

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

MARCIO ZILIO

**POTENCIAL DE USO DE GENÓTIPOS CRIoulos DE FEIJÃO NO
OESTE E PLANALTO SUL CATARINENSE QUANTO AO
DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E
NUTRICIONAL DOS GRÃOS**

LAGES, SC

2010

MARCIO ZILIO

**POTENCIAL DE USO DE GENÓTIPOS CRIoulos DE FEIJÃO NO
OESTE E PLANALTO SUL CATARINENSE QUANTO AO
DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E
NUTRICIONAL DOS GRÃOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Clovis Arruda de Souza

Co-orientador: Cileide Maria Medeiros Coelho

**LAGES, SC
2010**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Zilio, Marcio

Potencial de uso de genótipos crioulos de feijão no Oeste
e Planalto Sul Catarinense quanto ao desempenho
agronômico, qualidade tecnológica e nutricional dos
grãos. / Marcio Zilio -- Lages, 2010.

97 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Componentes da produção.
3. Rendimento de grãos. 4. Ciclo. 5. Arquitetura de plantas.
6. Tempo de cocção. 7. Nutrientes. 8. Análise de Trilha.
I. Título.

CDD – 635.652

MARCIO ZILIO

**POTENCIAL DE USO DE GENÓTIPOS CRIoulos DE FEIJÃO NO
OESTE E PLANALTO SUL CATARINENSE QUANTO AO
DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E
NUTRICIONAL DOS GRÃOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado em: 08/10/2010

Homologado em: / /2010

Banca Examinadora:

Dr. Clovis Arruda de Souza
(UDESC/Lages – SC)
Orientador/presidente

Dr. Leo Rufato
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado em
Produção Vegetal – UDESC/Lages – SC

Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho
(UFSC/Florianópolis – SC)
Co-orientadora

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado em
Ciência do Solo e Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Ciências Agrárias –
UDESC/Lages – SC

Dr. David José Miquelluti
(UDESC/Lages – SC)
Membro

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages – SC

Dr. Julio Cesar Pires Santos
(UDESC/Lages – SC)
Membro

**Lages, Santa Catarina
08 de outubro de 2010**

Dedico aos meus pais, pelo exemplo de vida,
que sempre lutaram com dignidade e respeito,
não medindo esforços para que eu pudesse
realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus que iluminou e orientou meus passos nesta busca por um futuro digno. Também agradeço a Ele por dar-me saúde e força para superar as dificuldades encontradas no caminho até aqui.

Aos meus pais, Valdemar e Dulce, que me educaram. Agradeço a eles pelo exemplo de vida, que sempre lutaram com dignidade e respeito, não medindo esforços para que eu pudesse concretizar meus objetivos. As minhas irmãs, Andréia, Adriana e Alessandra pelo carinho, amor e dedicação, a minha sobrinha Yasmin, pela alegria da vida e a toda minha família.

A minha namorada Kamila Maciel Dias, que sempre esteve junto comigo nos momentos difíceis, e a responsável pelos momentos de alegria. Agradeço a ela pelo amor, pela cumplicidade, por compartilhar a sua vida comigo e tornar a minha completa.

Agradeço aos amigos Murilo, Bruno, Deivid, Francielle, Marcelo, Caciana, Adelina, Janaína, que me ajudaram nos momentos difíceis e pelo auxílio inestimável nas análises de campo e laboratório.

Aos professores David José Miquelluti, Júlio Cesar Pires Santos, Mari Lucia Campos, Ricardo Trezzi Casa, Paulo Roberto Kuhnem Junior e em especial a professora Cileide Maria Medeiros Coelho pelos ensinamentos, dedicação e paciência.

A meu orientador Clovis Arruda de Souza, pela orientação, amizade, conhecimento e dedicação por tantos anos.

Também agradeço ao Sindicato Rural de Anchieta e a Adair e Alcides pela ajuda na condução dos experimentos em Anchieta e Joaçaba.

Agradeço aos funcionários Fátima, Henrique e Maurílio por terem auxiliado nas análises de laboratório.

A UDESC pela oportunidade de realização do curso de graduação e mestrado.

Meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esse sonho. OBRIGADO!

Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
a presença distante das estrelas!

Mário Quintana

RESUMO

ZILIO, Marcio. **Potencial de uso de genótipos crioulos de feijão no Oeste e Planalto Sul Catarinense quanto ao desempenho agrônomo, qualidade tecnológica e nutricional dos grãos.** Lages, 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina.

A utilização dos recursos genéticos nas pesquisas pode contribuir no incremento da produtividade, qualidade tecnológica e nutricional dos grãos de feijão, baseado no aumento da produção de grãos, menor tempo de cocção e melhoria dos teores de nutrientes nos grãos, e ainda fornece base para novas pesquisas e constitui uma forma de incentivo aos agricultores com objetivo de agregar valor ao produto, em função da venda por preferência de cor, menor tempo de cocção e altos teores de nutrientes. Portanto o trabalho teve por objetivo, verificar o potencial agrônomo, tecnológico e nutricional dos grãos de genótipos crioulos e comerciais de feijão em Anchieta, Joaçaba e Lages, além da contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção final e a qualidade tecnológica e nutricional de grãos de feijão, bem como avaliar a correlação entre esses caracteres. O experimento foi conduzido com 26 genótipos de feijão na safra 2008/2009, sob delineamento experimental em blocos ao acaso com 3 repetições, onde avaliaram-se produtividade, componentes do rendimento, ciclo, arquitetura de planta, capacidade de hidratação, tempo de cocção, teores de fitato, proteína bruta, fósforo, potássio, zinco e ferro. Utilizou-se o teste de variância univariada para determinação da variabilidade e da resposta dos genótipos aos diferentes ambientes de cultivo, o teste de Scott-Knott para comparação dos genótipos e Tukey para comparação dos locais de cultivo por genótipos. As correlações foram estimadas através da análise de trilha e correlação linear simples. Os resultados mostraram que elevadas produtividades estão associadas com um maior número de vagens por planta, número de grãos e de lóculos por vagem, e menor massa de 100 grãos. No geral, o ambiente de Joaçaba proporcionou as maiores produtividades de feijão, com o destaque para os genótipos BAF 42, 57, 102, 112 e 121, que apresentaram produtividades acima de 4000 kg.ha⁻¹. Em Anchieta destaque para o BAF 55 e em Lages para o BAF 13 com produtividade acima de 3000 kg.ha⁻¹. As plantas de ciclo mais longo estão associadas a baixas produtividades e o período floração–maturação fisiológica foi responsável pela diferença no ciclo dos genótipos entre Joaçaba e Lages. Quanto à arquitetura, destaque para os BAFs 07 e 121 que apresentaram valores elevados para estatura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de haste e número de nós em Joaçaba e Lages. Em Anchieta, Joaçaba e Lages a capacidade de hidratação apresentou correlação negativa com o tempo de cocção, mostrando que, com o aumento na absorção de água, reduz-se o tempo de cocção. O BAF 84 se destacou por apresentar baixo tempo de cocção nos 3 locais de cultivo (≤ 30 minutos). A produtividade apresentou correlação negativa com os nutrientes nos grãos, para os três locais, evidenciando que genótipos com elevada produtividade apresentam menores teores de nutrientes, entretanto, foram encontradas correlações positivas entre os nutrientes. A ampla diversidade constatada nos genótipos crioulos pode ser usada como suporte para futuros estudos, assim como o uso e preservação junto aos agricultores.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.. Componentes da produção. Rendimento de grãos. Ciclo. Arquitetura de plantas. Tempo de cocção. Nutrientes. Análise de Trilha.

ABSTRACT

ZILIO, Marcio. **Landrace bean genotypes potential for use in the West and South High Plain region of Santa Catarina, Brazil, to agronomic performance, technological quality and nutritional value of grains.** Lages, 2010. 97 p. Dissertation (Masters in Crop Production) – Post Graduate Program in Agricultural Sciences, Santa Catarina State University.

The use of genetic resources in research can contribute to increased yield, technological quality and nutritional value of bean grains, based on higher grain production, lower cooking times and increased nutrient levels in the grains. There is still a basis for more research to provide an incentive to producers with the objective of adding value to the product, due to sale by color preference, lower cooking times, and high nutrient levels. Therefore, the objective of this work was evaluated the agronomic, technological and nutrient potential of common landrace and commercial bean genotypes in Anchieta, Joaçaba and Lages as well as the relative contribution of yield components to final production and technological and nutritional quality of the bean grains, and also to evaluate the correlation between these characteristics. The experiment was carried out on 26 bean genotypes in the 2008/2009 growing season in a random block experimental area with 3 repetitions, where yield, yield components, cycle, plant architecture, hydration capacity, cooking time, fitate levels, total protein, phosphorus, potassium, zinc and iron levels were evaluated. The Univariate Variance test was used to determine the genotypes' response to the different environments, the Scott-Knott test for comparing genotypes and the Tukey test to compare the environment by genotype. The correlations were estimated by path analysis and simple linear correlation. The results showed that elevated yields are associated with larger numbers of pods per plant, number of grains and loci per pod, and a lower mass of 100 grains. In general, the Joaçaba environment allowed the highest bean yields, with the best genotypes being BAF 42, 57, 102, 112 e 121, which yielded above 4000 kg.ha⁻¹. In Anchieta the best was BAF 55 and in Lages; BAF 13 with yields higher than 3000 kg.ha⁻¹. Plants with longer cycles are associated with lower yields and the flowering period-physiological maturation was responsible for differences in the cycle between Lages and Joaçaba. As for plant architecture, the best were BAFs 07 e 121 which presented elevated values for plant structure, height of the first pod, stem diameter, and number of nodes in Joaçaba and Lages. In Anchieta, Joaçaba and Lages, the hydration capacity demonstrated a negative correlation with cooking time, showing that with an increase in water absorption, the cooking time was reduced. BAF 84 showed the shortest cooking time in all 3 locations (≤ 30 minutes). Yield presented a negative correlation to nutrients in the bean grains, for the three locations, proving that the high yielding genotypes have lower nutritional levels, however, positive correlation was found between nutrient levels. The huge diversity of landrace genotypes supports the argument for further study and also for promoting their preservation together with family farmer and commercial producers.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.. Yield components. Yield. Cycle. Architecture of plants. Cooking time. Nutrient. Path Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Identificação e imagens dos genótipos de feijão utilizados nos experimentos em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.....	33
Figura 2- Relação entre produtividade e número de vagens por planta de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	46
Figura 3- Relação entre produtividade e número de grãos por vagem de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	46
Figura 4- Relação entre produtividade e número de lóculos por vagem de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	47
Figura 5- Relação entre produtividade e massa de 100 grãos de genótipos de feijão, na safra 2008/2009.	47
Figura 6- Relação entre número de vagens por planta e massa de 100 grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	50
Figura 7- Relação entre número de grãos por vagem e massa de 100 grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	50
Figura 8- Relação entre número de grãos por vagem e número de vagens por planta de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	51
Figura 9- Relação entre a emergência e a floração do feijão e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	52
Figura 10- Relação entre a floração e maturação fisiológica do feijão e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	53
Figura 11- Relação entre o ciclo da cultura e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	54
Figura 12- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Joaçaba.....	55
Figura 13- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Lages.....	55
Figura 14- Comparação entre o período emergência – floração e floração – maturação fisiológica, no ciclo total de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba, na safra 2008/2009.....	59
Figura 15- Comparação entre o período emergência – floração e floração – maturação fisiológica, no ciclo total de genótipos de feijão cultivados em Lages, na safra 2008/2009.....	59
Figura 16- Distribuição de frequência da capacidade de hidratação de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.....	66
Figura 17- Distribuição de frequência do tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	67
Figura 18- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Anchieta.....	69

Figura 19- Relação entre a capacidade de hidratação e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	72
Figura 20- Relação entre o teor de fósforo e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	73
Figura 21- Relação entre o teor de potássio e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	73
Figura 22- Relação entre o teor de proteína bruta e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Identificação e origem dos genótipos de feijão utilizados nos experimentos em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.....	32
Tabela 2- Produtividade e número de legumes por planta, de diferentes genótipos de feijão, para os três locais de cultivo, safra 2008/2009.....	41
Tabela 3- Número de grãos por planta e massa de 100 grãos, de diferentes genótipos de feijão, para os três locais de cultivo, safra 2008/2009.....	43
Tabela 4- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão e seus componentes do rendimento.....	44
Tabela 5- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão e ciclo.	52
Tabela 6- Número de dias de duração do período emergência – maturação fisiológica, emergência – floração e floração – maturação fisiológica de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	58
Tabela 7- Hábito de crescimento e porte de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.....	62
Tabela 8- Estatura de planta, diâmetro de haste, altura de inserção da primeira vagem e número de nós de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.....	63
Tabela 9- Capacidade de hidratação e tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.	65
Tabela 10- Classes de resistência ao processo de cozimento no feijão.	67
Tabela 11- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter tempo de cocção em feijão. .	70
Tabela 12- Teores de proteína bruta, ferro e zinco dos grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.	75
Tabela 13- Teores de fósforo, fitato e potássio dos grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.	78
Tabela 14- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão, e teores de nutrientes.	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA DA CULTURA DO FEIJÃO	17
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO FEIJÃO	18
2.3 PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DO RENDIMENTO	20
2.4 CICLO E CONDIÇÕES AMBIENTAIS	23
2.5 ARQUITETURA DE DOSSEL DE PLANTAS DE FEIJÃO	25
2.6 DIVERSIDADE GENÉTICA E EFEITO DO AMBIENTE NA QUALIDADE TECNOLÓGICA.....	27
2.7 QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 COMPONENTES DO RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE	31
3.2 CICLO	34
3.3 ARQUITETURA DE PARTE AÉREA	35
3.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA	35
3.5 DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NOS GRÃOS.....	35
3.5.1 Teor de potássio nos grãos (K)	36
3.5.2 Teores de ferro (Fe) e zinco (Zn).....	37
3.5.3 Teor de fósforo total	37
3.5.4 Teor de proteína total.....	37
3.5.5 Teor de fitato	37
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 COMPONENTES DO RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE	40
4.2 CICLO	51

4.3 ARQUITETURA DE DOSSEL DA PLANTA DE FEIJÃO	60
4.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE FEIJÃO	64
4.5 QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS DE FEIJÃO	74
5 CONCLUSÃO	84
6 PERSPECTIVAS E APLICAÇÕES	86
REFERÊNCIA	87

1 INTRODUÇÃO

Entre os vegetais, as leguminosas constituem fonte alternativa de proteínas e carboidratos, principalmente em áreas onde a proteína animal é escassa ou cara (ESTEVES et al., 2002). Nesse contexto, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) representa metade dos grãos de leguminosas consumidos no mundo, sendo a principal fonte calórico-protéica (BROUGHTON et al., 2003).

O feijão é um produto tradicional na alimentação da população brasileira, principalmente das classes de menor renda. Sob o aspecto nutricional o feijão apresenta componentes e características que tornam o seu consumo vantajoso, com destaque para o teor relativamente alto de proteínas (250 g.kg^{-1}), o conteúdo de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, a fibra alimentar auxiliando na prevenção de doenças do sistema digestório e do coração, e também para a redução do colesterol e controle glicêmico (RIOS et al., 2003). O feijão é fonte de alguns minerais (ferro, zinco, cálcio), além de possuir compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças cardiovasculares (BENINGER e HOSFIELD, 2003).

Sob o ponto de vista tecnológico, o tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade e o tempo para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001). A preferência do consumidor brasileiro é pelo produto de colheita mais recente, já que a qualidade do feijão é afetada no decorrer do tempo de armazenamento. Essa perda de qualidade é manifestada pelo aumento no grau de dureza do feijão, e decorrente do aumento no tempo de cozimento, além de alterações no sabor e escurecimento do tegumento (ESTEVES et al., 2002). Atualmente o consumo de feijão pelos brasileiros é de aproximadamente $17,5 \text{ kg/habitante/ano}$, muito inferior ao da década de 60, onde o consumo era em torno de $30 \text{ kg/habitante/ano}$ (WANDER, 2007).

A produção nacional de feijão registrada em 2009, considerando-se as três safras do produto, foi de $3.478.775 \text{ t}$, $0,5\%$ maior que a observada em 2008 enquanto que a área colhida de $4.129.423 \text{ ha}$ também apresentou um crescimento de $9,3\%$. A produtividade média em 2009 foi de 842 kg.ha^{-1} , 8% menor em relação a 2008 (IBGE, 2010).

Em Santa Catarina a área colhida foi de 89.500 ha , $14,5\%$ maior que a do ano anterior, porém, a produção obtida foi de 131.386 t , $6,8\%$ menor. O rendimento médio obtido foi de 1.468 kg.ha^{-1} , $18,6\%$ inferior ao do ano anterior (IBGE, 2010).

Com base nos critérios de classificação do Programa Nacional da Agricultura Familiar (Pronaf), estima-se que a agricultura familiar em Santa Catarina representa um universo de

180 mil famílias, ou seja, mais de 90% da população rural. No caso do feijão, este aspecto é particularmente importante por se caracterizar como uma cultura de pequena (10 ha) a média propriedade (50 ha), e de agricultura familiar, sendo responsável por 67% da produção catarinense de feijão (ICEPA, 2004).

Apesar da deficiência de informações dos germoplasmas, o Brasil detém a maior diversidade vegetal do mundo, neste contexto os estados do Sul do Brasil se destacam pelo grande número de variedades crioulas, portanto esta diversidade deve ser explorada, caracterizada e utilizada como um bem público, garantindo benefícios globais (GEPTS et al., 1986).

No Brasil há ampla diversidade vegetal particularmente em Santa Catarina, a estrutura fundiária é baseada em minifúndios, e esta característica associada a fatores sócio-econômicos permitiu a permanência dos genótipos crioulos até os dias atuais, indicando uma grande biodiversidade; diversidade esta que têm sido mantida por geração a geração de agricultores, constituindo um patrimônio genético que merece ser estudado e conservado (GUERRA, 1998).

De modo geral, o principal objetivo dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos com maior potencial produtivo e com características agrônômicas desejáveis e insensíveis às variações de ambiente. Na busca de genótipos com produtividades superiores é necessária a identificação com maior precisão, dos processos que envolvem o aumento do rendimento e da complexidade das interações entre eles. Portanto, a produtividade é um caráter complexo e resultante da expressão e associação de diferentes componentes (CARVALHO et al., 2002).

O feijão é uma espécie cujo desempenho é altamente influenciado pelas variações do ambiente, o que contribui para produtividade baixa (842 kg.ha^{-1}) e instável ao longo dos anos (PIANA et al., 1999). No Estado de Santa Catarina o feijão é cultivado sob diferentes manejos, condições de solo e de clima, e tais fatos causam uma influência significativa da interação genótipo x ambiente no rendimento de grãos (ELIAS et al., 2007).

Nos programas de melhoramento do feijão, as linhagens são avaliadas quanto ao tempo de cozimento, pois este caráter é de grande importância na aceitação da cultivar de feijão pelos consumidores (FERREIRA e YOKOYMA, 1999; SCHOLZ e FONSECA JUNIOR, 1999ab). A perda na qualidade ocorre devido ao aumento no grau de dureza do feijão, e aumento no tempo de cozimento, além de mudanças no sabor e escurecimento do tegumento de algumas cultivares (RIOS et al., 2003). Desse modo, visando ao processo de aceitação da cultivar, deve-se observar a importância da seleção de genótipos que apresentem

características relacionadas com a qualidade para o cozimento, como tempo de cocção reduzido (CARBONELL et al., 2003).

A qualidade nutricional do feijão inclui teores de proteína, composição de aminoácidos, fibra alimentar, especialmente fibra solúvel, vitaminas, minerais, além de fatores anti-nutricionais (DALLA CORTE et al., 2003). A utilização dos recursos genéticos nas pesquisas pode contribuir no incremento da qualidade nutricional das sementes, baseado na melhoria dos teores de nutrientes nos grãos e constituir uma forma de incentivo aos agricultores com objetivo de agregar valor ao produto, em função da venda por preferência de cor e altos teores de nutrientes (CONAFE, 2005).

A qualidade tecnológica e nutricional dos grãos de feijão é determinada pelo genótipo, e influenciados pelo ambiente durante o desenvolvimento da planta e do grão. Os fatores ambientais que afetam a qualidade dos grãos incluem os fatores climáticos, como elevadas temperaturas na fase de enchimento de grãos, manejo da cultura, beneficiamento dos grãos e condições de armazenamento. Tem-se observado efeitos significativos da interação genótipo x ambiente em características tecnológicas e culinárias do feijão (SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999a,b, CARBONELL et al., 2003; COELHO et al, 2008a). As condições do grão, no momento da colheita (seca ou chuva), interferem na qualidade fisiológica dos grãos com modificações nas características do tegumento (integridade), o que influencia na absorção de água e no tempo de cozimento (CARBONELL et al., 2003).

Além disso, o feijão, por ser uma espécie com ciclo em média de 90 dias, é mais sensível às variações ambientais (ROSSE e VENCovsky, 2000). O feijão no Brasil é cultivado em três épocas: das águas, da seca, e de inverno. Nessas épocas a semeadura é realizada de acordo com o zoneamento ecológico, levando em consideração principalmente o déficit hídrico e temperatura (CARBONELL e POMPEU, 2000). Assim, as condições climáticas e o manejo adotado pelo agricultor podem provocar mudanças acentuadas nos componentes do rendimento, no ciclo e na produtividade.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o desempenho agrônomo e a qualidade tecnológica e nutricional dos grãos de genótipos crioulos de feijão, nos municípios de Anchieta, Joaçaba e Lages, visando identificar genótipos mais promissores no estado de Santa Catarina, além de verificar a contribuição relativa entre esses caracteres.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA DA CULTURA DO FEIJÃO

A caracterização de genótipos é uma etapa essencial em bancos de germoplasma. Esta pode ser realizada com base em diferenças morfológicas das plantas, nos tipos de proteínas e de seqüências de DNA, ou ainda pela integração de marcadores morfológicos, moleculares e bioquímicos (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998).

A diversidade observada através da proteína faseolina da semente sugere que espécies cultivadas tenham surgido a partir de múltiplas domesticações ao longo de sua extensa distribuição (GEPTS e BLISS, 1986; GEPTS et al., 1986). Duas principais domesticações teriam originado as cultivares Meso-americanas e Sul-andinas, respectivamente, e uma terceira e menor, teria tido lugar na Colômbia ou América Central (GEPTS et al., 1986; KOENNING et al., 1990).

O aumento da população humana e o intenso melhoramento de plantas são considerados os principais fatores que afetam negativamente a diversidade genética. A perda da diversidade genética devido às substituições das variedades crioulas, de ampla variabilidade genética, para variedades melhoradas é chamada de “erosão genética”. Enquanto os estudos das causas da “erosão genética” são bem compreendidos, as informações sobre as condições de manutenção da diversidade genética, o impacto da perda, e a identificação das áreas críticas ainda são insuficientes (MARAS et al., 2006).

O desenvolvimento tecnológico avançado das culturas, através do uso de variedades melhoradas e substituição das variedades crioulas, de ampla variabilidade genética, leva a perda de genótipos que possuam genes úteis para o melhoramento, tais como os relacionados à produção, qualidade tecnológica e nutricional de grãos, resistência a doenças ou tolerância a estresses abióticos. O resgate destes genótipos é estratégico para uma agricultura que busca sustentabilidade (CONAFE, 2005; CONNER e MERCER, 2007).

A diversidade genética do feijão é uma fonte fundamental de manutenção dos meios de subsistência e sistemas agroecológicos para mais de 100 milhões de pessoas na África, com dimensões econômicas e sócio-políticas importantes. O feijão contribui significativamente com proteínas e minerais para as dietas locais e é fonte importante de receita principalmente para pequenos agricultores. O número de genótipos utilizados pelos agricultores aumentou nos últimos anos, devido ao trabalho de resgate promovido pelo CIAT, contribuindo para o aumento da diversidade na propriedade agrícola e da estabilidade na

produção. Nesses trabalhos o CIAT identificou genótipos crioulos de feijão tolerantes a baixa fertilidade do solo e a seca, baixo pH, baixo teor de fósforo, toxidade do alumínio, toxicidade do manganês e salinidade (CIAT, 2005).

Várias razões justificam o estudo da diversidade genética presente nas populações selvagens, incluindo sua contribuição para a diversidade genética e uma melhor definição do efeito da domesticação na assimilação genética por cultivares melhoradas. Por exemplo, Papa e Gepts (2003), documentaram que o fluxo gênico de genótipos melhorados para genótipos crioulos é três vezes maior que o inverso.

Observações sugerem que os agricultores, através de suas atividades, podem influenciar a magnitude e as características do fluxo gênico, e junto com isso, a diferenciação das populações selvagens. Cruz et al. (2005), trabalharam com genótipos crioulos no México concluíram que novas maneiras de conservação e manutenção da biodiversidade devem ser abordadas para evitar o risco do fluxo gênico entre genótipos crioulos e as variedades transgênicas causando a assimilação genética e perda da variabilidade.

A diversidade genética na Península Ibérica, segundo Santalla et al. (2002), não sofreu erosão desde a introdução dos centros americanos de domesticação. Em vez disso, sinais evidentes de fluxo gênico entre os dois grupos de genes foram observados. As formas intermediárias adaptadas a Península Ibérica poderia ter surgido a partir de recombinação entre genes mesoamericanos e andinos. O germoplasma ibérico é, portanto, mais complexo e contém diversidade adicional que permanece sem ser explorada.

No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) visando minimizar as perdas da diversidade genética, vem desenvolvendo um amplo programa de coleta de germoplasma de variedades regionais em todo o território nacional, que é complementado pelo conhecimento da sua variabilidade através de caracterização preliminar e avaliações específicas realizadas pelas diferentes áreas de pesquisa. Em 2005, a coleção ativa de feijão estava composta de aproximadamente 14.100 acessos registrados, dos quais, 7.880 são nacionais e 5.760 do exterior. Dentre os acessos nacionais, 31% é representado por germoplasma tradicional, oriundo de coletas em diversas regiões produtoras do país. Da coleção total, 44% dos genótipos estão caracterizados (SILVA e FONSECA, 2005).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO FEIJÃO

A produção nacional de feijão em 2009, considerando as três safras do produto, alcançou 3.478.775 toneladas sendo, a participação, assim distribuída: 1.642.946 toneladas da

1ª safra (47,2%), 1.430.040 toneladas da 2ª safra (41,1%) e 405.789 toneladas da 3ª safra (11,7%) (IBGE, 2010). No Brasil, os principais estados produtores são o Paraná, com 21,6% da produção nacional; Minas Gerais, com 17,3%; Bahia, com 9,5%; São Paulo, com 9,4%; Goiás com 7,5%; Mato Grosso com 5,5% e, Santa Catarina, com 5,1% (IBGE, 2010).

No período de 1994 a 2001, a participação média do agronegócio no produto interno bruto – PIB brasileiro foi cerca de 30,5%, enquanto o PIB da agricultura foi 21,5% e da pecuária foi de 9%. Neste contexto, o agronegócio respondeu por cerca de um terço da economia nacional. Apesar da forte concorrência de produtos mais voltados para o mercado externo, como a soja, o feijão continua numa posição de destaque no agronegócio brasileiro, pois, no período de 1990 a 2002, respondeu por 5,2% da renda agrícola total, sendo o oitavo produto em renda e 0,39% do PIB nacional (EMBRAPA, 2002).

