

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

LUIZ CARLOS BORDIN

PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA, CAPACIDADE DE HIDRATAÇÃO E DA DIVERSIDADE FENOTÍPICA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dra. Cileide Maria M. Coelho
Co-orientador: Dr. Clovis Arruda de Souza

LAGES, SC

2008

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

Bordin, Luiz Carlos

Padronização do teste de cocção de grãos de feijão
(*Phaseolus vulgaris* L.) em função da qualidade da água,
capacidade de hidratação e da diversidade fenotípica . / Luiz
Carlos Bordin. -- Lages, 2008.
84p.

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

1. Feijão – Qualidade – Consumo. 2. Hidratação.
3. Diversidade biológica. 4. Feijão – Nutrientes. I. 444Título.

LUIZ CARLOS BORDIN
Licenciado em Agropecuária

PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA, CAPACIDADE DE HIDRATAÇÃO E DA DIVERSIDADE FENOTÍPICA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora:

Aprovado em: / / 2008.

Pela banca examinadora:

Homologado em: / / 2008.

Por:

Dra. Cileide M. M. Coelho
Orientador – UDESC/Lages-SC

Dr. Ricardo Trezzi Casa
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado em
Produção Vegetal

Dr. Clovis Arruda de Souza
Co – orientador - UDESC/Lages-SC

Dr. Osmar Klauberg Filho
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias

Dr. Altamir Frederico Guidolin
UDESC/Lages-SC

Dr. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages-SC

Dr. Tassio Dresch Rech
EPAGRI/Florianópolis

LAGES
Santa Catarina - Brasil
Outubro - 2008

A minha esposa Maria de Fátima e aos meus filhos Vinicius, Felipe e Luiz Carlos Junior, os propulsores dos meus estudos e trabalhos, a fonte de amor e carinho, os ouvintes dos meus desabaços, os braços que sempre me acolheram e aqueles com quem compartilho minhas alegrias e vitórias, não importam onde esteja!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao Santo Expedito, por nunca ter me desamparado nesta caminhada e por ter me proporcionado, saúde, força, paciência, inteligência e discernimento.

A meus pais, Fausto e Carolina, minha irmã Carmem (mima), mesmo em suas ausências, vossas luzes me iluminaram, me apontando sempre qual o melhor e promissor caminho.

A minha orientadora, professora Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho, por ter acreditado em mim, por toda orientação, amizade e conhecimentos compartilhados com a máxima dedicação.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Clovis Arruda de Souza, pela co-orientação, paciência, valiosas sugestões, ensinamentos e amizade.

A minha esposa Maria de Fátima, companheira inseparável, que compartilhei os bons e maus momentos dessa etapa e jamais deixou que eu perdesse a fé, que eu desanimasse ou desistisse.

Aos meus filhos, Vinicius, Felipe e Junior, pelo carinho, apoio e incentivo.

A Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC e em especial ao Centro de Ciências Agroveterinárias/CAV, por ter me proporcionado à oportunidade da realização desse mestrado e por todo aprendizado técnico científico.

A Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul (EAFRS), pela liberação na realização do mestrado.

Aos professores Altamir F. Guidolim, Jefferson Coimbra, Adelar Montovani, Ricardo T. Casa, Cassandro Amarante, Davi Miquelucci, Cristiano Steffens e Roseli Bortoluzzi, pelos momentos de descontração, apoio, ensinamentos e amizade.

A todos demais professores do programa de mestrado em Produção Vegetal, que contribuíram com seus conhecimentos edificantes.

Aos bolsistas e alunos da graduação, Murilo, Vitor, Talita, Janaína, Crizane e a estagiária Jaqueline, pela ajuda sempre que necessário à realização dos experimentos.

Aos laboratoristas, Fátima e Maurílio, por toda a ajuda prestada nas minhas análises.

Aos colegas de mestrado, pelos momentos de estudo, trabalho e descontração vivenciados durante este período.

A minha sogra Dalva, por sempre ter me incentivado e rezado por mim.

A toda minha família, em especial aos meus irmãos, Carlos, Nei, Regis, Lourdes, Zeli e Arlete, pelo carinho, palavras otimistas e incentivo constante.

Aos meus amigos, Vera, Silvana, Fátima, Marilise, Medianeira, Eliane, Alceu, Álvaro, Paulo, Antonio Carlos, pelo incentivo nessa realização e momentos alegres que convivemos juntos.

Ao mais fiel dos meus amigos, Bãd, pela sua companhia, festa e alegria quando dos meus retornos para casa.

A todos que de alguma forma ou outra me apoiaram, fica meu verdadeiro reconhecimento.

OBRIGADO!!!

“O mundo está nas mãos daqueles que têm coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos.
Cada qual com seu talento.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

Os grãos de feijão ocupam importante papel na nutrição humana, e no Brasil tem especial importância, não somente por ser o maior produtor mundial, mas também por ser grande consumidor. Para os programas de melhoramento genético, a recomendação de novas cultivares tem sido realizada em função de suas características agronômicas, porém, tão importante quanto essas características está a qualidade tecnológica e o potencial nutricional dos grãos. Nesse contexto, foram conduzidos três experimentos com o objetivo de avaliar a qualidade tecnológica (capacidade de hidratação e tempo de cozimento), suas relações com a padronização do teste de cocção em grãos de feijão e o potencial nutricional dos genótipos associado ao menor tempo de cocção. No primeiro experimento, foi analisada a cultivar BRS-Valente em função de quatro tipos de água: ultra pura, destilada, torneira e mineral. Os resultados obtidos mostraram que um percentual de 69% de hidratação no tempo de 2 horas de hidratação foi indicativo de menor tempo de cocção, para as águas ultra pura, destilada e da torneira; o uso da água ultra pura e destilada durante o processo de cocção proporcionou um nível normal de resistência à cocção, enquanto que a água da torneira diferiu das demais e causou um nível resistente à cocção, enquanto que na água mineral o tempo de cocção foi muito elevado. No segundo experimento, vinte genótipos crioulos e cinco comerciais, foram avaliados quanto à capacidade de hidratação no ponto de estabilização, e nos tempos: 0, 2, 4, 6, 8 e 16 horas, determinando-se o tempo de cocção. Os resultados mostraram que foi possível indicar 7 horas e 82,5% de hidratação como padrão de hidratação prévia aos testes de cocção tanto para seleção precoce de linhagens, como nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão. No terceiro experimento, para os mesmos genótipos do experimento anterior, foi realizada a caracterização quanto aos teores de nutrientes: proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco e suas correlações com a capacidade de hidratação e tempo de cozimento. Houve variabilidade genética significativa para teores de fósforo e magnésio e ferro entre os genótipos estudados. Os teores e respectivas variações para esses nutrientes foram: 4,55 g.kg⁻¹ (BAF112) a 6,63 g.kg⁻¹ (BAF41) e 0,74 g.kg⁻¹ (BAF11) a 1,13 g.kg⁻¹ (BAF81) e 40,00 mg.kg⁻¹ (BAF121) a 85,33 mg.kg⁻¹ (BAF41), respectivamente. Não se obteve correlação significativa entre teor de nutriente e tempo de cocção. Os genótipos BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97, apresentaram maiores teores de proteína total e os BAF's 07, 41, 42 e 50, os maiores teores de ferro. Esses genótipos podem ser indicados na biofortificação de dietas ou para serem incluídos em programas de melhoramento, bem como, indicados para agricultura familiar rural.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Qualidade tecnológica. Capacidade de absorção. Tempo de cocção. Potencial nutricional.

ABSTRACT

The beans grains have an important role in the human nutrition, and in Brazil, they have a special importance, not only because Brazil is the biggest producer in the world, but also, for being a great consumer. For the programs of genetic breeding, the recommendation for new cultivars has been made because of its agronomics characteristic; however, these characteristics are so important as the technological quality and the nutritional potential of beans. In this context, were conducted three experiments and the objective was to evaluate technological quality (capacity of hydration and cooking time) and their relations with the standardization of cooking test in bean grain and evaluated the nutritional potential from genotypes associated with lower cooking time. In the first experiment, it was analyzed the cultivar BRS-Valente in four different types of water: pure water, distillate water, tap water and mineral water. The results showed 69% of hydration in two hours and it was the less cooking time, with pure water, distillate and tap water; the use of pure and distillate water during the cooking process proportionated a normal level of cooking resistance, the tap water had a different result and it causes a resistant level of cooking, while with the mineral water the time of cooking was very high. In the second experiment, twenty landraces genotypes and five commercial genotypes were evaluated according to their capacity of hydration in the point of stabilization, and in these times: 0, 2, 4, 6, 8 e 16 hours, determining the time of cooking. The results showed that it was possible to indicate 7 hours and 82,5% of hydration as a previous standard of hydration before the cooking test, for the earlier selection of lines, and also for the value for cultivation and use testing (VCU) of beans. In the third experiment, for the same genotypes from the anterior experiment, it was done the characterization related to the nutritional values: protein, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron and zinc and their correlations to the hydration capacity and cooking time. There was a significative genetic variation for the values of phosphorus, magnesium and iron between the researched genotypes. The values and the respective variations for these nutrients were: 4,55 g.kg⁻¹ (BAF112) to 6,63 g.kg⁻¹ (BAF41) and 0,74 g.kg⁻¹ (BAF11) to 1,13 g.kg⁻¹ (BAF81) and 40,00 mg.kg⁻¹ (BAF121) to 85,33 mg.kg⁻¹ (BAF41), respectively. There was not a significative correlation between the nutrition value and the cooking time. The genotypes BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97 had the highest level of protein and the BAF's 07, 41, 42 e 50 had the highest level of iron. These genotypes can be indicated for biofortification of diets or to be included in programs of genetic breeding, as well, can be indicated to the rural familiar agriculture.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L. Technological quality. Capacity of hydration. Cooking time. Nutritional potential.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Tempo de cocção de feijão em água destilada e da torneira nos diferentes tempos de hidratação.....38
- Tabela 2 - Tempo de cocção de feijão em água ultra pura, destilada, torneira e mineral com seis horas de hidratação em água ultra pura.....39
- Tabela 3 - Percentagens de hidratação e respectivos tempos de cocção de 22 genótipos de feijão quando submetidos à embebição prévia de 8 horas.....48
- Tabela 4 - Tempo necessário para alcançar a capacidade máxima de hidratação (TCMH) e respectivas percentagens de hidratação e tempos de cocção de 22 genótipos de feijão.....50
- Tabela 5 - Comparação entre tempo de hidratação (0, 2, 4, 6 e 8 horas) e respectivos tempos de cocção, com a hidratação de 16 horas e tempo de cocção dos 23 genótipos, na safra 2007/2008. Lages, SC, UDESC, 2008.....52
- Tabela 6 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para 23 genótipos de feijão (18 genótipos crioulos e 5 comerciais), referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....64
- Tabela 7 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupos preto, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....65
- Tabela 8 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupo carioca, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....65

- Tabela 9 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupo cores, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....66
- Tabela 10 - Matriz de coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}), tempo de cocção (minutos) e capacidade de hidratação (%), para os genótipos de feijão referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....68
- Tabela 11 - Genótipos (BAF), grupo comercial, teor de ferro (mg.kg^{-1}), capacidade de hidratação (%) e tempo de cocção (minutos) do feijão na safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.....69

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Percentual de hidratação em função do tempo que o grão de feijão permaneceu hidratando em água ultra pura.....35
- Figura 2 - Análise de regressão linear segmentada entre tempo de hidratação e de cocção de feijão nas águas destilada (A) e da torneira (B).....36
- Figura 3 - Comportamento de 22 genótipos de feijão quanto à capacidade de hidratação (percentual) em função do tempo de hidratação. Sendo A e A'; safra 2006/2007 e B e B'; safra 2007/2008. Regressões ajustadas da percentagem de hidratação dos grãos em função do tempo de embebição (0 a 8 horas).....46
- Figura 4 - Relação entre tempo de hidratação e respectivos tempo de cocção sob hidratação de zero a oito horas dos 22 genótipos de feijão, nas safras 2006/2007 e 2007/2008.....47
- Figura 5 - Relação entre percentual de hidratação e tempo de cocção de 22 genótipos de feijão sob hidratação dos grãos de zero a oito horas.....51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 A CULTURA, ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DIVERSIDADE DO FEIJÃO.....	18
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO FEIJÃO.....	20
2.3 IMPORTÂNCIA E QUALIDADE NUTRICIONAL DOS GRÃOS DE FEIJÃO.....	21
2.4 FATORES QUE AFETAM A CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELOS GRÃOS DE FEIJÃO.....	24
2.5 FATORES QUE AFETAM O TEMPO DE COCÇÃO EM GRÃOS DE FEIJÃO.....	26
3 TEMPO DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DO TIPO D'ÁGUA.....	29
3.1 RESUMO.....	29
3.1.1 Abstract: Cooking time of dry bean grains according to water type.....	30
3.2 INTRODUÇÃO.....	30
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.5 CONCLUSÕES.....	39
4 DIVERSIDADE GENÉTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DO TEMPO E PERCENTUAL DE HIDRATAÇÃO PRELIMINAR AO TESTE DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO.....	40

4.1 RESUMO	40
4.1.1 Abstract: Genetic diversity for standardization of the soaking content previously to the cooking quality test in common bean grains.....	40
4.2 INTRODUÇÃO.....	41
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.5 CONCLUSÕES.....	53
5 COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES EM GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CRIOULO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE TECNOLÓGICA.....	54
5.1 RESUMO.....	54
5.1.1 Abstract: Nutrients composition in the grains of landraces beans genotype (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and its relation with the technological quality.....	55
5.2 INTRODUÇÃO.....	55
5.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
5.3.1 Material vegetal.....	57
5.3.2 Determinação dos nutrientes nos grãos.....	58
5.3.2.1 Teor de proteína total dos grãos	59
5.3.2.2 Teor de potássio (K).....	60
5.3.2.3 Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg).....	60
5.3.2.4 Teores de ferro (Fe) e zinco (Zn).....	61
5.3.2.5 Teor de fósforo total (P).....	61
5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA.....	61
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.5.1 Variabilidade genética para teor de nutrientes.....	62
5.5.2 Variabilidade do teor de nutrientes dentro de cada grupo (preto, carioca e cores).....	63
5.5.3 Variabilidade do teor de nutrientes entre os grupos (preto, carioca e cores).....	66
5.5.4 Correlação entre teor de nutriente, tempo de cocção e capacidade de hidratação.....	67
5.5 CONCLUSÕES.....	69
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa metade dos grãos de leguminosas consumidos, predominando em regiões menos desenvolvidas do mundo como países da América Latina e África (BROUGHTON et al., 2003). É uma fonte rica de nutrientes, sendo considerado por muito tempo no Brasil como o alimento básico para a população, tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA et al., 2006). Contém quantidades importantes de proteínas, calorias, ácidos graxos insaturados (ácido linoléico), fibra alimentar, especialmente fibra solúvel, e é uma excelente fonte de alguns minerais e vitaminas, além de possuir compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças (BENINGER & HOSFIELD, 2003). Por essa razão, vem recebendo atenção especial por parte dos órgãos de pesquisa, com o objetivo de desenvolver variedades mais produtivas, com maior resistência a pragas e doenças, de cozimento rápido e mais rico em nutrientes.

Os produtores de feijão podem ser classificados em dois grupos de acordo com o seu nível tecnológico: o primeiro grupo compreende os pequenos produtores, que são responsáveis por 90% da produção nacional, utilizando na sua maioria, mão-de-obra familiar e baixo nível tecnológico; o Segundo grupo compreende os grandes produtores, que são responsáveis por 10% restantes da produção nacional que provém de lavoura com alto nível tecnológico, como irrigação e colheita mecanizada (ROSSI & MANOLESCU, 2004).

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. Estas famílias de agricultores são responsáveis por mais de 70% do valor da produção agrícola e pesqueira do estado, destacando-se na produção de 67% do feijão (EPAGRI, 2008).

Os principais objetivos dos programas de melhoramento genético do feijão no Brasil sempre estiveram embasados na obtenção de cultivares mais produtivas, resistentes às pragas e as doenças e com melhores características agronômicas. No entanto, pouco tem sido investido em pesquisas das características tecnológicas de seus grãos, destacando-se o tempo de cozimento que, igualmente, são relevantes na avaliação das cultivares (CARNEIRO et al., 1999b).

Porém, a partir da Portaria nº 294, de 14/10/1998, no processo de lançamento, registro e/ou proteção de nova cultivar, certas exigências do mercado deve ser atendidas e dentre elas está à qualidade tecnológica e nutricional do produto (grão) comercializado, que chegará ao consumidor final. Nos programas de melhoramento do feijão, é imprescindível que as linhagens em um dado momento sejam avaliadas quanto ao tempo de cozimento, pois este é um dos caracteres de maior importância na aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores (FERREIRA & YOKOYAMA, 1999; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a).

Em trabalhos realizados anteriormente (ELIA et al., 1997; BELICUAS et al., 2001; JACINTO-HERNANDEZ et al., 2003) ficou evidenciado que o caráter é controlado geneticamente. A capacidade de cozimento é afetada pelas diferenças entre as linhagens, composição química e propriedades físicas da semente tais como: tamanho, peso, volume e composição da casca (ELIA et al., 1997; BOROS & WAWER, 2003), além de sofrer efeito pronunciado do ambiente (CARBONELL et al., 2003; BOROS & WAWER, 2004). Desse modo, visando ao processo de aceitação do novo cultivar, devem-se observar a importância da seleção de genótipos que apresentem características relacionadas com a qualidade para o cozimento, como, tempo de cocção reduzido, tegumento que não se partam durante o cozimento e alta expansão volumétrica dos grãos (CARBONELL et al., 2003).

