, com 5% de probabilidade de erro.

Anexo 2 - Resumo da análise da variância das variáveis número de dias da semeadura a emergência (emergência), número de dias da emergência a floração (floração), número de dias da emergência a maturação fisiológica (ciclo), número de flores emitidas (nº flores), número de vagens formadas (nº vagens), número de flores e vagens abortadas (nº abortado), porcentagem de abortamento (% de abortamento), número de sementes por vagem (NSV) e massa de 100 sementes (MCS) em cultivares de feijão submetidas a temperatura de 30° C durante o período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

	Emergência	Floração	Ciclo	nº flores	nº vagens	nº abortado	% de abortamento	NSV	MCS
QMt	0,8166*	63,5087*	57,2026 ^{ns}	202,6043*	29,9111 ^{ns}	230,555*	0,1834*	2,0665*	76,1596*
Média	5,45	33,00	81,78	19,68	8,54	11,14	49,29	5,04	27,19
CV%	7,86	7,50	6,62	44,38	50,79	57,30	30,19	15,80	18,42

*Valores significativos para teste de F, com 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Valores não significativos para teste de F, com 5% de probabilidade de erro.

Anexo 3 - Caracterização das cultivares de feijão avaliadas quanto à tolerância a alta temperatura do ar no período reprodutivo. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

Genótipo	Grupo	HC*	Genealogia
1. TPS Nobre	preto	II	FT 120/ FT 84-1806// FT 84-424
2. Rio Tibagi	preto	II	S-89-N (introdução)
3. Ouro Negro	preto	II/III	Introdução de Honduras (CIAT)
4. IAPAR 44	preto	II	BAC 2/ RAI 12// Rio Tibagi/ Cornell 49242
5. Macanudo	preto	II/III	A 358 x [A 176 x (G 4326/XAN 40)]
6. Minuano	preto	III	A 358 x [A 176 x (G 4326/XAN 40)]
7. Macotaço	preto	III	A 358 x [A 176 x (G 4326/XAN 40)]
8. BRS Valente	preto	II	-
9. Ônix	preto	II	Porrillo Sintético/ Turrialba 1// ICA Pijao/ Negro Jamapa
10. Guateian 6662	preto	II/III	Introdução da Costa Rica
11. Carioca	carioca	III	Seleção em cultivar local em São Paulo
12. IAPAR 31	carioca	II	BAC 4/ RAI 46// BAC 2/ Iguaçu/3/BAT/BAC 4
13. Pérola	carioca	III	Seleção massal na cultivar Aporé
14. TPS Bonito	carioca	III	Iapar 14/ IAC Carioca
15. Carioca Precoce	carioca	II	-
16. Goytacazes	carioca	III	A 106/ A 63
17. Corrente	de cor	I	A 176/ Catu
18. Bambuí	de cor	III	BAT 477/Favinha//Carioca/XAN 40
19. PR 468	de cor	I	Seleção na cultivar Iraí
20. Iraí	de cor	I	Seleção em material local

* HC: hábito de crescimento.

Anexo 4 – Valores médios temperatura do ar em graus Celsius, durante os estádios fenológicos R2 à R4 (08/08 a 31/08 pré-estresse), R5 à R7 (01/09 a 29/09 estresse térmico) e R8 à maturação fisiológica (30/09 a 01/11 pós-estresse) em cultivares de feijão cultivadas em fitotron. Santa Maria – RS, UFSM, 2005