O consumo *per capita* de feijão ao longo dos últimos 40 anos apresenta uma tendência decrescente da ordem de 1,3% ao ano, enquanto a população cresceu 2,2%. Porém, o decréscimo não ocorre de forma contínua, existindo oscilações entre os anos. Na década de 60, a queda de consumo estava associada a questões de clima, pragas e doenças e de outros problemas agrônômicos, mais os de política agrícola, que afetam a oferta do produto e preços, que eram considerados altos. Portanto, não se relacionou com mudanças nos hábitos alimentares da população (FAO, 2008).

Nas últimas décadas a redução de consumo deveu-se à mudança de hábito alimentar, pois os preços reduziram em média 10% e o consumo diminuiu em cerca de 30%. A redução no consumo ocorreu, entre outros fatores, devido à rápida urbanização associada à crescente inserção da mulher no mercado de trabalho, provocando um efeito acentuado nas mudanças do hábito alimentar da população, que originou novas demandas quanto à qualidade, apresentação, facilidade e menor tempo de preparo dos alimentos (EMBRAPA, 2002).

A produção nacional de feijão *per capita* vem se mantendo estável desde 1990, com aproximadamente 17 kg/habitante/ano. O feijão tipo carioca é o de maior aquisição domiciliar *per capita* anual (5,1 kg), seguido do feijão preto (2,9 kg). A região Sul tem preferência por feijão preto (6,7 kg/habitante/ano), as famílias do Estado do Rio Grande do Sul são as que mais adquirem (9,5 kg/habitante/ano). A população urbana na região Sul do Brasil adquire em média 5,5 kg/habitante/ano de feijão preto, sendo que 5,2 kg é de forma monetária e 0,3 kg é não – monetária. Já a população rural da região Sul adquire em média 13,1 kg de feijão preto, destes, 4,9 kg é de forma monetária e 8,2 kg é de forma não – monetária (IBGE, 2004). Tal fato evidencia que no cenário sócio-econômico do estado de Santa Catarina, a produção de

feijão tem importante participação como fonte de renda para agricultura familiar, voltada para a subsistência.

No Brasil e na região Sul, a aquisição de feijão domiciliar *per capita* anual é maior nas classes de menor rendimento mensal familiar (400,00 Reais) quando comparamos as classes de maior rendimento mensal (> 400,00 Reais) (IBGE, 2004). Isso mostra a importância sócio-econômica da cultura do feijão principalmente porque representa fonte importante de proteína, especialmente para populações de baixa renda (BROUGHTON et al., 2003). O feijão é considerado pelos economistas produto de elasticidade de renda negativa, ou seja, à medida que a renda do consumidor aumenta o consumo do produto diminui.

Em Santa Catarina as pesquisas indicam um grande número de pequenos agricultores de feijão, o qual denota expressivo número de genótipos crioulos. Estima-se que 67% da produção são provenientes da agricultura familiar rural, tendo como consequência fundamental na fixação da família no campo (ANTUNES et al., 2007). Portanto, a biodiversidade é a base para a manutenção da estabilidade dos pequenos agricultores, da agricultura familiar e do sistema agrícola catarinense.

2.3 PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DO RENDIMENTO

Para conseguir aumento da produtividade é necessário entender melhor as correlações entre os componentes morfológicos da produtividade sem esquecer também os que se referem à qualidade dos grãos e à resistência a doenças e pragas (LOPES et al., 2001). Os programas de melhoramento de feijão no Brasil têm focado, principalmente, o caráter rendimento de grãos, objetivando um aumento significativo na produção. Porém, uma grande dificuldade no que se refere à seleção de uma determinada planta, é o efeito do ambiente na constituição fenotípica da produtividade (CARMO et al., 2007).

Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos (KUREK et al., 2001). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (COSTA et al., 1983).

Os três principais caracteres que compõem o rendimento final na cultura do feijão são: número de vagens por unidade de área, número de grãos por vagem e peso médio dos grãos (KUREK et al., 2001). O número de vagens por unidade de área é determinado pela população de plantas, pela produção de flores por planta e pelo número de flores que

efetivamente desenvolvem vagens. Segundo Ramos Junior et al. (2005), o tamanho de grãos e o número de grãos por vagem são os componentes de maior influência na produtividade de grãos de cultivares de feijão.

Os componentes do rendimento são determinados pelo genótipo, influenciados pelas condições ambientais ocorrentes durante o ciclo da cultura, pelas práticas fitotécnicas adotadas durante a implantação e condução da lavoura e pelo nível tecnológico adotado pelo produtor (KAPPES et al., 2008a).

Em trabalhos onde se estudaram os componentes do rendimento sob diferentes densidades populacionais, foi observado efeito compensatório no rendimento de grãos, com a diminuição do número de vagens e de grãos por planta de feijão e do aumento da massa das sementes, em resposta ao aumento da população de plantas por área (SHIMADA et al., 2000). Algumas culturas, entre elas a do feijão, possuem efeito compensatório nos componentes de rendimento, quando submetidos à densidade de plantas menores que a recomendada (ANDRADE et al., 2005).

Pesquisas sobre o efeito compensatório foram realizadas por diversos autores. Segundo Fageria et al. (2006), os componentes da produção não influenciam o rendimento final de grãos de forma independente, mas sim em conjunto. Em trabalho realizado por Vieira et al. (2008), a cultivar Ouro Vermelho apresentou maior produtividade quando comparada a cultivar Bolinha, Jalo EEP 558 e BRS Radiante apesar de ter apresentado menor massa de 100 grãos, pois esta cultivar apresentou maior número de vagens por planta e maior número de grãos por vagem. Em trabalho realizado por Kappes et al. (2008a), a cultivar BRS Valente apresentou a maior produtividade, mesmo tendo o menor número de sementes por vagem, em comparação ao BRS Requite.

O manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão é uma prática muito estudada pelos pesquisadores. O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para nutrição da planta e é também um dos que mais respostas positivas em termos de produção têm dado à cultura (PIRES et al., 2002). Stone e Moreira (2001) verificaram que o número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade do feijão responderam significativamente a 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos 35 dias após a emergência, sob o sistema de plantio direto.

A resposta da cultura à aplicação de N é controversa. Assim, Rapassi et al. (2003), testando 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de N com duas fontes, uréia e nitrato de amônio, no sistema plantio direto, constataram que não houve diferenças entre os níveis de produtividade em função das doses de N aplicadas. Arf et al. (1991), utilizando doses e épocas de aplicação de N em relação à testemunha, sob o sistema de plantio direto, verificaram que, em relação ao

número de vagens por planta, sementes por vagem, sementes por planta e produtividade de grãos, não houve efeito significativo. Os autores justificaram tal resultado pelo alto teor de matéria orgânica do solo que, mediante sua mineralização, liberaria quantidades suficientes de N para atender às necessidades da planta.

Em trabalho realizado por Zucareli (2006), avaliando os componentes de produção de plantas de feijão cv. Carioca Precoce sob seis doses de fósforo, não encontrou diferença entre os tratamentos estudados, com média de rendimento de 2.129 kg.ha^{-1} , entretanto, verificou que mesmo na ausência de adubação fosfatada a cultivar apresentou alto potencial de rendimento.

A aplicação foliar de fosfito não influenciou o número de vagens nem o número de grãos por vagem na cultivar Ouro Vermelho. Nessa cultivar o aumento da produtividade ocorreu devido ao aumento da massa de 100 grãos (OLIVEIRA et al., 2008). A aplicação de manganês via foliar aumenta o número de vagens por planta, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos de feijão irrigado, mesmo em solo com alto teor desse nutriente (FERNANDES et al., 2007).

Nos últimos anos o feijão vem deixando de ser cultura de subsistência e se tornando cada vez mais tecnificada. Diante disso, a tendência é que as novas cultivares sejam do tipo II, com o porte mais ereto possível, altura de inserção da primeira vagem mais elevada e com maior tolerância ao acamamento (COLLICCHIO et al., 1997). Em trabalho realizado por Souza et al. (2010a) a aplicação exógena de GA3 sobre a parte aérea das plantas de feijão (no estágio de desenvolvimento de gancho e de folha primária) aumentou a altura de inserção da 1ª vagem em ambos os genótipos e a estatura final de planta. Com relação aos componentes do rendimento, o número de vagens por planta e a produção de grãos por planta aumentou pela aplicação de GA3 exógena.

Segundo Kappes et al. (2008b), existe uma relação entre altura de inserção de vagem e comprimento de vagem. Tais pesquisadores descreveram que as cultivares BRS Grafite e BRS Supremo apresentarem altura de inserção da primeira vagem a 18,6 e 18,1 cm, respectivamente e a BRS Pitanga por possuir vagens mais curtas (6,4 cm) e uma considerável altura de inserção da primeira vagem (15,5 cm), mostraram serem as mais favoráveis para a colheita mecanizada. Já a cultivar BRS Jalo apresentou o maior comprimento médio de vagens (10,2 cm) aliado à menor altura de inserção da primeira vagem (10,2 cm), o que compromete a colheita mecanizada.

2.4 CICLO E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Na produção de alimentos, o feijão comum é uma cultura que apresenta ciclo curto (90 dias). A busca por variedades precoces que completem o ciclo em 65 a 70 dias, tem sido o objetivo de muitos programas de melhoramento. A precocidade pode ser definida como a capacidade das plantas em completar o seu ciclo, em período menor que aquele considerado normal ou médio (80-90 dias para feijão) (BURATTO et al., 2007).

O emprego de genótipos precoces apresenta diversas vantagens como o melhor aproveitamento da área de cultivo, adequação a época mais favorável a semeadura e colheita, escape em relação ao estresse climático e ocorrência de doenças, redução de perdas na colheita, menor consumo de água e de tempo de uso do solo em cultivos irrigados e intensivos, favorece a rotação de culturas e o feijão de ciclo precoce pode obter melhor preço de venda para o agricultor, devido à colheita antecipada (DALLA CORTE et al., 2003; RIBEIRO et al., 2004).

Entre as características associadas com a precocidade, o número de dias da emergência ao florescimento tem sido o mais utilizado pelos pesquisadores (WALLACE e ENRIQUEZ, 1980). Isso é justificável pela existência de variabilidade genética e, também, porque o caráter início do florescimento apresenta alta herdabilidade e correlação positiva e elevada com a maturação fisiológica (SANTOS e VENCOSKY, 1985). Porém outros autores têm observado que, genótipos com menor duração no período emergência–floração, não foram os mais precoces. Isso sugere que nem sempre os genótipos que florescem mais cedo serão os de ciclo mais precoce (RIBEIRO et al., 2004).

Outra característica relacionada com a precocidade é o período entre a emergência e a maturidade fisiológica das sementes. Estudo realizado por Dalla Corte (2002) demonstrou que um complexo de genes, com predominância de efeitos aditivos, é responsável pelo controle genético desse caráter.

Por ser cultivado em praticamente todo o território nacional, em distintas épocas e safras, em diferentes condições edafoclimáticas e distintos níveis tecnológicos, os genótipos têm desempenho agrônômico diferenciado dependendo das condições ambientais, principalmente quanto à duração do ciclo (BURATTO et al., 2007). Em condições de estresse hídrico aliado a elevadas temperaturas tendem a reduzir o ciclo e a produtividade do feijão.

A precocidade pode estar relacionada com a produtividade em feijão. No período das secas, no estado de Minas Gerais, observou-se que a redução de um dia no ciclo propiciou aumento na produtividade de 33,3 kg ha⁻¹ (RAMALHO et al., 1993). Na região da depressão central do Rio Grande do Sul, também foi observado que com a redução do ciclo houve

aumento da produtividade para genótipos de feijão do grupo preto e carioca (RIBERIO et al., 2004).

Assim, a identificação de genótipos precoces pode contribuir para o aumento da produtividade da cultura e a seleção para esse caráter é facilitada pela predominância de ação gênica aditiva (SANTOS e VENCOVSKY, 1985; ARRIEL et al., 1990; RAMALHO et al., 1993).

O feijão é uma cultura de ciclo curto e, por isso, mais sensível às variações das condições ambientais. Redução de ciclo, aumento na atividade respiratória, redução na taxa de assimilação de gás carbônico, aumento de biomassa e redução na produtividade de grãos são alguns efeitos provocados por altas temperaturas (DIDONET e VITÓRIA, 2006).

A alta taxa de queda e abortamento de flores consome fotoassimilados, em detrimento da produção de vagens e enchimento de grãos, reduzindo a produtividade. A alta temperatura noturna causa mais danos que as altas temperaturas diurnas na etapa de aparecimento de botão floral e abertura da primeira flor (GROSS e KIGEL, 1994).

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, e a retenção final de vagens no feijão, sendo também responsável pela redução do número de sementes por vagem e pelo menor peso de sementes (DIDONET e MADRIZ, 2002). A redução da produtividade no feijão está relacionada à esterilidade do pólen, redução da taxa de fertilização e ao abortamento de flores e de vagens (GROSS e KIGEL, 1994). Nos estádios de formação da gema floral e enchimento de grãos, ocorrem as maiores perdas de produtividade (SHONNARD e GEPTS 1994). Os danos observados vão ser influenciados pelo tempo em que a temperatura permanecer acima de 30°C, pelo valor máximo atingido e número de dias consecutivos em que ocorrer essa condição (BARBANO et al., 2001).

Em trabalho realizado por Didonet e Vitória (2006), observaram que o menor acúmulo de biomassa nos grãos ocorreu quando as plantas foram submetidas ao estresse térmico no estágio R5, indicando ser este um período bastante crítico às altas temperaturas e que os períodos críticos à incidência de temperaturas elevadas, nas cultivares BRS Pérola e BRS Valente, são os compreendidos entre início da floração e início de formação de vagens (R5 a R7).

Segundo Hoffmann Júnior et al. (2007), há variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em cultivares de feijão para tolerância a temperatura do ar no período reprodutivo. Neste trabalho as cultivares de feijão Pérola, TPS Bonito, BRS Valente e Corrente foram

tolerantes à temperatura do ar de 30°C, com duração de uma hora, durante o período reprodutivo.

O feijão comum é uma espécie sensível ao estresse hídrico. Cerca de 60% da produção é perdida devido à seca, ficando em segundo lugar, atrás apenas da redução causada pelas doenças (WHITE et al. 1994; SINGH, 1995).

O estresse hídrico reduz o rendimento de grãos e o peso médio de 100 grãos, além de acelerar o processo de maturação fisiológica. A redução na produção de grãos foi 53%, 71% e 35%, quando o estresse hídrico ocorreu no pré-florescimento, florescimento e formação das vagens, respectivamente (SINGH, 1995).

Segundo Molina et al. (2001), a supressão de água no início do florescimento e nos primeiros dias de formação das vagens caracteriza os estádios que mais reduziram a produtividade. Portanto, a resposta do feijão a deficiência hídrica depende, entre outros fatores, do período e da intensidade em que esta ocorre.

2.5 ARQUITETURA DE DOSSEL DE PLANTAS DE FEIJÃO

A cultura do feijão tem passado por grandes mudanças, em razão do maior emprego de tecnologia no manejo da cultura pelos agricultores. O uso de cultivares mais produtivas, com arquitetura de planta que facilite os tratos culturais e a colheita mecanizada, aumentou nos últimos anos. Plantas com o porte mais ereto têm sido uma das principais exigências tanto dos empresários rurais quanto dos agricultores familiares (SILVA et al., 2009).

O feijão no Brasil apresenta baixos índices de colheita mecanizada, pela baixa estatura de plantas e altura de inserção de vagens, além do fato do pequeno diâmetro da haste, que aumenta o risco de acamamento. Aumentar o percentual de colheita mecanizada é o principal desafio para a expansão da cultura do feijão no Brasil (COSTA e PASQUALETTO, 1999).

No que se refere à arquitetura da parte aérea, um dos componentes é o hábito de crescimento, que pode ser agrupado em quatro tipos: tipo I, plantas de crescimento determinado, e cuja gema apical termina em uma inflorescência; tipo II, plantas com crescimento indeterminado arbustivo e guia curta; tipo III, de crescimento indeterminado prostrado e guia longa, e tipo IV, de crescimento indeterminado trepador, com plantas mais volúveis e com internódios mais longos. O ambiente pode influenciar os tipos de planta indeterminados (COLLICCHIO et al., 1997).

A tendência é que as cultivares modernas apresentem hábito de crescimento tipo II, com porte mais ereto, elevado potencial produtivo, resistência ao acamamento, adequada

capacidade de compensação, e de distribuição de flores e consequentemente de vagens na planta e maturação uniforme. Espera-se com isso, obter uma planta fisiologicamente mais eficiente, que facilite os tratos culturais, possibilite a colheita mecanizada, reduza a ocorrência de doenças, especialmente mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), e diminua as perdas na colheita, principalmente se esta coincidir com períodos de chuvas prolongadas, pois o contato das vagens com o solo seria menor, o que beneficiaria a qualidade dos grãos (COLLICCHIO et al., 1997).

Genótipos de feijão de hábito de crescimento tipo I normalmente apresentam maior diâmetro de haste, entrenós curtos, porte baixo, ciclo curto e baixo potencial produtivo em relação ao hábito indeterminado. Em decorrência dessas características, tais plantas não apresentam capacidade de recuperação de estresses ambientais, no entanto, exibem uniformidade de maturação de vagens. Genótipos de feijão com hábito de crescimento tipo III apresentam período de florescimento longo (15 a 20 dias) o que reduz o risco de perdas por estresses ambientais, porém aumenta a desuniformidade de maturação das vagens. As plantas pertencentes ao tipo IV apresentam elevado número e nós, pequeno número de ramos laterais em cada nó e acentuada dominância apical (FANCELLI e DOURADO NETO, 2007).

Plantas com hábito de crescimento tipo I e II têm menos ramificações, nós e gemas e, portanto, espera-se que seu potencial produtivo seja inferior ao de plantas tipo III e IV (TEIXEIRA et al., 1999). Alves et al. (2001) argumentaram que há correlação negativa entre produtividade e porte ereto, o que é considerado um empecilho na obtenção de cultivares modernas.

Existem evidências na literatura que apontam efeitos benéficos da giberelina na alteração da arquitetura das plantas (CIPOLLINI JR., 1997; CIPOLLINI e SCHULTZ, 1999). Assim, a giberelina poderá ser empregada para incrementar o porte da planta e consequentemente a inserção das vagens, e possibilitar melhorias no desempenho da colheita mecanizada. Souza et al. (2010b) concluiu que a aplicação exógena de GA₃ aumentou a estatura do hipocótilo e do epicótilo das plantas com efeito mais acentuado em cultivar de hábito determinado, embora em lavouras comerciais isto ainda não se constitua numa prática de manejo agrícola corrente.

Segundo Faria et al. (2008), plantas de maior diâmetro do hipocótilo e do epicótilo e de maior altura média das plantas na colheita apresentaram melhor arquitetura. Entretanto, observou-se associação linear negativa entre diâmetro do epicótilo e do hipocótilo com produtividade de grãos, indicando que as plantas de arquitetura ereta apresentaram menor produtividade. Cabe ressaltar também a elevada correlação genotípica e de sinal negativo

entre diâmetro do epicótilo e número de vagens e de entrenós nos ramos, indicando que as plantas com maior diâmetro de epicótilo apresentam menor número de ramos.

Existe acentuada influência do ambiente na expressão do porte, porém a escolha de genótipos com porte ideal é possível especialmente se esta for realizada após a avaliação em vários genótipos e em diversos ambientes (TEIXEIRA et al., 1999). Portanto estudos sobre a diversidade de genótipos de feijão quanto à arquitetura da planta e do efeito do ambiente sobre esses caracteres, visando principalmente plantas de maior porte com elevada altura de inserção da primeira vagem, são de grande importância para atender as novas exigências do mercado.

2.6 DIVERSIDADE GENÉTICA E EFEITO DO AMBIENTE NA QUALIDADE TECNOLÓGICA

O feijão é um produto agrícola de grande valor econômico-social para o Brasil, visto que é um alimento produzido em larga escala e utilizado como fonte de energia e proteína para a população. No entanto, em vista do processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas, do papel da mulher no mercado de trabalho, e da redução da disponibilidade de tempo para o preparo da alimentação da família, foram promovidas mudanças nos hábitos alimentares de parte da população, em busca de produtos de rápido preparo, baixo consumo de energia e maior praticidade (EMBRAPA, 2002).

Assim, é necessária a seleção de genótipos de feijão com características tecnológicas e nutricionais desejadas pelos consumidores, destacando-se menor tempo para o cozimento, alta capacidade de hidratação, quantidade e também qualidade protéica (DURIGAN et al., 1978; SGARBIERI e WHITAKER, 1982; CARBONELL et al., 2003; COELHO et al., 2009a).

Portanto, é desejável cultivares de feijão com tempo de cozimento menor do que 30 minutos, pois significa economia de energia e de capital. Variabilidade genética para tempo de cozimento em feijão tem sido constatada, com valores entre 13,51 min a 100,3 min (SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999a,b; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; RODRIGUES et al., 2004; COELHO et al., 2008a).

A existência de variabilidade genética para absorção de água pelos grãos de feijão tem sido relatada por diversos autores (COSTA et al., 2001; RAMOS JUNIOR e LEMOS, 2002; RIBEIRO et al., 2003; RODRIGUES et al., 2005a). Este fato sugere que a seleção para essa característica pode ser útil na identificação precoce de genótipos de feijão com menor tempo

para o cozimento, se a correlação existente entre essas características for de alta magnitude (RIBEIRO et al., 2003).

Segundo Scholz e Fonseca Júnior (1999a), a capacidade de hidratação, as características do tegumento dos grãos, e a qualidade do grão no momento da colheita, são fatores determinantes para o cozimento. Os autores avaliaram a qualidade tecnológica e concluíram que há efeitos de genótipo, ambiente e da interação genótipo x ambiente.

De acordo com Dalla Corte et al. (2003), diversos fatores interferem na qualidade dos grãos, como as condições climáticas (principalmente alta temperatura na fase de enchimento de grão), condições de cultivo, manejo pós-colheita e técnicas de armazenamento e de processamento. Coelho et al. (2009b), observaram que na cultivar Uirapuru a aplicação de 120 kg.ha⁻¹ de N em cobertura no estádio R6 reduz o tempo de cocção em 5 minutos. Segundo Carbonell et al. (2003), as condições locais de obtenção dos grãos influenciam na qualidade tecnológica e na diferenciação entre genótipos, indicando interação significativa entre genótipo e ambiente.

Pode existir correlação negativa e significativa entre o tempo de cozimento e a capacidade de hidratação, ou seja, o menor tempo de cozimento está associada à absorção rápida de água pelos grãos (RODRIGUES et al., 2005b; BORDIN et al., 2008; COELHO et al., 2009a). No entanto, esse resultado contraria aquele encontrado por Dalla Corte et al. (2003), que encontraram correlação positiva e alta, e por Carbonell et al. (2003), que obtiveram correlação de baixa – média magnitude e entre as variáveis capacidade de hidratação e tempo de cocção.

O teste do tempo de cozimento pelo método do Cozedor de Mattson (MATTSON, 1946) é demorado e trabalhoso quando se analisa uma grande quantidade de amostras (RODRIGUES et al., 2005). Diante dos fatores citados, é necessário buscar alternativas para precocemente fazer uma seleção dos genótipos mais promissores quanto ao menor tempo de cocção. A avaliação do teste de absorção de água é de fácil mensuração e pode ser obtida rapidamente para um grande número de amostras permitindo o descarte de genótipos indesejáveis em gerações iniciais, desde que a maior capacidade de hidratação seja um parâmetro para o menor tempo de cocção (COSTA et al., 2001; COELHO et al., 2008).

Além das dificuldades para êxito no melhoramento do caráter tempo de cocção, constata-se que a diversidade genética das cultivares melhoradas é cada vez mais restrita. Assim, tal caráter tem mais chances de ser encontrado em genótipos crioulos, devido à maior base genética e maior proporção de genes de genomas distintos (LOARCE et al., 1996).

Portanto, a utilização de genótipos crioulos pode ser fonte de variabilidade para os caracteres tempo de hidratação e cocção e se constituir em ferramenta importante para o desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento, como o teste da capacidade de absorção de água.

2.7 QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS

O feijão representa no ponto de vista nutricional dos grãos de grande importância mundial devido à presença de características que tornam seu consumo vantajoso, contendo elevados teores de proteínas, minerais, vitaminas carboidratos e fibras (ARAÚJO et al., 1996). Os grãos de feijão constituem a principal fonte de proteína de origem vegetal na dieta do brasileiro, em virtude do menor custo em relação à proteína de origem animal (BURATTO et al., 2009). Existe variabilidade genética para teores desse nutriente em grãos de feijão, segundo Sathe (2002), os feijões comerciais apresentam quantidades que variam de 17,5 a 28,7% de proteínas. Em feijões crioulos encontra-se variação relativamente maior, de 17 a 32% (BALDI e SALAMINI, 1973). Em trabalho realizado por Pereira et al. (2009) os teores de proteína total em genótipos crioulos de feijão variaram de 19,9 a 32,2%.

Em relação aos teores de aminoácidos, o feijão é rico em lisina, mas limitado em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína). Por isso, a combinação com cereais se faz necessária, para que se obtenha uma dieta com conteúdo de aminoácidos mais adequado às exigências humanas (Coelho et al., 2008b), o que torna a dieta de arroz com feijão, típica dos brasileiros, balanceada em termos de aminoácidos essenciais.

O teor de proteína também pode ser influenciado por fatores ambientais, como diferentes safras (seca, água e inverno) e anos agrícolas, condições edafoclimáticas distintas dos locais de cultivo, e adubação nitrogenada, fornecida à cultura durante o seu desenvolvimento (ANDRADE et al., 2004; GOMES JÚNIOR et al., 2005; SORATTO et al., 2005, COELHO et al., 2009b).

A concentração de proteína presente no grão está correlacionada negativamente com características agrônômicas, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e rendimento de grãos por planta (LEMOS et al., 2004; MELLO FILHO et al., 2004), demonstrando a dificuldade de efetuar a seleção de genótipos com elevados teores de proteína e alto potencial de rendimento, ou manejo via adubação.

O feijão é uma fonte mineral importantíssima principalmente para países em desenvolvimento, como o Brasil, apresentando excelentes fontes de cálcio, ferro, zinco, cobre

e magnésio, particularmente teores altos de potássio, fósforo e baixo de sódio (SGARBIERI, 1989). Os teores de minerais, podem variar de 0,6-2,0 g.kg⁻¹ de cálcio; 1,2-2,2 g.kg⁻¹ de magnésio; 8,2-16,5 g.kg⁻¹ de potássio; 3,7-4,9 g.kg⁻¹ de fósforo; 27,1-41,0 mg.kg⁻¹ de zinco e 34,8-75,8 mg.kg⁻¹ de ferro (SGARBIERI, 1989).

Os grãos de feijão apresentam correlações positivas entre os conteúdos de minerais, como os teores de ferro correlacionado positivamente com: magnésio, zinco, fósforo e enxofre, o que pode promover melhoria de um mineral associado a outros minerais simultaneamente (BEEBE et al., 2000). Segundo Ribeiro et al. (2008), a seleção concomitante para dois minerais é possível, pois correlação linear positiva foi obtida entre boro – cobre e cobre – manganês foram encontradas. Por outro lado, coeficientes de correlação linear negativos foram obtidos entre o rendimento de grãos e os teores de micronutrientes (boro, cobre e zinco), dificultando a seleção para esses caracteres.