Segundo RUANO (2006), atualmente, também existe a preocupação em desenvolver cultivares com elevados teores de ferro, proteína e fibras solúveis, por representar importante estratégia para nutrir e manter a saúde da população, contribuindo de forma eficaz para reduzir a desnutrição, pois a deficiência de ferro é a principal causa da anemia na população brasileira, particularmente das pessoas mais carentes, que têm no feijão como a sua principal base alimentar.

O desenvolvimento de novos cultivares de feijão é resultado de um longo trabalho que envolve o planejamento de cruzamentos, a condução de populações segregantes e a seleção de linhagens superiores. Assim, para que uma cultivar possa ser inscrita no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é necessário que atenda alguns requisitos mínimos de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Para tanto os ensaios devem ser conduzidos, no mínimo, em três locais de cultivo por região edafoclimática e por dois anos agrícolas. Nestes ensaios são avaliados os descritores morfológicos, produtividade e a qualidade tecnológica e industrial (BRASIL-Ministério da Agricultura, 2006).

O tempo de cozimento constitui-se num dos parâmetros de qualidade de maior importância, pois é fundamental no preparo do feijão para o consumo. Assim, ao mesmo tempo em que assegura a inativação dos elementos antinutricionais, proporciona a manifestação das propriedades de sabor e textura exigidos pelo consumidor (YOKOYAMA & STONE, 2000). A qualidade da água também interfere durante o processo de cocção (COELHO et al., 2008a), segundo alguns autores, elevados níveis de cátions divalentes na água de cocção podem elevar acentuadamente o tempo de cocção (KYRIAKIDIS et al., 1997). Outros autores relacionam que os cátions, cálcio e magnésio participam na estabilização da molécula de pectina, resultando no endurecimento do tegumento (SÃO JOSÉ et al., 1986). De acordo com BELICUAS et al. (2001), a continuidade do emprego do feijão na alimentação só será possível se o tempo de cozimento for reduzido.

A grande dificuldade para se avaliar essa característica está na identificação de um método que seja eficiente e rápido em quantificar o tempo de cozimento. Para contornar essa situação existem trabalhos que consideram os testes de absorção de água antes do cozimento como um importante parâmetro (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PLHAK et al., 1989). Com a rapidez deste teste, os genótipos indesejáveis podem ser descartados nas primeiras gerações segregantes (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989; PLHAK et al., 1989; COSTA et al., 2001).

Entretanto, ao mesmo tempo em que tem sido relatada correlação positiva entre absorção de água e tempo de cozimento (SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b; DALLA CORTE et al., 2003), outros autores tem contestado a aplicação do teste de absorção de água em função da baixa correlação observada (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003). Além disso, há na literatura uma grande variação no tempo de embebição dos grãos, 18 horas (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989), 16 horas (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003), 12 horas (LE MOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR et al., 2005), 8 horas (RODRIGUES et al., 2004), 4 horas (COSTA et al., 2001) e 2 horas (RODRIGUES et al., 2004). Esses resultados divergentes sugerem a necessidade de padronização do tempo de embebição dos grãos para a análise dos testes de absorção de água e de cozimento e, também, se a absorção de água é de fato uma eficiente forma de indicar a susceptibilidade dos grãos para a cocção, a fim de que seja possível o seu maior entendimento e compreensão.

Esse trabalho faz parte de um projeto em que o objetivo principal é a caracterização dos genótipos do banco ativo de feijão do CAV/UDESC, cuja finalidade é determinar o quanto a qualidade fisiológica da semente de diferentes genótipos crioulos e comerciais de

feijão, influencia sobre a qualidade tecnológica e nutricional da semente para produção e consumo (COELHO, 2005). Portanto, esse trabalho teve como objetivo estudar vinte e três genótipos, sendo a maioria genótipos crioulos, por apresentarem ampla base genética e, visto que, constitui a base da sustentabilidade da agricultura familiar na Região Sul do país, a fim de verificar o efeito do tipo de água sobre o tempo de cocção, a padronização do tempo e percentual de hidratação relacionado com o menor tempo de cocção e o seu potencial nutricional.

Para melhor compreensão dos temas abordados, essa dissertação está organizada em capítulos. No primeiro capítulo, foi descrito o efeito do tipo de água (destilada, ultra pura, torneira e mineral) sobre o tempo de cozimento dos grãos de feijão. O segundo capítulo foi avaliado diferentes tempos (tratamentos) de hidratação (0, 2, 4, 6, 8 e 16 horas, e tempo de máxima hidratação) e sua relação com a capacidade de hidratação e tempo de cocção, com o intuito de padronizar um menor tempo para hidratação preliminar ao teste de cocção. O terceiro capítulo foi determinado o teor de nutrientes nos grãos para caracterizar o potencial nutricional dos genótipos crioulos e a relação da composição química com a qualidade tecnológica dos grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA, ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DIVERSIDADE DO FEIJÃO

O feijão é uma planta anual herbácea, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoidae, gênero *Phaseolus*, e classificado como *Phaseolus vulgaris* L. (SANTOS & GAVILANTES, 1998). É uma planta autógama, ou seja, se reproduz predominantemente por autofecundação (FRANKEL & GALUN, 1977). Embora algumas exceções ocorram (BRUNNER & BEAVER, 1988; WELLS et al., 1988), populações selvagens e formas cultivadas são, ambas, autopolinizáveis (RUTGER & BECKHAM, 1970; TUCKER & HARDING, 1975; STOETZER, 1984; PEREIRA FILHO & CAVARINI, 1984).

Originário do Continente Americano e, a exemplo de outras espécies alimentícias, foi levado à Europa como planta ornamental após o descobrimento da América. Evidências, nas quais se baseiam as afirmações dessa origem, estão fundamentadas em descobertas arqueológicas de restos da cultura no sudoeste dos Estados Unidos (Caverna Tularosa), no México (Vale de Tehuacan) e Peru (Caverna do Guitarrero), cuja antigüidade remonta a 2300, 7000 e, entre 7680 a 10000 anos, respectivamente. No entanto, em se tratando de restos de plantas completamente domesticadas, estima-se que a domesticação propriamente dita, tenha ocorrido anteriormente às datas mencionadas, não sendo possível precisá-la exatamente, devido à falta de evidências arqueológicas mostrando a transição completa do estado silvestre ao cultivado (VOYSEST, 2000).

A teoria baseada em estudos arqueológicos, aceita para explicar a origem americana do feijão, também postula sobre possível origem sul-americana dessa espécie. Sementes teriam sido transportadas, após a domesticação, para o México e Guatemala, uma vez que o raio de dispersão das espécies selvagens estende-se por mais de 500 quilômetros ao longo da costa dos Andes e também na região do México e Guatemala (CIAT, 2000).

Ocorrência de mais de cinquenta espécies do gênero *Phaseolus* nas Américas é relatada por DEBOUCK (1991). No entanto, apenas *P. vulgaris*, *P. polyanthus* Greenman (feijão comum), *P. coccineus* L. (escarlet runner bean), *P. acutifolius* A. Gray (feijão tepary) e *P. lunatus* L. (feijão de lima), são mais conhecidas por terem sido domesticadas (EVANS, 1980; DEBOUCK, 1988; DEBOUCK, 1991).

Devido à extensa distribuição do ancestral selvagem do feijão comum, desde o norte do México até o norte da Argentina (BRÜCHER, 1988; DELGADO et al., 1988), a determinação exata de um centro de domesticação tem sido objeto de estudo de pesquisadores através de diversas metodologias (SINGH et al., 1991b).

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 & 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). A existência desses dois principais grupos é confirmada através da análise aloenzimática de espécies selvagens de feijão por KOENNING & GEPTS (1989), delimitando geograficamente as formas Meso-americanas que incluem populações selvagens do norte do México até a Colômbia e as dos Andes, incluindo populações do Peru e da Argentina.

Comparando a diversidade aloenzimática de ancestrais selvagens e espécies cultivadas descendentes, SINGH et al (1991a) também confirmaram a existência de dois principais grupos entre as espécies cultivadas de feijão, Meso-americano e Andino-americano, indicando haver fluxo gênico do feijão selvagem ao cultivado e sugerindo a existência de, pelo menos, cinco subgrupos dentro dos cultivares Meso-americanos e quatro dentro dos Andinos. Resultados semelhantes foram obtidos por VOYSEST et al. (1994), que analisando a base genética de cultivares de feijão lançadas na América Latina, desde o início das atividades de melhoramento genético até 1993, classificaram 203 cultivares e 194 ancestrais selvagens.

Indicação de que a partir do ancestral selvagem, distribuído desde o norte do México até o noroeste da Argentina, o feijão tenha evoluído separadamente em dois centros de domesticação distribuídos na Meso América (México, América Central e Colômbia) e nos Andes (Peru e Argentina), formando dois grupos distintos de espécies cultivadas (GEPTS, 1993), também foi evidenciada pelos níveis de diversidade genética medidos durante a domesticação (SONNANTE, 1994). Esses dados também mostraram significativa redução da diversidade genética durante o processo de domesticação.

Cultivares locais que compartilham certas características distintivas morfológicas, moleculares, agronômicas e adaptativas pertencentes a ambos os grupos gênicos, porém, diferindo de outras cultivares do mesmo grupo gênico nas frequências alélicas dos genes que controlam as diferenças para essas características, foram definidas como raças por SINGH et al. (1991b). A partir de critérios como forma e tamanho do folíolo, pilosidade da folha,

tamanho da folha, tamanho dos entrenós, número de nós até a flor, forma e tamanho das bractéolas, inflorescência, presença de estrias no estandarte, posição da ponta da vagem, dias até a maturação, tamanho e forma da semente, hábito de crescimento, proteína faseolina da semente e aloenzimas, seis raças de feijão cultivado foram descritas: raças Mesoamerica, Durango e Jalisco no grupo gênico Meso americano, e raças Nueva Granada, Peru e Chile no grupo gênico Andino (SINGH et al., 1991a).

O gênero *Phaseolus* possui cerca de 55 espécies (SANTOS & GAVILANES, 1998) e dentre aqueles empregados comumente na alimentação (*P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. acutifolius*), o feijão comum é a mais cultivada, sendo responsável por aproximadamente 95% da produção mundial de *Phaseolus* (CEPEF, 2003).

Foi introduzida no Brasil a partir da América Central (RAMALHO et al., 1993) e, ao longo dos anos, os vários programas de melhoramento genético do país desenvolvem novas cultivares.

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO FEIJÃO

Embora sejam cultivados em cerca de 100 países, o Brasil, a Índia, a China, os Estados Unidos e o México destacam-se como sendo responsáveis por 63% do total produzido. Considerando apenas *Phaseolus vulgaris* L., o Brasil é o maior produtor mundial, seguido pelo México. No Brasil, os principais estados produtores são o Paraná, com 19,7%; Minas Gerais, com 15%; Bahia, com 10,1%; São Paulo, com 10,1%; Goiás com 7,8%; Santa Catarina, com 6,6% e Rio Grande do Sul com 5% do total produzido (IBGE, 2008). São produzidos em aproximadamente 4,06 milhões de hectares, com produção de 3,5 milhões de toneladas (IBGE, 2008). Além de ser o maior produtor mundial, o Brasil é também um dos maiores consumidor de feijão com 17,5kg/hab/ano (WANDER, 2007). Além do papel relevante na alimentação do brasileiro, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, devido principalmente à mão-de-obra empregada durante todo ciclo da cultura (YOKOYAMA & STONE, 2000).

O feijão ocupa a terceira maior área colhida de grãos do país (9,3% da área total), superado apenas pela soja e o milho, ultrapassando importantes culturas, como o arroz e o trigo (CONAB, 2008). É reconhecidamente uma cultura de subsistência em pequenas propriedades, sendo a leguminosa mais cultivada no território brasileiro, produzido principalmente pela agricultura familiar (ANTUNES et al., 1995; SOARES, 2003; YOKOYAMA, 2003).

Não obstante, essa tradição tem-se verificado nos últimos 20 anos, crescente interesse de produtores de outras classes econômicas, que adotam tecnologias avançadas, tais como irrigação, controle fitossanitário e colheita mecanizada, em cultivos de feijão em grande escala, os quais, com maior aporte de insumos no processo produtivo, chegam a alcançar produtividades superiores a 3.000 kg ha⁻¹ (YOKOYAMA, 2003).

O cultivo é bastante difundido em todo o território nacional pela cultura apresentar uma ampla adaptação edafoclimática, que permite o seu cultivo durante todo o ano, em praticamente todos os Estados, possibilitando uma oferta constante do produto no mercado (YOKOYAMA, 2003). Dependendo da região, a semeadura do feijão no Brasil pode ser feita em até três safras ou épocas de cultivo ao longo do ano. Estas épocas são: a das águas ou safra (cultivo de primavera-verão, colheita no início do verão), a da seca ou safrinha (cultivo de verão-outono, colheita no outono) e a de inverno (cultivo de outono-inverno) (BORÉM & CARNEIRO, 1998). Outra característica da produção do feijoeiro é a variação dos sistemas de produção existentes: solteiro, consorciado ou intercalado (YOKOYAMA & STONE, 2000).

Essa cultura apresenta grande importância sócio-econômica para o estado de Santa Catarina, onde cuja cadeia produtiva de feijão tem importante participação, principalmente como fonte de renda para agricultura familiar, voltada para a subsistência, geralmente cultivada em solos ácidos e com baixo nível tecnológico. Estima-se que 67% da produção são provenientes da agricultura familiar rural, tendo como consequência fundamental na fixação da família no campo (EPAGRI, 2008). Um grande número desses pequenos produtores produz um número expressivo de genótipos crioulos e estes genótipos apresentam uma grande variabilidade em termos de tamanho, coloração, brilho e forma da semente, característica essa presente em outros estados do sul do Brasil, como Rio Grande do Sul, que indicam a presença de 200 mil pequenos produtores (ANTUNES et al., 2007).

Assim, devido a sua boa adaptação às mais variadas condições edafoclimática do Brasil, o feijão desempenha fundamental papel na alimentação do povo brasileiro, na demanda por mão-de-obra, na geração de divisas para o país, fazendo parte da maioria dos sistemas produtivos dos pequenos, médios e grandes produtores.

2.3 IMPORTÂNCIA E QUALIDADE NUTRICIONAL DOS GRÃOS DE FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa uma das mais importantes fontes de proteína na alimentação humana de países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais das Américas (47% da produção mundial) e no leste e sul da África (10% da

produção mundial), fornecendo a estes povos, onde o consumo de proteína animal é limitado, carboidratos, vitaminas e minerais (ANTUNES et al., 1995; BERRIOS et al., 1999; DONADEL & PRUDENCIO-FERREIRA, 1999).

Existe variabilidade genética para teores de nutrientes 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 & SALAMINI, 1973; SALUNKE et al., 1985) e 19,9 a 32,2% de proteína total (PEREIRA, 2008). As proteínas desempenham várias funções para os seres vivos, sendo catalisadores (enzimas), hormônios (insulina), proteção (anticorpos), transportadora (hemoglobina), estrutural (colágeno), movimento (actina e miosina) além de fornecer energia e elementos para a formação dos tecidos (MIRANDA & DESTRO, 1999).

O feijão é constituído de 1 a 20% de fibras alimentares, 60 a 65% de carboidratos, 1 a 3% de lipídios, dos minerais Ca, Fe, Cu, Zn, K, P e Mg, e também de vitaminas, em especial as do complexo B, como: riboflavina, niacina e folacina (GEIL & ANDERSON, 1994; LAJOLO et al., 1996).

Quanto aos teores de minerais, podem variar de 0,6-2,0 g.kg⁻¹ de cálcio; 1,23-2,20 g.kg⁻¹ de magnésio; 8,21-16,50 g.kg⁻¹ de potássio; 3,74-4,90 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). Tal variação nos teores de minerais é mais ampla em germoplasma de feijões, e estes genótipos 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., 2000b).

Na literatura constam vários relatos sobre os benefícios do consumo de feijão, em função da sua composição, tais como, o ferro que cujo conteúdo desse mineral em feijão é semelhante ao encontrada na carne de boi (MOURA & CANNIATTI-BRAZACA, 2006). De acordo com o Fundo das Crianças das Nações Unidas (UNICEF, 2007), 90% de todos os tipos de anemia no mundo são devido à deficiência de ferro. Na América do Sul e Central, a anemia por deficiência de ferro foi um problema de saúde pública severa, afetando 50% das mulheres grávidas e crianças (FREIRE, 1997).

Com relação ao conteúdo de cálcio, essa leguminosa é considerada uma importante fonte, sendo recomendado para pessoas que não podem comer comidas lácteas (PENNINGTON, 1998).

Os minerais fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco são essenciais no fortalecimento dos ossos. Fósforo, magnésio e potássio estão associados com a regulação de pressão alta (PENNINGTON, 1998).

Outro importante componente do feijão é o folato, considerado essencial para mulheres grávidas, pois ajudam a prevenir defeitos no tubo neural do feto. Além de reduzir, durante o envelhecimento, níveis elevados de homocisteína no sangue, substância que pode causar doenças do coração, infarto e Mal de Alzheimer. O folato pode também reduzir o risco de câncer cervical e de cólon. O feijão vermelho (250 mL) contém 242 µg de folato, a OMS - Organização Mundial de Saúde recomenda a ingestão diária é de 400 µg (PENNINGTON, 1998).

Outros benefícios à saúde estão relacionados às fibras encontradas no feijão. A maioria das fibras é “insolúvel” em água e pode ajudar a prevenir câncer de cólon, diverticulose e outros problemas intestinais. O resto das fibras é “solúvel” em água e pode ajudar a reduzir o colesterol do sangue e o risco de doença do coração em aproximadamente 20%. Também ajuda no controle dos níveis de glicose no sangue em pessoas com diabetes e possivelmente reduz a necessidade por medicamentos para diabetes como a insulina (PENNINGTON, 1998).