Embora haja elevados teores de minerais e proteínas nos grão de feijão, a biodisponibilidade destes podem variar de acordo com os teores de fitato, conhecidos pela sua capacidade de complexação com cátions bivalentes (cálcio, ferro, zinco, magnésio e cobre). O fitato (mio-inositol-hexaquisfosfato) é a principal forma de armazenamento de fósforo nos grãos de cereais e leguminosas (COELHO, 2002). Sua capacidade de interação com minerais e proteínas pode diminuir o aproveitamento digestivo dos mesmos, embora atualmente tenham sido demonstrados que também tem efeitos benéficos, podendo atuar como antioxidante e anticarcinogênico (CHERYAN, 1980). Em trabalhos realizados por Coelho et al. (2002), encontrou-se variabilidade genética quanto aos teores de fitato variando de acordo com os genótipos de 7 g.kg⁻¹ - 14,8 g.kg⁻¹, e também a presença de correlação alta (0,73) do fitato com as proteínas para a dose mais alta de fósforo.

Pelos motivos apresentados, há um grande interesse na manipulação e avaliação dos teores de minerais, proteína total e fitato em grãos, principalmente quando se trabalha com genótipos crioulos, os quais apresentam uma ampla variabilidade, e devido à influência do ambiente de cultivo sobre os teores desses nutrientes, e porque há variação nos teores entre genótipos crioulos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COMPONENTES DO RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE

Desde 1996, a Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), promove a coleta e estudo de genótipos crioulos em todas as regiões do estado de Santa Catarina e também Paraná e Rio Grande do Sul. Nos últimos 5 anos, foram conduzidos estudos de caracterização desses genótipos, observando os caracteres agronômicos, como produtividade, resistência à pragas e doenças, porte ciclo, hábito de crescimento, caracteres morfológicos da planta e da semente, além de características de qualidade nutritiva e tecnológica dos grãos, como teor de minerais (Fe, Zn, Ca, Mg, K, P), proteínas, aminoácidos, antinutrientes (fitato), tempo de cozimento e capacidade de hidratação.

O trabalho de seleção dos genótipos iniciou em 2005, com um total de 96 genótipos. Na safra 2007/2008 selecionaram-se 36 genótipos. Os 26 melhores, quanto a produtividade, qualidade tecnológica e nutricional, avaliados nas safras de 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008 em Lages foram conduzidos na safra de 2008/2009, em Lages, Joaçaba e Anchieta. Esses locais apresentam condições climáticas diferentes e estão situados no planalto sul (Lages), meio oeste (Joaçaba) e extremo oeste (Anchieta) no estado de Santa Catarina, o que possibilita a avaliação da resposta de genótipos expostos a ambientes distintos.

Lages está localizado no Planalto Sul de Santa Catarina, com altitude média de 930m, verões brandos, temperatura média de 15°C com precipitação anual de 1.500 mm. Joaçaba situa-se no meio oeste catarinense, com altitude média de 522m, e clima mesotérmico úmido, sem estação seca, com verões quentes, apresentando temperatura média anual de 18°C e uma precipitação anual de aproximadamente 2.000mm. O município de Anchieta localiza-se no extremo oeste catarinense, com altitude média 745m e clima mesotérmico úmido, com verão quente, temperatura média de 17,8°C e precipitação anual de 1.700 mm. (EPAGRI, 2010).

O experimento foi conduzido a campo com 26 genótipos, sendo 22 genótipos crioulos e 4 genótipos comerciais, pertencentes ao Banco Ativo de Feijão (BAF) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1- Identificação e origem dos genótipos de feijão utilizados nos experimentos em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

Genótipo	Município/Estado	Nome	Grupo Comercial	Forma da Semente	Grau de Achatamento
BAF 03	Palmitos/SC	Manchinha	Cores	Elíptica	Cheia
BAF 04	Lages/SC	Amendoim Lages	Cores	Elíptica	Cheia
BAF 07	Lages/SC	Preto Lages	Preto	Oblonga/Reniforme longa	Achatada
BAF 13	Caxambú do Sul/SC	Taquara	Preto	Oblonga/Reniforme longa	Achatada
BAF 23	Chapecó/SC	Preto Chapecó	Preto	Oblonga/Reniforme longa	Cheia
BAF 36	São José do Cerrito/SC	Rasga	Preto	Oblonga/Reniforme média	Achatada
BAF 42	Capão Alto/SC	Feijão Vagem Branca	Preto	Esférica	Achatada
BAF 44	Capão Alto/SC	Vermelho	Cores	Elíptica	Cheia
BAF 46	Lages/SC	Sem Nome	Preto	Elíptica	Semi-cheia
BAF 47	Piratuba/SC	Preto (precoce)	Preto	Elíptica	Achatada
BAF 50	Lebon Regis/SC	Carioca Brilhante	Carioca	Esférica	Achatada
BAF 55	Cunha Porã/SC	Preto	Preto	Esférica	Achatada
BAF 57	Cunha Porã/SC	Preto	Preto	Oblonga/Reniforme curta	Achatada
BAF 60	Lebon Regis/SC	Preto 60 dias	Preto	Oblonga/Reniforme curta	Achatada
BAF 68	Lagoa Vermelha/RS	Vermelho	Cores	Elíptica	Cheia
BAF 75	Formigueiro/RS	Serrano	Preto	Oblonga/Reniforme longa	Achatada
BAF 81	Lebon Regis/SC	Preto 70 dias	Preto	Oblonga/Reniforme curta	Achatada

continua...

continuação...

BAF 84	Pinheiro Machado/RS	Carioca Rosado	Cores	Esférica	Semi-cheia
BAF 97	Iraí/RS	Charque	Preto	Oblonga/Reniforme longa	Cheia
BAF 102	Goiânia/GO	México 309	Preto	Oblonga/Reniforme curta	Achatada
BAF 108	Recife/PE	Branco	Cores	Esférica	Cheia
BAF 112	Lages/SC	Uirapuru	Preto	Elíptica	Achatada
BAF 115	Lages/SC	BRS Valente	Preto	Elíptica	Semi-cheia
BAF 120	Lages/SC	Roxinho	Cores	Oblonga/Reniforme longa	Semi-cheia
BAF 121	Lages/SC	IAPAR 81	Carioca	Elíptica	Semi-cheia
BAF 192	Lages/SC	BRS Radiante	Cores	Oblonga/Reniforme curta	Semi-cheia

Fonte: Banco Ativo de Germoplasma da UDESC/CAV (2009)

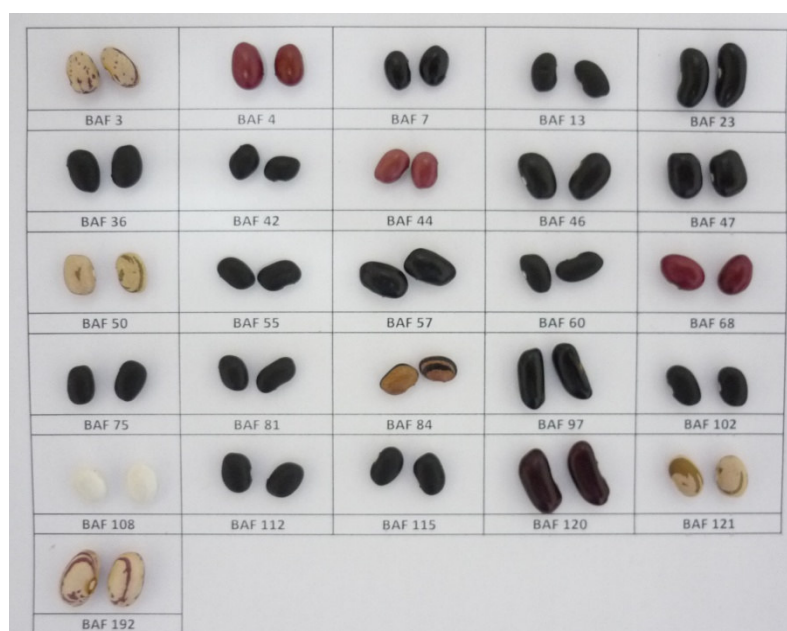


Figura 1- Identificação e imagens dos genótipos de feijão utilizados nos experimentos em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas de quatro linhas de três metros, espaçadas 0,5 m entre fileiras. Foram semeadas 15

sementes por metro, sendo as duas linhas externas consideradas como bordaduras e a área útil as duas linhas internas, excluindo 0,5 metros das extremidades destas.

A adubação de base foi realizada junto às linhas, previamente à semeadura, segundo análise do solo e recomendações descritas em publicações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004). A adubação de cobertura foi realizada duas vezes, nos estádios de três trifólios e no início da floração (V4 e R5), utilizando-se uma dosagem de 30 kg de N por hectare em cada aplicação. O controle de plantas daninhas, doenças e de pragas foi feito de acordo com as necessidades, utilizando-se os produtos químicos recomendados para a cultura.

Durante o ciclo os genótipos foram avaliados em Joaçaba e Lages quanto à arquitetura de parte aérea (hábito de crescimento, porte, estatura da planta, diâmetro da haste, altura de inserção da primeira vagem e número de nós) e quanto à duração dos estádios fenológicos para a determinação do número de dias entre a emergência–floração, floração–maturação fisiológica e emergência–maturação fisiológica.

Os genótipos foram avaliados após a colheita quanto a número médio de lóculos por vagem, comprimento da vagem, espessura da vagem, massa de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade.

A produtividade de grãos foi estimada em kg.ha^{-1} , corrigida para 13% de teor de água, em base úmida, em razão do rendimento de grãos na área útil de cada parcela. Para a obtenção das características agrônômicas foram coletadas ao acaso 10 plantas da área útil de cada parcela experimental (IPIGRI, 2001). A massa de 100 grãos foi obtida de plantas da área útil da parcela.

As sementes foram colhidas, secas, padronizadas para aproximadamente 12 % de umidade e posteriormente armazenadas em câmara fria, com temperatura constante de $\pm 8^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $\pm 40\%$.

3.2 CICLO

Os genótipos foram avaliados quanto ao ciclo no período emergência–floração (número de dias da emergência a floração), floração–maturação fisiológica (número de dias da floração a maturação fisiológica) e emergência–maturação fisiológica (número de dias da emergência a maturação fisiológica). Como emergência, floração e maturação fisiológica considerou-se a metade mais uma das plantas da parcela emergidas ou com uma flor aberta ou com as vagens amareladas, respectivamente. As avaliações fenológicas foram realizadas nos

municípios de Joaçaba e Lages, na safra agrícola 2008/2009, com base na escala fenológica descrita por CIAT (1983).

3.3 ARQUITECTURA DE PARTE AÉREA

Os genótipos foram avaliados quanto: hábito de crescimento (tipo I, tipo II, tipo III e tipo IV); porte (ereto, semi – ereto e prostrado); estatura de planta (cm); diâmetro do caule (cm); altura de inserção da primeira vagem (cm); número de nós. O hábito de crescimento, porte, estatura da planta e diâmetro de caule foram determinados em R6, e altura de inserção da primeira vagem e número de nós foram realizados em R8. A determinação desses caracteres foram feitas em 10 plantas ao acaso (IPGRI, 2001).

3.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA

Para determinar o tempo de hidratação, cada repetição foi composta pela pesagem de 16g de amostras de grãos representativas das plantas colhidas em cada parcela. Tais grãos foram imersos em 100 mL de água ultra pura (MilliQ), na proporção de 1:6,25 respectivamente, e levadas para câmaras, com temperaturas controladas a 25°C (COELHO et al., 2007a), por 8 horas (BORDIN et al., 2008). O valor de absorção de água nos grãos foi expresso em percentagem de água absorvida e calculado como gramas de água absorvida por 100 g de grãos considerando a seguinte fórmula: $(\text{massa do grão hidratado} - \text{massa do grão seco}) / \text{massa do grão seco} \times 100$ (BERRIOS et al., 1999).

Os grãos previamente hidratados, oriundos das 3 repetições do experimento a campo, foram submetidos ao teste de cozimento, com o uso do cozedor de Mattson (MATTSON, 1946), modificado por Proctor e Watts (1987), composto de 25 hastes verticais, cada uma com ponta de 1 mm de diâmetro e peso padrão de 90 gramas, as quais permaneceram apoiadas nos grãos de feijão durante o cozimento sob água destilada fervente. O tempo de cozimento foi considerado quando 13 unidades de hastes perfuraram os grãos. O tempo de hidratação e de cocção foi determinado nas 3 repetições provenientes do experimento a campo (delineamento em blocos casualizados).

3.5 DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NOS GRÃOS

Para a determinação de: Nitrogênio (N) e Potássio (K) realizou-se a digestão sulfúrica. As amostras foram moídas em um liquidificador, passadas em peneira de 1 mm, posteriormente foi pesada 200 mg e colocadas em tubo digestor (25 x 250 mm). Em cada tubo

digestor foi adicionado 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 1 mL de peróxido de hidrogênio 30% (H_2O_2). Na capela de exaustão, os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 160°C durante 1 hora, e posteriormente elevou-se a temperatura para 360°C, por um tempo suficiente para tornar a amostra com coloração transparente. Após os tubos foram retirados do bloco até atingir a temperatura ambiente e adicionou-se 1 mL peróxido de hidrogênio 30%. Os tubos foram colocados novamente no bloco à 360°C por uma hora. A seguir, os tubos foram retirados do bloco digestor e deixados a temperatura ambiente, sendo então adicionada água destilada para um volume final de 50 mL (TEDESCO et al., 1995).

Os teores de fósforo (P), zinco (Zn) e ferro (Fe) foram avaliados em extrato de digestão nitroperclórica. Pesou-se 500 mg de grãos moído para cada amostra e transferido para os tubos digestores. Após esse procedimento, foram adicionados 4 mL ácido nítrico (HNO_3) concentrado e 2 mL de ácido perclórico (HClO_4) concentrado, resultando na proporção de 2:1. Em capela de exaustão, os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 160°C durante 30 minutos, até o volume ser reduzido à metade, em seguida à temperatura foi gradualmente aumentado até 210°C, mantendo esta temperatura até obter uma alíquota transparente. A seguir, os tubos foram retirados do bloco digestor e deixados a temperatura ambiente, sendo então adicionados água destilada para um volume final de 20 mL (MALAVOLTA et al., 1989).

Na preparação das curvas padrão de cada mineral (P, K, Fe e Zn), os padrões primários foram secos em estufa a 100° C, por duas horas e pesados em balança de precisão, após isto foram preparados os padrões secundários de cada elemento utilizando água ultra pura e balão volumétrico.

3.5.1 Teor de potássio nos grãos (K)

A determinação do potássio foi realizada a partir da obtenção de uma alíquota de amostra proveniente da digestão sulfúrica, com a determinação do teor através da emissão de luz em fotômetro de chama (TEDESCO et al., 1995). Esse equipamento quantifica os fótons emitidos pelos átomos de potássio excitados pelo calor da chama, com base em uma curva padrão. Foi utilizado uma curva padrão obtida da solução (KH_2PO_4), nas concentrações de 40 e 80 mg.kg^{-1} de potássio.

3.5.2 Teores de ferro (Fe) e zinco (Zn)

A partir da alíquota diluída proveniente da digestão nitroperclórica determinou-se a concentração de ferro e zinco através de espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). Para a preparação da curva padrão de Fe e Zn utilizou-se um padrão nas seguintes concentrações: 0, 2, 6, 10 e 16mg.kg⁻¹ de ferro e 0; 0,2 ;0,6; 1,2; e 1,8 mg.kg⁻¹ de zinco.

3.5.3 Teor de fósforo total

A determinação do fósforo total no grão foi realizada pelo método de colorimetria do metavanadato, o qual se baseia na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdatofosfórico em acidez 0,2 a 1,6 N (MALAVOLTA et al., 1989). Aos extratos obtidos pela digestão nítrico-perclórica foi adicionado um reativo colorido composto por partes iguais de molibdato de amônio a 5 % e metavanadato de amônio a 0,25 %, obtendo-se uma coloração final amarela. A leitura foi realizada em espectrofotômetro sob um comprimento de onda de 420 nm. Realizou-se a diluição (1:9) de amostra:água. A curva padrão para o fósforo foi obtida através da solução estoque de 1000 mg.kg⁻¹ de fósforo preparada a partir de um padrão tritisol de fósforo diluído para obter as concentrações de: 0; 4; 8; 12 e 20 mg.kg⁻¹ de fósforo.

3.5.4 Teor de proteína total

As proteínas e outros compostos nitrogenados foram decompostos na presença do ácido sulfúrico concentrado quente, com produção de sulfato de amônio. O sulfato de amônio resultante, na presença da solução concentrada de hidróxido de sódio, liberou NH₃ que foi recebido na solução de ácido bórico. A amônia, na solução de ácido bórico é titulada com ácido clorídrico na solução padrão 0,02N, com fator de 700 µg de N para cada mL gasto da solução padrão de HCl 0,025 N, até ponto de viragem do indicador de ácido bórico, que indicou passagem da coloração verde da amostra para coloração rosa claro. Para o cálculo da proteína total, multiplicou-se o resultado pelo fator 6,25 (AOAC, 1995).

3.5.5 Teor de fitato

A metodologia utilizada foi proposta por Latta e Eskin (1980). Esse método se baseia na formação do composto ferro-ácido-sulfossalicílico de coloração azul escuro (Reagente de Wade). Na presença de fitatos o ferro é deslocado, reduzindo a intensidade da coloração azul.

Preparação das amostras: As amostras foram moídas em liquidificador e submetidas à passagem na peneira de 1 mm.

Preparação da resina trocadora de ânions: A resina – Dowex 1x 8-400 aniônica (Sigma) foi hidratada em presença de água ultra pura por 1 hora, em seguida adicionou-se NaCl a 0,7M e agitou-se por 5 minutos. A mesma permaneceu em repouso por mais 1 hora para ocorrer à saturação da resina com cloro (Cl^-).

Extração de Fitato: A extração consistiu na pesagem do material (250 mg) com adição de 8 ml de HCl 2,4%, mantendo-se sob agitação, por um período de 3 horas e posterior centrifugação por 15 minutos a 2000 rpm a temperatura ambiente.

Recuperação do Fitato: Retirou-se uma alíquota de 3 mL do sobrenadante e adicionou-se em 1,0 g de resina trocadora de ânions anteriormente saturada com NaCl 0,7 M, contendo 8 mL de água ultra pura. Após este processo, promoveu a agitação em 2000 rpm durante 1 hora.

Eluição das impurezas: Descartou-se o sobrenadante, e a resina foi lavada com 8 mL de NaCl 0,07 M para eluir as impurezas, como fósforo-inorgânico.

Eluição do fitato retido na resina: descartou-se a solução de lavagem e adicionaram-se 8 mL de NaCl 0,7 M para eluir o fitato retido na resina com posterior agitação por 30 minutos. Após tal período centrifugaram-se as amostras a 1500 rpm.

Leitura das Amostras: retirou-se uma alíquota de 3 mL do sobrenadante e adicionou 1 mL de reagente de Wade (0,03g de cloreto férrico hexahidratado mais 0,3g de ácido sulfossalicílico num volume de 100 mL). Formou-se nesta solução um precipitado de fitato de ferro, deste modo foi necessário centrifugar por 10 minutos a 2000 rpm. Em seguida realizou-se a leitura em espectrofotômetro, sob um comprimento de onda de 500 nm.

Preparação da Curva: Pesou-se 0,03 g de fitato de sódio em 100 ml de água ultra pura. Desta, retirou-se 15 mL e completou-se o volume com água para 100 mL (45 mg.kg^{-1}). Esta solução foi utilizada para preparar a curva padrão com sucessivas diluições, nas concentrações de 7,5; 15; 22,5; 37,5; 45 mg.kg^{-1} .

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância univariada (STEEL et al., 1997) obedecendo a um modelo linear de efeitos fixos (LITTEL et al., 1991; LITTEL et al., 2006) para os dois componentes, local, genótipo e a resposta do genótipo ao ambiente de cultivo. As comparações entre os valores médios, de cada uma das variáveis analisadas, nos diferentes genótipos em cada local de cultivo, foram efetuadas pelo teste de

Scott-Knott e, entre os locais, para cada genótipo, pelo teste Tukey. As associações entre os componentes do rendimento, ciclo, qualidade tecnológica, qualidade nutricional e produtividade, foram estimadas através da análise de trilha. As associações entre os teores de nutrientes e entre os caracteres de arquitetura da planta foram feitas através da análise de correlação linear simples. Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPONENTES DO RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE

Houve resposta diferenciada dos genótipos aos ambientes de cultivo para a maioria dos caracteres avaliados, com exceção da massa de 100 grãos, provavelmente por se tratar de um caráter de herança qualitativa, pouco influenciado pelo ambiente e controlado por poucos genes (RAMALHO et al., 1993). Também foi observada diferença significativa entre os genótipos para todos os caracteres avaliados, nos três locais. Estas respostas evidenciam a presença de variabilidade genética entre os genótipos e o efeito do ambiente de cultivo sobre cada genótipo para as avaliações realizadas. Portanto, existe a necessidade da avaliação de genótipos em diferentes locais, anos e épocas de semeadura, devido a ampla diversidade de condições ambientais que o feijão é cultivado no Brasil (COIMBRA et al., 1999; LEMOS et al., 2004; CARBONELL et al., 2007; COELHO et al., 2007b; RIBEIRO et al., 2009), e particularmente devido a ampla diversidade genética observada nos genótipos crioulos de feijão (COELHO et al., 2007b).

Os BAFs 03, 04, 13, 36, 44, 47, 50, 55, 68, 81, 97, 108, 115, 120 e 121, não apresentaram diferença significativa entre os locais, quanto à produtividade. Os demais genótipos apresentaram produtividades superiores em Joaçaba, com destaque para as cultivares BAF 42, BAF 57, BAF 102, BAF 112 e BAF 121, que apresentaram produtividades médias acima de 4000 kg.ha⁻¹. Em Anchieta o genótipo BAF 55 e em Lages o BAF 13 apresentaram produtividades médias acima de 3000 kg.ha⁻¹.

Quanto aos ambientes de cultivo os genótipos em Joaçaba apresentaram maior produtividade média (3478 kg.ha⁻¹), seguido pelos genótipos conduzidos em Anchieta (1783 kg.ha⁻¹) e Lages (1671 kg.ha⁻¹) (Tabela 2).

Tabela 2- Produtividade e número de legumes por planta, de diferentes genótipos de feijão, para os três locais de cultivo, safra 2008/2009.

Genótipo	Produtividade (kg.ha ⁻¹)			Número de vagens/planta		
	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages
03	1099,1Ab	2616,7Ab	1220,1Aa	5,7Ac	10,1Ac	6,9Ad
04	841,5Ab	2010,9Ab	1656,1Aa	6,0Ac	9,9Ac	7,9Ac
07	493,3Bb	2776,0Ab	1937,7ABa	11,2ABb	20,5Aa	7,9Bc
13	2351,4Aa	3768,2Aa	3064,6Aa	11,9Ab	15,1Ab	14,6Aa
23	925,5ABb	2788,2Ab	570,6Ba	8,5Ac	10,6Ac	4,5Ad
36	2203,5Aa	3327,0Ab	1605,0Aa	12,1Ab	16,5Ab	15,3Aa
42	1986,8Ba	4451,9Aa	2470,0ABa	14,0Ab	18,0Aa	11,6Ab
44	1514,8Ab	2282,3Ab	1957,1Aa	11,2Ab	9,4Ac	13,8Aa
46	1909,3ABa	3723,8Aa	1540,6Ba	8,6Ac	9,0Ac	6,3Ad
47	2122,4Aa	2661,1Ab	1107,2Aa	7,1Ac	9,2Ac	4,6Ad
50	2298,6Aa	3665,4Aa	2646,1Aa	10,3Ab	10,7Ac	7,9Ac
55	3536,6Aa	3766,5Aa	1806,0Aa	11,7Ab	14,3Ab	8,3Ac
57	1875,9Ba	5096,1Aa	491,8Ba	6,9AB	13,4Ac	2,5Be
60	1544,7Bb	3941,4Aa	1713,8Ba	14,5Ab	19,7Aa	5,2Bd
68	1183,6Ab	2761,0Ab	750,1Aa	9,1ABc	14,7Ab	5,4Bd
75	2704,3ABa	3955,9Aa	1519,1Ba	13,4Ab	13,9Ab	8,1Ac
81	2117,2Aa	3693,0Aa	2329,9Aa	11,4Ab	13,3Ac	10,5Ab
84	2351,4ABa	3948,7Aa	1430,3Ba	16,7Aa	21,4Aa	6,7Bd
97	1181,9Ab	3103,7Ab	1058,6Aa	7,4Ac	9,5Ac	3,9Ae
102	1823,0Ba	5018,1Aa	2672,6Ba	13,7Ab	18,3Aa	10,9Ab
108	1106,1Ab	2750,5Ab	1887,7Aa	17,9Aa	13,0Ac	11,0Ab
112	2306,8ABa	4385,8Aa	1931,1Ba	12,5Ab	13,2Ac	11,5Ab
115	2601,5Aa	3856,0Aa	1871,0Aa	20,6Aa	12,7AB	10,8Bb
120	804,9Ab	2822,5Ab	981,5Aa	4,4Ac	7,0Ac	3,3Ae
121	2080,2Aa	4019,4Aa	2524,1Aa	13,8Ab	21,0Aa	12,3Ab
192	1398,3ABb	3246,8Ab	705,7Ba	6,2ABc	9,6Ac	2,8Be

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Destacaram-se com produtividades acima da média de cada local nos três locais o BAF 13, BAF 42, BAF 50, BAF 55, BAF 81, BAF 102, BAF 112 BAF 115, e BAF 121, evidenciando um bom desempenho produtivo dos genótipos nos ambientes estudados. Os genótipos BAF 13, BAF 50, BAF 55, BAF 81 e BAF 121 apresentaram produtividades acima de 2000 kg.ha⁻¹ para os três locais de cultivo. Em outros trabalhos demonstrou-se a existência de respostas diferenciadas dos genótipos a ambientes de cultivos na produtividade, ocorrendo diferenças no comportamento dos genótipos em locais, e nos anos agrícolas e nas épocas de semeadura (RAMALHO et al., 1993; CARBONELL et al., 2004; ELIAS et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009).

Com relação aos principais componentes do rendimento, em Anchieta, o BAF 23, BAF 108 e o BAF 84 apresentaram o maior número de vagens por planta (>16 vagens). Em Joaçaba os BAFs que apresentaram o maior número de vagens por planta foi o 84, 121, 7, 60, 102 e 42 (>17 vagens). Em Lages foram os BAFs 36, 13 e 44 que apresentaram o maior número de vagens por planta (>13 vagens). Os genótipos cultivados em Joaçaba apresentaram maior número de vagens por planta (14 vagens/planta), seguido pelos genótipos conduzidos em Anchieta (11 vagens/planta) e Lages (8 vagens/planta) (Tabela 2).

Os genótipos cultivados em Joaçaba e Anchieta apresentaram o maior número de grãos por vagem (5 grãos/vagem), seguido pelos genótipos conduzidos em Lages (4 grãos/vagem). Em Anchieta destacaram-se os BAFs 112, 75, 13, 81, 55, 42 e 36 (>6 grãos/vagem). Em Joaçaba os genótipos que apresentaram o maior número grãos por vagem foram os BAFs 13, 75, 60, 115, 55, 121, 36, 112 e 102 (>6 grãos /vagem). E em Lages os BAFs 7, 13, 112, 60, 42 e 75 foram os que apresentaram o maior número de grãos por vagem (> 5 grãos/vagem) (Tabela 3).