Por ser considerado uma fonte importante de antioxidante, foi testada a atividade antioxidante de flavonóides, pigmentos das plantas, encontrados em 12 linhagens comuns de feijões, observaram que estes antioxidantes destroem radicais livres, que são substâncias químicas ativas cujo excesso foi relacionado com doenças do coração, câncer e envelhecimento. Ficou evidenciado que o feijão do tipo preto possui maior quantidade de flavonóides, tendo assim maior atividade antioxidante, que os outros feijões, seguidos por vermelho, marrom, amarelo e feijão branco. Em geral, as sementes coloridas mais escuras foram associadas a níveis mais altos de flavonóides tendo, portanto, atividade antioxidante mais alta (BENINGER & HOSFIELD, 2003). De acordo com BUSHEY (2000) as antocianinas são os antioxidantes mais ativos no feijão.

Alguns antioxidantes saudáveis em feijões são perdidos na água ao cozinhar, mas mesmo assim o nível de antioxidante permanece alto. Ainda serão necessários estudos em humanos para confirmar a ligação entre antioxidantes de feijão e a saúde. Entretanto, este estudo acrescenta antioxidantes a uma lista crescente de substâncias químicas encontradas no feijão (BENINGER & HOSFIELD, 2003).

Essa leguminosa apresenta o conteúdo protéico relativamente alto, o teor elevado de lisina, mas pobre nos aminoácidos sulfurados, essa deficiência, contudo, é suprida pelo

consumo juntamente leguminosa com alguns cereais, especialmente o arroz, rico em caseína e metionina, o que torna a tradicional dieta brasileira, o arroz com feijão, complementar, no que se refere aos aminoácidos essenciais, considerada há muito tempo, como prato principal do brasileiro, consumido por indivíduos de todas as camadas sociais, tanto rurais quanto urbanas (COSTA et al., 2006).

Em função das características nutricionais do feijão, a seleção concomitante para dois minerais é possível, pois correlação linear positiva foi obtida entre boro-cobre e cobre-manganês (RIBEIRO et al., 2008), revelando que um alimento com maior valor nutritivo agregado poderá ser disponibilizado. Correlações positivas entre vários minerais também foram constatadas por BEEBE et al. (2000a) 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. Portanto, o desenvolvimento de cultivares de feijão com melhor qualidade tecnológica (tempo de cocção reduzido) pode ser efetivo para ambas as características, desde que haja correlação linear negativa. Assim, o aumento do teor de determinado nutriente poderá resultar em incremento na qualidade tecnológica.

2.4 FATORES QUE AFETAM A CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELOS GRÃOS DE FEIJÃO

A capacidade de absorção é importante porque influencia sobre o tempo de cozimento. As características do tegumento, entre elas, espessura, massa, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais, interferem na absorção de água pelos grãos de feijão (WYATT, 1977). A ocorrência de grãos que não absorvem água tem sido atribuída por meio da polimerização no tegumento ou lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água nos grãos; o primeiro dificulta a penetração de água e o segundo, limita a capacidade de hidratação (MOURA, 1998). Segundo SCHOLZ & FONSECA JUNIOR (1999a,b), além da capacidade de hidratação, as características do tegumento do grão, assim como a qualidade do grão no momento da colheita, bem como as condições climáticas no instante da colheita, interferem na qualidade fisiológica, modificando sua integridade e possivelmente refletindo na absorção de água e no tempo de cozimento. Fatores genéticos também afetam a capacidade de hidratação, pois interação cultivares X tempo de embebição foi constatado (RODRIGUES et al., 2005b).

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 & LEMOS, 2002;

RIBEIRO et al., 2003). Isso é fundamental quando considerarmos de que genótipos que apresentam alta taxa de absorção de água tenham facilidade para o cozimento, portanto, sugere-se que a seleção para essa característica pode ser útil na identificação precoce de linhagens com maior facilidade para o cozimento, se a correlação existente entre essas características for de alta magnitude (RIBEIRO et al., 2003).

A percentagem de absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo em que permanecem embebidos, até atingir o ponto de máxima hidratação (máxima eficiência técnica) em 11h06min, com 95 e 100% de hidratação, para as cultivares TPS Nobre e Pérola (RIBEIRO et al, 2003b). Entretanto, o tempo de máxima hidratação dos grãos de feijão é variável de acordo com o genótipo, variando de 8h10min (IAC Carioca Aruã) à 12h01min (IAC Carioca Pyatã) (RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002) e variando de 8h25min (IAPAR 81) à 15h44min (IAC-Carioca Pyatã) (LEMOS et al., 2004). COSTA et al. (2001) utilizando o tempo de 4 horas de hidratação dos grãos, identificaram os genótipos IAC Aruã, CI-107 e Ouro Negro, que se destacaram com maior absorção de água e os genótipos G-2333, Amarelinho e o Carioca 80, com menor absorção de água.

Vários estudos indicam uma associação inversa entre o tempo de cozimento e a absorção de água (CASTELLANOS et al., 1995; ELIA et al., 1997; IBARRA-PERÉZ et al., 1996; RODRIGUES et al., 2005a). HOSFIELD & BEAVER (2001), estudando o tempo de cozimento de feijão seco e sua relação com a absorção de água, observaram uma correlação alta e negativa ($r = -0,84$) entre a capacidade de absorção de água e o tempo de cozimento do feijão comum.

Desde que feijões que cozinham rápido e absorvam mais água do que os de cozimento lento, a absorção de água poderia ser usada como uma predição do tempo de cozimento. Assim, a seleção de linhagens de feijão baseada na absorção de água das sementes como uma estimativa indireta do tempo de cocção poderá ser um recurso rápido e seguro (HOSFIELD & BEAVER, 2001). Como já mencionado, a literatura relata que há variação genética significativa para tempo de cozimento e absorção de água (ELIA et al., 1997; BUSHEY et al., 2000; BELICUAS et al., 2001; HOSFIELD & BEAVER, 2001). Segundo RIBEIRO et al. (2003b), no seu trabalho para adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão, foi testado dois cultivares a TPS Nobre (grupo preto) e a Pérola (grupo carioca), em diferentes tempos de embebição (2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas) e constatou que até 8 horas de embebição ocorre aumento no peso dos grãos e que, deixando mais tempo, há uma tendência de estabilização para essa variável, pois os grãos paralisam a absorção de água, o que pode ser constatado pelo volume restante de água que permanece no recipiente. No entanto, sugere-se a

avaliação do tempo ideal de embebição em maior número de genótipos, porque existe variabilidade para a capacidade de hidratação das sementes, podendo variar de genótipo para genótipo de acordo com RAMOS JUNIOR et al. (2002).

Portanto, a seleção para esse caractere pode ser útil para identificação precoce de linhagens com maiores facilidades de cozimento, desde que seja padronizada a metodologia para identificação rápida e eficiente da percentagem de absorção de água pelos grãos. Assim sendo, face aos diversos tempos de hidratação e conseqüentemente a apresentação de resultados contraditórios encontrados na literatura, torna-se importante às investigações sobre a existência da relação entre o teste de absorção de água e o tempo de cozimento.

2.5 FATORES QUE AFETAM O TEMPO DE COCÇÃO EM GRÃOS DE FEIJÃO

O cozimento é prática fundamental no preparo do feijão para consumo, assegurando a inativação dos elementos antinutricionais e proporcionando a manifestação das propriedades sensoriais de sabor e de textura exigidos pelos consumidores (YOKOYAMA & STONE, 2000).

Com a ocorrência da mudança social, a maioria das mulheres possui atividades fora do lar, restringindo o tempo disponível para o preparo das refeições, portanto, a adoção de uma cultivar pelos consumidores e, conseqüentemente, pelos agricultores está relacionado com o tempo de cozimento (BELICUAS et al., 2001). Cultivares cujos grãos cozinhem mais rápido proporciona maior economia de tempo e redução de gasto energético (YOKOYAMA & STONE, 2000). Períodos longos de cozimento podem causar mudanças celulares ocasionando perdas nutricionais (WASSIMI et al., 1988). Acordo CARNEIRO et al. (1999a) o desejável por apresentarem maior aceitação por determinada cultivar, são os genótipos que cozinhem em menos de 30 minutos.

Diversos são os fatores que interferem na qualidade dos grãos para o cozimento. Além da existência da variabilidade genética para esse caractere, as condições climáticas, como alta temperatura na fase de enchimento do grão, as condições de cultivo, manejo pós-colheita (secagem) e técnicas de armazenamento, são fatores preponderantes quando objetiva-se grão com tempo reduzido de cozimento (DALLA CORTE et al. 2003). Segundo SCHOLZ & FONSECA JUNIOR (1999a,b) às condições do grão 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. Também as condições locais de cultivo e/ou obtenção dos grãos para análise de

qualidade tecnológica tem influência direta nos resultados e na diferenciação entre os genótipos, indicando alta interação entre Genótipo x Ambiente (CARBONELL et al., 2003; RODRIGUES et al, 2003).

Vários autores têm relatado a existência de variabilidade genética para tempo de cozimento em feijão, com tempos variando de 15,0min a 100,3min (CARNEIRO et al., 1999a; CARNEIRO et al., 1999b; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b; RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JUNIOR et al., 2002; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004). Segundo CARNEIRO et al. (1999b), feijões do grupo carioca necessitam de maior tempo para a cocção por apresentarem maior percentagem de casca e menor percentagem de sólidos solúveis totais que os do grupo preto.

Apesar de existir escassez de informação a respeito do controle genético quanto à capacidade de cozimento, é possível encontrar na literatura a existência de alguns trabalhos referentes ao controle genético do tempo de cocção e da absorção de água, e de um modo geral, os resultados mostraram que o caráter possui herdabilidade alta (ELIA et al., 1997; BELICUAS et al., 2002; JACINTO-HERNANDEZ et al., 2003).

No trabalho realizado por PAULA (2004), a expressão desse caráter foi dependente da constituição genética do tegumento e, portanto, é um caráter que apresenta efeito materno, ficou evidenciado que no controle do caráter, devem estar envolvidos genes cuja interação alélica é de dominância, no sentido de aumentar o tempo necessário à cocção. BELICUAS et al. (2001) avaliaram herdabilidade através de hibridações controladas entre genitores contrastantes para o tempo de cozimento, constataram herdabilidade acima de 60%. Já COSTA et al. (1999) encontraram herdabilidade em torno de 98% para o tempo de cozimento, o que é um indicativo de que esta característica pode ser governada por poucos genes em função da alta herdabilidade, o que facilitaria a seleção.

A partir da portaria 294 de 14 de outubro de 1998, para que uma cultivar de feijão possa ser inscrita no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é necessário à avaliação do tempo de cozimento, com o uso do equipamento denominado cozedor de Mattson (PROCTOR & WATTS, 1987). A metodologia oficial é precisa, mas demorada, pois, permite a avaliação de poucas amostras de cada vez, o que restringe o seu emprego em gerações iniciais (F2 a F4) dos programas de melhoramento, quando se dispõe de um grande número de populações em avaliação.

Vários estudos indicam associação inversa entre absorção de água e tempo de cozimento (CASTELANOS & MALDONADO, 1994; IBARRA-PEREZ et al., 1996; ELIA et al., 1997), ou seja, o princípio é quanto maior a absorção de água menor o tempo de cozimento, entretanto, a utilização deste mesmo teste, como indicativo do tempo de cozimento, foi questionada, recentemente, devido à baixa correlação encontrada entre essas características (CARBONELL et al., 2003).

Portanto, é importante o desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento, que seja tão eficiente quanto rápido, como o teste da capacidade de absorção de água.

3 TEMPO DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DO TIPO D'ÁGUA¹

3.1 RESUMO

O feijão constitui-se uma importante fonte de proteína e minerais, mas seu consumo vem reduzindo devido ao longo tempo requerido para hidratação e cocção, necessário para aumentar a digestibilidade. O objetivo da pesquisa foi estudar o efeito do tipo de água sobre o tempo de cocção em grãos de feijão, em água ultra pura, destilada, torneira e mineral durante o processo de cocção. Os grãos da cultivar BRS-Valente foram hidratados até 21 horas em água ultra pura, e em intervalos de uma hora procedeu-se a cocção em água destilada e da torneira até o último tempo de hidratação. Apenas no tempo de 6 horas de hidratação procedeu-se a cocção nas águas ultra pura, destilada, torneira e mineral. O aumento no tempo de hidratação favoreceu o menor tempo de cocção, mas esta alta correlação (-0,9) foi explicada principalmente pela queda acentuada no tempo de cocção nas duas primeiras horas de hidratação. Assim, a correlação geral não explicou o real comportamento dos resultados obtidos, mas sim a análise conjunta através da regressão linear segmentada. Conclui-se que o rápido tempo de hidratação foi um indicativo do menor tempo de cocção para a cultivar BRS-Valente, desde que o grão apresentasse um percentual de 69% de hidratação, no tempo de 2 horas de hidratação. O uso da água ultra pura e destilada durante o processo de cocção proporcionou um nível normal de resistência à cocção (23 e 30 minutos), a água da torneira diferiu das demais e causou um nível resistente à cocção (± 37 minutos), enquanto que na água mineral o tempo de cocção foi muito elevado (>300 minutos).

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Qualidades culinárias. Tempo de hidratação. Regressão linear segmentada.

¹ Artigo aceito para publicação em maio/2008 na Revista Ciência e Agrotecnologia/Lavras/MG.

3.1.1 Abstract: Cooking time of dry bean grains according to water type

Beans are an important source of protein and minerals. But, they are underutilized because of long hydration and cooking times required to digestibility. The objective of this work was to evaluate the water quality in the cooking time of the grains of common bean in water pure; distilled; tap and mineral. The grains of BRS-Valente cultivar were analyzed to hydration time up to 21 hours in pure water. In intervals of 1 hour evaluated cooking time in water pure and distilled up to finished time. Only time of 6 hours from hydration evaluated cooking time in water pure; distilled; tap and mineral. The increase of the hydration time provided a decreases in cooking time, but the higher correlation (around -0.9) was negative because the decreased of cooking time in first 2 hours of hydration. Only the general correlation not explain the trend of results, but, it together linear regression segmented. The conclusion was the faster hydration time was indicative of the low cooking time from BRS-Valente, if the grain showed 69% of hydration in 2 hours of hydration. The use pure water along the cooking process provided normal level of cooking resistance (23 to 30 minutes), and tap water was different from all waters and provided medium resistance level of cooking (± 37 minutes), while the mineral water was very resistance (>300 minutes).

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L. Cooking quality. Hydration time. Regression linear segmented.

3.2 INTRODUÇÃO.

O feijão constitui-se numa das fontes de proteína e minerais de menor custo na dieta alimentar do brasileiro (COSTA et al., 2006). Contudo, devido aos hábitos alimentares da vida moderna, o consumo de feijão tem diminuído (CONAFE, 2005), principalmente devido ao limitado tempo para o preparo das refeições. O tratamento térmico do grão de feijão tem implicações de ordem nutricional, pois promove o desenvolvimento do sabor e textura adequados para o consumo e inativa fatores antinutricionais, mas os tempos prolongados de cozimento causam a perda de minerais, vitaminas e proteínas (PUJOLA et al., 2007; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

O tempo de cocção pode ser reduzido com a obtenção de novas cultivares, mas este processo é demorado, e sofre influencias da época de produção dos grãos (CARBONELL et al., 2003) e das condições de armazenamento (COELHO et al., 2007b). Assim, outra forma de

reduzir o tempo de cocção está em entender e utilizar fatores que influenciam mais significativamente o processo de cocção.

O elevado tempo de cocção nos grão de feijão pode ser devido a menor permeabilidade do tegumento do feijão, que pode promover resistência à circulação da água, causando hidratação mais lenta durante o cozimento (STANLEY & AGUILERA, 1985), principalmente em relação ao teor de cálcio na casca (PUJOLA et al., 2007) ou ainda ser devido à impermeabilidade dos cotilédones à água, em razão das modificações químicas que ocorrem antes do cozimento (COELHO et al., 2007a).

As características de hidratação e cocção normalmente estão inter-relacionadas, visto que muitos autores relacionam a maior capacidade de absorção de água pelos grãos com o menor tempo de cocção (PÉREZ HERRERA et al., 2002; RODRIGUES et al., 2005a), mas esta relação 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).

Portanto, é necessário entender como o processo de hidratação se relaciona com o tempo de cocção, ou seja, até que ponto a hidratação prévia ao cozimento é importante para diminuir o tempo de cocção mais prolongado. As divergências encontradas na literatura sobre a relação entre hidratação e cocção podem ser devido à falta de padronização metodológica, desde a umidade inicial dos grãos, pois a velocidade de hidratação vai ser mais rápida devido ao baixo potencial matricial da semente (MARCOS FILHO, 2005), ou ainda a diferença de temperatura da água durante a hidratação, a qual acelera este processo e promove maior percentual de hidratação (COELHO et al., 2008b), além do efeito do genótipo e época de cultivo, que são amplamente discutidas na literatura (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RODRIGUES et al., 2005b).

Além de todos os aspectos mencionados, outro fator poderia ser o tipo de água usada durante o processo de cocção. Segundo alguns autores, elevados níveis de cátions divalentes na água de cocção podem elevar acentuadamente o tempo de cocção, ou seja, os valores não poderiam ser superiores a 100 mg.L^{-1} (KYRIAKIDIS et al., 1997). Outros autores relacionam que os cátions, cálcio e magnésio participam na estabilização da molécula de pectina, resultando no endurecimento do tegumento ou ainda a composição de amido e proteína (PUJOLA et al., 2007; SÃO JOSÉ et al., 1986).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi relacionar as características de hidratação com o processo de cocção em diferentes tipos de água: torneira, destilada, ultra pura e mineral.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos da cultivar BRS-Valente foram obtidos de um experimento, conduzido no ano agrícola 2006/2007, em Lages, Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são 27° 52'30'' de latitude sul e 50° 18'20'' de longitude oeste, com altitude média de 930 m e caracterizado pela presença de verões brandos com chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizado, com três repetições, as parcelas experimentais foi constituída por quatro fileiras de 4m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5 metros. A área útil de cada parcela experimental foi composta pelas duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A semeadura foi realizada manualmente e a densidade de 12 sementes por metro linear. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações, nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifoliadas, conforme recomendação de adubação para a cultura do feijão segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004).

Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário de maneira que a cultura não sofresse competição. A colheita manual foi realizada em fevereiro de 2007 e, após a separação das impurezas, os grãos foram secos em estufa até atingir umidade de 12%, em média.

Os grãos destinados para análises laboratoriais foram provenientes das linhas centrais das parcelas, desconsiderando os das bordaduras, sendo necessário uma amostra total de 3.456kg de grãos para esse experimento. Posteriormente, foram armazenados em sacos plásticos hermeticamente fechados e conservados em geladeira (5°C) por 30 dias para evitar o envelhecimento acelerado (COELHO et al., 2007b), tempo suficiente para condução das análises quanto ao tempo de hidratação e percentual de hidratação em água ultra pura e o tempo de cocção em 4 diferentes tipos de água: torneira, destilada, mineral e ultra pura.

O teste da capacidade de hidratação, foi determinado com a pesagem de 16 g de grãos, que foram imersos em 100 mL de água ultra pura (MilliQ), na proporção de 1:6,25 respectivamente, e levadas para banhos-maria, com temperaturas controladas à 25°C (COELHO et al., 2007b). Para água da torneira e destilada consideraram-se amostras com

relação aos tempos pré-determinados de 1 hora até 21 horas em hidratação. Quanto às águas ultra pura e mineral, considerou-se apenas o tempo de 6 horas em hidratação. Após cada tempo pré-determinado, os grãos foram retirados e parcialmente secos em papel toalha. 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 nos tempos pré-estabelecidos (1, 2, 3, 4, 5...21 horas) foram submetidos ao teste de cozimento em água da torneira e destilada. Para os tipos de água ultra pura e mineral, realizou-se a cocção apenas no tempo de 6 horas de hidratação. O tempo de cozimento foi determinado através da utilização do cozedor de Mattson (Mattson, 1946), modificado por PROCTOR & 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. Tanto os testes de hidratação quanto os de cocção foram repetidos três vezes.

No caso da água destilada e da torneira as medidas de tempo de cocção foram respectivamente antes dos grãos hidratarem, e após cada tempo pré-determinado de hidratação. Nesta situação, para efeito de análise estatística foi considerado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial (tempo e a relação com os diferentes tipos de águas de cocção).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F para testar as hipóteses relativas aos efeitos principais e à interação entre os dois fatores (tempo de hidratação e tipos de água de cocção) sobre o percentual de hidratação e tempo de cocção. Também foram efetuadas análises de correlação linear de Pearson, de correlação parcial e de regressão entre as variáveis (MEAD et al., 2003). A análise da relação entre o tempo de hidratação e o tempo de cocção foi efetuada através do ajuste de regressão linear segmentada (PEIXOTO & SILVA, 1985).

Considerou-se o tempo de 6 horas de hidratação em água ultra pura como referência para realizar as demais comparações entre os tempos de cocção com a água destilada, torneira, ultra pura e mineral, com quatro repetições.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F para testar as hipóteses relativas aos contrastes específicos referentes às comparações de interesse

(MEAD et al., 2003). Todas as análises foram conduzidas utilizando-se o software R: Foundation for Statistical Computing (2007).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise de variância, observou-se efeito principal do tempo de hidratação, do tipo de água e da interação entre ambos sobre o tempo de cocção. Também se observou efeito significativo do tempo de hidratação sobre o percentual de hidratação.

O percentual de hidratação aumentou gradativamente até atingir um ponto de máxima de 90% (p/v) no tempo de 18h33min, e permaneceu constante até o tempo final de 21 horas de hidratação (Figura 1). Uma correlação significativa ($p < 0,01$) foi observada entre o tempo e percentual de hidratação, isto significa que quanto maior o tempo de permanência dos grãos na água de hidratação maior foi o percentual de água absorvido pelos mesmos, mas até 18h33min, quando ocorreu a estabilização. Uma variação semelhante, de 85 a 99%, foi encontrada por outros autores, com 25°C de temperatura da água de hidratação (RAMOS JUNIOR et al., 2005). Uma ampla variação (15 a 115%) entre cultivares em relação à absorção de água também foi observada quando o grão foi hidratado apenas por 4 horas (COSTA et al., 2001). As características dos genótipos em apresentarem este comportamento diferencial podem estar associadas à rigidez do tegumento (menor espaços intracelulares), aderência dos cotilédones (deposição de pectatos de cálcio na lamela média), elasticidade, porosidade e propriedades coloidais na absorção de água pelos grãos (ESTEVES et al., 2002; PUJOLA et al., 2007).

A análise da relação entre o tempo de hidratação e o tempo de cocção foi efetuada através do ajuste de regressão linear segmentada. A equação ajustada pode ser visualizada na Figura 2. Para seleção do ponto de corte além de considerações físico-químicas, levou-se em conta o modelo com menor quadrado médio residual. Observou nas primeiras 2 horas tanto para água destilada como para água da torneira um aumento acentuado no percentual de hidratação (Figura 1), o que coincide com um decréscimo no tempo de cocção. Procedendo-se o desmembramento do modelo nos seus dois segmentos, obtém-se para o tempo de hidratação menor ou igual a 2 horas, para água destilada, $y(d) = 61,15 - 18,93x$ e para água da torneira $y(t) = 78,25 - 23,74x$.

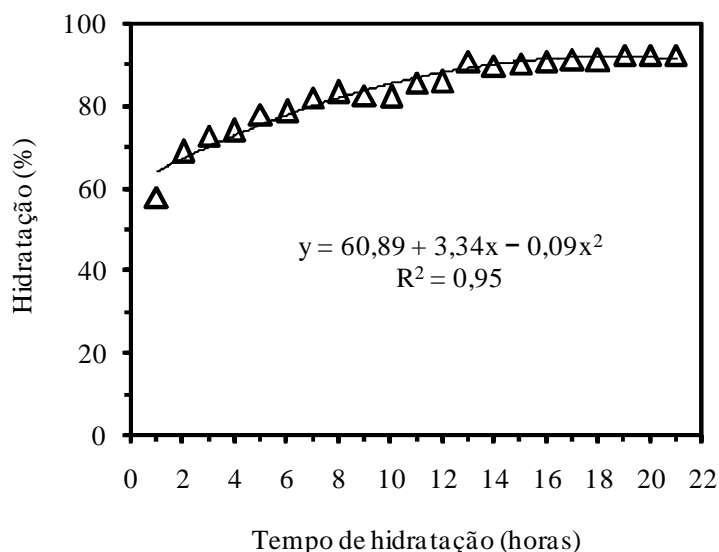


Figura 1 - Percentual de hidratação em função do tempo que o feijão permaneceu hidratando em água ultra pura.

Nesta fase inicial, o grão se encontra com alta proporção solutos/água, portanto a absorção de água pelo grão ocorre rapidamente. Um aspecto interessante foi que os grãos com 69% de hidratação (2 horas) apresentaram um tempo de 23 e 30 minutos de cocção, o qual é considerado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (PROCTOR & WATTS, 1987), como nível de resistência à cocção, normal à média, que fica na faixa de 21 a 32 minutos.

Quando o tempo de hidratação foi superior a 2 horas, notou-se tendência de aumento no tempo cocção, com $y(d) = 22,19 + 0,54x$ e $y(t) = 29,54 - 0,62x$ (Figura 2). Não é citado na literatura o porquê deste efeito, mas sabe-se que tempos de hidratação superiores à 12h49min (RODRIGUES et al., 2005a) e 16 horas (DALLA CORTE et al., 2003) causaram um aumento no tempo de cocção. Uma possível explicação para este aumento no tempo de cocção poderia estar relacionada com a composição química da semente, visto que quanto maior o tempo que o grão permanecer em água maior é a lixiviação de minerais e proteínas, os quais podem favorecer a lignificação da lamela média (REYES-MORENO & PAREDEZ-LOPEZ, 1993).

Ao fazer o estudo de correlação parcial entre tempo de hidratação e tempo de cocção, retirando-se o efeito do percentual de hidratação, observou-se uma correlação negativa significativa de -0,90 para água destilada e -0,87 para a água da torneira. O aumento no tempo de hidratação favoreceu o menor tempo de cocção, no entanto esta alta correlação,

provavelmente deve-se à queda acentuada no tempo de cocção nas duas primeiras horas de hidratação (Figura 2).

Este mesmo comportamento ocorre entre o percentual de hidratação e tempo de cocção, pois ao se retirar o efeito do tempo de hidratação obteve-se um coeficiente de correlação de -0,96 para água destilada e de -0,95 para a água da torneira. Deste modo, fica evidente que a correlação apenas não explica o comportamento dos resultados obtidos, mas sim se considerada juntamente com a regressão linear segmentada. Esta correlação negativa entre o percentual de hidratação e tempo de cocção já foi citada por outros autores (CASTELLANOS et al., 1995; ELIA et al., 1997; RODRIGUES et al., 2005a; RODRIGUES et al., 2005b), mas não foi explorado o porquê destas correlações serem negativas.

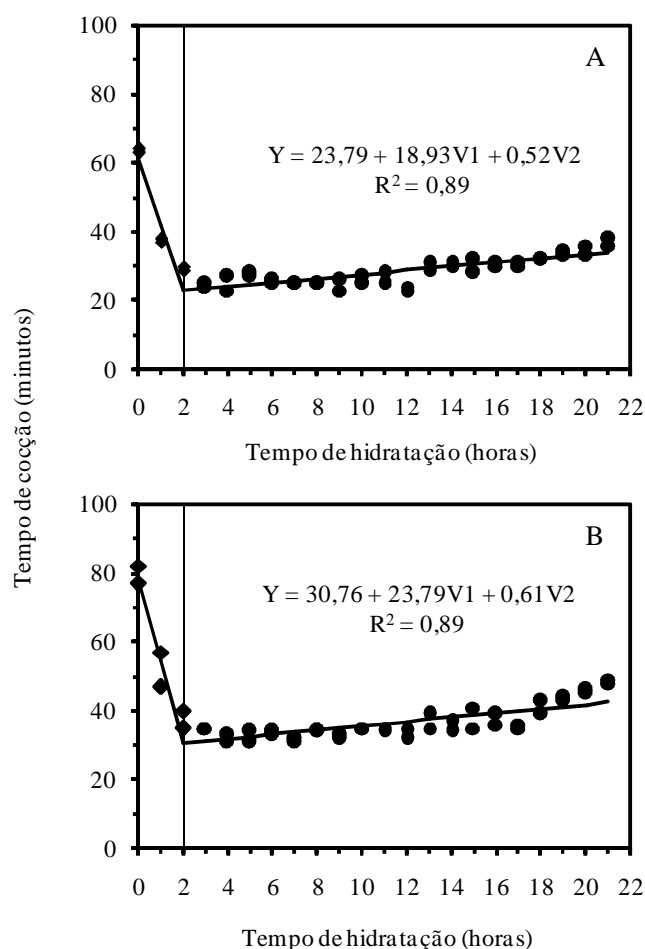


Figura 2 – Análise de regressão linear segmentada entre tempo de hidratação e de cocção de feijão nas águas destilada (A) e da torneira (B). Y – Tempo de Cocção; X – Tempo de Hidratação; V1 e V2 são variáveis auxiliares. Quando tempo de hidratação (X) ≤ 2 , $V1=2-X$ e $V2=0$. Se $X > 2$, $V1=0$ e $V2=X-2$.

Apesar do comportamento semelhante entre tempo de hidratação e tempo de cocção para água destilada e da torneira, verificou-se pelo teste F que o tempo de cocção foi significativamente superior para água da torneira em todos os respectivos tempos de hidratação (Tabela 1). Este fato pode ser explicado pela composição da mesma, considerando que a água da torneira pode apresentar maior concentração de cátions, esta explicação estaria coerente com a literatura que cita que elevados níveis de cátions divalentes na água de cocção podem elevar acentuadamente o tempo de cocção, com valores não superiores a 100 mg.L^{-1} (KYRIAKIDIS et al., 1997) e que uma possível explicação para este efeito estaria relacionado que os cátions, cálcio e magnésio participam na estabilização da molécula de pectina, resultando no endurecimento do tegumento (SÃO JOSÉ et al., 1986).

Para dar mais sustentação a esta hipótese, testou-se outros tipos de água, considerando o tempo de hidratação de 6 horas, onde o tempo de cocção se apresentou numa faixa considerada resistência média a cocção (PROCTOR & WATTS, 1987). Para esta comparação testou-se contrastes específicos através do teste F, os quais mostraram efeito significativo ($P < 0,01$) entre água mineral com água da torneira, destilada e ultra pura. O contraste que faz a comparação entre água da torneira com água destilada e ultra pura foi significativo a 5%. A comparação entre água destilada e ultra pura não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) (Tabela 2). Estes resultados mostram que a água destilada e a ultra pura proporcionaram os menores tempo de cocção, e que a água mineral (rica em carbonatos de cálcio e magnésio) apresentou efeito acentuado no aumento do tempo de cocção. Os resultados obtidos sustentam a hipótese de que o nível de cátions afeta o tempo de cocção, e que os valores podem ser inferiores a 100 mg.L^{-1} (KYRIAKIDIS et al., 1997), pois a composição da água mineral (rótulo da embalagem) quanto aos níveis de cálcio foi de $25,68 \text{ mg.L}^{-1}$ e magnésio de $6,56 \text{ mg.L}^{-1}$; associado a elevados níveis de bicarbonato igual a $126,16 \text{ mg.L}^{-1}$ proporcionaram elevados tempos de cocção, superiores ao máximo valores citados por PROCTOR & WATTS (1987) que considera nível muito resistente para tempo de cocção superior a 36 minutos.

Tabela 1-Tempo de cocção do feijão para água destilada e da torneira nos diferentes tempos de hidratação.

Tempo de hidratação (horas)	Cocção na água destilada (minutos)	Cocção na água da torneira (minutos)
0	63,5	79,5**
1	37,5	52,0**
2	29,5	37,5**
3	24,5	35,0**
4	25,0	32,0**
5	27,5	32,5**
6	25,5	33,5**
7	25,0	31,50*
8	25,0	34,0**
9	24,5	32,5**
10	26,0	35,0**
11	20,5	34,5**
12	23,5	33,5**
13	30,0	37,0**
14	30,5	35,50*
15	30,0	38,0**
16	30,5	37,5**
17	30,5	35,50*
18	32,0	41,0**
19	33,0	43,0**
20	33,0	45,0**
21	36,0	48,0**
Erro Padrão	1,41	
CV (%)	5,69	

*Significativo a 5% pelo F- teste; ** Significativo a 1% pelo F-teste. Número repetições: 3

Tabela 2 - Tempo de cocção de feijão em água ultra pura, destilada, torneira e mineral com seis horas de hidratação em água ultra pura.

Tipo	Média	Contrastes	Estimativas	Erro Padrão
Ultra pura (1)	26,50	{4} vs. {1,2,3}	871,25 **	8,74
Destilada (2)	29,25	{3} vs. {1,2}	17,75 *	6,78
Torneira (3)	36,75	{1} vs {2}	2,75 NS	3,57
Mineral (4)	321,25			

*Significativo a 5% pelo F- teste; ** Significativo a 1% pelo F-teste; NS Não significativo, Número repetições: 3.

3.5 CONCLUSÕES

O rápido tempo de hidratação (2 horas) tanto para a água da torneira como para a água destilada foram um indicativo do menor tempo de cocção para a cultivar BRS-Valente, desde que o grão apresente um percentual mínimo de 69% de hidratação.

O tempo superior a 2 horas de hidratação e o maior percentual de hidratação (> 69%) não foram indicativos de menor tempo de cocção.

Os grãos cozido em água ultra pura e destilada não diferiram no tempo de cocção, e apresentaram um nível normal de resistência (<30 minutos). A água da torneira diferiu das demais e causou um nível resistente à cocção em torno de 37 minutos, enquanto que na água mineral o tempo de cocção foi muito elevado, superior a 300 minutos.

4 DIVERSIDADE GENÉTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DO TEMPO E PERCENTUAL DE HIDRATAÇÃO PRELIMINAR AO TESTE DE COCÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO

4.1 RESUMO

O tempo de hidratação prévio à cocção varia de 2 a 18 horas, isto dificulta estabelecer um padrão que proporcione o menor tempo de cocção. O objetivo do trabalho foi utilizar a diversidade genética, de genótipos crioulos, para avaliar o efeito da capacidade de hidratação sobre a cocção dos grãos de feijão, visando padronizar um percentual e/ou um tempo mínimo de hidratação prévio à cocção. Foram utilizados 18 genótipos crioulos e 4 comerciais da safra 2006/2007 e 2007/2008, sendo que nessa última safra utilizou-se um genótipo comercial a mais (grupo comercial manteigão/rajado). Realizaram-se os tratamentos de hidratação: ponto de estabilização e hidratação por 0, 2, 4, 6, 8 e 16 horas, imersos em água ultra-pura, nos respectivos tempos de hidratação, e determinou-se o tempo de cocção. Baseado nos resultados obtidos, os 23 genótipos avaliados apresentam ampla diversidade genética para tempo de cocção. Assim, foi possível indicar 7 horas e 82,5% de hidratação como padrão de hidratação prévia aos testes de cocção tanto para seleção precoce de linhagens, como nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão. O fator rápido tempo de cocção nos grãos foi associado ao processo de hidratação prévio inferior a máxima hidratação, o que proporcionou economia de tempo e maior representabilidade nos resultados obtidos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.. Capacidade de hidratação. Tempo de cocção. Qualidade tecnológica.