A massa de 100 grãos não apresentou interação genótipo x ambiente, com destaque para os BAFs 120 e 192 com valores acima de 45 g nos três ambientes (Tabela 3).

Tabela 3- Número de grãos por planta e massa de 100 grãos, de diferentes genótipos de feijão, para os três locais de cultivo, safra 2008/2009.

Genótipo	Número de grãos/vagem			Massa de 100 grãos		
	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages
03	4,8Ac	4,6Aa	3,7Ac	28,6f	31,9g	33,2c
04	3,7Ad	3,9Ac	3,5Ac	35,4d	38,1e	41,5b
07	5,0Ac	5,7Ab	5,8Aa	16,4j	21,3j	21,0c
13	6,5Aa	6,3Ac	5,8Aa	22,3h	22,8i	26,3c
23	4,9ABc	5,4Ab	3,8Bc	33,9e	40,2d	40,9b
36	6,0Aa	5,9Aa	3,9Bc	21,4h	23,5i	25,3c
42	6,3Aa	5,3Ab	5,0Aa	19,1j	19,4k	24,5c
44	5,4Ab	5,2Ab	4,4Ab	23,5g	26,3h	24,7c
46	5,3Ab	5,0Ac	3,6Bc	39,7c	40,9d	41,4b
47	5,4Ab	4,5Ac	4,5Ab	37,2d	43,4c	45,3b
50	5,7Ab	5,5Ab	4,5Ab	24,1g	26,4h	30,1c
55	6,3Aa	6,0ABa	4,8Bb	22,0h	21,7j	23,0c
57	4,3Ac	4,5Ac	3,7Ac	36,6d	38,5e	41,5b
60	5,3Ab	6,2Aa	5,1Aa	20,5h	21,9j	24,2c
68	4,9Ac	4,5Ac	3,7Ac	32,2e	35,8f	41,3b
75	6,5Aa	6,2ABa	5,0Ba	20,5h	21,4j	23,3c
81	6,4Aa	5,5ABb	4,4Bb	19,1i	20,3k	22,1c
84	5,7Ab	5,5Ab	4,9Ab	19,8i	20,4k	18,6c
97	4,6Ac	4,7Ac	4,1Ac	32,8e	38,8e	41,6b
102	5,5AB	5,8Aa	4,5Bb	24,8g	25,8h	24,1c
108	5,2Ab	4,8Ac	4,3Ab	21,1h	25,8h	27,7c
112	6,6Aa	5,9Aa	5,3Aa	23,8g	25,3h	28,9c
115	5,8Ab	6,1Aa	4,1Bc	23,6g	24,6h	27,3c
120	3,8ABd	4,4Ac	3,1Bc	50,7b	52,6b	45,6b
121	5,3ABb	5,9Aa	4,3Bb	27,6f	26,8h	30,0c
192	4,5Ac	4,8Ac	3,2Bc	58,6a	55,4a	55,7a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Através da análise de trilha (Tabela 4), observou-se que em Anchieta a produtividade apresentou correlação positiva com o número de grãos (0,68), número de vagens por planta (0,41) e número de lóculos por vagem (0,53), isto significa que incrementos nesses caracteres refletem positivamente na produtividade, e correlação negativa com massa de 100 grãos (-0,33), comprimento de vagem (-0,14) e espessura de vagem (-0,27), indicando que quanto maior o tamanho dos grãos, e o comprimento e espessura das vagens, menor foi a produtividade, embora sejam valores baixos indicando uma associação mais fraca.

Tabela 4- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão e seus componentes do rendimento.

Caracteres	Estimativa da correlação		
	Anchieta	Joaçaba	Lages
Número de vagens			
Efeito direto sobre produtividade	0,13	0,23	0,61
Efeito indireto via número de grãos/vagem	0,51	-0,2	0,06
Efeito indireto via massa de 100 grãos	-0,3	-0,03	-0,02
Efeito indireto via comprimento da vagem	-0,05	-0,01	-0,02
Efeito indireto via espessura da vagem	0,02	-0,04	-0,04
Efeito indireto via número de lóculos/vagem	0,0006	0,47	0,07
Total	0,42	0,4	0,68
Número de grãos/vagem			
Efeito direto sobre produtividade	0,8	-0,34	0,14
Efeito indireto do número de vagens/planta	0,08	0,14	0,27
Efeito indireto via massa de 100 grãos	-0,29	-0,03	-0,02
Efeito indireto via comprimento da vagem	0,036	0,002	0,004
Efeito indireto via espessura da vagem	0,042	-0,07	-0,04
Efeito indireto via número de lóculos/vagem	0,0008	0,73	0,17
Total	0,68	0,42	0,54
Massa de 100 grãos			
Efeito direto sobre produtividade	0,43	0,05	0,025
Efeito indireto do número de vagens/planta	-0,09	-0,15	-0,39
Efeito indireto via número de grãos/vagem	-0,54	0,23	-0,1
Efeito indireto via comprimento da vagem	-0,08	0,03	0,006
Efeito indireto via espessura da vagem	-0,04	0,07	0,06
Efeito indireto via número de lóculos/vagem	-0,0007	-0,56	-0,13
Total	-0,33	-0,33	-0,53
Comprimento da vagem			
Efeito direto sobre produtividade	-0,14	0,57	0,065
Efeito indireto do número de vagens/planta	-0,05	-0,07	-0,15
Efeito indireto via número de grãos/vagem	-0,21	-0,01	0,01
Efeito indireto via massa de 100 grãos	0,24	0,02	0,002
Efeito indireto via espessura da vagem	0,02	0,006	0,01
Efeito indireto via número de lóculos/vagem	-0,0002	-0,08	0,06
Total	-0,14	-0,07	0,0005
Espessura da vagem			
Efeito direto sobre produtividade	-0,16	0,16	0,09
Efeito indireto do número de vagens/planta	-0,02	-0,06	-0,28
Efeito indireto via número de grãos/vagem	-0,21	0,16	-0,06
Efeito indireto via massa de 100 grãos	0,11	0,02	0,02
Efeito indireto via comprimento da vagem	0,01	0,002	0,007
Efeito indireto via número de lóculos/vagem	-0,0004	-0,3	-0,09
Total	-0,27	-0,03	-0,31

continua...

continuação...

Número de lóculos/vagem			
Efeito direto sobre produtividade	0,001	0,81	0,21
Efeito indireto do número de vagens/planta	0,08	0,13	0,21
Efeito indireto via número de grãos/vagem	0,65	-0,31	0,12
Efeito indireto via massa de 100 grãos	-0,28	-0,03	-0,01
Efeito indireto via comprimento da vagem	0,02	-0,005	0,02
Efeito indireto via espessura da vagem	0,06	-0,06	-0,04
Total	0,53	0,53	0,5

Em Joaçaba a produtividade apresentou correlação positiva com o número de vagens por planta (0,40), número de grãos por vagem (0,42) e com o número de lóculos por vagem (0,53) e correlação negativa com a massa de 100 grãos (-0,33). Não foi observada correlação entre comprimento (-0,07) e espessura da vagem (-0,03) evidenciou falta de associação com o rendimento de grãos.

Em Lages o número de vagens por planta (0,68), número de grãos por vagem (0,54) e número de lóculos por vagem (0,50) apresentaram correlação positiva com a produtividade, enquanto que a massa de 100 grãos (-0,53) e a espessura da vagem (-0,31) apresentaram correlação negativa e o comprimento da vagem (0,0005) indicou ausência de associação.

Os resultados possibilitam indicar que elevadas produtividades estão associadas com um maior número de vagens por planta (Figura 2), número de grãos por vagem (Figura 3) e número de lóculos por vagem (Figura 4), e com um menor tamanho de grão (Figura 5), mas a contribuição desses caracteres na produção de grãos é diferenciada, dependendo do local de cultivo.

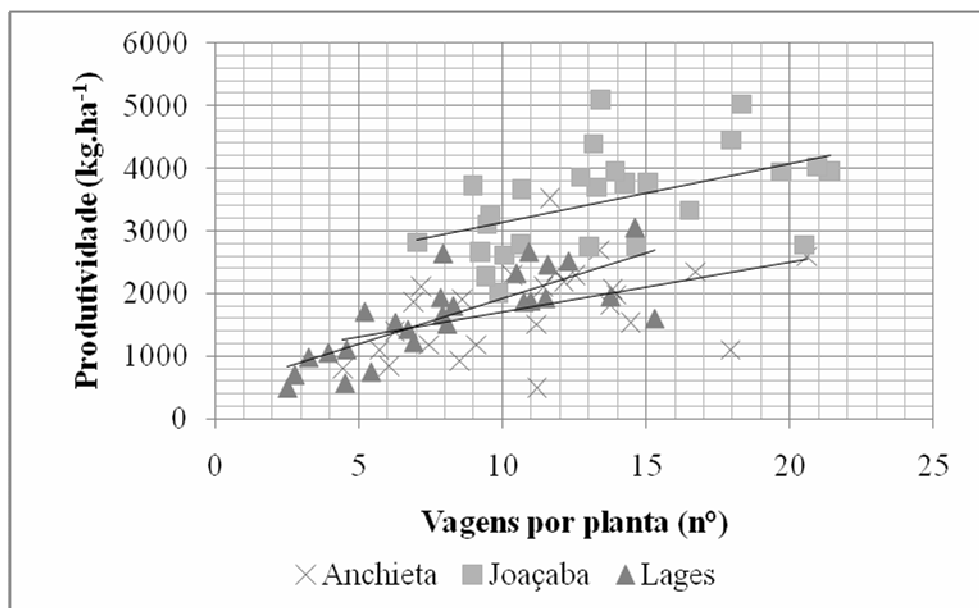


Figura 2- Relação entre produtividade e número de vagens por planta de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

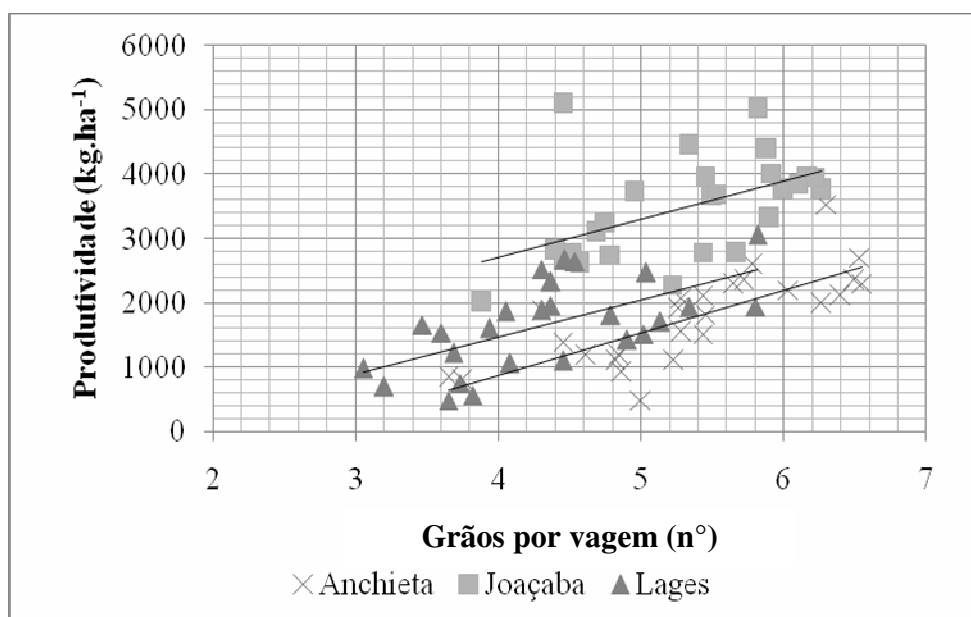


Figura 3- Relação entre produtividade e número de grãos por vagem de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

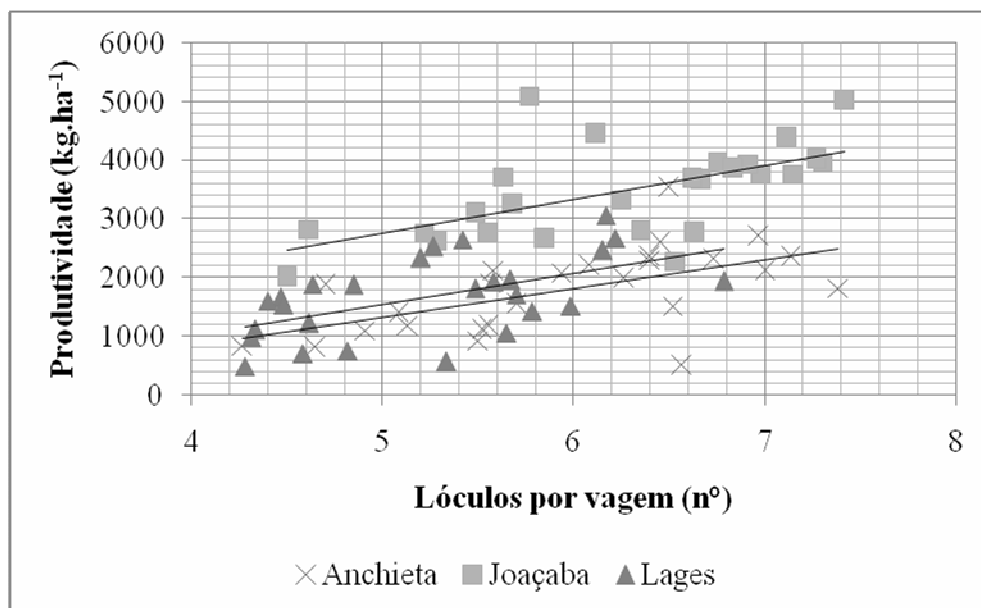


Figura 4- Relação entre produtividade e número de lóculos por vagem de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

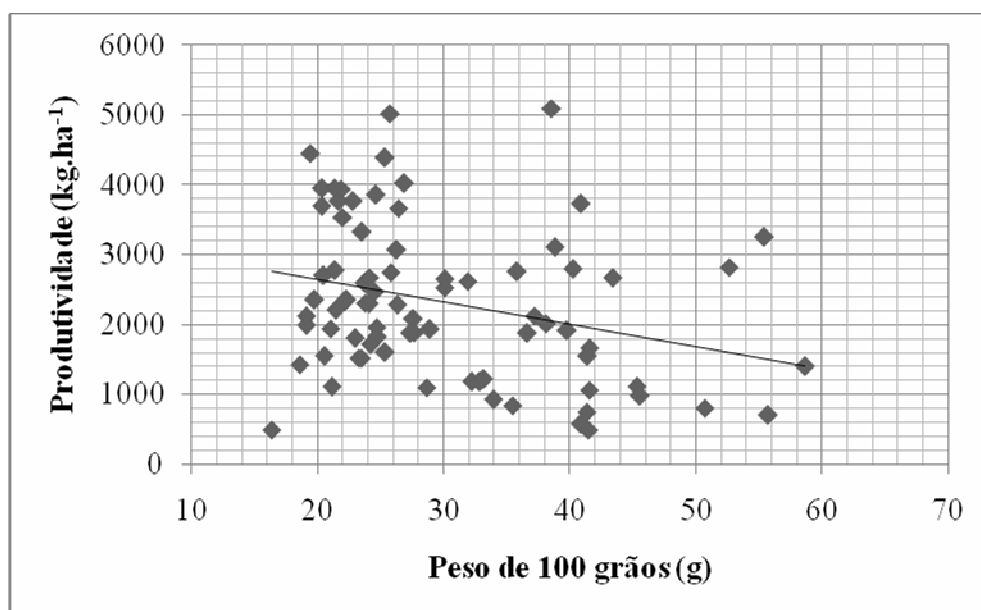


Figura 5- Relação entre produtividade e massa de 100 grãos de genótipos de feijão, na safra 2008/2009.

Segundo Gonçalves et al. (2003), o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem apresentam correlação positiva com o rendimento de grãos, enquanto que a massa de 100 grãos apresenta correlação negativa.

Considerando os efeitos diretos sobre a produtividade em Anchieta o número de grãos por vagem foi o caráter de maior efeito e maior correlação (0,80), seguido da massa de 100 grãos (0,43) e do número de vagens por planta (0,13). O comprimento (-0,14) e a espessura a vagem (-0,16) apresentaram correlação negativa com a produtividade.

Em Joaçaba, o número de lóculos por vagem (0,81) foi o componente que apresentou o maior efeito, seguido do número de vagens por planta (0,23). O comprimento (0,06) e a espessura da vagem (0,16) apresentaram correlação positiva, diferindo do resultado encontrado em Anchieta.

A correlação total do número de grãos por vagem com a produtividade em Joaçaba foi positiva, entretanto o efeito direto do número de grãos por vagem com a produtividade foi negativo (-0,34). Tal fato é explicado pelo efeito indireto do número de grãos por vagem via número de lóculos ter apresentado coeficiente de correlação positivo e elevado (0,73), o que justifica a correlação total positiva. Também pelo fato do efeito indireto da massa de 100 grãos via número de grãos por vagem ter sido positivo (0,23), diferindo dos outros locais. Esses resultados evidenciam a complexidade do caráter produtividade e de que ele é o resultado da soma de todos os componentes do rendimento e não apenas o efeito isolado de um componente.

Em Lages, o número de vagens por planta (0,61) apresentou o maior efeito e correlação com o rendimento de grãos, depois foi o número de lóculos por vagem (0,21) e número de grãos por vagem (0,14). O comprimento (0,06) e espessura (0,09) da vagem tiveram correlação positiva com a produtividade, apesar dos valores baixos. Em Lages e Joaçaba a massa de 100 grãos (0,02 e 0,05) não se associou diretamente com a produtividade para os dois locais.

As respostas encontradas quanto aos efeitos diretos dos componentes do rendimento na produtividade são um indicativo da necessidade dos genótipos serem realizadas em diferentes ambientes, para o conhecimento de como determinado genótipo responde, principalmente quanto às características morfológicas e agrônômicas, além de mostrar o efeito compensatório dos componentes do rendimento na produtividade final de grãos. Segundo Fageria et al. (2006), os componentes do rendimento não influenciam o rendimento final de grãos de forma independente, mas sim em conjunto.

Para os efeitos indiretos em Anchieta, o coeficiente de correlação da massa de 100 grãos principalmente através do número de grãos por vagem evidenciou valores negativos, o que implica uma correlação de caracteres em sentido contrário, onde o aumento de um corresponde uma diminuição no outro. A seleção para elevar o número de vagens por planta e número de grãos por vagem pelo peso médio do grão também apontou valores negativos para os coeficientes de correlação. Em trabalho realizado por Kurek et al. (2001), foram encontrados resultados semelhantes, onde o número de vagens por planta e número de grãos por vagem via peso médio do grão também apresentaram correlação negativa.

Porém, para os efeitos indiretos do número de vagens por planta e o número de lóculos por vagem principalmente via número de grãos por vagem mostram valores positivos, indicando que aumentos no número de vagens por planta e no número de lóculos tendem a aumentar o número de grãos por vagem e consequentemente a produtividade. Já os efeitos indiretos do número de grãos por vagem apresentam valores positivos muito pequenos. Portanto a seleção indireta a ser praticada entre o número de grãos por vagem não parece ser uma boa estratégia visando aumentos na produtividade.

Os efeitos indiretos do comprimento e espessura da vagem através do número de grãos evidenciam valores de correlação negativos. Já o efeito via massa de 100 grãos apresentaram correlações positivas, ou seja, a escolha do comprimento e espessura da vagem aumenta a produtividade pela massa de 100 grãos.

Para os efeitos indiretos em Joaçaba, a correlação da massa de 100 grãos via número de vagens e número de lóculos por vagem apresentou valores negativos, porém via número de grãos por vagem os valores de correlação foram positivos. Isso indica que para esse local a escolha para elevar a massa de 100 grãos pelo número de vagens e número de lóculos não é uma boa estratégia, entretanto a seleção via número de grãos por vagem pode ser considerada um método eficiente.

Em Lages, para os efeitos indiretos, o coeficiente de correlação da massa de 100 grãos através do número de grãos, número de vagens por planta e do número de lóculos por vagem foram negativos, visto que o aumento de um corresponde uma diminuição no outro. A opção para elevar o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de lóculos por vagem via peso médio do grão também apontou valores negativos para os coeficientes de correlação.

O efeito indireto do número de grãos em Lages pelo número de vagens e número de lóculos apresentaram correlação positiva. O efeito indireto do número de lóculos por vagem via número de vagens e número de grãos por vagens, também apresentou valores de correlação positiva, o que implica uma correlação de caracteres no mesmo sentido. Porém o efeito indireto do comprimento e espessura da vagem pelo número de vagens apresentou correlação negativa, o que indica uma correlação de caracteres em sentido contrário.

No geral, a seleção indireta a ser praticada entre a massa de 100 grãos e o rendimento de grãos não parece ser uma boa estratégia para o progresso genético uma vez que, a massa de 100 grãos apresentou correlação negativa com o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem (Figura 6 e 7). Entretanto o número de grãos por vagem apresentou correlação positiva com o número de vagens por planta (Figura 8). Já no aspecto efeito direto

sobre o rendimento, o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de lóculos por vagem pode ser uma boa estratégia para incrementar este caráter complexo que é o rendimento de grãos.

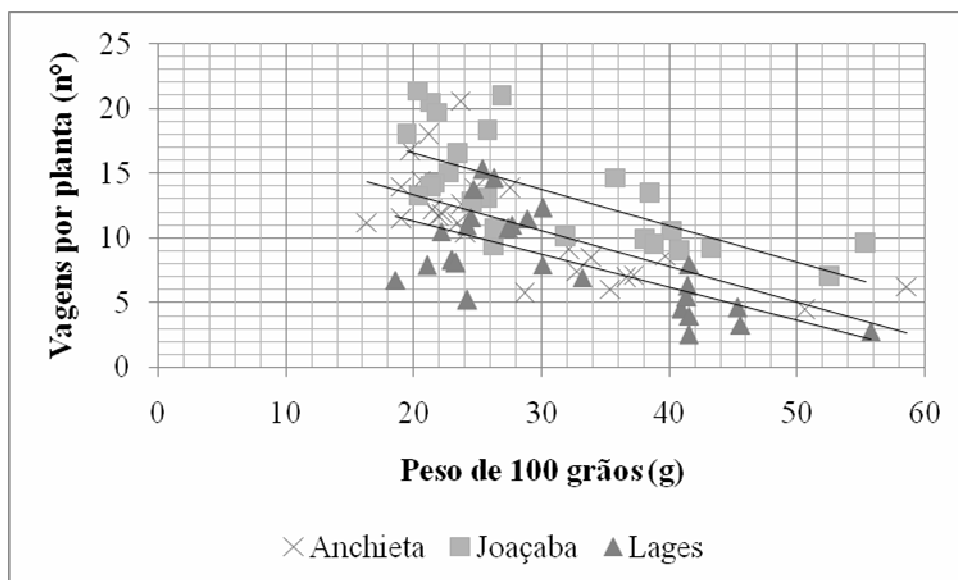


Figura 6- Relação entre número de vagens por planta e massa de 100 grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

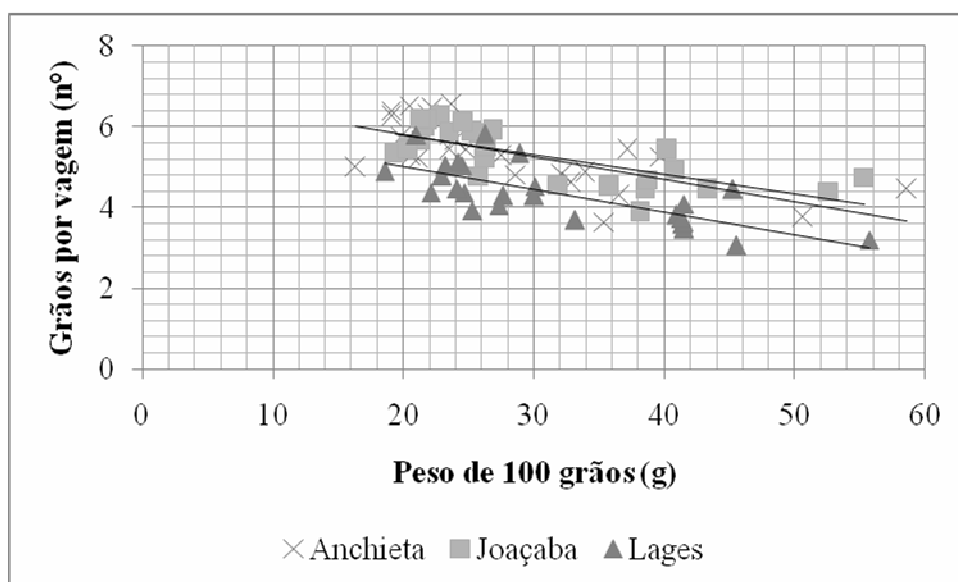


Figura 7- Relação entre número de grãos por vagem e massa de 100 grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

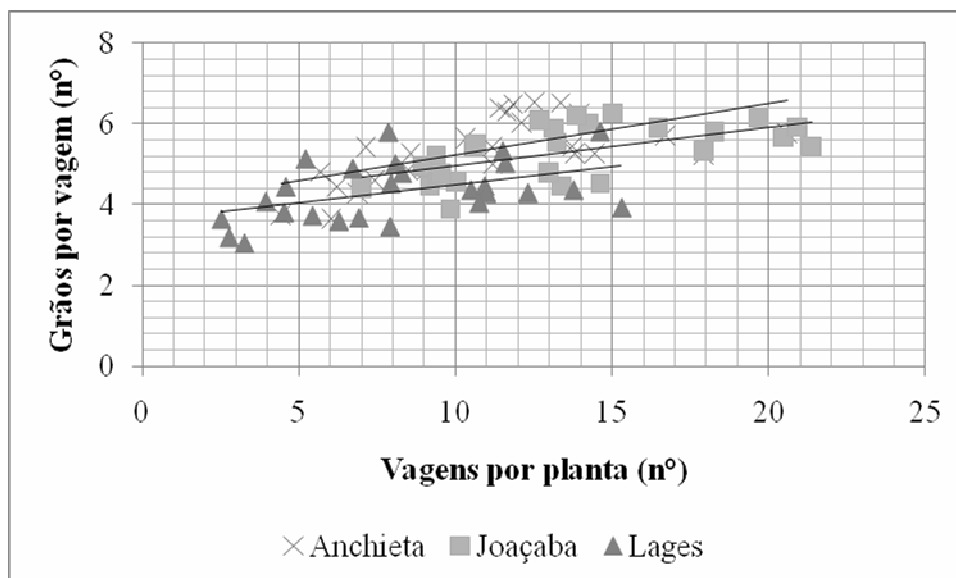


Figura 8- Relação entre número de grãos por vagem e número de vagens por planta de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

4.2 CICLO

Após a análise dos dados referente ao ciclo, observou-se resposta diferenciada dos genótipos aos ambientes de cultivo para todos os caracteres avaliados. Também foi verificada diferença significativa entre os genótipos para todos os caracteres avaliados, nos dois locais. Estas respostas mostram a presença de diversidade genética para ciclo e o efeito do local de cultivo sobre cada genótipo, por isso os dados obtidos para os diferentes genótipos foram apresentados por local de cultivo.

Após a análise de trilha, constatou-se que o período emergência–floração apresentou correlação positiva com a produtividade para os dois locais, ou seja, quanto maior foi o número de dias entre a emergência e a floração maior foi a produtividade (Figura 9). Segundo Fageria et al. (2006), o período pré-florescimento é necessário para o desenvolvimento adequado do número de folhas que fornecerá compostos assimilados na fotossíntese aos grãos durante o período de enchimento de grãos.