4.1.1 Abstract: Genetic diversity for standardization of the soaking content previously to the cooking quality test in common bean grains

On the previous process to bean grains cooking, soaking time of the grains had been between 2 to 18 hours, which difficult to standardize soak time associated to a shorter time for cooking. The objective was evaluate the effect of hydration capacity on beans grains cooking

considering different times, in order to standardize a shorter time for cooking. It was made with 18 landraces and 4 commercial genotypes. The beans grains were obtained on the same conditions at 2006/2007 and 2007/2008 growing season. The treatments were: complete soaking or partial soaking for times during 0, 2, 4, 6 and 8 hours in pure water at 25°C, following the determination of the cooking time for each soak condition. The results obtained showed that 22 genotypes evaluated were higher genetic diversity to cooking time. This relations permitted to indicate 7 hours and hydration minimum of 82.5% as a condition optimized to reach the fastest cooking time, and must be used previously to cooking time determination, in the early common bean cultivars and lines to orient breeding programs or for advanced genotypes included in official trial currently named cropping and use value experiment - VCU of common bean, because proportioned a short time and results more confinable.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L. soaking. cooking time. technological characteristic.

4.2 INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento de grande importância econômica e social, constituindo, juntamente com o arroz, a base da dieta do povo brasileiro (MOURA et al., 1994). Apesar de sua importância, e do fato do Brasil ser o maior produtor de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), seu consumo vem diminuindo (ROMANO et al., 2005a), principalmente devido ao limitado tempo para o preparo das refeições (BELICUAS et al., 2001). Assim, para reversão desse quadro, é de suma importância que além de elevada produtividades que são obtidas nas variedades comerciais de feijão, deve-se considerar a seleção de genótipos que apresentem tempo de cocção reduzido (CARBONELL et al., 2003).

Na seleção precoce das linhagens, bem como, nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), são realizados testes de hidratação prévia à cocção para a introdução ou descarte dos genótipos, porém, na literatura observam-se divergências quanto aos tempos de hidratação, os quais variam de 2 a 18 horas, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos. Apesar de existir uma metodologia a ser utilizada, descrita na Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (BRASIL-Ministério da Agricultura, 2006) que considera o padrão o tempo de 16 horas de hidratação em água destilada (PROCTOR & WATTS, 1987), isto não é usado em todos os trabalhos, pois constatou-se diferentes tempos de hidratação dos grãos, de 18 horas (GARCIA-VELA &

STANLEY, 1989), 16 horas (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003), de 12 horas (LEMOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR et al., 2005), de 8 horas (RODRIGUES et al., 2004), de 4 horas (COSTA et al., 2001) e de 2 horas (RODRIGUES et al., 2004). Portanto, em razão dessas divergências há necessidade da padronização do tempo e/ou do percentual de hidratação dos grãos, previamente ao tempo de cocção.

O fato dos grãos permanecerem um tempo prolongado no processo de hidratação pode causar perdas significativas de proteínas solúveis e sólidos totais na água de hidratação não absorvida pelos grãos (ROMANO et al., 2005b). Apesar do tempo de cozimento diminuir com o aumento do tempo de permanência dos grãos em embebição, tempos de 16 horas de permanência dos grãos de feijão em hidratação antes da avaliação do tempo de cozimento podem ser desnecessários, já que nem sempre possibilita cozimento mais rápido (CARNEIRO et al., 1999a; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003).

A grande dificuldade de avaliar o tempo de cocção está na identificação de um método que seja eficiente e rápido. O uso da capacidade de hidratação dos grãos, alternativamente pode ser um parâmetro para seleção precoce de genótipos para o menor tempo de cocção, desde que o fator “menor tempo” para o grão atingir a sua máxima hidratação seja um indicativo do menor tempo de cocção. Esta relação direta é encontrada por alguns autores (IBARRA-PERÉZ et al., 1996; RODRIGUES et al., 2005a), mas 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). Assim, características que podem estar relacionadas com o cozimento, como a quantidade de água absorvida pelos grãos, pode ser utilizada na identificação de genótipos para menor tempo de cozimento.

As dificuldades em obter genótipos com menor tempo de cocção são elevadas, considerando que no melhoramento existe grande pressão na seleção de cultivares mais uniformes (tamanho, formato, coloração do tegumento dos grãos) e produtivas, assim muitas espécies cultivadas podem ser mais vulneráveis devido ao estreitamento da base genética (genótipos elites como fonte base de programas de melhoramento) que podem levar à perda de alguns caracteres, como qualidade tecnológica e nutricional dos grãos. Tais caracteres têm mais chances de serem encontrados em genótipos crioulos, por possuírem uma base genética mais ampla e maior proporção de genes distintos devido à grande diversidade genética (LOARCE et al., 1996; COELHO et al., 2007b).

Sendo assim, evidencia-se o desenvolvimento de metodologias que possibilitem à identificação precoce de genótipos com menor tempo de cozimento, através do conhecimento prévio da capacidade de hidratação dos grãos de feijão. Portanto, este trabalho teve como

objetivo, utilizar a diversidade genética de genótipos crioulos para avaliar o efeito da capacidade de hidratação sobre a cocção dos grãos de feijão, com o intuito de padronizar um percentual e/ou um tempo mínimo de hidratação prévio à cocção.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os 23 genótipos de feijão (18 crioulos + 5 comerciais) foram previamente selecionados, sendo os crioulos selecionados quanto as características agronômicas desejáveis como, cor da semente, hábito de crescimento, produtividade e também ampla diversidade no tempo de cocção, provenientes do banco ativo de feijão (BAF) do CAV/UEDESC (BAF's 03, 04, 07, 11, 13, 26, 41, 42, 44, 46, 50, 55, 58, 75, 81, 84, 97, 102) e os 5 genótipos comerciais por serem recomendados para a região: BAF111 (Pérola), BAF112 (IPR-88-Uirapurú), BAF115 (BRS-Valente), BAF121 (Iapar 81) e BAF192 (BRS-Radiante).

Os experimentos referente às safras agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, foram conduzidos em Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são 27° 52'30'' de latitude sul e 50° 18'20'' de longitude oeste, com altitude média de 930m e caracterizado pela presença de verões brandos com chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com três repetições, nas safras agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 (ano 1 e ano 2), as parcelas experimentais foram constituída por quatro fileiras de 4m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5 metros. A área útil de cada parcela experimental foi composta pelas duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação realizada no sulco de semeadura de acordo com a recomendação da Comissão Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC). A semeadura foi realizada manualmente e a densidade de 12 sementes por metro linear. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações, nos estádios vegetativos de três a cinco trifólios (V3 – V5), conforme recomendação de adubação para a cultura do feijão segundo a Comissão Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004).

Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados, sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição. A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas em janeiro de 2007 e 2008 e, após a separação das

impurezas, em máquinas de ar e peneira, os grãos foram secos ao sol, e, havendo necessidade, em estufa, até atingir umidade de 12%, em média.

Os grãos recém colhidos, produzidos sob mesmas condições, visto que, o ambiente de cultivo e o armazenamento afetam a tempo de cozimento (CARBONELL et al., 2003; COELHO et al., 2007a), foram acondicionados em sacos de papel e armazenados em câmara fria (5°C), visando evitar o envelhecimento acelerado (COELHO et al., 2007a), até serem analisadas quanto à capacidade de hidratação e tempo de cocção.

A partir da obtenção dos grãos conduziram-se os experimentos em laboratório, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com o objetivo de avaliar as variáveis, capacidade de hidratação e tempo de cocção, referente aos tratamentos: estabilização da hidratação e nos tempos 0, 2, 4, 6, 8 e 16 horas em embebição.

A capacidade de hidratação foi determinada de duas maneiras, a primeira até atingir a estabilização (máxima eficiência técnica) e a segunda consistiu em submeter os grãos aos tratamentos de embebição: 0, 2, 4, 6 e 8 horas, para safra 2006/2007 e 2007/2008, sendo que na safra 2 realizou-se também o tratamento com 16 horas de embebição. Para ambos os testes realizou-se a pesagem de 16g de grãos de feijão acondicionados em um erlenmayer ao qual foi feita a adição de 100 mL de água ultra pura (MilliQ), na proporção de 1:6,25 (p/v) respectivamente, à temperatura de 25°C (COELHO et al., 2007a), mantidos em banho-maria e a cada intervalo de 1 hora, os grãos foram pesados. No primeiro caso até os grãos apresentarem-se completamente hidratados, ou seja, quando estabilizou a massa, num intervalo de três medidas consecutivas. No segundo, as medidas de hidratação apenas nos tempos previamente estabelecidos. Após os tempos pré-determinados (2, 4, 6, 8 e 16 horas), os grãos foram retirados e parcialmente secos com papel toalha, para retirar o excesso de água junto ao tegumento. O valor de absorção de água nos grãos foi expresso em percentagem de água absorvida através da 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 que atingiram sua estabilização de hidratação e aqueles hidratados apenas por 2, 4, 6 e 8 horas na safra 2006/2007, bem como, os hidratados por 16 horas na safra 2007/2008, foram submetidos à cocção. Para todos os genótipos em ambas as safras, realizou-se a cocção dos grãos sem a hidratação. Como propõe a metodologia oficial, o tempo de cocção foi determinado através da utilização do equipamento “cozedor de Mattson” (PROCTOR & WATTS, 1987). O cozimento foi sob água destilada fervente (~96° C), à medida que ocorria o cozimento, as hastes caíam e atravessavam os grãos, anotando-se o

tempo decorrido do início da fervura até a queda das hastes. O tempo de cozimento foi considerado quando 13 hastes (50% mais uma) perfuraram os grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se teste F para verificar efeito de tratamento, ou seja, testar as hipóteses relativas aos efeitos principais e da interação, genótipo x ano. O desdobramento dos graus de liberdade e a comparação entre ano para cada genótipo foram realizados pelo teste de t a 5% de probabilidade de erro. Em complementação, realizou-se análise de regressão para caracterizar o comportamento dos genótipos nos diferentes tempos e capacidade de hidratação e suas relações com os tempos de cocção. Para comparar os tratamentos: 0, 2, 4, 6 e 8 horas com o controle (16 horas), os dados foram submetidos ao teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

À medida que aumentou o tempo de hidratação, de 2, 4, 6 para 8 horas, observou-se um aumento no percentual de hidratação em todos os genótipos em ambos os anos 1 e 2 (2006/2007 e 2007/2008), onde constatou-se que o tempo de máxima capacidade de hidratação foi de 9,4 horas e 81,4% de hidratação (ano 1) e tempo de 7,2 horas e 85,6% no ano 2 (Figura 3 A, A', B, B', C). Este comportamento fornece indícios de que não é necessário um tempo de 16 horas para obter a máxima hidratação, como proposto por PROCTOR & WATTS (1987). Particularmente, no tempo de 8 horas, constatou-se 82% e 100% dos genótipos apresentaram alta capacidade de hidratação, com valores acima de 70%, em ambos os anos de cultivo (1, 2) (Figura 3 A, A', B, B', C). Contudo, um elevado percentual de hidratação isoladamente não serve de parâmetro, é necessário relacioná-lo com o tempo de cocção.

Ao relacionar os diferentes tempos de hidratação (0 a 8 horas) com os respectivos tempos de cocção, observou-se o ponto de mínima no tempo de cocção (33,9 minutos) com 6,9 horas de hidratação (ano 1), e de 21,7 minutos, com 7,2 horas de hidratação no ano 2 (Figura 4). Estes resultados reforçam a hipótese proposta neste trabalho, que não são necessárias 16 horas de hidratação para determinação do tempo de cocção em grãos de feijão. Mas, para confirmação desta hipótese, determinou-se a relação do tempo de cocção também com o percentual de hidratação, e verificou-se para o ano 1 o tempo mínimo de cocção de 30,5 minutos com um percentual de 82,6% de hidratação, e no ano 2 o tempo mínimo de cocção foi de 23,9 minutos com 99% de hidratação (Figura 3). Estes resultados indicam que o grão deve ter atingido um percentual mínimo de hidratação para a determinação do tempo de

cocção, mas também indicam que as condições ambientais de cultivo de um ano para o outro afetam ambos o percentual de hidratação e o tempo de cocção. Entretanto, mesmo assim, um tempo inferior a 8 horas de hidratação foi suficiente para detectar tais diferenças, tanto entre genótipos quanto entre os anos de cultivo.

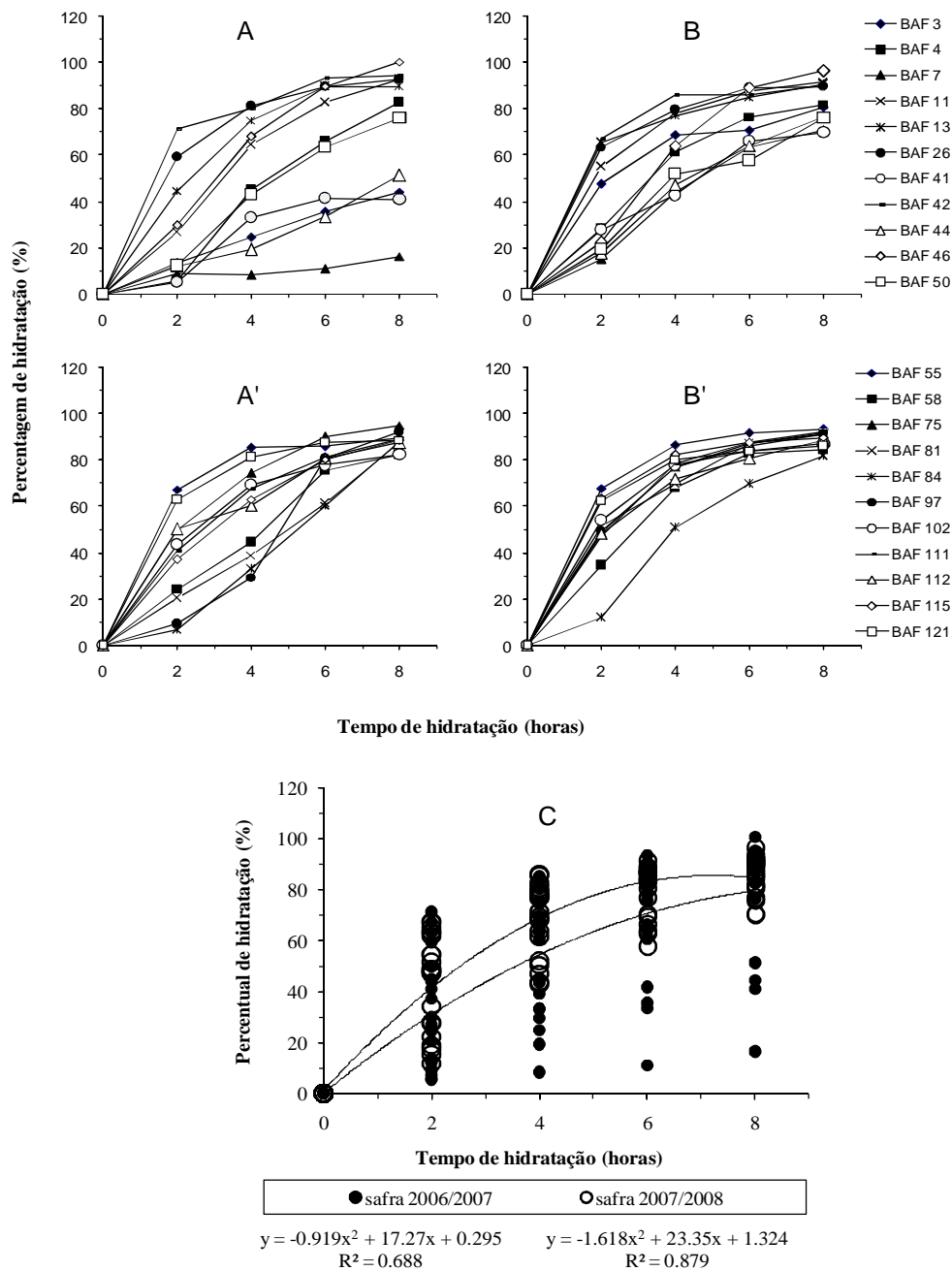


Figura 3 - Comportamento de 22 genótipos de feijão quanto à capacidade de hidratação (percentual) em função do tempo de hidratação. Sendo A e A'; safra 2006/2007 e B e B'; safra 2007/2008. Regressões ajustadas da percentagem de hidratação dos grãos em função destes terem sido submetidos a embebição de 0 a 8 horas (C).

A relação encontrada entre menor tempo de cocção com maior percentual de hidratação concorda com os resultados observados por JACINTO et al. (1999), que relatam correlação negativa e significativa entre absorção de água e o tempo de cozimento, mas contraria aquele obtido por DALLA CORTE et al. (2003) que encontraram correlação positiva e alta ($r = +0,51$), por CARBONELL et al. (2003) que obtiveram valores de baixa-média magnitude ($r = -0,19$ a $+0,22$) entre as variáveis absorção de água e tempo de cozimento e por RAMOS JUNIOR et al. (2005) que sugerem ausência desta relação. 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.

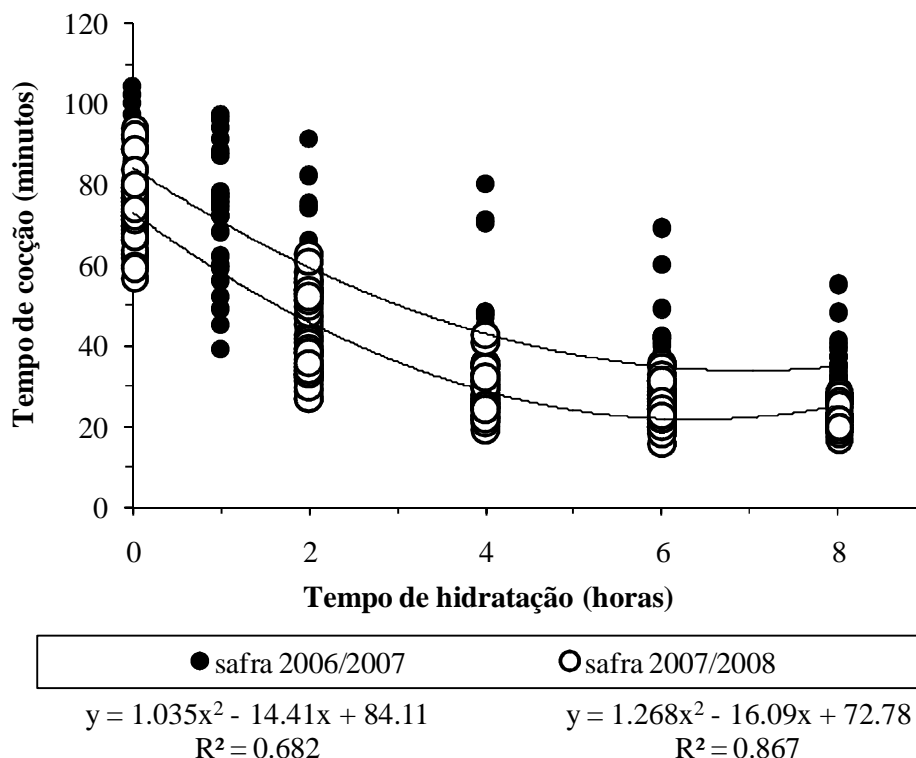


Figura 4 - Relação entre tempo de hidratação e respectivo tempo de cocção de 22 genótipos de feijão sob hidratação dos grãos de zero a oito horas de 22 genótipos de feijão, nas safras 2006/2007 e 2007/2008.

Devido a interação genótipo x ano, fez-se a comparação entre anos de cultivo (1 e 2) para cada genótipo no tempo específico de 8 horas de hidratação, e verificou-se que o percentual de hidratação diferiu significativamente para 55% dos genótipos, e na média o percentual de hidratação foi maior no ano 2 (8,4%) (Tabela 3). Em relação ao tempo de cocção, observou-se efeito altamente significativo entre os anos de cultivo para a maioria dos

genótipos (95,5%), e na média o tempo de cocção foi menor em 9,9 minutos no ano 2 (Tabela 3).

A ampla diversidade entre os genótipos escolhidos para este experimento foi verificada pela variação observada nos valores de percentual de hidratação e tempo de cocção. O percentual de hidratação variou de 16,4 % a 100,4 %, (média de 77,6%) no ano 1, e 69,8 % a 96,3% no ano 2 (média de 86%). O tempo de cocção foi entre 19,5 a 47,5 minutos (média 33,3 min.) no ano 1 e 17,5 a 28 minutos (média 23,4 min.) no ano 2 (Tabela 3).

Tabela 3 - Percentagens de hidratação e respectivos tempos de cocção de 22 genótipos de feijão quando submetidos a embebição prévia de 8 horas.

Genótipos	Percentagem de hidratação (%)			Tempo de cocção (minutos)		
	safra 2006/2007	safra 2007/2008		safra 2006/2007	safra 2007/2008	
BAF3	44,2	80,9	**	47,5	27,0	**
BAF4	82,9	82,1	ns	32,0	23,0	**
BAF7	16,4	70,9	**	55,0	27,5	**
BAF11	92,7	91,9	ns	29,0	22,5	**
BAF13	89,7	90,7	ns	28,0	22,5	**
BAF26	92,9	89,6	ns	30,5	27,0	*
BAF41	40,9	69,8	**	39,0	28,0	**
BAF42	94,6	90,1	*	32,0	23,5	**
BAF44	46,2	76,6	**	32,0	27,0	**
BAF46	100,4	96,3	*	32,5	27,0	**
BAF50	76,2	76,0	ns	39,5	19,0	**
BAF55	89,8	93,4	*	34,5	22,0	**
BAF58	82,3	84,3	ns	34,5	24,0	**
BAF75	95,1	91,1	*	28,5	21,5	**
BAF81	73,8	92,0	**	21,0	27,0	**
BAF84	69,2	81,7	**	19,5	17,5	ns
BAF97	92,5	91,1	ns	30,0	22,0	**
BAF102	82,4	86,9	*	24,5	19,5	**
BAF111	89,4	92,2	ns	36,5	21,0	**
BAF112	79,2	88,4	**	40,5	25,0	**
BAF115	88,5	89,8	ns	37,5	22,0	**
BAF121	88,9	86,0	ns	29,5	20,0	**
Media	77,65	86,00	**	33,34	23,43	**
CV	3,10	0,99		6,52	3,81	

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 das linhagens e das cultivares em diferentes locais, anos agrícolas e nas épocas de semeadura (RAMALHO et al., 1993; DUARTE & ZIMMERMANN, 1994; PIANA et al., 1999; CARBONELL & POMPEU, 2000). 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 & FONSECA JUNIOR, 1999a; SCHOLZ & FONSECA JUNIOR, 1999b).

Apesar do efeito de ano de cultivo, observaram-se genótipos promissores para baixo tempo de cocção, os quais foram os BAFs: 84 e 102 em relação ao BAF 121 (Iapar 81), com tempos médios nos dois anos de cultivo de 18,5 e 22 minutos. Estes tempos são considerados de susceptibilidade média (16 a 20 minutos) e resistência normal (21 a 28 minutos) ao cozimento respectivamente (RAMOS JUNIOR et al., 2005).

Para confirmar que não seria necessário um tempo superior a 8 horas de hidratação, conduziu-se também as análises na condição de estabilização da hidratação (máxima capacidade de hidratação). Para isto, observaram-se as diferenças entre os genótipos e sua interação com ano de cultivo, e constatou-se que o tempo de hidratação foi significativamente diferente em 63,6% dos genótipos entre os anos 1 e 2, com um tempo médio de 8,4 e 10,8 minutos, respectivamente (Tabela 4). Ressalta-se que apenas dois genótipos (BAF 3 e 7) requereram tempos de 15,5-16 horas para alcançarem a máxima hidratação.

Em comparação com a literatura, os trabalhos mostram tempos semelhantes para a máxima capacidade de hidratação, entre 8h10min e 12h1min para 15 cultivares do grupo comercial Carioca, e tempos de cocção entre 33 a 45 minutos (RAMOS JUNIOR et al., 2005). Em outro trabalho, também com feijão do grupo comercial Carioca, dos 29 genótipos, 28 (96,6%) apresentaram tempo de máxima hidratação, entre 8h8min e 10h58min em dois anos consecutivos, 2001 e 2002 (LEMOS et al., 2004). Para as cultivares de feijão Guapo Brilhante e Pérola, 52% de hidratação, referente a 5 horas de embebição foi suficiente para obter o menor tempo de cozimento (ROMANO et al., 2005a).

Quanto ao percentual de hidratação, na condição de máxima hidratação, constataram-se diferenças significativas em 45,5% dos genótipos, com média de 88,5 e 91,8% no ano 1 e 2 respectivamente. Já no tempo de cocção, 63,6 % dos genótipos diferiram, com uma média de tempo de 30,7 e 24,6 minutos nos respectivos anos (Tabela 4). É importante salientar que mesmo deixando os grãos por mais tempo no processo de hidratação o tempo de cocção médio foi semelhante ao obtido quando os grãos permaneceram apenas por 8 horas prévias na hidratação (Tabela 3, 4 e Figura 5) o que evidencia não ser necessário que o grão permaneça 16 horas no processo de hidratação, como o recomendado pela Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (BRASIL-Ministério da Agricultura, 2006), o qual cita o trabalho de PROCTOR & WATTS (1987) como referência.

Tabela 4 - Tempo necessário para alcançar a capacidade máxima de hidratação (TCMH) e respectivas percentagens de hidratação e tempos de cocção de 22 genótipos de feijão.

Genótipos	TCMH			Percentagem de hidratação (%)			Tempo de cocção (minutos)		
	(horas)								
	safra 2006/2007	safra 2007/2008		safra 2006/2007	safra 2007/2008		safra 2006/2007	safra 2007/2008	
BAF3	11,0	16,0	**	76,0	86,8	**	40,9	25,0	**
BAF4	10,0	11,0	ns	86,6	90,6	ns	28,7	23,0	**
BAF7	11,5	15,5	**	49,2	84,2	**	38,1	34,0	*
BAF11	8,0	10,3	**	92,7	94,7	ns	27,0	23,5	ns
BAF13	8,0	9,5	ns	97,1	93,4	ns	29,3	23,0	**
BAF26	7,0	12,0	**	94,2	99,7	*	31,0	26,0	*
BAF41	12,5	12,0	ns	83,5	90,4	*	34,5	27,0	**
BAF42	5,5	9,5	**	95,4	88,8	*	26,2	23,5	ns
BAF44	9,5	12,5	**	83,1	80,4	ns	27,0	25,0	ns
BAF46	7,0	8,5	ns	100,9	96,3	ns	35,7	27,0	**
BAF50	10,0	11,0	ns	88,1	78,6	**	47,6	24,5	**
BAF55	5,0	11,5	**	88,9	93,7	ns	30,4	25,5	*
BAF58	8,0	10,5	**	81,8	91,3	**	29,9	22,0	**
BAF75	7,5	10,5	**	96,1	92,8	ns	25,7	25,5	ns
BAF81	8,0	11,0	**	91,7	91,2	ns	26,3	25,5	ns
BAF84	8,0	10,5	**	98,0	99,5	ns	23,7	17,5	**
BAF97	9,5	6,5	**	89,5	101,4	**	25,5	22,5	ns
BAF102	8,0	8,5	ns	85,8	90,0	ns	25,1	22,5	ns
BAF111	7,5	11,5	**	95,9	95,8	ns	35,0	23,0	**
BAF112	8,0	9,5	ns	87,7	90,6	ns	29,5	25,0	*
BAF115	8,0	9,5	ns	94,7	87,1	**	27,0	25,5	ns
BAF121	7,0	10,5	**	91,3	101,5	**	31,2	26,0	*
Média	8,39	10,81	**	88,52	91,76	**	30,69	24,64	**
CV	5,78	9,16		4,29	0,72		8,77	3,78	

Em relação a variável percentagem de hidratação relativa aos tempos 2, 4, 6 e 8 horas, quando comparados com o controle (16 horas), diferiram significativamente em 60% dos genótipos, ou seja, o volume de água absorvido aumentou com o tempo em que permaneceram hidratando. Para a variável tempo de cozimento em função da hidratação nos tempos: 2, 4, 6 e 8 horas em relação ao controle (16 horas), mostrou que 52% dos genótipos com 4 horas, 65,21% dos genótipos com 6 horas e 100% dos genótipos com 8 horas, não diferiram significativamente do controle (16 horas). Portanto, mesmo que tenha ocorrido um incremento na absorção de água pelos grãos em função do tempo que ficou hidratando, para os genótipos avaliados, não foi indicativo de menor resistência ao cozimento, reforçando a hipótese de não ser necessário que os grãos permaneçam por mais de 8 horas no processo de hidratação (Tabela 5).

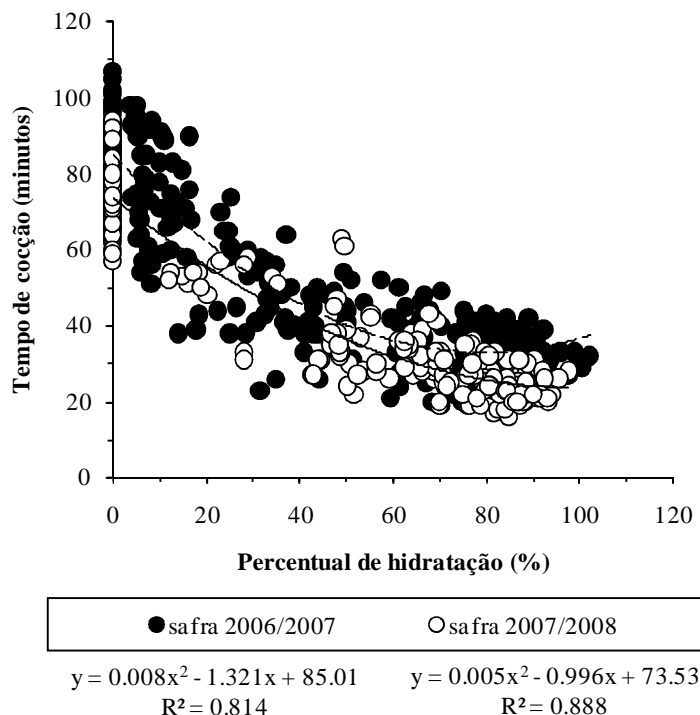


Figura 5 - Relação entre percentual de hidratação e tempo de cocção de 22 genótipos de feijão sob hidratação dos grãos de zero a oito horas (símbolos fechados, safra 2006/2007 com $r=-0,85$; símbolo abertos safra 2007/2008 com $r=-0,92$).

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 & LEMOS, 2002; RIBEIRO et al., 2003; COELHO et al., 2007b). Este fato sugere que a seleção para essa característica (maior hidratação) pode ser útil na identificação precoce de linhagens com maior facilidade para o cozimento, desde que a correlação existente entre essas características seja de alta magnitude, 92% e 37 minutos de cocção (RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002) e correlação negativa, $r = -0,79$ para TPS Nobre e $r = -0,91$ para Pérola (RODRIGUES et al., 2005a).

Deste modo, os resultados obtidos nesse trabalho confirmaram a hipótese de que o tempo de imersão dos grãos deve ser inferior a 8 horas, principalmente através da determinação do tempo e do percentual mínimo de hidratação alcançado para o menor tempo de cocção, o qual juntamente com a comparação entre os tempos de máxima capacidade hidratação permitiu indicar o tempo de 7 horas de hidratação como tempo padrão. Estes resultados concordam com RODRIGUES et al. (2004), que sugerem o tempo de 8 horas de embebição dos grãos de feijão como suficientes para a avaliação do teste de absorção de água e para a quantificação do tempo de cozimento, com uso de 19 genótipos comerciais.

Tabela 5 – Comparação entre tempo de hidratação (0, 2, 4, 6 e 8 horas) e respectivos tempos de cocção, com a hidratação de 16 horas e tempo de cocção dos 23 genótipos, na safra 2007/2008. Lages, SC, UDESC, 2008.

Genótipos	s/hid	Percentagem de Hidratação (%)								
		2 h	4 h	6 h	8 h	16 h				
BAF3	0 *	47,61 *	68,71 *	70,68 *	80,90 *	86,32				
BAF4	0 *	28,35 *	61,52 *	76,75 *	82,07 *	93,63				
BAF7	0 *	15,30 *	44,07 *	63,24 *	70,89 *	84,22				
BAF11	0 *	55,11 *	78,21 *	87,45 *	91,88 *	98,31				
BAF13	0 *	65,51 *	77,24 *	85,11 ns	90,66 ns	95,23				
BAF26	0 *	63,64 *	79,74 *	88,92 ns	89,64 ns	93,22				
BAF41	0 *	27,99 *	42,80 *	66,19 *	69,81 *	84,00				
BAF42	0 *	67,34 *	85,88 *	86,16 *	90,13 ns	94,28				
BAF44	0 *	17,69 *	47,42 *	64,04 *	76,63 *	87,18				
BAF46	0 *	22,48 *	63,99 *	89,35 *	96,27 *	109,02				
BAF50	0 *	19,39 *	51,92 *	57,65 *	76,02 ns	79,50				
BAF55	0 *	67,92 *	86,33 *	91,65 ns	93,44 ns	95,79				
BAF58	0 *	34,68 *	68,30 *	82,91 *	84,32 *	93,92				
BAF75	0 *	48,71 *	76,99 *	87,08 *	91,14 *	97,29				
BAF81	0 *	51,38 *	69,78 *	86,92 *	92,01 ns	94,42				
BAF84	0 *	12,20 *	50,79 *	69,79 *	81,69 *	92,18				
BAF97	0 *	49,19 *	77,19 *	86,27 *	91,14 *	96,44				
BAF102	0 *	54,26 *	78,04 *	84,11 *	86,94 ns	88,81				
BAF111	0 *	47,40 *	78,56 *	87,43 *	92,16 ns	95,47				
BAF112	0 *	48,36 *	71,80 *	80,86 *	88,44 *	96,22				
BAF115	0 *	63,39 *	82,44 *	87,60 *	89,78 *	94,79				
BAF121	0 *	62,21 *	80,50 *	84,04 *	86,05 *	94,49				
BAF192	0 *	32,29 *	46,54 *	74,31 *	90,04 *	96,02				
CV		2,74	1,82	3,13	0,98	1,48				
		Tempo de cocção (minutos)								
BAF3	90,0 *	46,0 *	27,0 ns	26,0 ns	27,0 ns	25,0				
BAF4	93,0 *	57,0 *	36,0 *	35,5 *	23,0 ns	23,0				
BAF7	78,0 *	52,0 *	31,0 ns	31,0 ns	27,5 ns	30,0				
BAF11	78,0 *	42,5 *	30,0 *	27,0 ns	22,5 ns	24,0				
BAF13	64,0 *	28,0 ns	26,0 ns	20,0 ns	22,5 ns	26,0				
BAF26	77,0 *	37,0 *	25,0 ns	25,0 ns	27,0 ns	28,0				
BAF41	72,0 *	32,0 ns	27,0 ns	28,0 ns	28,0 ns	27,0				
BAF42	69,5 *	40,0 *	24,0 ns	24,0 ns	23,5 ns	24,5				
BAF44	89,0 *	54,0 *	34,0 *	29,0 ns	27,0 ns	27,0				
BAF46	82,5 *	56,5 *	35,5 *	30,5 *	27,0 ns	26,0				
BAF50	76,0 *	49,0 *	29,0 *	27,0 *	23,0 ns	22,0				
BAF55	71,0 *	32,5 *	24,5 ns	21,5 ns	22,0 ns	23,5				
BAF58	67,0 *	52,0 *	42,0 *	32,0 *	24,0 ns	23,0				
BAF75	63,5 *	32,5 *	22,5 ns	21,0 ns	21,5 ns	20,0				
BAF81	71,0 *	38,0 *	32,0 *	31,0 *	27,0 ns	24,0				
BAF84	63,5 *	53,0 *	23,0 *	19,5 ns	17,5 ns	17,5				
BAF97	73,0 *	62,0 *	34,0 *	24,0 *	22,0 ns	19,0				
BAF102	58,0 *	28,5 *	20,0 ns	17,0 ns	19,5 ns	23,0				
BAF111	77,5 *	38,0 *	31,0 *	21,0 ns	21,0 ns	23,5				
BAF112	79,0 *	34,0 *	24,5 ns	25,0 ns	25,0 ns	27,5				
BAF115	72,0 *	34,5 *	22,5 ns	22,0 ns	22,0 ns	23,0				
BAF121	73,0 *	35,0 *	24,0 ns	23,0 ns	20,0 ns	23,0				
BAF192	110,0 *	77,5 *	56,5 *	48,5 *	36,5 ns	34,0				
CV	2,27	2,93	2,92	3,14	3,62	2,63				

(*) significativamente diferente do controle (16 horas), pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de significância; e (ns) não significativo.