Tabela 5- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão e ciclo.

Caracteres	Estimativa da correlação	
	Joaçaba	Lages
Emergência-Floração		
Efeito direto sobre a produtividade	0,87	0,30
Efeito indireto via emergência-maturação fisiológica	-0,74	-0,07
Total	0,13	0,28
Emergência-Maturação Fisiológica		
Efeito direto sobre a produtividade	-0,9	-0,33
Efeito indireto via emergência-floração	0,72	0,07
Total	-0,18	-0,26

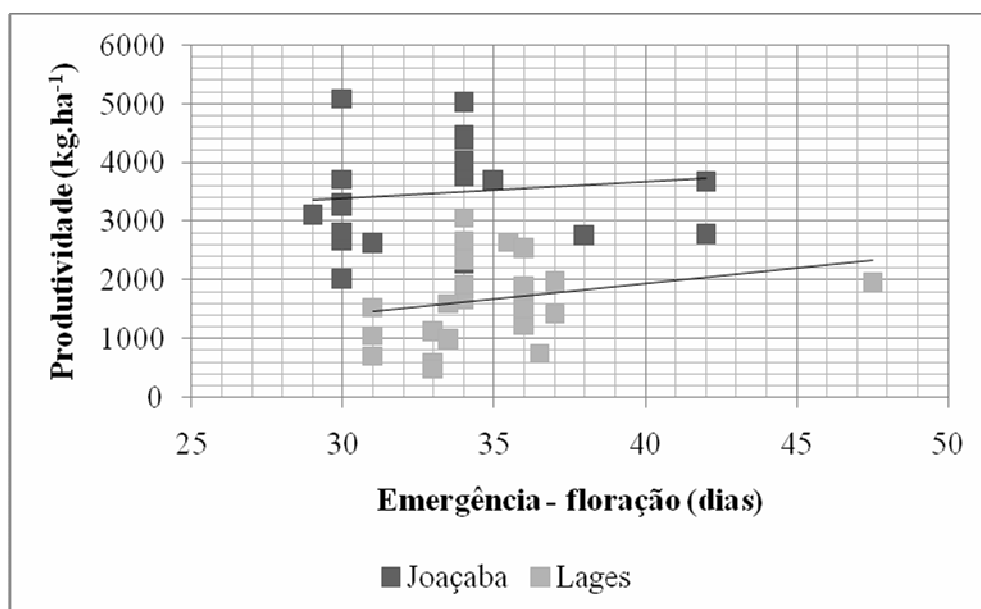


Figura 9- Relação entre a emergência e a floração do feijão e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Porém, o período emergência–maturação fisiológica apresentou correlação negativa para os dois ambientes, evidenciando que incrementos na produtividade de grãos foram obtidos quando o número de dias entre a emergência e a maturação fisiológica reduziu (Figura 10). Portanto, os genótipos de feijão mais precoces podem ser úteis no incremento da produtividade, pois a redução do ciclo propiciou aumento na produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Ramalho et al. (1993) no estado de Minas Gerais, e por Ribeiro et al. (2004) no Rio Grande do Sul, onde a redução no ciclo proporcionou aumentos na produtividade. O contrário, aumento de ciclo e aumento de produtividade só será verdadeiro caso haja aumento proporcional da fotossíntese líquida (WORKU et al., 2004).

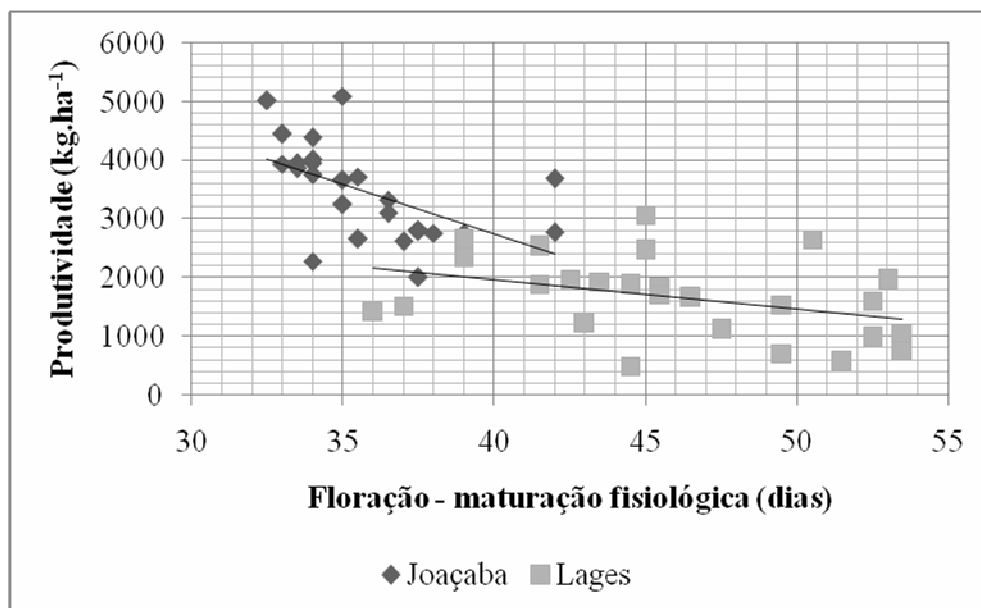


Figura 10- Relação entre a floração e maturação fisiológica do feijão e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Considerando o efeito direto sobre a produtividade o período emergência–floração apresentou correlação positiva com a produtividade, tanto em Joaçaba quanto Lages, entretanto o efeito indireto do período emergência–floração via período emergência–maturação fisiológica apresentou correlação negativa em Joaçaba, o que implica uma correlação de caracteres no sentido contrário. Isso indica, que a seleção do período emergência–floração via período emergência–maturação fisiológica é uma boa estratégia para aumentos na produtividade. Em Lages o valor do coeficiente de correlação foi baixo, indicando ausência de associação entre os caracteres.

Para o efeito direto do período emergência–maturação fisiológica, em Joaçaba e Lages, na produtividade o coeficiente de correlação foi negativo o que implica em ganhos produtivos quanto menor o ciclo total da planta. Já para o efeito indireto desse caráter via período emergência–floração, em Joaçaba, o coeficiente de correlação foi positivo e em Lages constatou-se ausência de associação entre os caracteres.

Diante disso, as condições ambientais afetam drasticamente o grau de associação entre ciclo e produtividade. Portanto, de forma geral na seleção direta sobre a produtividade, a precocidade foi eficiente para a seleção de genótipos de elevado rendimento (Figura 11). Já a seleção indireta a ser praticada entre ciclo e produtividade não parece ser uma boa estratégia para o progresso genético, uma vez que no município de Lages não houve associação entre os caracteres avaliados.

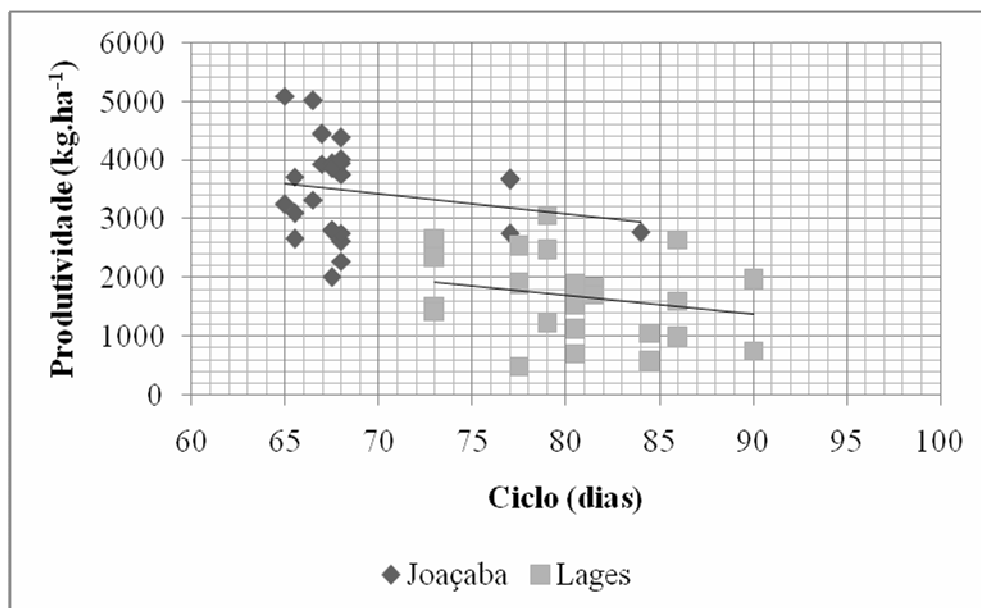


Figura 11- Relação entre o ciclo da cultura e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

A temperatura média ideal para a cultura do feijão é de 21°C, sendo consideradas aptas para o cultivo as regiões com temperaturas entre 15 e 29,5°C (FANCELLI e DOURADO NETO, 2007). No período emergência–maturação fisiológica a temperatura média em Joaçaba foi de 20,3°C, sendo que no período emergência–floração e floração–maturação fisiológica a temperatura média registrada foi de 19,5°C e 21,2°C, respectivamente (Figura 12). Em Lages as temperaturas foram semelhantes às registradas em Joaçaba, sendo que no período emergência–maturação fisiológica a temperatura média em Lages foi de 20,2°C, e no período emergência–floração e floração–maturação fisiológica a temperatura média foi de 19,3°C e 20,1°C, respectivamente (Figura 13).

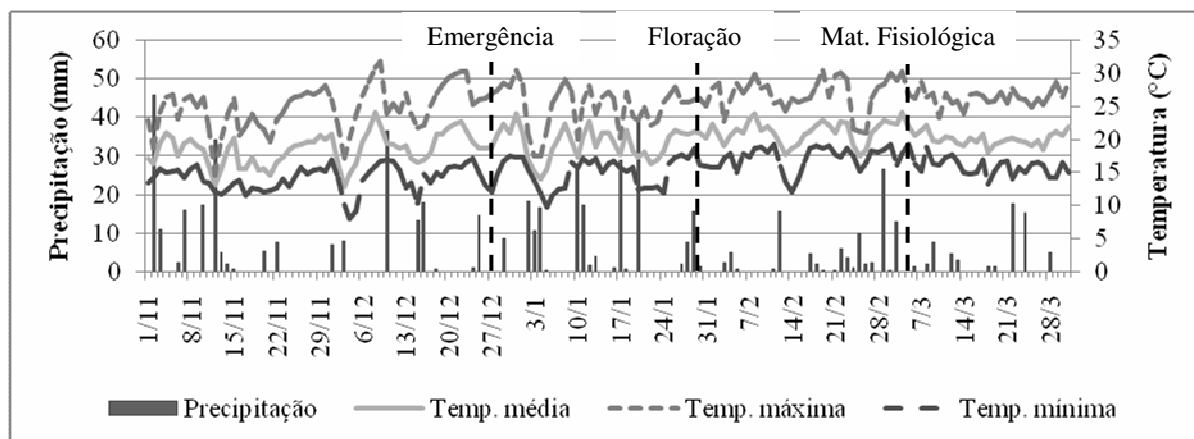


Figura 12- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Joaçaba.

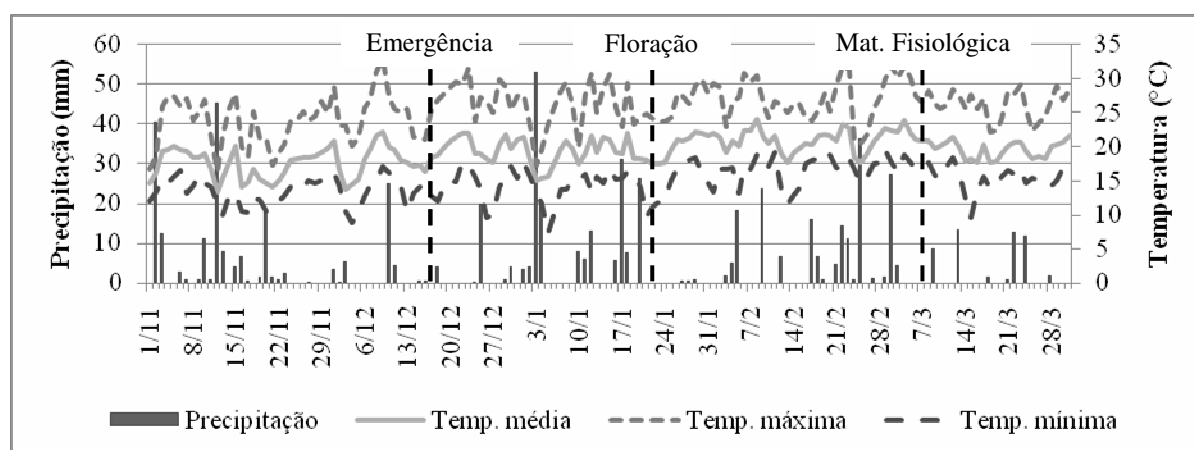


Figura 13- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Lages.

A média das temperaturas máximas em Joaçaba no período correspondente ao ciclo total foi de $26,1^{\circ}\text{C}$ e a média das mínimas foi de $16,1^{\circ}\text{C}$, sendo que no período emergência–floração e floração–emergência a média das máximas foi de $25,2^{\circ}\text{C}$ e $26,9^{\circ}\text{C}$ e a média das mínimas foi de $15,0^{\circ}\text{C}$ e $17,2^{\circ}\text{C}$. Já em Lages a média das temperaturas máximas registrada foi de $26,8^{\circ}\text{C}$, $26,3^{\circ}\text{C}$ e $27,1^{\circ}\text{C}$ e a média das mínimas de $15,5^{\circ}\text{C}$, $14,2^{\circ}\text{C}$ e $16,6^{\circ}\text{C}$ nos períodos emergência–maturação fisiológica, emergência–floração e floração–maturação fisiológica, respectivamente.

No feijão, temperaturas diurnas acima de 30°C e noturnas superiores a 20°C provocam abortamento de órgãos reprodutivos, principalmente, flores e vagens em formação (SILVEIRA et al. 1980). Para evitar perdas de produtividade, recomenda-se a semeadura do feijão nas épocas em que a floração ocorra em temperaturas não superiores a 30°C (GONÇALVES et al. 1997).

Portanto, a média das máximas e mínimas ocorridas durante a safra 2008/2009 em Joaçaba e Lages foram as ideais para o cultivo de feijão. Também foram um indicativo de que as menores produtividades observadas em Lages não foram devido ao abortamento de flores e vagens causado por elevadas temperaturas no período floração–maturação fisiológica.

A cultura do feijão exige aproximadamente 300 mm de precipitação para seu crescimento e desenvolvimento, sendo que regiões em que ocorram 250 a 500 mm são consideradas aptas para a implantação da cultura, embora a maior limitação encontre-se mais diretamente ligada à distribuição do que a quantidade total de chuvas ocorridas no período (FANCELLI e DOURADO NETO, 2007).

Em Joaçaba a precipitação total durante o ciclo do feijão foi de 295,6 mm enquanto que em Lages a precipitação foi de 386,7 mm (Figura 12 e 13). Logo, não houve deficiência hídrica para a cultura nos dois locais avaliados. A precipitação no período entre a emergência e a floração foi semelhante para os dois locais de cultivo (205,7 mm e 200,5 mm para Joaçaba e Lages, respectivamente). Entretanto no período entre a floração e a maturação fisiológica foi observado que em Lages houve elevada precipitação (181 mm) quando comparada a Joaçaba (95,1 mm). Tais fatos explicam o observado nos dois locais, quanto ao ciclo, onde a média dos genótipos em Joaçaba e Lages foi semelhante, e em Lages que apresentou maior número de dias entre a floração e a maturação fisiológica.

Em trabalho realizado por Ribeiro et al. (2004), avaliando genótipos de feijão em três anos de cultivo quanto a duração do ciclo e produtividade, observaram que no ano de maior precipitação no período floração–maturação fisiológica houve aumento do ciclo em relação ao ano de menor precipitação. No mesmo trabalho foi observado que a redução do ciclo levou a maiores produtividades.

A redução da produtividade em Lages ocorreu devido à baixa luminosidade associada ao excesso de chuva observada no período entre a floração e a maturação fisiológica. Ao estudar o problema da baixa luminosidade, Scheeren et al. (1995ab), concluíram que a ocorrência de períodos com bastante nebulosidade pode originar deficiência fotossintética e, como consequência, causar redução nos componentes do rendimento e na produtividade. Plantas submetidas a déficit de luz após o estágio de florescimento, segundo Judel e Mengel (1982), tiveram uma redução de 20% na massa de 100 grãos.

A fotossíntese desempenha importante papel na produção de uma cultura, pois o rendimento de grãos é potencialmente influenciado pela duração da taxa de acumulação de carboidratos. Em solos com excesso de água, a difusão do O₂ a partir da atmosfera é reduzida. As plantas necessitam de oxigênio para a liberação da energia requerida pelos processos vitais

(TAIZ e ZEIGER, 2004). De acordo com Santos e Carlesso (1998) o estresse hídrico pode afetar a utilização de carboidratos, por alterar a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas na planta.

Os danos causados pelo excesso hídrico no solo dependem do estágio fenológico em que ocorrem, da duração do estresse e da cultivar. Cannel et al. (1977) mostram que plantas de ervilha são mais sensíveis às condições de excesso hídrico durante os estádios iniciais de desenvolvimento. No entanto, Watson et al. (1976) afirmam que a saturação hídrica do solo, nos estádios iniciais de crescimento da cevada e da aveia, reduz mais o rendimento do que nos estádios de desenvolvimento subsequentes. Quando a saturação hídrica do solo é aplicada durante a formação de flores, a redução da produção de flores e do número de legumes é devido ao aborto floral (SIONIT e KRAMER, 1977). Além disso, o número de sementes por legume também diminui com a saturação hídrica do solo (GRIFFIN e SAXTON, 1988). Schöffel et al. (2001), concluíram que o número de legumes e a produção por planta foram maiores em plantas de soja estressadas por saturação hídrica do solo, a partir dos estádios iniciais da cultura e que houve diferença quanto a resistência ao excesso hídrico das cultivares avaliadas.

Para as características relacionadas com o ciclo da cultura, os genótipos estudados apresentaram comportamento diferenciado para cada local e entre os locais de cultivo (Tabela 6). Vários trabalhos têm relatado interação genótipo x ambiente e diversidade genética quanto ao ciclo (BARELLI et al., 1999; DALLA CORTE et al., 2002; RIBEIRO et al., 2004; BURATTO et al., 2007).

Tabela 6- Número de dias de duração do período emergência-maturação fisiológica, emergência-floração e floração-maturação fisiológica de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Genótipo	V1 – R9 (dias)*		V1 – R6(dias)**		R6 – R9(dias)***	
	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages
03	68Ac	79Ab	31Bg	36Ab	37	43
04	68Ac	81Ab	30Bh	34Ac	38	47
07	84Aa	90Aa	42Ba	48Aa	42	43
13	68Ac	79Ab	34Ad	34Ac	34	45
23	68Bc	85Aa	30Bh	33Ac	38	52
36	67Bd	86Aa	30Bh	34Ac	37	53
42	67Ac	79Ab	34Ae	34Ac	33	45
44	68Bc	90Aa	34Be	37Ab	34	53
46	66Be	81Ab	30Ah	31Ad	36	50
47	66Be	81Ab	30Bh	33Ac	36	48
50	77Ab	86Aa	42Aa	36Bb	35	51
55	68Ac	82Ab	34Ae	36Ab	34	46
57	65Ae	78Ab	30Bh	33Ac	35	45
60	67Ac	82Ab	34Ae	36Ab	33	46
68	68Bc	90Aa	30Bh	37Ab	38	54
75	68Ac	73Ab	34Af	36Ab	34	37
81	77Ab	73Ab	35Ac	34Ac	42	39
84	68Ac	73Ab	34Bf	37Ab	34	36
97	66Be	85Aa	29Ai	31Ad	37	54
102	67Ad	73Ab	34Ad	34Ac	33	39
108	77Ab	78Ab	38Ab	36Ab	39	42
112	68Ac	78Ab	34Af	34Ac	34	44
115	68Ac	81Ab	34Af	36Ab	34	45
120	68Bc	86Aa	30Bh	34Ac	38	53
121	68Ac	78Ab	34Af	36Ab	34	42
192	65Be	81Ab	30Ah	31Ad	35	50

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *emergência-maturação fisiológica **emergência-floração ***floração-maturação fisiológica

Os BAFs 23, 36, 44, 46, 47, 68, 97, 120 e 192 em Joaçaba apresentaram menor ciclo no período entre a emergência e maturação fisiológica em relação a Lages. A redução no número de dias variou de 15 dias (BAFs 46 e 47) a 22 dias (BAFs 44 e 68). No período entre a emergência e a floração os BAFs 03, 04, 07, 23, 36, 44, 47, 57, 68, 84 e 120 apresentaram uma redução no ciclo em Joaçaba, quando comparados a Lages, sendo a variação observada de 3 dias (BAFs 23, 44, 47 e 57) a 6 dias (BAF 07). A exceção foi o BAF 50 que em Joaçaba apresentou maior ciclo que Lages (6 dias). No período floração-maturação fisiológica os

BAFs 36, 44, 50, 68 e 97 tiveram menor ciclo em Joaçaba, sendo que a amplitude de variação foi de 16 dias (BAFs 36, 50, e 68) a 19 dias (BAF 44).

Os resultados obtidos evidenciam que as maiores diferenças entre o ciclo total dos genótipos entre os locais, deveram-se principalmente ao período floração–maturação fisiológica, pois a precipitação nesse período foi maior em Lages do que em Joaçaba (Figura 14 e 15). Segundo Ribeiro et al. (2004), genótipos de feijão são afetados principalmente pela influencia da temperatura e precipitação no período.

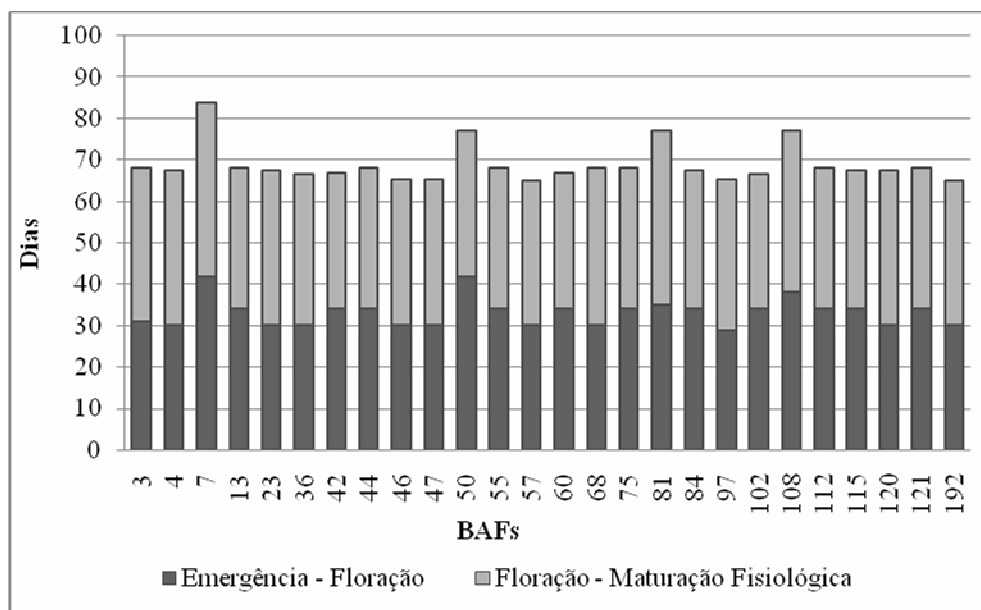


Figura 14- Comparação entre o período emergência–floração e floração–maturação fisiológica, no ciclo total de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba, na safra 2008/2009.

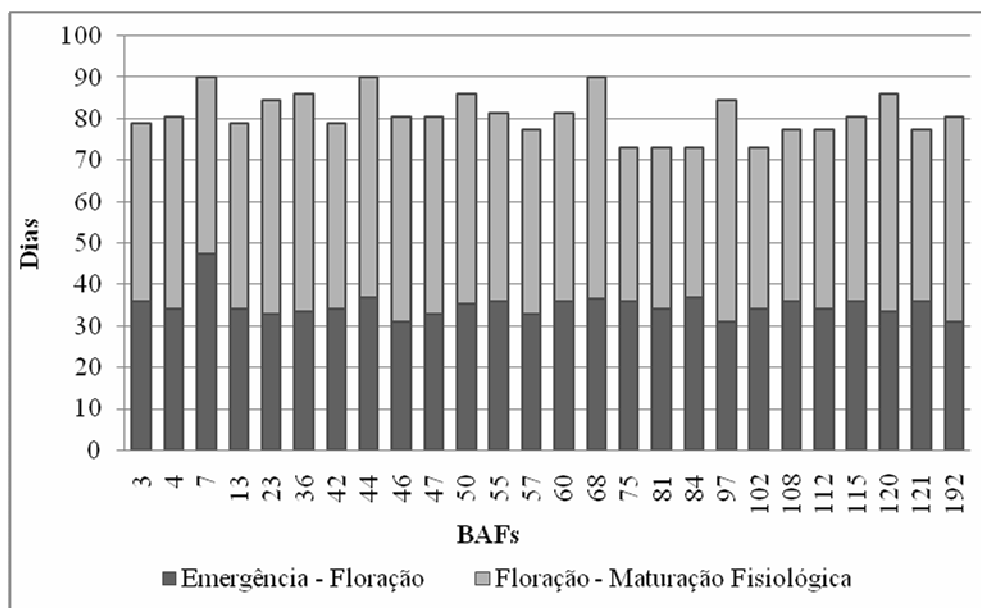


Figura 15- Comparação entre o período emergência–floração e floração–maturação fisiológica, no ciclo total de genótipos de feijão cultivados em Lages, na safra 2008/2009.

A duração do período emergência–floração apresentou uma variação distinta para os genótipos nos dois locais analisados. Em Joaçaba a duração do ciclo dos genótipos analisados foi de 84 a 65 dias, com destaque para os BAFs 46, 47, 57, 97, e 192 que foram os mais precoces. Em Lages a variação do ciclo total foi de 90 a 73 dias, com destaque para os BAFs 75, 81, 84 e 102 que tiveram ciclo de 73 dias. O BAF 07 apresentou o maior ciclo nos dois locais de cultivo.

O número de dias para a floração em Joaçaba variou de 42 (BAF 07) a 29 dias (BAF 97). Em Lages a amplitude de variação foi de 48 (BAF 07) a 31 dias (BAF 192), com destaque para os BAFs 46, 97 e 192 que foram os que apresentaram maior precocidade para a floração nos dois locais. O BAF 07 também apresentou maior número de dias para a floração.

O período floração–maturação fisiológica em Joaçaba variou de 42 (BAF 07) a 33 (BAF 102), com destaque para os BAFs 42, 60 e 102 com 33 dias. Já em Lages a amplitude de variação foi de 54 (BAF 68) a 36 dias (BAF 84).

Os genótipos mais precoces têm sido obtidos pelo menor número médio de dias gastos até o florescimento (SANTOS e VENCOVSKY, 1985; ARRIEL et al., 1990; RAMALHO et al., 1993). No entanto, no presente estudo, os genótipos com menor duração do período emergência–floração foram diferentes daqueles destacados como os mais precoces. Isso sugere que nem sempre os genótipos que florescem mais cedo serão os de ciclo mais precoce (RIBEIRO et al., 2004).

4.3 ARQUITETURA DE DOSSEL DA PLANTA DE FEIJÃO

A análise de variância indicou interação genótipo x ambiente para o caractere estatura de planta e interação não significativa para diâmetro de haste, altura de inserção da primeira vagem e número de nós. Foi observada diferença significativa entre os genótipos para todos os caracteres avaliados nos dois locais, com exceção da altura de inserção da primeira vagem em Lages. Coelho et al, (2007) também encontrou variabilidade para 12 variáveis observadas em genótipos crioulos de feijão. Para a estatura de planta e diâmetro de haste foi observado efeito de ambiente, enquanto que para os caracteres altura de inserção da primeira vagem e número de nós não observou-se efeito simples do ambiente. Estes resultados sugerem que os genótipos não responderam de forma diferenciada à influencia do ambiente quanto ao diâmetro de haste, altura de inserção da primeira vagem e número de nós, porém apresentaram variabilidade para a maioria dos caracteres nos dois locais o que torna mais fácil a identificação de genótipos com arquitetura ideal.

A estatura dos genótipos em Joaçaba variou entre 100,5 cm (BAF 108) a 45,8 cm (BAF 04), com média de 70,6 cm. Apesar do BAF 108 apresentar elevada estatura o genótipo apresentou hábito de crescimento indeterminado trepador de porte prostrado, o que não permite a colheita mecanizada. O BAF 04 apresenta hábito de crescimento determinado e porte ereto. Já em Lages o genótipo com maior estatura foi o BAF 07 (90,1 cm) com hábito de crescimento indeterminado prostrado de porte semi – ereto, e o de menor estatura foi o BAF 120 (35,5 cm) com hábito de crescimento determinado e porte ereto. Os genótipos com hábito de crescimento determinado apresentaram menor estatura em Joaçaba (60,0 cm) e Lages (42,9 cm), comparados aos de hábito indeterminados (77,8 cm a 64,8 cm em Joaçaba e Lages, respectivamente) (Tabela 7 e 8).

Tabela 7- Hábito de crescimento e porte de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

BAF	Hábito de crescimento [*]		Porte ^{**}	
	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages
03	I	I	2	1
04	I	I	1	1
07	III	III	2	2
13	II	II	1	1
23	I	I	1	1
36	II	II	1	1
42	I	I	1	1
44	III	II	2	1
46	II	III	1	2
47	II	II	1	1
50	II	II	2	1
55	II	II	1	1
57	II	II	1	1
60	I	I	1	1
68	I	I	1	1
75	II	II	1	1
81	II	II	1	1
84	I	I	1	1
97	I	I	1	1
102	II	III	1	2
108	IV	IV	3	3
112	II	II	1	1
115	II	II	1	1
120	I	I	1	1
121	II	II	1	1
192	I	I	1	1

^{*} I (determinado); II (indeterminado arbustivo); III (indeterminado prostrado); IV (indeterminado trepador).

^{**} 1 (ereto); 2 (semi – ereto); 3 (prostrado).

Tabela 8- Estatura de planta, diâmetro de haste, altura de inserção da primeira vagem e número de nós de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

BAF	Estatura (cm)		Diâmetro do caule (cm)		Inserção da 1ª vagem (cm)		Número de nós	
	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages	Joaçaba	Lages
03	55,4e	43,8b	0,8a	0,6a	19,3b	21,9a	7,2a	7,1b
04	45,9f	39,0b	0,6b	0,5b	17,0b	17,4a	7,2a	6,2b
07	80,2b	90,1a	0,8a	0,6a	33,4a	32,7a	9,8a	12,4
13	83,6b	65,6a	0,7a	0,6a	35,5a	26,2a	7,3a	9,8a
23	57,0e	42,7b	0,6b	0,6b	19,8b	18,0a	8,2a	6,4b
36	70,4c	73,8a	0,7b	0,6a	14,8b	25,4a	8,4a	8,9a
42	75,9c	45,7b	0,8a	0,6a	15,5b	16,0a	10,2a	9,9a
44	71,6c	69,9a	0,6b	0,5b	15,8b	20,3a	9,3a	10,9
46	74,0c	77,4a	0,6b	0,6a	20,8b	23,1a	9,0a	9,1a
47	68,7d	49,7b	0,6b	0,5b	14,0b	16,7a	7,9a	8,1b
50	83,0b	51,2b	0,7b	0,5b	21,2b	18,7a	18,1a	12,7a
55	66,9d	47,1b	0,8a	0,6a	20,1b	18,9a	10,6a	9,4a
57	66,4d	54,7b	0,6b	0,5b	23,1b	16,1a	7,2a	8,1b
60	66,3d	49,1b	0,7b	0,6a	22,7b	17,3a	10,8a	9,8a
68	50,3f	47,3b	0,6b	0,5b	16,8b	24,1a	6,9a	7,7b
75	80,6b	85,7a	0,7b	0,7a	24,6b	23,8a	9,7a	9,1a
81	87,3b	38,4b	0,8a	0,6a	20,7b	17,6a	10,4a	11,5a
84	72,5c	40,5b	0,7b	0,5b	18,3b	22,2a	10,9a	10,8a
97	62,3d	47,1b	0,6b	0,5b	23,3b	18,1a	5,6a	6,5b
102	72,8c	71,0a	0,7a	0,6a	16,0b	22,5a	9,8a	10,4a
108	100,5a	85,8a	0,6b	0,6b	20,7b	21,2a	12,7a	10,2a
112	71,8c	43,6b	0,8a	0,6a	23,6b	16,8a	9,5a	12,1a
115	83,3b	44,9b	0,8a	0,6a	18,5b	14,1a	10,0a	11,0a
120	57,4e	35,6b	0,8a	0,5b	23,7b	16,2a	7,3a	6,9b
121	74,6c	88,1a	0,8a	0,7a	19,2b	26,1a	11,2a	13,3a
192	57,2e	38,8b	0,7b	0,5b	20,6b	11,6a	6,5a	11,1a

Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O diâmetro da haste dos genótipos cultivados em Joaçaba variou de 0,8 cm (BAF 07) a 0,6 cm (BAF 47), tendo média de 0,7 cm. O BAF 07 apresentou hábito de crescimento tipo III com porte semi – ereto, e o BAF 47 de hábito tipo II com porte ereto. Em Lages os genótipos variaram de 0,7 cm (BAF 121) a 0,5 cm (BAF 47), com média de 0,6 cm. O BAF 121 apresentou hábito de crescimento tipo II e porte ereto. O BAF 121 (Iapar – 81) apresentou hábito de crescimento tipo II e porte ereto.

A altura de inserção da primeira vagem dos genótipos em Joaçaba foi de 35,5 cm (BAF 13) a 14 cm (BAF 47), com média de 20,7 cm. Para Lages o genótipo com maior altura de inserção da primeira vagem foi o BAF 07 (32,7 cm) e o de menor altura foi o BAF 192

(11,5 cm), tendo média de 20,1 cm. O número de nós dos genótipos em Joaçaba variou de 18,1 (BAF 50) a 5,6 (BAF 97), e média de 9,3 nós por planta. Em Lages os genótipos apresentaram variação entre 13,3 (BAF 121) e 6,2 (BAF 04), e média de 9,6 nós.

Entre os genótipos crioulos destaque para o BAF 07 que apresentou valores elevados para todos os caracteres de arquitetura avaliados nos dois locais, enquanto que o BAF 47 apresentou valores baixos para os caracteres nos dois locais. Entre os genótipos comerciais destaque para o BAF 121 que em Lages apresentou elevada estatura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro da haste, e número de nós, e em Joaçaba quanto ao diâmetro da haste e número de nós.

Após as análises de correlação simples entre os caracteres da arquitetura da planta, observou-se que a estatura da planta em Joaçaba apresentou valores de correlação positivos com o diâmetro da haste (0,34), altura de inserção da primeira vagem (0,28) e número de nós por planta (0,53). Em Lages as correlações também foram positivas entre a estatura da planta e diâmetro da haste (0,37), altura de inserção da primeira vagem (0,69) e número de nós por planta (0,33). Tal fato indica que os genótipos com maior estatura apresentaram maior diâmetro da haste, altura de inserção da primeira vagem e o número de nós. Entretanto, os coeficientes não foram elevados, podendo alguns genótipos não apresentar tal relação.

O diâmetro de haste em Joaçaba apresentou correlação positiva com a altura de inserção da primeira vagem (0,27) e com o número de nós (0,30). Em Lages apenas foi observado correlação entre diâmetro de haste e número de nós (0,34). Correlações entre caracteres morfológicos em estudos de arquitetura da planta de feijão também foram encontrados por outros autores (COLLICCHIO et al., 1997).

4.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE FEIJÃO

A análise de variância indicou efeito significativo do genótipo, ambiente e da interação genótipo x ambiente para a capacidade de hidratação e tempo de cocção, para todos os locais com exceção do tempo de cocção em Joaçaba, onde os genótipos apresentaram comportamento semelhante. Esse efeito significativo demonstra que o ambiente influencia na qualidade tecnológica dos grãos de feijão (Tabela 9). Vários trabalhos têm reportado a existência de variabilidade genética, do efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente na determinação da capacidade de hidratação e do tempo de cocção (DALLA CORTE et al., 2003; RAMOS JUNIOR et al., 2005; RODRIGUES et al., 2005a; COELHO et al., 2008a).

Tabela 9- Capacidade de hidratação e tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Genótipo	Hidratação (%)			Cocção (min)		
	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages
03	57,4Ac	65,5Aa	81,9Aa	46,4Ab	26,9Aa	24,7Ad
04	77,5Ab	67,3Aa	94,9Aa	38,4Ac	44,8Aa	29,5Ac
07	41,8Ad	30,1Ab	16,2Ac	48,0ABb	30,2Ba	57,7Aa
13	69,1Ac	92,7Aa	92,2Aa	43,2Ac	25,7Aa	30,7Ac
23	67,0Ac	84,5Aa	81,9Aa	41,0Ac	29,9Aa	23,4Ad
36	106,3Aa	95,3Aa	101,7Aa	37,5Ac	24,3Aa	21,2Ad
42	102,7Aa	99,9Aa	94,5Aa	32,0Ac	24,0Aa	25,8Ad
44	47,9Ad	74,5Aa	54,1Ab	59,8Aa	32,0Ba	30,1Bc
46	60,2Ac	93,8Aa	101,5Aa	46,9Ab	29,9Aa	32,6Ac
47	72,1Ac	98,5Aa	95,8Aa	56,8Aa	37,7Aa	45,5Ab
50	38,4Ad	74,6Aa	62,5Ab	46,1Ab	27,2Aa	25,5Ad
55	99,8Aa	103,2Aa	101,0Aa	43,9Ac	30,2Aa	25,7Ad
57	81,2Ab	99,7Aa	95,9Aa	70,9Aa	36,0Ba	36,7Bc
60	86,1Ab	95,8Aa	101,3Aa	44,4Ac	25,3Aa	22,7Ad
68	93,8Aa	102,8Aa	91,6Aa	33,6Ac	29,7Aa	28,0Ad
75	78,6Ab	101,1Aa	94,7Aa	40,3Ac	25,1Aa	22,7Ad
81	67,5Ac	100,1Aa	88,5Aa	47,5Ab	25,0Aa	25,1Ad
84	85,4Ab	94,8Aa	60,4Ab	30,5Ac	21,9Aa	24,0Ad
97	75,3Ab	86,8Aa	91,7Aa	36,0Ac	24,1Aa	22,5Ad
102	68,6Ac	82,9Aa	94,1Aa	33,1Ac	21,5Aa	26,6Ad
108	82,5Ab	90,5Aa	89,9Aa	49,9Ab	29,5Aa	36,6Ac
112	78,5Ab	77,6Aa	86,3Aa	35,6Ac	24,6Aa	25,0Ad
115	77,4Ab	89,8Aa	92,9Aa	35,6Ac	25,3Aa	33,3Ac
120	110,4Aa	103,4Aa	107,1Aa	37,6Ac	28,7Aa	21,9Ad
121	92,5Aa	92,7Aa	96,0Aa	32,9Ac	22,3Aa	23,2Ad
192	97,5Aa	85,8Aa	103,9Aa	56,4Aa	34,4ABa	32,2Bc

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A capacidade de hidratação dos grãos produzidos em Anchieta variou de 110,4% (BAF 120) a 38,4% (BAF 50). Destaque para os genótipos BAFs 36, 42, 55, 68, 120, 121 e 192 com hidratação acima de 90%. Os genótipos que apresentaram capacidade de hidratação inferior a 40% foram os BAFs 07, 44 e 50. A capacidade de hidratação média de todos os genótipos produzidos em Anchieta foi de 77,5% e o maior número de genótipos ficou na classe entre 70,1 a 80% de capacidade de hidratação com 6 genótipos (BAFs 04, 47, 75, 97, 112 e 115), correspondendo a 23,1% do total (Figura 16).

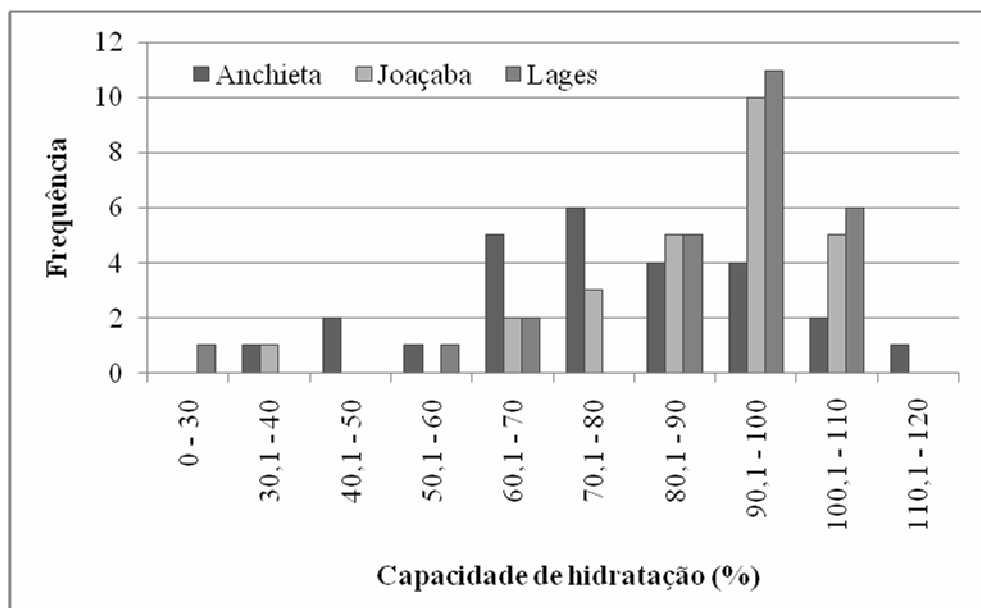


Figura 16- Distribuição de frequência da capacidade de hidratação de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Os genótipos produzidos em Joaçaba apresentaram capacidade de hidratação de 103,4% (BAF 120) a 30,1% (BAF 07). Os genótipos que apresentaram hidratação superior a 100% foram BAFs 55, 68, 75, 81 e 120. A capacidade de hidratação média de todos os genótipos em Joaçaba foi de 87,8%, sendo que a maior concentração de genótipos quanto a capacidade de hidratação foi na classe 90,1 a 100% de hidratação, com 10 genótipos (BAFs 13, 36, 42, 46, 47, 57, 60, 84, 108 e 121) o que equivale a 38,5% do total de genótipos (Figura 16).

A capacidade de hidratação dos grãos produzidos em Lages variou de 107,1% (BAF 120) a 16,2% (BAF 07). Destaque para os BAFs 36, 46, 55, 60, 120 e 192 que tiveram hidratação superior a 100%. A capacidade de hidratação média de todos os genótipos para Lages foi de 87,40%. A distribuição dos genótipos em classes de hidratação indicou que a maior concentração ocorreu entre 90,1 a 100% de hidratação, com 11 genótipos (BAFs 04, 13, 42, 47, 57, 68, 75, 97, 102, 115 e 121) correspondendo a 42,3% totais (Figura 16).

A existência da variabilidade genética para o teste de absorção de água pelos grãos de feijão tem sido relatada por diversos autores (COSTA et al., 2001; RAMOS JUNIOR e LEMOS, 2002; RIBEIRO et al., 2003). Em trabalho realizado por Bordin (2008) o percentual de hidratação dos grãos em genótipos de feijão avaliados por duas safras consecutivas variou de 16,4 % a 100,4 %, (média de 77,6%) na safra 2006/2007, e 69,8 % a 96,3% na safra 2007/2008 (média de 86%).

Em Anchieta os genótipos apresentaram uma ampla variação no tempo de cocção de 70,9 minutos a 30,5 minutos, valores obtidos especificamente pelos genótipos BAF 57 e BAF 84 respectivamente. Essa diferença de 40 minutos é vantajosa e favorável para o BAF 84 pela economia de tempo e consumo de energia durante o processo de cozimento. Independente do genótipo o tempo de cocção médio em Anchieta foi de 43,24 minutos e a distribuição em classes indicou que 18 genótipos apresentaram tempo de cocção acima dos 36 minutos (BAFs 04, 07, 13, 23, 36, 44, 46, 47, 50, 55, 57, 60, 75, 81, 108, 120 e 192), correspondendo a 69% do total de genótipos (Figura 17). Este tempo é considerado de elevada resistência ao cozimento (PROCTOR e WATTS, 1987) (Tabela 10).

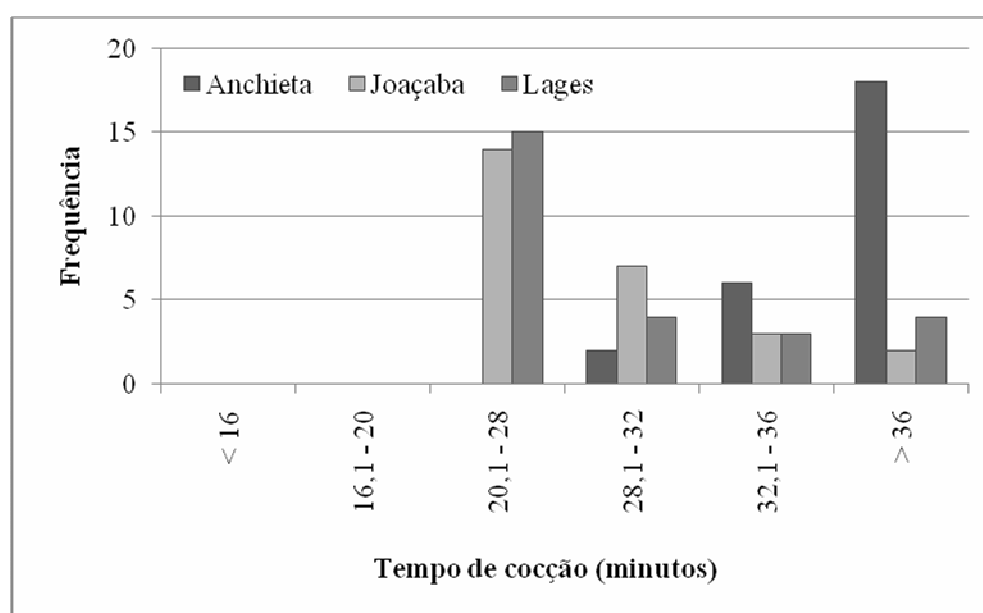


Figura 17- Distribuição de frequência do tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Tabela 10- Classes de resistência ao processo de cozimento no feijão.

Nível de resistência ao cozimento	Tempo para cozimento (minutos)
muito suscetível	< 16
suscetibilidade média	16 – 20
resistência normal	21 – 28
resistência média	29 – 32
resistente	33 – 36
muito resistente	> 36

Fonte: PROCTOR e WATTS (1987).

O tempo de cocção dos grãos cultivados em Joaçaba foi de 44,8 minutos (BAF 04) a 21,5 minutos (BAF 102) com amplitude de 23,3 minutos. A média do tempo de cocção para

os grãos de todos os genótipos produzidos em Joaçaba foi de 28,3 minutos com destaque para os BAFs 03, 13, 36, 42, 50, 60, 75, 81, 84, 97, 102, 112, 115 e 121 que apresentaram tempo de cocção entre 20,1 a 28 minutos sendo considerados de resistência normal ao cozimento (Figura 17).

O tempo de coção dos grãos dos genótipos cultivados em Lages variou de 57,7 minutos (BAF 07) a 21,2 minutos (BAF 36). O tempo médio de cocção dos grãos em Lages foi de 28,9 minutos com 57,7% dos genótipos na classe entre 20,1 a 28 minutos de cocção (BAFs 03, 23, 36, 42, 50, 55, 60, 75, 81, 84, 97, 102, 112, 120 e 121), sendo considerados de resistência normal ao cozimento (Figura 17).

Em vários trabalhos tem-se demonstrado a existência da interação genótipos e ambientes para o caráter tempo de cocção, e observaram-se diferenças no comportamento dos genótipos em diferentes locais, anos agrícolas e nas épocas de semeadura (CARBONELL e POMPEU, 2000; PIANA et al., 1999; RAMALHO et al., 1993). Esta interação pode ser explicada pela possibilidade de interferência das condições ambientais na qualidade fisiológica e na alteração da integridade do tegumento dos grãos, tendo como consequência mudanças quanto à capacidade de absorção de água e no tempo de cozimento (SCHOLZ e FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ e FONSECA JUNIOR, 1999b).

Essas diferenças podem ser devidas as condições do ambiente no momento da colheita (seca ou chuva), interferindo na qualidade fisiológica dos grãos com modificações nas características de tegumento do grão (integridade) e assim influenciando na absorção de água e tempo de cocção (SCHOLZ e FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ e FONSECA JUNIOR, 1999b). Essas características podem ser exemplificadas pelo fato dos grãos produzidos em Anchieta apresentarem em média as menores capacidades de hidratação e os maiores tempos de cocção, pois no período próximo a colheita foram registradas baixas precipitações e elevadas temperaturas (Figura 18). Resultados semelhantes foram encontrados quando avaliaram-se 19 genótipos de feijão quanto a qualidade tecnológica de grãos produzidos nas épocas de plantio da seca, de inverno e das águas no estado de São Paulo (CARBONELL et al., 2003).

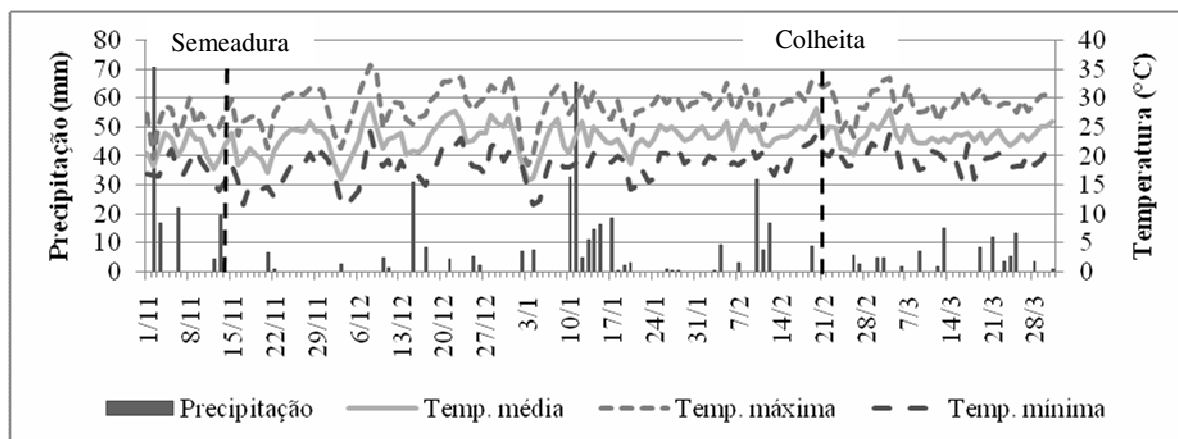


Figura 18- Temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial determinadas durante os meses de novembro de 2008 a março de 2009 em Anchieta.

Conforme resultado apresentado pela análise de trilha obteve-se baixa ou ausência de correlação entre a produtividade e teores de nutrientes com a capacidade de hidratação, tendo como consequência a dificuldade da seleção através desses caracteres (Tabela 11).

Tabela 11- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter tempo de cocção em feijão.

Caracteres	Estimativa da correlação		
	Anchieta	Joaçaba	Lages
Capacidade de hidratação			
Efeito direto sobre tempo de cocção	-0,34	-0,22	-0,53
Efeito indireto via produtividade	0,008	-0,08	0,0007
Efeito indireto via fitato	0,003	3	-0,003
Efeito indireto via ferro	0,0001	0,02	-0,0008
Efeito indireto via zinco	0,001	0,02	0,005
Efeito indireto via fósforo	-0,02	-0,02	0,001
Efeito indireto via potássio	-0,005	-0,0002	-0,001
Efeito indireto via proteína bruta	0,002	-0,006	0,059
Total	-0,34	-0,26	-0,47
Produtividade			
Efeito direto sobre tempo de cocção	0,052	-0,35	-0,007
Efeito indireto via hidratação	-0,06	-0,05	0,05
Efeito indireto via fitato	-0,005	-0,01	0,013
Efeito indireto via ferro	-0,001	0,01	-0,005
Efeito indireto via zinco	0,02	0,05	-0,004
Efeito indireto via fósforo	-0,01	-0,04	-0,005
Efeito indireto via potássio	-0,007	-0,04	-0,01
Efeito indireto via proteína bruta	0,008	0,008	-0,11
Total	-0,1	-0,39	-0,07
Fitato			
Efeito direto sobre tempo de cocção	0,03	0,17	-0,12
Efeito indireto via hidratação	-0,03	-0,04	-0,01
Efeito indireto via produtividade	-0,007	0,03	0,0008
Efeito indireto via ferro	0,006	-0,002	-0,02
Efeito indireto via zinco	-0,008	-0,02	0,02
Efeito indireto via fósforo	0,1	0,01	-0,02
Efeito indireto via potássio	0,005	0,003	0,05
Efeito indireto via proteína bruta	-0,004	-0,001	0,13
Total	0,09	0,17	0,01
Ferro			
Efeito direto sobre tempo de cocção	-0,04	0,1	-0,13
Efeito indireto via hidratação	0,001	-0,04	-0,003
Efeito indireto via produtividade	0,001	-0,05	-0,0003
Efeito indireto via fitato	-0,005	-0,003	-0,02
Efeito indireto via zinco	-0,03	0,006	0,03
Efeito indireto via fósforo	0,006	-0,03	0,009
Efeito indireto via potássio	0,005	-0,004	0,01
Efeito indireto via proteína bruta	-0,0007	0,0007	0,05
Total	-0,06	-0,03	-0,05

continua...

continuação...