Em complemento, considerando que os 22 genótipos (18 crioulos + 4 comerciais) avaliados, neste trabalho, apresentam ampla diversidade genética para tempo de cocção, foi possível indicar 7 horas e 82,5% de hidratação como padrão de hidratação prévia aos testes de cocção tanto para seleção precoce de linhagens, como nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão. Assim, evidenciou-se que o fator rápido tempo de cocção nos grãos foi associado ao processo de hidratação prévio inferior a máxima hidratação, o que proporcionou economia de tempo e maior representabilidade nos resultados obtidos.

4.5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o tempo de sete horas de embebição dos grãos de feijão foi eficiente na caracterização dos genótipos para baixo tempo de cocção atrelado ao percentual mínimo de 82,5% de hidratação.

O tempo de 7 horas e 82,5% de hidratação previamente aos testes de cocção, ambos devem ser considerados como padrão tanto na seleção precoce de genótipos, como nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão.

Tanto a hidratação (percentagem e tempo), como a cocção são fatores influenciados pelo ano de cultivo.

5 COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES EM GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CRIOULO (*Phaseolus vulgaris* L.) E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE TECNOLÓGICA

5.1 RESUMO

A caracterização do teor de nutrientes é importante para identificação dos genótipos com maior potencial nutricional, visando indicar aos produtores rurais e/ou programas de melhoramento. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de investigar a variabilidade genética para teor de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco, e a relação destes entre si e com a qualidade tecnológica (capacidade de hidratação e tempo de cocção). Foram utilizados 23 genótipos (18 genótipos crioulos e 5 genótipos comerciais), sendo 52% do grupo preto, 35% do grupo cores e 13% do grupo carioca, provenientes do Banco Ativo de Feijão (BAF). Para determinação do teor de nutrientes e da qualidade tecnológica realizou-se um experimento a campo, no ano agrícola 2007/2008, sob delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Os resultados mostraram que houve variabilidade genética significativa para teores de fósforo, magnésio e ferro entre os genótipos estudados. Os teores e respectivas variações para esses nutrientes foram: 4,55 g.kg⁻¹ (BAF112) a 6,63 g.kg⁻¹ (BAF41), 0,74 g.kg⁻¹ (BAF11) a 1,13 g.kg⁻¹ (BAF81) e 40,00 mg.kg⁻¹ (BAF121) a 85,33 mg.kg⁻¹ (BAF41), respectivamente. Não se obteve correlação significativa entre teor de nutriente e tempo de cocção. Os genótipos BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97, obtiveram maiores teores de proteína total e os BAF's 07, 41, 42 e 50, os maiores teores de ferro. Esses genótipos podem ser indicados na biofortificação de dietas ou para serem incluídos em programas de melhoramento, bem como, indicados para agricultura familiar rural.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Potencial nutricional. Tempo de cozimento. Correlação.

5.1.1 Abstract: Nutrients composition in the grains of landraces beans genotype (*Phaseolus vulgaris* L.) and its relation with the technological quality

The characterization of nutrients value is important to identify the genotypes with the highest nutritional potential, in order to indicate to the rural producers and/or to the programs of genetic breeding. The objective of this essay was to investigate the genetic variability of proteins, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron and zinc, and the relation between them and the technological quality (capacity of hydration and cooking time). It was used 23 genotypes (18 landraces genotypes and 5 commercial), using 52% from the black group, 35% from the colored group and 13% from the Carioca group, from the Germoplasm Active Bank (Banco Ativo de Feijão - BAF). In order to evaluate the nutrients value and technological quality it was done a field experiment in the agriculture year of 2007/2008, the experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications. The results showed a significant genetic variability for the values of phosphorus, magnesium and iron between the studied genotypes. The values and the respective variations of these nutrients were: 4.55 g.kg⁻¹ (BAF112) to 6.63 g.kg⁻¹ (BAF41) and 0.74 g.kg⁻¹ (BAF11) to 1.13 g.kg⁻¹ (BAF81) and 40.00 mg.kg⁻¹ (BAF121) to 85.33 mg.kg⁻¹ (BAF41), respectively. There was not a significant correlation between the nutrition value and the cooking time. The genotypes BAF's 04, 07, 58, 81, 84 and 97, had the highest values of protein and the BAF's 07, 41, 42 e 50, the highest values of iron. These genotypes can be indicated for biofortification of diets or to be included in programs of genetic breeding, as well, can be indicated to the rural familiar agriculture.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L. Nutritional potential. Cooking time. Linear correlation.

5.2 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma fonte rica de nutrientes, sendo considerado por muito tempo no Brasil como o alimento básico para a população, tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA et al., 2006). O feijão representa metade dos grãos de leguminosas consumidos, sendo uma das principais fontes calórico-protéicas para cerca de 800 milhões de pessoas, predominando em regiões menos desenvolvidas do mundo como países da América Latina e África (BROUGHTON et al., 2003). Provê quantidades importantes de proteínas, calorias, ácidos graxos insaturados (ácido linoléico), fibra alimentar, especialmente fibra

solúvel, e é uma excelente fonte de alguns minerais e vitaminas, além de possuir compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças (COELHO, 1991; BERRIOS et al., 1999; VILLAVICENCIO et al., 2000; KUTOS & al, 2003; BENINGER & HOSFIELD, 2003).

O feijão constitui-se em uma ótima opção de incremento na qualidade nutricional da dieta devido a sua contribuição protéica, associado ao seu baixo custo em relação às proteínas de origem animal, e por fazer parte da alimentação diária da maioria das famílias brasileiras, com um consumo per capita em torno de 17,5kg/hab/ano (WANDER, 2007). Segundo SGARBIERI (1989) o feijão é constituído de 200,0 a 250,0 g.kg⁻¹ de proteínas, já SATHE (2002), demonstra uma variação de 175,0 a 287,0 g.kg⁻¹ em feijões comerciais. Nos feijões crioulos encontra-se uma variação relativamente maior, de 170,0 a 320,0 g.kg⁻¹ de proteína total (SALUNKHE et al., 1985; BALDI & SALAMINI, 1973), e de 202,0 a 322,0 g.kg⁻¹ e 199,0 a 278,0 g.kg⁻¹ quando caracterizou 30 genótipos crioulos em duas safras consecutivas (2005/2006 e 2006/2007) (PEREIRA, 2008).

Para os teores de minerais, podem variar de 0,6-2,0 g.kg⁻¹ de cálcio; 1,23-2,20 g.kg⁻¹ de magnésio; 8,21-16,5 g.kg⁻¹ de potássio; 3,74-4,90 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). Tal variação nos teores de minerais é mais ampla em germoplasma de feijões, e estes genótipos apresentam correlações positivas entre os minerais, o que pode promover melhoria de um mineral associado a outros minerais simultaneamente (BEEBE et al., 2000b).

As principais instituições internacionais de apoio e promoção da saúde recomendam a ingestão diária da leguminosa, por preencher as recomendações dietéticas/nutricionais básicas para a boa saúde (GEIL & ANDERSON, 1994; FRANCO, 1999). Tendo em vista o alto consumo nos países em desenvolvimento, o feijão contribui como importante fonte vegetal de ferro e zinco, e são necessários em pequenas quantidades diárias pelo organismo para o funcionamento adequado das células (CUNHA & CUNHA, 1998). Uma porção de 170g de feijão cozido equivale a 10% das necessidades diárias de zinco e 29 a 55% das necessidades de ferro, para homens e mulheres, respectivamente (SATHE et al., 1984).

Observa-se a presença de variabilidade genética para teores de diversos micronutrientes em cultivares de feijão (BARAMANA & SIMARD, 1993; BEEBE et al., 2000a; GUZMÁN-MALDONADO et al., 2000; ARAÚJO et al., 2003; CICHY et al., 2005). BEEBE et al., (2000a) em seu trabalho com germoplasma de feijão do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), constataram variabilidade genética suficiente para aumentar em 80% o conteúdo de ferro nos grãos e em 50% o teor de zinco.

Nos programas de melhoramento sempre se buscou a melhora de características agronômicas, como a capacidade de produção e resistência a doenças, porém, trabalhos mais recentes visam também às características culinárias e/ou tecnológicas desejadas pelos consumidores. Atualmente, existe uma forte tendência no desenvolvimento de plantas com as características agronômicas associadas à tecnológica (alta capacidade de absorção de água e tempo de cozimento reduzido) e nutricional (maior teor de proteína, fibras, ferro e outros minerais).

Portanto, torna-se importante a preocupação quanto à identificação de genótipos com maiores teores de nutrientes, visto que, pode representar importante estratégia para nutrir e manter a saúde da população, contribuindo de forma eficaz para reduzir a desnutrição e a deficiência de ferro e, conseqüentemente, da anemia na população brasileira, particularmente das pessoas mais carentes, que têm no feijão a sua base alimentar.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi quantificar os teores de nutrientes acumulados nos grãos de genótipos crioulos e determinar a sua relação com a qualidade tecnológica, visando indicar genótipos com potencial nutricional e tecnológico para serem incorporados em programas de melhoramento e/ou indicados para produtores rurais.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Material vegetal

Os 23 genótipos de feijão (18 crioulos + 5 comerciais) foram previamente selecionados, sendo os crioulos selecionados quanto às características agronômicas desejáveis como, cor da semente, hábito de crescimento e produtividade, provenientes do banco ativo de feijão (BAF) do CAV/UDESC. Os genótipos foram divididos em três grupos: a) Grupo preto: BAF's 07, 13, 26, 42, 46, 55, 58, 75, 81, 97 e 102 (crioulos), BAF112 (IPR-88-Uirapurú) e BAF115 (BRS-Valente) (comerciais); b) Grupo carioca: BAF50 (crioulo), BAF111 (Pérola) e BAF121 (Iapar 81) (comerciais); e c) Grupo cores: BAF's 03, 04, 11, 41, 44, 58 e 84 (crioulos) e BAF192 (BRS-Radiante) (comercial). Os experimentos foram conduzidos em Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são 27° 52'30'' de latitude sul e 50° 18'20'' de longitude oeste, com altitude média de 930m e caracterizado pela presença de verões brandos com chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com três repetições, na safra agrícola 2007/2008, as parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de 3m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5 metros. A área útil de cada parcela experimental foi composta pelas duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade. O principal objetivo do experimento foi obter grãos novos e produzidos nas mesmas condições de cultivo.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A semeadura foi realizada manualmente e a densidade de 12 sementes por metro linear. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40 kg/ha de nitrogênio nos estádios vegetativos, entre V3 e V4, conforme recomendação de adubação para a cultura do feijão segundo recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004).

Os tratos culturais, como controle de insetos, doenças e de plantas invasoras, foram realizados, sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição. A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas em janeiro 2008 e, após a separação das impurezas, os grãos foram secos ao sol, e em estufa, até atingir umidade de 12%, em média. Em seguida, amostras de 0,5kg de grãos foram acondicionadas e armazenados em câmara fria ($\pm 8^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $\pm 40\%$ de umidade relativa) até a avaliação quanto aos teores de nutrientes (proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco), hidratação e cocção.

5.3.2 Determinação dos nutrientes nos grãos.

Para a determinação dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), realizou-se a digestão sulfúrica.

As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, passadas em peneira de seis mm, posteriormente foi pesado 200 mg e foram colocados em tubo digestor (25 x 250 mm). Em cada tubo digestor, foi adicionado 0,7 g de mistura catalítica (90% de sulfato de sódio, 9% de sulfato de cobre e 1% de selênio), 2 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1 mL de água oxigenada 30%. Na capela de exaustão, os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 180°C e posteriormente até atingirem 375°C , por um tempo suficiente para tornar a amostra com coloração 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 50 mL (TEDESCO et al., 1995).

Para a determinação dos seguintes nutrientes: Fósforo (P), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) foram realizados a digestão nitroperclórica. Pesou-se 500 mg de grãos moído para cada amostra e transferido para os tubos digestores. Após esse procedimento, foram adicionados ácido nítrico concentrado e ácido perclórico concentrado 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).

5.3.2.1 Teor de proteína total dos grãos

As proteínas e outros compostos nitrogenados foram decompostos na presença do ácido sulfúrico concentrado a quente, com produção de sulfato de amônio.

O sulfato de amônio resultante, na presença da solução concentrada de hidróxido de sódio, libera NH_3 que é recebido na solução de ácido bórico. A titulação foi realizada com o equipamento (Jencons digitrat 50ml/UK) e agitador magnético (MA-085 Marconi), onde 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, ou seja, a 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).

O método utilizado para determinar o teor de proteína total foi o proposto por KJEHDAHL (AOAC, 1995), o qual se baseia no teor de nitrogênio total contido na amostra. A partir de uma alíquota de 10 mL da amostra diluída obtida da digestão sulfúrica, procedeu-se a destilação em micro-destilador de nitrogênio (MA-036 Marconi).

5.3.2.2 Teor de potássio (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. A quantidade de fótons é proporcional ao número de átomos que estavam no estado fundamental (MARTINS & REISSMANN, 2007). Foi utilizado uma curva padrão obtida da solução (KH_2PO_4 - Tritisol - Merck), nas concentrações de 0, 40 e 80 mg.Kg^{-1} de potássio.

5.3.2.3 Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

As concentrações de cálcio e magnésio nas amostras de grãos moídos foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). O método consiste em determinar a presença de elementos químicos como cálcio, magnésio, manganês, ferro, zinco e cobre usando como princípio a absorção da radiação ultravioleta por parte dos átomos em estado neutro, onde estabelece que os átomos livres em estado estável possam absorver a luz a certo comprimento de onda. A absorção é específica a cada elemento, nenhum outro elemento absorve este comprimento de onda (MARTINS & REISSMANN, 2007).

Na determinação do cálcio, utilizou-se uma diluição das amostras digeridas na proporção 1:1 (alíquota diluída: água), depois se acrescentou na mesma proporção o óxido de lantânio (3,4 g de La_2O_3 diluído em 16,7 mL de ácido sulfúrico concentrado, para um volume final de 1L), com objetivo de evitar interferência dos fosfatos durante a leitura do cálcio e do magnésio.

Para determinação do magnésio, foi retirada uma parte da alíquota preparada para o cálcio e adicionado 2 partes de água. Para calibração do aparelho utilizou-se uma curva padrão obtida de solução padrão de cálcio (CaCO_3 - Tritisol - Merck) e magnésio (Mg metálico - Merck), nas concentrações de: 0; 1,5; 3; 6; 12 e 18 mg.kg^{-1} de cálcio e 0; 0,15; 0,3; 0,6; 1,2 e 1,8 mg.kg^{-1} de magnésio.

5.3.2.4 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). O princípio deste método é o mesmo descrito para os teores de cálcio e magnésio. Para a preparação da curva padrão de Fe e Zn utilizou-se um padrão (Fe e Zn – Titrisol - Merck) 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.

5.3.2.5 Teor de fósforo total (P)

Determinou-se a concentração do fósforo total no grão através do 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., 1997). 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 (SPEKOL – UV VIS), sob um comprimento de onda de 420 nm. A curva padrão para o fósforo foi obtida através de uma solução estoque de 1000 mg.kg⁻¹ de fósforo preparada com um padrão (KH₂PO₄ - Tritisol - Merck) diluído para obter as concentrações de: 0; 4; 8; 12 e 20 mg.kg⁻¹ de fósforo.

5.4 ANÁLISE ESTÁTISTICA

Os dados obtidos para as variáveis, proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco, referente ao fator nutriente, foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e o teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância. Para comparar os tratamentos (genótipos crioulos) dentro de cada grupo com a testemunha (cultivar) utilizou-se o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. Também, foi realizado o teste de correlação de Pearson, entre as variáveis nutrientes, tempo de cozimento e capacidade de hidratação.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.5.1 Variabilidade genética para teor de nutrientes

A análise de variância dos genótipos avaliados quanto aos teores de nutrientes mostraram diferença significativa ($P < 0,05$) para fósforo, magnésio e ferro, e diferença não significativa ($P < 0,05$) para teores de proteína total, potássio, cálcio e zinco.