Zinco			
Efeito direto sobre tempo de cocção	-0,05	-0,11	0,05
Efeito indireto via hidratação	0,007	0,04	-0,05
Efeito indireto via produtividade	-0,02	0,16	0,0001
Efeito indireto via fitato	0,005	0,02	-0,03
Efeito indireto via ferro	-0,02	-0,005	-0,06
Efeito indireto via fósforo	0,18	0,019	0,01
Efeito indireto via potássio	0,006	-0,009	0,04
Efeito indireto via proteína bruta	-0,006	0,007	0,07
Total	0,06	0,12	0,03
Fósforo			
Efeito direto sobre tempo de cocção	0,27	0,08	0,11
Efeito indireto via hidratação	0,02	0,07	-0,009
Efeito indireto via produtividade	-0,02	0,2	0,003
Efeito indireto via fitato	0,01	0,03	0,02
Efeito indireto via ferro	-0,0008	-0,04	-0,01
Efeito indireto via zinco	-0,03	-0,02	0,006
Efeito indireto via potássio	0,005	0,004	-0,01
Efeito indireto via proteína bruta	-0,008	-0,02	-0,02
Total	0,25	0,29	0,08
Potássio			
Efeito direto sobre tempo de cocção	0,02	0,06	0,12
Efeito indireto via hidratação	0,09	0,0008	0,004
Efeito indireto via produtividade	-0,02	0,03	0,0007
Efeito indireto via fitato	0,009	0,01	-0,05
Efeito indireto via ferro	-0,009	-0,007	-0,01
Efeito indireto via zinco	-0,02	0,02	0,02
Efeito indireto via fósforo	0,07	0,006	-0,009
Efeito indireto via proteína bruta	-0,007	0,01	0,1
Total	0,14	0,12	0,17
Proteína bruta			
Efeito direto sobre tempo de cocção	-0,01	-0,08	0,26
Efeito indireto via hidratação	0,03	-0,01	-0,12
Efeito indireto via produtividade	-0,03	0,04	0,003
Efeito indireto via fitato	0,009	0,003	-0,06
Efeito indireto via ferro	-0,002	-0,001	-0,03
Efeito indireto via zinco	-0,02	0,009	0,02
Efeito indireto via fósforo	0,14	0,02	-0,009
Efeito indireto via potássio	0,009	-0,009	0,04
Total	0,12	-0,03	0,11

Entretanto, verificou-se que o tempo de cocção dos grãos produzidos em Anchieta apresentou correlação negativa com a capacidade de hidratação (-0,34). Isso indica que uma associação em sentido contrário, ou seja, quanto maior a capacidade dos grãos em absorver

água menor o tempo de cocção. O tempo de cocção apresentou correlação positiva com os teores de fósforo (0,25) e potássio (0,24). Nesse caso, a uma associação entre as variáveis no mesmo sentido, indicando que quanto maior os teores de fósforo e potássio maior o tempo de cocção. O fósforo e potássio seriam facilmente liberados para formação de pectatos de cálcio, promovendo um maior tempo de cocção (COELHO et al., 2007a).

O tempo de cocção dos grãos produzidos em Joaçaba apresentou correlação negativa com a capacidade de hidratação (-0,26), e com a produtividade (-0,39) e positiva com o fitato (0,17), zinco (0,13), fósforo (0,29) e potássio (0,12). Isso demonstra que o tempo de cocção pode ser reduzido quando a capacidade de hidratação e a produtividade são elevadas e quando os teores de nutrientes (fitato, Zn, P e K) são menores. Os grãos produzidos em Lages o tempo de cocção também apresentou correlação negativa com a capacidade de hidratação (-0,47) e positiva com potássio (0,17).

Portanto, os resultados demonstram uma tendência da capacidade de hidratação estar associada com o tempo de cocção, ou seja, a maior capacidade de absorção de água pelo grão reduz o tempo de cozimento, mas sob influencia do ambiente de cultivo (Figura 19). Esses resultados também demonstram que de forma geral os menores teores de nutrientes, principalmente P e K, indicam menor tempo para cozimento dos grãos (Figura 20 e 21).

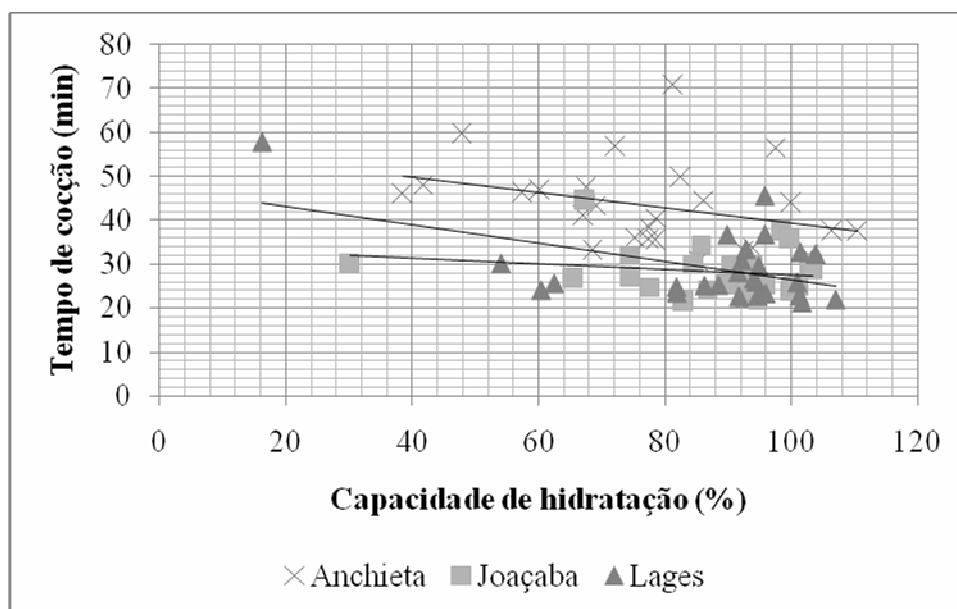


Figura 19- Relação entre a capacidade de hidratação e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

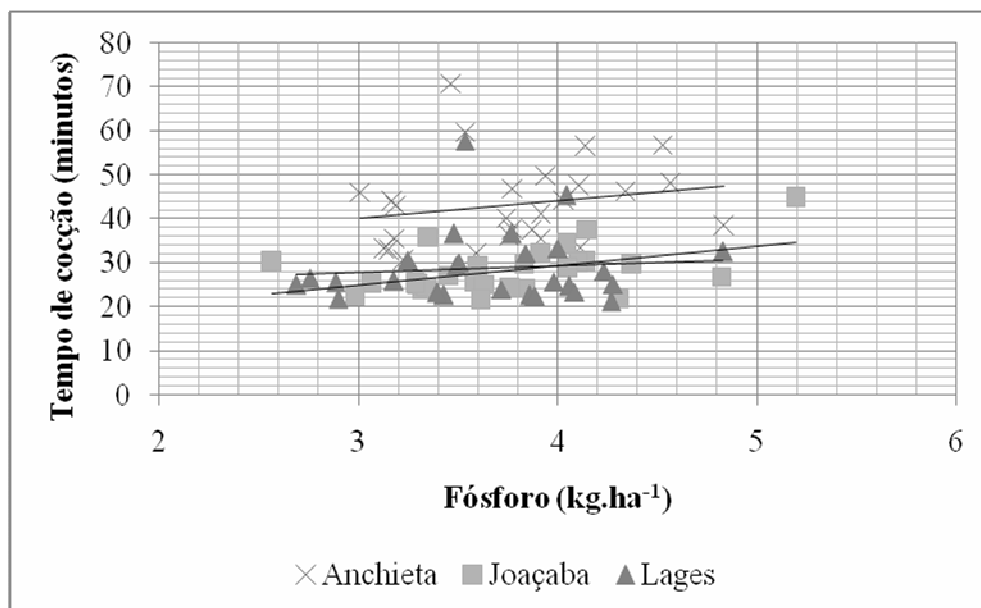


Figura 20- Relação entre o teor de fósforo e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

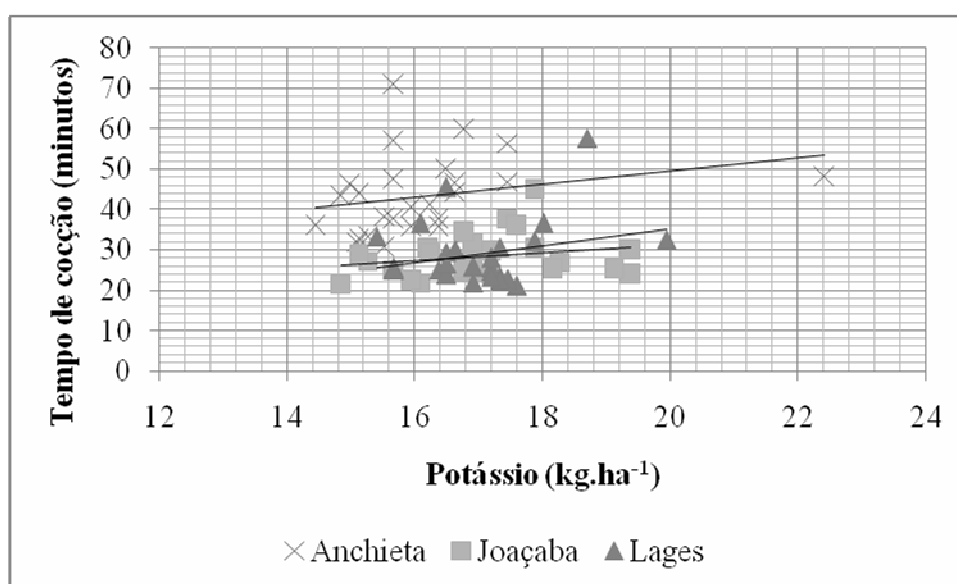


Figura 21- Relação entre o teor de potássio e o tempo de cocção de genótipos de feijão cultivados em Anchieta Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Porém, todos esses caracteres foram dependentes da cultivar e diferentes para cada um dos locais de cultivo, indicando que é improvável fazer qualquer padronização das condições prévias ao cozimento, sem uma caracterização mais detalhada da cultivar em questão.

Vários autores têm encontrado uma relação direta entre a capacidade de hidratação e o tempo de cocção (IBARRA-PERÉZ et al., 1996; RODRIGUES et al., 2005, COELHO et al., 2009). Assim o uso da capacidade de hidratação dos grãos pode ser um parâmetro para seleção precoce de genótipos para o menor tempo de cocção. Porém isso não é regra, pois,

nem sempre a maior capacidade dos grãos hidratarem indica menor tempo de cocção (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003). Provavelmente, a obtenção destas respostas diferenciadas seja em decorrência de falta de padronização metodológica no teste de absorção de água pelos grãos previamente à cocção e/ou de diferenças genótípicas e ambientais, como sugere o trabalho realizado por Bordin et al. (2010).

A correlação entre o teor dos nutrientes e a capacidade de hidratação foi de baixa magnitude ou não apresentou correlação significativa entretanto, como já mencionado, foi encontrada correlação positiva entre os teores de fósforo e potássio com o tempo de cocção. Significa que para esses genótipos, o aumento desses minerais não interferiu no percentual de água absorvida, porém, influenciou o tempo de cozimento.

Com base no efeito direto da capacidade de hidratação sobre a variável básica tempo de cocção, os três locais apresentaram correlação negativa. No entanto, os efeitos indiretos da capacidade de hidratação via produtividade, fitato, ferro, zinco, fósforo, potássio e proteína bruta no tempo de cocção foram baixos indicando ausência de relação.

No geral, a seleção indireta a ser praticada entre a capacidade de hidratação e o tempo de cocção não é boa estratégia para o progresso genético uma vez que, a maioria dos coeficientes de correlação foram muito baixos. Já no aspecto efeito direto sobre o tempo de cocção, a capacidade de hidratação evidência um bom método para identificar mais rápido e eficientemente o tempo de cocção. Isso ilustra as dificuldades em identificar genótipos com menor tempo de cocção, considerando que tanto a capacidade de hidratação quanto o tempo de cocção sofrem a influência do genótipo, ambiente e da interação genótipo x ambiente.

4.5 QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS DE FEIJÃO

A análise de variância dos genótipos avaliados quanto aos teores de nutrientes mostrou interação genótipo x ambiente para fitato, ferro, potássio, e interação não significativa para zinco, fósforo e proteína bruta. Para os grãos produzidos em Anchieta, os genótipos apresentaram variabilidade quanto: teores de fitato, ferro, potássio e proteína bruta; nos grãos produzidos em Joaçaba os genótipos diferiram quanto aos teores de fitato, ferro e zinco; nos grãos produzidos em Lages os genótipos apresentaram diferença significativa quanto fitato, ferro, zinco, potássio e proteína bruta. Apenas os teores de fósforo não apresentaram diferença significativa para os três locais.

O teor de proteína total dos grãos produzidos em Anchieta variou entre 238,3 g.kg⁻¹ (BAF 102) a 386,1 g.kg⁻¹ (BAF 07), tendo em média 292,2 g.kg⁻¹ (Tabela 12). Esta concentração foi superior à obtida por Santalla et al. (2004) em genótipos crioulos de feijão na

Espanha, com valores entre 265-352 g.kg⁻¹ e no Brasil, em genótipos comerciais, entre de 200 a 270 g.kg⁻¹ (ANTUNES et al., 1995; DALLA CORTE et al., 2003). Mas, em trabalhos recentes com 21 linhagens de feijão observou-se uma maior variação de proteína total no grão (223,4 a 362,8 g.kg⁻¹) (MESQUITA et al., 2007).

Tabela 12- Teores de proteína bruta, ferro e zinco dos grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

BAF	Proteína bruta (g.kg ⁻¹)			Ferro (mg.kg ⁻¹)			Zinco (mg.kg ⁻¹)		
	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages
03	344,2a	182,7	300,0a	132,2Aa	73,6Ab	82,8Ab	60,0	45,6a	48,0a
04	361,8a	236,1	302,2a	149,4Aa	96,8Ab	66,0Ab	50,0	44,0a	32,0b
07	386,1a	222,5	295,6a	178,8Aa	116,8Ab	119,4Aa	58,0	49,2a	46,0a
13	266,9b	236,1	253,7b	215,6Aa	216,2Aa	114,0Aa	48,0	41,4a	46,0a
23	293,4b	275,8	290,6a	162,4Aa	113,4Ab	152,2Aa	50,0	46,6a	50,0a
36	304,4b	218,4	308,9a	153,8Aa	102,8Ab	136,4Aa	48,0	49,4a	44,0a
42	250,7b	238,3	273,6b	120,4Aa	102,0Ab	127,2Aa	44,0	41,0a	38,0b
44	251,5b	326,5	242,7b	116,4Ab	88,6Ab	75,4Aa	44,0	47,4a	32,0b
46	317,7a	214,0	315,5a	164,8Aa	97,4Ab	107,6Aa	48,0	48,0a	50,0a
47	317,7a	214,0	281,2b	132,0Aa	71,2Ab	91,2Aa	44,0	45,6a	34,0b
50	242,7b	266,9	251,5b	119,6Aa	96,4Ab	73,0Aa	40,0	42,8a	28,0b
55	284,6b	220,6	278,0b	211,0Aa	102,0Bb	115,2Ba	52,0	46,4a	48,0a
57	282,4b	183,1	286,8a	138,2Aa	107,6Ab	90,2Aa	40,0	37,6a	36,0b
60	295,6b	253,7	302,2a	155,8Aa	82,8Ab	98,4Aa	50,0	35,8a	34,0b
68	339,7a	269,1	297,8a	147,0Aa	84,2Ab	75,8Aa	54,0	51,6a	48,0a
75	250,7b	216,2	264,7b	165,8Aa	106,4Ab	88,0Aa	52,0	44,6a	38,0b
81	297,8b	328,7	282,4b	153,8Aa	129,6Ab	112,6Aa	50,0	42,0a	46,0a
84	269,1b	335,3	275,8b	175,0Aa	127,2Ab	97,6Aa	36,0	34,8b	32,0b
97	293,4b	172,1	315,5a	205,4Aa	112,8Ab	122,0Aa	54,0	41,2a	42,0a
102	238,3b	278,0	262,5b	125,4Aa	86,6Ab	98,4Aa	44,0	43,0a	42,0a
108	300,0b	262,5	289,0a	145,8Aa	89,8Ab	86,6Aa	60,0	55,0a	44,0a
112	271,3b	187,5	240,5b	136,6Aa	99,6Ab	97,2Aa	38,0	42,4a	38,0b
115	264,7b	169,9	258,1b	133,0Aa	108,2Ab	105,2Aa	42,0	48,6a	44,0a
120	295,6b	262,5	275,8b	137,0Aa	96,6Ab	88,6Aa	48,0	46,8a	36,0b
121	284,6b	203,0	273,6b	139,2Aa	100,8Ab	85,6Aa	40,0	42,0a	46,0a
192	291,2b	271,8	330,9a	164,2Aa	79,2Ab	102,6Aa	50,0	40,6a	40,5a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Nos grãos produzidos em Joaçaba a variação no teor de proteína total foi de 170,0 g.kg⁻¹ (BAF 115) a 335,5 g.kg⁻¹ (BAF 84), e apresentou média de 240,0 g.kg⁻¹. Já nos grãos produzidos em Lages, os teores de proteína variaram entre 240,5 g.kg⁻¹ (BAF 112) a 330,9 g.kg⁻¹ (BAF 192) com média de 282,6 g.kg⁻¹ (Tabela 12). Em trabalho realizado por Pereira

(2008) com genótipos crioulos de feijão, a proteína total variou de 191,40 g.kg⁻¹ a 320,20 g.kg⁻¹, tendo em média 262,00 g.kg⁻¹. Entretanto, menor variação foi observada por Bordin (2008), onde os teores de proteína total variaram de 200,96 g.kg⁻¹ a 252,36 g.kg⁻¹.

Observou-se que os teores de ferro nos grãos produzidos em Anchieta variaram entre 116,4 mg.kg⁻¹ (BAF 13) a 215,6 (BAF 44), tendo em média 153 mg.kg⁻¹. Os teores de ferro nos grãos produzidos em Joaçaba variaram entre (BAF 47) 71,2 a 129,6 mg.kg⁻¹ (BAF 81), com média de 102,9 mg.kg⁻¹. Os genótipos em Lages apresentaram valores entre 66 (BAF 04) a 152,2 mg.kg⁻¹ (BAF 23), sendo que a média geral foi de 100,3 mg.kg⁻¹ (Tabela 12).

Os resultados para teores de ferro nos grãos produzidos em Anchieta foram superiores aos trabalhos descritos na literatura, enquanto que os teores dos grãos produzidos em Joaçaba e Lages foram semelhantes tanto aos trabalhos realizados com linhagens, que apresentam uma variação entre 71,37 a 126,9 mg.kg⁻¹ (MESQUITA et al., 2007) como trabalhos realizados com genótipos comerciais e crioulos, com uma variação entre 60-96 mg.kg⁻¹ para os crioulos e 55-89 mg.kg⁻¹ em feijões cultivados (BEEBE et al., 2000). Em trabalho realizado por Pereira (2008), os teores de ferro variaram entre 62 a 124 mg.kg⁻¹ na safra 2005/2006 e de 90,67 a 161,68 mg.kg⁻¹ para safra 2006/2007.

Segundo Araújo et al. (2003) o teor de ferro nos grãos de genótipos comerciais e de linhagens avançadas de feijão é afetado pela interação genótipos x locais, e que as cultivares IAPAR 57 e Pérola apresentaram teores elevados de ferro (5,91 e 5,69 mg/100g de matéria seca, respectivamente), independentemente do local de cultivo. No entanto, Barampama e Simard (1993) verificaram, na África, que os teores de ferro e zinco foram significativamente influenciados pela cultivar e pelo local de cultivo e Ribeiro et al. (2008), não encontrou nenhum efeito significativo.

Os teores de zinco nos grãos, em Anchieta, variaram de 36 (BAF 84) a 60 mg.kg⁻¹ (BAF 03), e a média de 47,8 mg.kg⁻¹. Já os genótipos produzidos em Joaçaba os teores de zinco foram de 34,8 (BAF 84) a 55 mg.kg⁻¹ (BAF 108) com valor médio de 44,4 mg.kg⁻¹. Os genótipos em Lages apresentaram teores na faixa de 28 (BAF 50) a 50 mg.kg⁻¹ (BAF 23) com teores médios de 40,9 mg.kg⁻¹ (Tabela 12). Os valores encontrados em Anchieta foram superiores a vários trabalhos (SGARBIERI et al., 1989; BEEBE et al., 2000; HOUSE et al., 2002), que relatam uma faixa de 29 a 43 mg.kg⁻¹ para genótipos selvagens e 35 a 54 mg.kg⁻¹ para genótipos comerciais. Entretanto, foram semelhantes ao encontrado por Pereira (2008), quando avaliou o teor de zinco em grãos de feijão crioulo por 2 anos.

A caracterização destes genótipos é apontada como um fator importante também por outros autores, os quais sugerem que o conteúdo de ferro e zinco dos grãos de feijão pode ser

incrementado a partir de genótipos crioulos. Tais trabalhos citam um incremento no conteúdo de ferro entre 60 a 80%; e para zinco em 50% (BEEBE et al., 2000).

Segundo Beebe et al. (2000), observaram diferenças significativas para ferro e zinco em grãos de 1.031 acessos cultivados que integram a coleção de germoplasma de feijão do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia. No Brasil, Araújo et al. (2003), concluíram que o teor de ferro nos grãos de genótipos comerciais e de linhagens avançadas de feijão é afetado pela interação genótipos x locais.

O teor de fósforo, apresentou uma variação entre 3 (BAF 50) a 4,8 g.kg⁻¹ (BAF 04) para Anchieta, enquanto para Joaçaba a variação foi de 2,6 (BAF 55) a 5,9 g.kg⁻¹ (BAF 04) e Lages os genótipos variaram entre 2,7 (BAF 112) a 4,8 g.kg⁻¹ (BAF 46). As médias para os teores de fósforo em Anchieta, Joaçaba e Lages foram 3,8, 3,8 e 4,2 g.kg⁻¹, respectivamente (Tabela 13). Esses teores foram semelhantes aos encontrados em genótipos comerciais, 3,74 a 4,90 g.kg⁻¹ (SGARBIERI et al., 1989) e em genótipos crioulos 2,84-5,87 mg.kg⁻¹ e 4,04-5,77 mg.kg⁻¹ (PEREIRA, 2008).

Tabela 13- Teores de fósforo, fitato e potássio dos grãos de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, safra 2008/2009.

BAF	Fósforo (g.kg^{-1})			Fitato (g.kg^{-1})			Potássio (g.kg^{-1})		
	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages	Anchieta	Joaçaba	Lages
03	4,3	4,8	4,1	7,1Ab	9,0Aa	11,6Aa	16,6b	18,3	17,2a
04	4,8	5,2	3,5	12,2Aa	13,4Aa	11,5Ab	15,5b	17,9	16,5a
07	4,6	4,1	3,5	13,9Aa	11,3Aa	12,6Aa	22,4a	17,9	18,7a
13	3,2	3,6	3,2	5,3Ab	10,1Aa	10,3Ab	14,9b	16,9	17,3a
23	3,9	4,1	4,1	4,3Bb	10,9Aa	9,8ABb	16,2b	16,9	17,3a
36	3,8	3,8	4,3	11,2Aa	12,5Aa	13,5Aa	15,7b	16,9	17,6a
42	3,6	3,3	3,2	11,5Aa	10,7Aa	11,2Aa	15,1b	19,4	16,9a
44	3,5	3,9	3,5	9,5Aa	10,6Aa	9,2Aa	16,8b	16,9	16,6a
46	3,8	3,8	4,8	10,0Aa	13,1Aa	13,3Aa	17,5b	19,4	19,9a
47	4,5	4,1	4,0	9,9Aa	11,7Aa	9,7Ab	15,7b	17,5	16,5a
50	3,0	3,5	2,9	9,6Aa	11,4Aa	11,7Ab	15,0b	15,3	15,7a
55	3,2	2,6	4,0	9,8Aa	10,2Aa	12,5Aa	15,1b	16,2	17,2a
57	3,5	3,3	3,5	8,9Aa	11,8Aa	11,8Aa	15,7b	17,6	16,1a
60	4,0	3,1	3,9	8,3Aa	10,4Aa	11,0Aa	16,6b	18,2	17,3a
68	4,1	4,4	4,2	13,1Aa	11,7Aa	12,5Aa	16,8b	17,2	17,2a
75	3,7	3,6	3,4	12,4Aa	14,0Aa	10,7Ab	16,0b	19,1	17,5a
81	4,1	3,3	4,3	11,6Aa	11,3Aa	10,3Ab	15,7b	15,7	16,4a
84	3,2	4,3	3,7	2,9Bb	11,9Aa	10,8Ab	15,5b	16,1	16,5a
97	3,8	3,8	3,9	9,8Aa	8,0Aa	12,4Aa	14,4b	17,2	17,3a
102	3,1	3,6	2,8	11,1Aa	12,1Aa	11,4Aa	15,3b	14,9	16,5a
108	3,9	3,6	3,8	10,1Aa	10,8Aa	10,3Ab	16,5b	16,2	18,0a
112	3,2	3,3	2,7	9,2Aa	7,1Ab	9,0Ab	16,0b	16,8	15,7a
115	3,9	3,3	4,0	10,0Aa	11,4Aa	10,4Ab	16,4b	16,8	15,4b
120	3,9	4,0	2,9	10,5Aa	12,0Aa	10,6Ab	16,4b	15,1	16,9a
121	3,1	3,0	3,4	9,4Aa	8,3Aa	10,4Ab	15,1b	16,0	17,2a
192	4,1	4,0	3,8	12,3Aa	11,0Aa	11,5Aa	17,5b	16,8	17,9a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram significativamente entre os locais de cultivo (nas linhas), pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferiram significativamente em cada local de cultivo (nas colunas), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O teor de ácido fítico nos grãos produzidos em Anchieta variou de 2,9 (BAF 84) a 13,9 g.kg^{-1} (BAF 07), com valor médio de 9,8 g.kg^{-1} . Em Joaçaba os teores de fitato foram de 7,1 (BAF 112) a 14,0 g.kg^{-1} (BAF 75), tendo média geral de 10,1 g.kg^{-1} . Já em Lages os teores de ácido fítico variaram de 9,0 (BAF 112) a 13,5 g.kg^{-1} (BAF 36) com média de 10,1 g.kg^{-1} (Tabela 13). Os teores de ácido fítico encontrados foram semelhantes do que os apresentados por Coelho et al., (2002).

Os teores de potássio nos grãos variaram entre 14,4 (BAF 97) a 22,4 g.kg^{-1} (BAF 07) em Anchieta, 14,8 (BAF 102) a 19,8 g.kg^{-1} (BAF 42) em Joaçaba, e 15,4 (BAF 115) a 19,9 g.kg^{-1} (BAF 46). As médias para os teores de potássio foram 16,2, 17 e 17 g.kg^{-1} em

Anchieta, Joaçaba e Lages, respectivamente (Tabela 13). Estes resultados foram superiores aos encontrados em genótipos crioulos (9,1 a 13,4 g.kg⁻¹) (BORDIN, 2008).

Através da análise de trilha, observou-se que em Anchieta a produtividade apresentou correlação negativa com os teores de fitato (-0,14), zinco (-0,33), fósforo (-0,39), potássio (-0,38) e proteína bruta (-0,50), indicando que genótipos que apresentam elevada produtividade tendem a possuir menores concentrações de nutrientes. Os teores de ferro apresentaram coeficiente de correlação positivo, porém baixo (0,03) indicando falta de associação com a produtividade (Tabela 14).

Tabela 14- Estimativa dos efeitos diretos e indiretos do caráter produtividade em feijão, e teores de nutrientes.

Caracteres	Estimativa da correlação		
	Anchieta	Joaçaba	Lages
Fitato			
Efeito direto sobre produtividade	0,09	0,06	0,09
Efeito indireto via ferro	-0,03	0,002	0,02
Efeito indireto via zinco	-0,03	-0,05	0,02
Efeito indireto via fósforo	-0,04	-0,09	0,01
Efeito indireto via potássio	-0,06	-0,007	0,008
Efeito indireto via proteína bruta	-0,07	-0,0006	-0,26
Total	-0,14	-0,08	-0,11
Ferro			
Efeito direto sobre produtividade	0,21	-0,12	0,1
Efeito indireto via fitato	-0,01	-0,001	0,015
Efeito indireto via zinco	-0,1	0,02	0,032
Efeito indireto via fósforo	-0,03	0,24	-0,008
Efeito indireto via potássio	-0,05	0,008	0,003
Efeito indireto via proteína bruta	-0,01	0,0004	-0,1
Total	0,03	0,14	0,04
Zinco			
Efeito direto sobre produtividade	-0,2	-0,37	0,07
Efeito indireto via fitato	0,01	0,008	0,02
Efeito indireto via ferro	0,1	0,006	0,05
Efeito indireto via fósforo	-0,06	-0,13	-0,01
Efeito indireto via potássio	-0,07	0,017	0,007
Efeito indireto via proteína bruta	-0,11	0,003	-0,14
Total	-0,33	-0,46	-0,007
Fósforo			
Efeito direto sobre produtividade	-0,11	-0,54	-0,09
Efeito indireto via fitato	0,03	0,009	-0,01
Efeito indireto via ferro	0,005	0,05	0,009
Efeito indireto via zinco	-0,11	-0,09	0,008
Efeito indireto via potássio	-0,06	-0,008	-0,002
Efeito indireto via proteína bruta	-0,15	-0,009	0,05
Total	-0,4	-0,58	-0,04
Potássio			
Efeito direto sobre produtividade	-0,23	-0,11	0,02
Efeito indireto via fitato	0,02	0,004	0,03
Efeito indireto via ferro	0,05	0,008	0,01
Efeito indireto via zinco	-0,06	0,06	0,02
Efeito indireto via fósforo	-0,03	-0,04	0,008
Efeito indireto via proteína bruta	-0,13	0,007	-0,19
Total	-0,38	-0,07	-0,1

continua...

continuação...

Proteína bruta			
Efeito direto sobre produtividade	-0,29	-0,04	-0,52
Efeito indireto via fitato	0,02	0,0009	0,04
Efeito indireto via ferro	0,01	0,001	0,02
Efeito indireto via zinco	-0,08	0,03	0,02
Efeito indireto via fósforo	-0,05	-0,12	0,008
Efeito indireto via proteína bruta	-0,1	0,02	0,008
Total	-0,5	-0,11	-0,42

Em Joaçaba a produtividade apresentou correlação negativa com zinco (-0,45), fósforo (-0,58) e proteína bruta (-0,11). Os teores de ferro apresentaram correlação positiva (0,14) com a produtividade, indicando que maiores teores de ferro foram encontrados em genótipos mais produtivos. A correlação entre fitato (-0,09), e potássio (-0,07) evidenciou uma falta de associação com o rendimento de grãos.

No ambiente de Lages apenas o fitato (-0,11) e a proteína bruta (-0,42) apresentaram associação com a produtividade. Os teores de ferro, zinco, fósforo e potássio apresentaram coeficientes de correlação muito baixos com a produtividade, evidenciando ausência de relação.

Os resultados mostraram que elevadas produtividades estão associadas com menores teores de nutrientes, especialmente proteína bruta, mas a contribuição desses caracteres na produção de grãos é diferenciada, dependendo do local de cultivo.

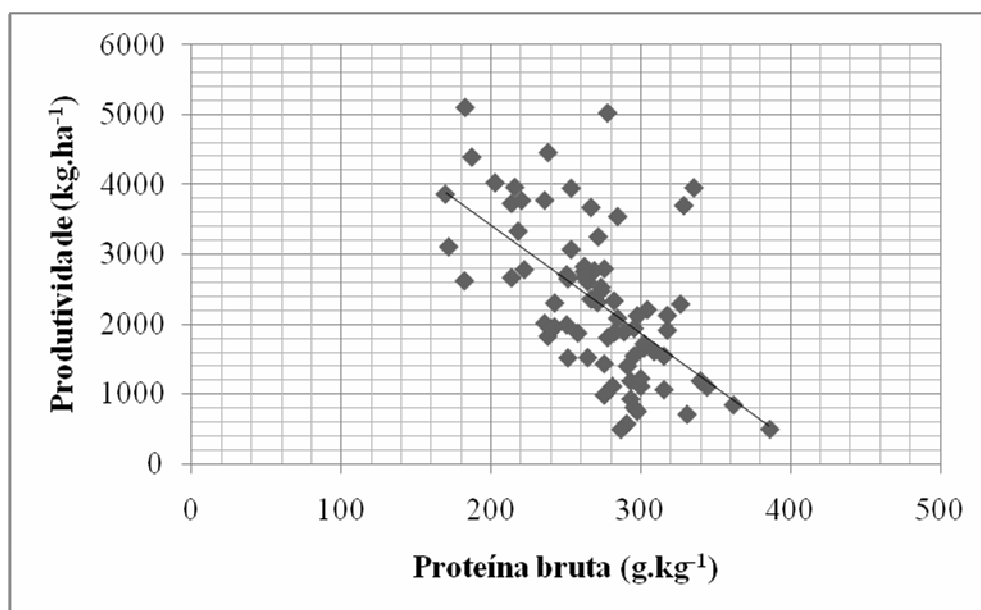


Figura 22- Relação entre o teor de proteína bruta e a produtividade de genótipos de feijão cultivados em Anchieta, Joaçaba e Lages, na safra 2008/2009.

Segundo Ribeiro et al. (2008), coeficientes de correlação linear negativos foram obtidos entre o rendimento de grãos e os teores dos minerais boro (-0,50), cobre (0,53) e zinco (-0,53). Leleji et al. (1972), constataram que linhagens de feijão com maior rendimento de grãos, apresentaram menor teor de nitrogênio e, conseqüentemente, menor proteína bruta nos grãos.

Considerando os efeitos diretos sobre a produtividade em Anchieta os teores de zinco (-0,20), fósforo (-0,11), potássio (-0,38) e proteína bruta (-0,29) apresentaram coeficientes de correlação negativa. Já para os teores de ferro foi observada uma correlação positiva (0,21), o que indica que quanto maior foi produtividade, maior foi a concentração de ferro nos grãos de feijão.

No ambiente de Joaçaba, os teores de fósforo (-0,54) apresentaram o maior efeito e correlação com o rendimento de grãos, seguido dos teores de zinco (-0,36), ferro (-0,12) e potássio (-0,11). Fitato (0,06) e proteína bruta (-0,04) apresentaram correlação direta extremamente baixa, indicando uma ausência de associação direta entre esse caráter e a produtividade para Joaçaba.

Em Lages, apenas os teores de proteína bruta apresentaram correlação negativa e com efeito significativo sobre a produtividade (-0,52). Já os teores de ferro apresentaram coeficiente de correlação positivo (0,10), semelhante do resultado encontrado em Anchieta.

As respostas encontradas quanto a variação na magnitude das correlações entre os locais são um indicativo da necessidade das avaliações dos genótipos serem realizadas em diferentes ambientes, para o conhecimento de como o ambiente influencia na composição dos nutrientes no grão e na correlação com a produtividade

Com base no efeito indireto dos nutrientes sobre a variável básica produtividade os coeficientes de correlação foram baixos nos três locais, indicando ausência de relação. Portanto, de modo geral, a seleção indireta a ser praticada entre os teores de nutrientes e a produtividade não parece ser uma boa estratégia para o progresso genético uma vez que, a maioria dos coeficientes de correlação foram muito baixos. Já no aspecto efeito direto sobre a produtividade, a proteína bruta é o nutriente mais afetado pelas elevadas produtividades nos três locais de cultivo. Os grãos produzidos em Anchieta e Joaçaba apresentaram teores de zinco, fósforo e potássio reduzidos quando a produtividade foi elevada. Isso mostra as dificuldades em identificar genótipos com elevados teores de nutrientes e produtividade, considerando que a associação entre esses caracteres é negativa, ou seja, acréscimos em um resultam em decréscimos do outro.

A escolha concomitante para dois minerais foi possível, pois, coeficientes de correlação linear positivos e significativos foram obtidos, porém houve diferença dos nutrientes e na magnitude das correlações de acordo com o local de cultivo. Em Anchieta os grãos dos genótipos apresentaram correlação positiva e significativa entre os teores de zinco e ferro (0,49), zinco e fósforo (0,52), zinco e potássio (0,32), fitato e fósforo (0,35) e fitato e potássio (0,27). Em Lages foi observado correlação entre os teores de zinco e potássio (0,32), zinco e ferro (0,48), fitato e zinco (0,28) e fitato e potássio (0,37). Já os genótipos cultivados em Joaçaba não apresentaram correlação significativa entre dois minerais.

As correlações positivas entre os minerais e o fitato não são favoráveis, pois os nutrientes estão complexados com fitato, o que o torna um anti-nutriente importante nos grãos, particularmente em leguminosas porque está localizado nos corpos protéicos e mais internamente nos cotilédones (CHERYAN, 1980). O seu efeito anti-nutriente é particularmente devido à ausência da enzima fitase no trato intestinal dos humanos e monogástricos, assim a disponibilidade é drasticamente diminuída quando os grãos são consumidos (CHERYAN, 1980). Correlações positivas entre vários minerais também foram constatadas por (BEEBE et al., 2000) em acessos de feijão de origem andina e mesoamericana, avaliados na Colômbia, destacando que a seleção para aumentar o valor de um mineral resultará no incremento de outro.

5 CONCLUSÃO

Quanto aos componentes do rendimento e produtividade foi constatada variabilidade para todos os caracteres e influência do ambiente de cultivo no fenótipo para todos os caracteres com exceção da massa de 100 grãos. Os genótipos BAF 13, BAF 50, BAF 55, BAF 81 e BAF 121 destacaram-se por apresentarem produtividades acima de 2000 kg.ha⁻¹ para os três locais de cultivo. Entre os componentes do rendimento o maior número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de lóculos por vagem contribuíram mais eficientemente na identificação dos genótipos para maior rendimento de grãos, porém o ambiente influenciou na intensidade com que os caracteres do rendimento explicaram a produtividade.

Em relação ao ciclo, as respostas mostram a presença de diversidade genética entre os genótipos e o efeito do local de cultivo sobre cada genótipo. Os resultados evidenciam que as maiores diferenças entre o ciclo total dos genótipos entre os locais, deveram-se principalmente a duração no período reprodutivo, e que plantas de ciclo mais longo estão associadas a baixas produtividades.

Quanto à arquitetura de parte aérea os genótipos não responderam de forma diferenciada à influência do ambiente para a maioria dos caracteres avaliados, com exceção da estatura da planta, porém apresentaram variabilidade nos dois locais o que aumenta a possibilidade de identificação de genótipos com arquitetura ideal. Além disso, observou-se associação positiva entre os caracteres da arquitetura. Entre os genótipos crioulos destaque para o BAF 07 que apresentou valores elevados para todos os caracteres de arquitetura avaliados nos dois locais.

A capacidade de hidratação e o tempo de cocção apresentaram diversidade genética e foram influenciados pelo ambiente, para todos os locais com exceção do tempo de cocção em Joaçaba, indicando que os genótipos de feijão são responsivos ao ambiente de cultivo quanto à qualidade tecnológica. O menor tempo de cocção está associado à maior capacidade de absorção de água pelos grãos, e com menores teores de fósforo e potássio, porém, esses caracteres foram dependentes da cultivar e do local de cultivo. Destaque para os BAFs 55 e 120 que apresentaram capacidade de hidratação acima de 100% nos 3 locais e o BAF 84 que apresentou baixo tempo de cocção (≤ 30 minutos) nos 3 locais.

Em relação aos teores de nutrientes houve influência do ambiente sobre o genótipo para fitato, ferro, potássio, enquanto para os teores de zinco, fósforo e proteína bruta não houve efeito do local no genótipo. A variabilidade quanto aos teores de nutrientes variou de

acordo com o local de cultivo, sendo que apenas os teores de fósforo não apresentaram diferença significativa para os três locais.

Elevadas produtividades estão relacionadas com menores teores de nutrientes, especialmente proteína bruta, mas a associação desses caracteres na produção de grãos é diferenciada, dependendo do local de cultivo. Porém a escolha concomitante para dois minerais como zinco e ferro e zinco e potássio foi possível, pois, coeficientes de correlação linear positivos e significativos foram obtidos.

6 PERSPECTIVAS E APLICAÇÕES

A ampla diversidade constatada nos genótipos crioulos do banco ativo de feijão do CAV/UDESC serve de base para o agricultor e para futuros trabalhos. Bem como, desde possibilitar diretamente através de programas de extensão de incentivo ao pequeno e médio agricultor, a preservação desta diversidade genética e uso para agregar valor ao feijão produzido.

Outros estudos estão sendo realizados para caracterizar e identificar genótipos crioulos com potenciais de uso pelos agricultores, além de disponibilizar dados importantes para a pesquisa do feijão no Brasil. Entre os trabalhos desenvolvidos podemos destacar os estudos de diversidade relacionados ao centro de origem dos genótipos do banco de germoplasma do CAV/UDESC, padronização do teste de tempo de cocção e a avaliação da qualidade da água para o tempo de cocção dos grãos de feijão, a caracterização quanto a qualidade fisiológica das sementes de feijão crioulos, a utilização de dessecantes para aumento da qualidade tecnológica dos grãos de feijão, resposta dos genótipos crioulos de feijão à ambientes com diferentes doses de alumínio e pH e o uso de promotores de crescimento visando diminuir perdas durante a colheita mecanizada.

Os genótipos crioulos de feijão avaliados apresentam potencial de uso pela pesquisa e pelos agricultores visando aumentos na produtividade, menor ciclo, porte que possibilite a redução nas perdas durante a colheita mecanizada, menor tempo de cocção e genótipos que podem ser indicados na biofortificação de dietas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. F.; RAMALHO M. A. P.; ABREU, Â. F. B. Desempenho de cultivares antigas e modernas de feijão avaliadas em diferentes condições ambientais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 863-870, 2001.
- ANDRADE, C. A. B. et al. Avaliação de critérios de recomendação de adubação sobre a produtividade de cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 281-285, 2005.
- ANDRADE, C. A. B. et al. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.
- ANTUNES, I. F. et al. Diversidade intrapopulacional em feijão crioulo como fonte de cultivares para nichos de mercado diferenciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1247-1250, 2007.
- ANTUNES, P. L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), Cultivares rico 23, carioca, piratã-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.
- ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786p.
- ARAÚJO, R. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 4, p. 269-274, 2003.
- ARF, O. et al. Efeitos de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999. Salvador. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p. 790-793.
- ARRIEL, E. F.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Análise dialélica do número de dias para o florescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 5, p. 759-763, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. AOAC, Washington, 1995.
- BALDI, G.; SALAMINI, F. Variability of essential amino acid content in seed of 22 *Phaseolus* species. **Theoretical and Applied Genetics**, Wageningen, Netherlands, v. 43, n. 2, p. 75-78, 1973.
- BARAMAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Barking, v. 47, n. 2, p. 159-167, 1993.
- 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**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 103-110, 2001.

BARELLI, M. A. A. et al. Genetic control on number of days to flowering and yield components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 21 n. 3, p. 423-427, 1999.

BEEBE, S.; GONZALEZ, A. V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals in the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, Boston, v. 21, n. 4, p. 387-391, 2000.

BENINGER, C.; HOSFIELD, G. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 27, p. 7879-7883, 2003.

BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, W. A. Physico-chemical characterization of stored black beans. **Food Research International**, Ottawa, v. 32, n. 10, p. 669-676, 1999.

BORDIN, L. C. **Qualidade da água, capacidade de hidratação e diversidade genética para padronização do teste de cocção em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lages, 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina.

BORDIN, L. C. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.04, p. xxx-xxx, 2010.

BROUGHTON, W. et al. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

BURATTO, J. S. et al. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 593-597, 2009.

BURATTO, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 373-380, 2007.

CANNEL, R. Q.; GALES, K.; SUHAIL, B. A.; Effects of water-logging under field conditions on the growth of peas. **Agricultural Research Council**, London, v. 3, n. 1, p. 67-69, 1977.

CARBONELL, S A M; POMPEU, A S. Estabilidade fenotípica de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 312-329, 2000.

CARBONELL S. A. M. et al. Common bean cultivars and lines interactions with environments. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 169-177, 2004.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARBONELL S. A. M. et al. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 193-201, 2007.

CARVALHO, C. G. P. et al. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, 2002.

CHERYAN, M.; RACKIS, J. J. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

CIAT. Utilização da diversidade genética do feijão em África. **Destaques: CIAT em África**. n. 21, 2005.

CIAT. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. In: FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. (Ed.). CIAT. 1. ed. Cali: **CIAT**, 1983.

CIPOLLINI JR., D. Gibberellic acid treatment reduces the tolerance of field-grown common bean to leaf removal. **Journal of Plant Growth Regulation**, Berlin, v. 16, n. 3, p. 123-127, 1997.

CIPOLLINI, D.; SCHULTZ, J. Exploring cost constraints on stem elongation in plants using phenotypic manipulation. **The American Naturalist**, Chicago, v. 153, n. 2, p. 236-242, 1999.

COELHO, C. M. M. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 51-58, 2002.

COELHO, C. M. M. et al. Effect of phytate and storage conditions on the development of the hard to cook phenomenon in common beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n.7, p. 1237-1243, 2007a.

COELHO, C. M. M. et al. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007b.

COELHO, C. M. M. et al. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1080-1086, 2008a.

COELHO, C. M. M. et al. Composição de aminoácidos em grãos de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008b. p. 1205-1208.

COELHO, C. M. M. et al. Tempo de cocção de grãos de feijão em função do tipo d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 560-566, 2009a.

COELHO, C. M. M. et al. Cooking quality of common beans as influenced by different nitrogen levels and time of application. **International Journal of Agriculture and Biology**. Faisalabad, v. 11, n. 3, p. 261-265, 2009b.

COIMBRA, J. L. M. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de feijão de cor (*Phaseolus vulgaris* L.) em três ambientes distintos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 441-448, 1999.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3 p. 297-304, 1997.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC) **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

CONAFE. Resumos do VIII Congresso Nacional de Feijão, 8., 2005. **Anais**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 1294p.

CONNER, A.J.; MERCER, C.F. Breeding for success: diversity in action. **Euphytica**, Wageningen, Netherlands, v. 154, n. 3, p. 261-262, 2007.

COSTA, J. G. C. et al. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 159-167, 1983.

COSTA, L. R. M.; PASQUALETTO, A. Comparação de sistemas de colheita mecanizada e semi-mecanizada na perda, dano mecânico e impureza de grãos na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 35-38, 1999.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Variabilidade para a absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, 2001.

CRUZ, E. P. et al. Spatial distribution of genetic diversity in wild populations of *Phaseolus vulgaris* L. from Guanajuato and Michoacán, México. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 52 n. 5, p. 589-599, 2005.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; DESTRO, D. Adaptability and phenotypic stability in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 4, p. 525-534, 2002.

DIDONET, A. D. et al. 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, 2002. p. 55-58.

DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 199-204, 2006.

DURIGAN, J. F.; FALEIROS, R. R. S.; LAM-SANCHEZ, A. Determinação das características tecnológicas e nutricionais de diversas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) - I: características tecnológicas. **Científica**, Jaboticabal, v. 6, n. 2, p. 215-224, 1978.

ELIAS, H. T. Estabilidade e adaptabilidade de linhagens e cultivares de feijão do grupo carioca. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 379-384, 2007.

EMBRAPA. Feijão na economia nacional. Santo Antônio de Goiás, 47 p., 2002. Disponível em: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/feijao/doc_135.pdf. Acesso em: 26 jul. 2010.

EPAGRI. Atlas climatológico do estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://ciram.epagri.rct-sc.br>. Acesso em: 26 jul. 2010.

ESTEVES, A. M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 999-1005, 2002.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, Ralph. **Physiology of crop production**. New York: Food Products Press, 2006. 345 p.

FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Produção de Feijão**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2007. 386 p.

FAO. Faostat. Roma: FAO, 2008. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 26 jul. 2010.

FARIA, G. M. P. et al. Associação entre caracteres relacionados com a arquitetura da planta de feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 502-505.

FERNANDES, D. S. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em consequência da aplicação foliar de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 419-426, 2007.

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. Comportamento dos consumidores de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.717-719.

FERREIRA, Marcio Elias; GRATTAPAGLIA, Dario. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3. ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220 p.

GEPTS, P. Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common beans (*Phaseolus vulgaris*): Evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**, New York, v. 40, n. 451-468, 1986.

GEPTS, Paul; BLISS, F.A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) from Colombia. **Economic Botany**, New York, v. 40, n. 4, p. 469-478, 1986.

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

GONÇALVES, M. C. et al. Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 03, p. 217-222, 2003.

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**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 99-107, 1997.

GRIFFIN, J.; SAXTON, A. Response of Solid-Seeded Soybean to Flood Irrigation. II. Flood Duration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n.6, p. 885-888, 1988.

GROSS, Y; J. KIGEL. Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, Stockholm, Deutschland, v. 36 n. 3, p. 201-212, 1994.

HOFFMANN JÚNIOR, L. et al. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1543-1548, 2007.

HOUSE, W. et al. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through plant breeding. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 13, p. 1452-1457, 2002.

IBARRA-PERÉZ, F. J.; CATILHO, R.; CUELLAR, E. J. Treshing effect on cooking time in commercial beans cultivars from semiarid highlands of Mexico. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 39, n. 1, p. 264-265, 1996.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v.21, n.12, 80 p., 2009. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo)>. Acesso em: 05 mai. 2010.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003: aquisição alimentar domiciliar *per capita*. Rio de Janeiro, 251 p., 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002aquisicao/default.shtm>. Acesso em: 26 jul. 2010.

ICEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina: 2003-2004**. Florianópolis, 377 p., 2004. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_anual.htm. Acesso em: 05 mai. 2010.

IPGRI. **Descritores para *Phaseolus vulgaris* L.** Rome: International plant genetic resources institute, 2001. 45 p.

JUDEL, G. K.; MENGEL, K. Effect of Shading on Nonstructural Carbohydrates and their Turnover in Culms and Leaves during the Grain Filling Period of Spring Wheat. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 5, p. 958-962, 1982.

KAPPES, C. et al. Componentes produtivos de cultivares de feijão comum em cultivo safrinha In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008a. p. 510-513.

KAPPES, C. et al. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008b. p. 506-509.

KOENNING, R. L.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, New York, v. 44, n. 1, p. 50-60, 1990.

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

LATTA M; ESKIN M. A simple method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Minnesota, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LEMOS, L. B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LITTEL, R. et al. **SAS® for Mixed Models**. 2. ed. SAS Institute Inc.: Cary, 2006. 834 p.

LITTEL, R.; FREUND, R.; SPECTOR, P. **SAS System for linear models**. 3. ed. SAS Institute Inc.: Cary, 1991. 329 p.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 515-520, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas: a colloidchemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 2, n. 1, p. 185-231, 1946.

MELLO FILHO, O. L. et al. Selection of high protein content and high yield soybean families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 171-177, 2004.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MOLINA, J. et al. Response of common bean cultivars and lines to water stress. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina v. 1, n. 4, p. 363-372, 2001.

OLIVEIRA, D. P. et al., Componentes do rendimento do feijoeiro-comum em função da aplicação foliar de fosfito. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 1479-1482.

PAPA, R.; GEPTS, P. Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. **Theoretical and Applied Genetics**, Minnesota, v. 106, n. 2, p. 239-250, 2003.

PEREIRA, T. et al. Diversity in common bean landraces from South-Brazil. **Acta Botanica Croatica**. Zagreb, v. 68 n. 1, p. 79-92, 2009.

PEREIRA, T. **Diversidade genética para o centro de origem e o teor de nutrientes nos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lages, 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina.

PIANA, C. F. B. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 553-564, 1999.

PIRES, A. A.; LEITE, U. T. e ARAUJO, G. A. A. Interferência de épocas e partição da aplicação de Mo via foliar na absorção de Mo e N pelo feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 677-680.

PROCTOR, J. R; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 09-14, 1987.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 40, n. 229, p. 272-280, 1993.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 263-266.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.

RAPASSI, R. M. A. et al. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3 p. 397-404, 2003.

RIBEIRO, N. D. et al. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 77-83, 2003.

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

RIBEIRO, N. D. et al. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 267-273, 2008.

RIBEIRO, N. D. et al. Estabilidade de produção de cultivares de feijão de diferentes grupos comerciais no estado do Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 339-346, 2009.

RIOS, A. O. et al. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. A. et al. Standardization of imbibition time of common bean grains to evaluate cooking quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, n. 4, p. 465-471, 2004.

RODRIGUES, J. A. et al. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-376, 2005a.

RODRIGUES, J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005b.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SANTALLA, M.; RODIÑO, A. P.; RON, A. M. Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for the common bean. **Theoretical and Applied Genetics**, Minnesota, v. 104, n. 6-7, p. 934-944, 2002.

SANTALLA, M. et al. Genetic diversity of Argentinean common bean and its evolution during domestication. **Euphytica**, Netherlands, v. 135, n. 1, p. 75-87, 2004.

SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 841-845, 1985.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SATHE, S. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, Inglaterra, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SCHEEREN, P. L.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C.. Respostas do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo: parte I – teste de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 30, n. 8, p. 1041-1048, 1995a.

SCHEEREN, P. L.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. Respostas do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo: parte II – teste de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 30, n. 5, p. 605-619, 1995b.

SCHÖFFEL, E. R. et al. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 07-12, 2001.

SCHOLZ, M. B. S.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999a, p. 339-342.

SCHOLZ, M. B. S.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999b, p.389-392.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advances in Food Research**, Orlando, v. 28, n. 1, p. 93-166, 1982.

SGARBIERI, V. C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **World review of nutrition and dietetics**. Suíça, v. 60, p. 132-198, 1989.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

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

SILVA, H. T.; FONSECA, J. R. Banco ativo de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 2005, p. 1131-1135.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SILVEIRA, P. M. et al. Idade de floração e vingamento de flores em duas cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 229-232, 1980.

SINGH, S. P. Selection water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 118-124, 1995.

SIONIT, N.; KRAMER, P. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 2, p. 274-278, 1977.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.

SOUZA, C. A. et al. Proposta para modificar a arquitetura de plantas de feijão pelo uso de ácido giberélico. **InterScience Place**. Campo dos Goytacazes, v. 3 n. 12. p. 92-116, 2010a.

SOUZA, C. A. et al. Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 325-332, 2010b.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 3. ed. McGraw-Hill: New York, 1997. 666 p.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 1 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

VIEIRA, N. M. B. et al. Produtividade de grãos e componentes do rendimento de quatro cultivares de feijoeiro em diferentes populações de plantas e sistemas de plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 1384-1387.

WALLACE, D. H.; ENRIQUEZ, G. A. Daylength temperature effects on days to flowering of early and late maturing beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, n. 4, p. 583-591, 1980.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

WATSON, E. R.; LAPINS, P.; BARRON, R. F. W. Effects of water-logging on the growth, grain and straw yield of wheat, barley and oats. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 16, n. 78, p. 114-122, 1976.

WHITE, J.W. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid rainfed conditions. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 122, n. 2, p. 265-273, 1994.

WORKU, W.; SKJELVAG, A. O.; GISLEROD, H. R. Responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to photosynthetic irradiance levels during three phenological phases. **Agronomie**, Paris, v. 24, n. 5, p. 267-274, 2004.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 09-15, 2006.