Os teores de proteína total variaram de 200,96 g.kg⁻¹ (BAF112) a 252,36 g.kg⁻¹ (BAF7) (Tabela 6). Considerando que valores superiores a 230,0 g.kg⁻¹ caracterizam alto teor de proteína em grãos de feijão (ANTUNES et al., 1995; LEMOS et al., 1996; RAMOS JUNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JUNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003), constatou-se que a presença de alguns genótipos com alto teor de proteína (BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97) o que indica possibilidades de seleção destes acessos ou incorporação em programas de melhoramento para aumentar os teores de proteína bruta, pois de acordo com outros autores, o cruzamento de parentais com alta proteína tem maior chance de ganho genético para este caractere (WASIMI et al., 1988). Os teores de proteína ainda foram superiores ao citado em outros trabalhos, onde o teor de proteína de cultivares tradicional foi na média de 219,0 g.kg⁻¹ em 33 cultivares (SILVA & IACHAN, 1975), e muito próximos ao obtido por VIDIGAL FILHO et al. (2003), com percentual médio de proteína de 231,0 g.kg⁻¹ em 25 cultivares tradicionais do Paraná.

No Brasil os genótipos comerciais variam de 200 a 270 g.kg⁻¹ (ANTUNES et al., 1995; DALLA CORTE et al., 2003). Em trabalhos recentes com 21 linhagens de feijão apresentou uma ampla variação de proteína total no grão (223,4 a 362,8 g.kg⁻¹) (MESQUITA et al., 2007). Porém, nem sempre maiores teores de proteína estão relacionados com maior biodisponibilidade de nutrientes, visto que o fósforo e outros cátions armazenados nos grãos estão complexados ao fitato, e ele apresenta alta correlação positiva com o teor de proteínas nos grãos (RABOY et al., 1991; COELHO et al., 2002).

Quanto aos teores de fósforo, obteve-se diferença significativa ($P > 0,05$) entre os genótipos, com valores variando entre 4,55 (BAF112) a 6,62 g.kg⁻¹ (BAF41), tendo como média 5,33 g.kg⁻¹ (Tabela 6). Esses teores foram superiores aos encontrados em cultivares, 3,74 a 4,90 g.kg⁻¹ (SGARBIERI, 1989) e em genótipos crioulos 2,84-5,87 mg.kg⁻¹ e 4,04-5,77 mg.kg⁻¹ (PEREIRA, 2008).

Em relação aos demais macronutrientes, não houve diferença significativa para teor de potássio, que variou entre 9,11 g.kg⁻¹ e 13,40 g.kg⁻¹, média de 12,28 g.kg⁻¹ (Tabela 6), os

quais foram semelhantes aos encontrados em genótipos crioulos (10,92-13,90) (PEREIRA, 2008), e inferiores a cultivares encontrada por SGARBIERI (1989), que cita variação entre 8,21 e 16,50 g.kg⁻¹. Para o teor cálcio encontrado nos grãos de feijão a variação encontrada foi entre 0,17 (BAF102) a 0,23 g.kg⁻¹ (BAF3), com média de 0,19 g.kg⁻¹ (Tabela 6), entretanto, ao comparar com os teores obtidos em outros genótipos crioulos constatou-se que foram inferiores (0,32 a 0,64 g.kg⁻¹) (BEEBE et al., 2000a) e também com variedades comerciais (0,6 a 2,0 g.kg⁻¹) (SGARBIERI, 1989). Quanto ao teor de magnésio, variou entre 0,74 (BAF11) e 1,13 g.kg⁻¹ (BAF81), (Tabela 6), o qual também foi inferior ao observado em variedades comerciais, entre 1,23 e 2,20 g.kg⁻¹ (SGARBIERI, 1989).

Para os teores de micronutrientes, inicialmente o teor de ferro, observou-se valores entre 40,00 (BAF121) e 85,33 mg.kg⁻¹ (BAF41) (Tabela 6). Os genótipos, BAF's 03, 04, 07, 11, 13, 26, 41, 42, 44, 50, 55, 58, 75, 81, 84, 97, apresentaram maior teor do micronutriente ferro, cujos valores são superiores a média dos genótipos comerciais (55,00 mg.kg⁻¹) (MODA-CIRINO, 2006). Tais resultados foram semelhantes a trabalhos com cultivares 55-89 mg.kg⁻¹ (BEEBE et al., 2000a) e os encontrados por RIBEIRO et al. (2008), obtendo resultado médio de 71,5 mg.kg⁻¹. Para o teor do micronutriente zinco, obteve-se variação de 21,33 (BAF121 e BAF4) e 41,86 mg.kg⁻¹ (BAF7) (Tabela 6). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados com cultivares por RIBEIRO (2008), média de 30,0 mg.kg⁻¹ e inferiores a trabalhos com linhagens (MESQUITA et al., 2007). Apesar de não haver diferença significativa para teores de ferro e zinco entre os genótipos crioulos, destacaram-se os BAF's 07, 41, 42 e 50, com 84 e 41,86 mg.kg⁻¹; 85,33 e 38 mg.kg⁻¹; 76 e 34,93 mg.kg⁻¹; e 80 e 33,46 mg.kg⁻¹, respectivamente. BEEBE et al. (2000a) observaram diferenças significativas para ferro e zinco em grãos de 1.031 acessos cultivados que integram a coleção de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia. No Brasil, (ARAÚJO et al., 2003) concluíram que o teor de ferro nos grãos de cultivares e de linhagens avançadas de feijão é afetado pela interação genótipos x locais.

5.5.2 Variabilidade do teor de nutrientes dentro de cada grupo (preto, carioca e cores)

O grupo preto foi composto pelos genótipos crioulos: BAF's: 07, 13, 26, 42, 46, 55, 75, 81, 97 e 102, tendo como controles as cultivares BAF 112 (IPR-88-Uirapurú) e BAF115 (BRS-Valente). Na comparação com o controle (BAF112) houve diferença significativa (P>0,05) com o BAF07, para teores de proteína total, ferro e zinco. O genótipo crioulo (BAF07) obteve teores mais elevados desses nutrientes, se destacando o zinco com 66% e

ferro com 58%. Os teores de ferro nos grãos foram superiores ao estimado pelo Banco de Dados da USDA – National Nutrient Database for Standard Reference, para feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), onde esse teor é igual a 56,4 mg.kg⁻¹. Estes resultados são positivos em função da importância dos micronutrientes na dieta humana, para a manutenção da normalidade metabólica e funcionamento adequado das células (CUNHA & CUNHA, 1998). Também houve diferença significativa (P>5), com teor maior de fósforo para o BAF13. Na comparação com o segundo controle desse grupo (preto), o BAF115 (BRS-Valente), houve diferença significativa (P>5) nos teores de proteína total para o BAF07 e magnésio para o BAF81 (Tabela 7).

Tabela 6 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg⁻¹), ferro e zinco (mg.kg⁻¹) para 23 genótipos de feijão (18 genótipos crioulos e 5 comerciais), referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

Genótipos	Proteína		Fósforo (g.kg ⁻¹)	Potássio (g.kg ⁻¹)	Cálcio (g.kg ⁻¹)	Magnésio (g.kg ⁻¹)	Ferro (mg.kg ⁻¹)	Zinco (mg.kg ⁻¹)		
	total (g.kg ⁻¹)									
BAF3	227,16	5,76	a	12,99	0,23	1,07	a	70,66	a	29,20
BAF4	231,96	5,10	ab	11,77	0,18	0,87	b	64,00	a	21,33
BAF7	252,36	5,53	a	13,15	0,20	0,95	a	84,00	a	41,86
BAF11	210,20	5,91	a	9,11	0,18	0,74	b	62,66	a	31,86
BAF13	204,20	5,67	a	12,50	0,20	0,99	a	72,00	a	29,20
BAF26	226,90	5,46	a	12,95	0,19	0,98	a	65,33	a	27,06
BAF41	223,90	6,62	a	12,35	0,21	1,08	a	85,33	a	38,00
BAF42	207,76	5,31	ab	12,64	0,19	1,07	a	76,00	a	34,93
BAF44	212,86	5,24	ab	12,33	0,21	1,01	a	65,33	a	34,00
BAF46	226,70	5,09	ab	13,28	0,17	0,97	a	52,00	a	26,93
BAF50	209,20	5,16	ab	11,92	0,19	0,97	a	80,00	a	33,46
BAF55	228,86	5,25	ab	12,55	0,22	1,00	a	69,33	a	26,66
BAF58	239,16	5,73	a	11,90	0,18	0,80	b	72,00	a	35,33
BAF75	223,50	5,42	a	12,82	0,18	1,07	a	66,66	a	26,80
BAF81	234,30	5,42	a	12,68	0,18	1,13	a	68,00	a	27,46
BAF84	231,30	5,66	a	12,17	0,18	1,10	a	64,00	a	31,60
BAF97	231,60	4,56	bc	12,13	0,16	0,90	a	60,00	a	34,13
BAF102	205,26	4,73	bc	11,75	0,17	0,94	a	45,33	a	29,86
BAF111	216,96	5,24	ab	11,80	0,19	1,07	a	48,00	a	23,06
BAF112	200,96	4,55	bc	11,74	0,20	0,98	a	53,33	a	25,06
BAF115	204,90	5,11	ab	13,40	0,19	0,93	a	61,33	a	40,80
BAF121	216,00	5,13	ab	11,98	0,19	0,98	a	40,00	b	21,33
BAF192	206,00	5,11	ab	12,55	0,19	0,94	a	46,66	a	39,60
Média	220,52	5,34		12,28	0,19	0,98		64,00		30,85
CV %	7,78	7,73		13,10	11,14	8,19		21,40		23,20

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupo preto, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

GRUPO PRETO												
Genótipos	proteína total(g.kg^{-1})	Fosforo (g.kg^{-1})	potássio (g.kg^{-1})	cálcio (g.kg^{-1})	magnésio (g.kg^{-1})	ferro (mg.Kg^{-1})	zinco (mg.kg^{-1})					
BAF7	252,36	* ¹ ²	5,53	ns	13,15	0,20	0,95	ns	84,00	* ¹	41,86	* ¹
BAF13	204,20	ns	5,67	* ¹	12,50	0,20	0,99	ns	72,00	ns	29,20	ns
BAF26	226,90	ns	5,46	ns	12,95	0,19	0,98	ns	65,33	ns	27,06	ns
BAF42	207,76	ns	5,31	ns	12,64	0,19	1,07	ns	76,00	ns	34,93	ns
BAF46	226,70	ns	5,09	ns	13,28	0,17	0,97	ns	52,00	ns	26,93	ns
BAF55	228,86	ns	5,25	ns	12,55	0,22	1,00	ns	69,33	ns	26,66	ns
BAF75	223,50	ns	5,42	ns	12,82	0,18	1,07	ns	66,66	ns	26,80	ns
BAF81	234,30	ns	5,42	ns	12,68	0,18	1,13	* ²	68,00	ns	27,46	ns
BAF97	231,60	ns	4,56	ns	12,13	0,16	0,90	ns	60,00	ns	34,13	ns
BAF102	205,26	ns	4,73	ns	11,75	0,17	0,94	ns	45,33	ns	29,86	ns
BAF112 ¹	200,96		4,55		11,74	0,20	0,98		53,33		25,06	
BAF115 ²	204,90		5,11		13,40	0,19	0,93		61,33		40,80	
Média	224,14		5,24		12,65	0,19	1,00		65,87		30,49	
CV %	6,57		8,01		5,76	12,73	8,15		17,83		19,80	

(*1) significativamente diferente do controle BAF112, pelo teste de Dunnett (5%), e

(*2) significativamente diferente do controle BAF 115; (ns) não significativo.

O grupo carioca foi composto apenas pelo genótipo crioulo BAF50 e com duas cultivares comerciais como controle, o BAF111 (Pérola) e o BAF121 (Iapar-81). Para esse genótipo, apenas o teor de ferro diferiu significativamente ($P < 0,05$) dos controles, obtendo 68% e 100% a mais de ferro que os controles, 48 mg.kg^{-1} e 40 mg.kg^{-1} , respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupo carioca, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

GRUPO CARIOCA							
Genótipos	proteína total(g.kg^{-1})	Fosforo (g.kg^{-1})	potássio (g.kg^{-1})	cálcio (g.kg^{-1})	magnésio (g.kg^{-1})	ferro (mg.Kg^{-1})	zinco (mg.kg^{-1})
BAF50	209,20	5,16	11,92	0,19	0,97	80,00 * ¹⁻²	33,46
BAF111 ¹	216,96	5,24	11,80	0,19	1,07	48,00 ns	23,06
BAF121 ²	216,00	5,13	11,98	0,19	0,98	40,00 ns	21,33
Média	209,20	5,16	11,92	0,19	0,97	80,00	33,46
CV %	5,96	9,63	2,19	11,10	5,62	17,00	22,6

(*1) significativamente diferente do controle BAF111, pelo teste de Dunnett, (5% de probabilidade) e

(*2) significativamente diferente do controle BAF 121; (ns) não significativo.

Os genótipos pertencentes ao grupo cores foram: BAF's 03, 04, 11, 41, 44, 58 e 84, tendo como controle a cultivar BAF192 (BRS-Radiante). Constataram-se diferença significativa ($P>0,05$), quanto ao teor de zinco com o BAF04, teores de fósforo e ferro para o BAF41. O teor de ferro para o BAF41 foi superior em 82% em relação ao genótipo controle e também foi o genótipo crioulo com maior teor de ferro em relação a todos os genótipos avaliados (Tabela 9). O teor de ferro obtido para o controle BAF192 (BRS-Radiante), foi semelhante ($46,80 \text{ mg.kg}^{-1}$) ao encontrado por (CORRÊA, 2007).

Tabela 9 - Teores de proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}) ferro e zinco (mg.kg^{-1}) para os genótipos de feijão do grupo cores, referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

GRUPO CORES										
Genótipos	proteína total(g.kg^{-1})	Fosforo (g.kg^{-1})	potássio (g.kg^{-1})	cálcio (g.kg^{-1})	magnésio (g.kg^{-1})	ferro (mg.Kg^{-1})	zinco (mg.kg^{-1})			
BAF3	227,16	5,76	ns	12,99	0,23	1,07	70,66	ns	29,20	ns
BAF4	231,96	5,10	ns	11,77	0,18	0,87	64,00	ns	21,33	*
BAF11	210,20	5,91	ns	9,11	0,18	0,74	62,66	ns	31,86	ns
BAF41	223,90	6,62	*	12,35	0,21	1,08	85,33	*	38,00	ns
BAF44	212,86	5,24	ns	12,33	0,21	1,01	65,33	ns	34,00	ns
BAF58	239,16	5,73	ns	11,90	0,18	0,80	72,00	ns	35,33	ns
BAF84	231,30	5,66	ns	12,17	0,18	1,10	64,00	ns	31,60	ns
BAF192	206,00	5,11		12,55	0,19	0,94	46,66		39,60	
Média	225,22	5,72		11,80	0,20	0,95	69,14		31,62	
CV %	10,29	6,48		23,36	9,54	9,76	24,08		21,68	

(*) significativamente diferente do controle (BAF192), pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; (ns) não significativo.

5.5.3. Variabilidade do teor de nutriente entre os grupos (preto, carioca e cores)

As diferenças no teor de nutrientes para os genótipos nos respectivos grupos estudados, considerando as médias dos genótipos, observaram-se diferença significativa ($P>0,05$) apenas para o teor de ferro, que esteve associado ao grupo carioca, pois foi o grupo com maior teor de ferro 80 mg.kg^{-1} em relação ao grupo preto ($65,87 \text{ mg.kg}^{-1}$) e cores $69,14 \text{ mg.kg}^{-1}$, destacando-se o BAF41 (grupo cores) com maior teor de ferro.

O teor de nutrientes nos grãos não esteve associado ao grupo comercial ao qual o mesmo pertence, a variação nos teores foi devido à contribuição dos genótipos e da sua interação com o ambiente de cultivo. Sabe-se, que o conhecimento da composição dos

nutrientes nos grãos de feijão é uma ferramenta muito importante do ponto de vista de implementar dietas específicas com fins nutricionais, terapêuticos e/ou preventivos, o que permitirá o feijão como alimento funcional e/ou nutracêutico. Este é o grande desafio para os programas de melhoramento genético, obter linhagens de feijão com teores elevados de nutrientes, independentemente do ambiente de cultivo.

5.5.4 Correlação entre os teores de nutrientes, tempo de cocção e capacidade de hidratação

Como já mencionado, além da importância da capacidade de produção, resistência a doenças e melhora nas características agronômicas, associado à qualidade tecnológica (rápida capacidade de hidratação e tempo de cozimento reduzido) e nutricional (maior teor de proteína, ferro e outros minerais) é extremamente importante à caracterização e a identificação de genótipos com teores elevados de nutrientes, desde que haja correlação linear positiva com as características desejáveis. Assim, o aumento do teor de determinado nutriente poderá resultar em incremento de outra característica desejável, como a rápida capacidade de hidratação e tempo de cozimento reduzido.

Conforme resultado apresentado obteve-se baixa amplitude de variação para o teor de proteína total e não houve correlação significativa com os caracteres avaliados, tendo como consequência a dificuldade da seleção através desse caractere.

Por outro lado, a seleção concomitante para dois minerais será possível, pois, coeficientes de correlação linear positivos e significativos ($P > 0,05$) foram obtidos entre os teores de fósforo e ferro ($r = +0,48$), potássio e magnésio ($r = +0,55$) e ferro e cálcio ($r = +0,42$), revelando que um alimento com maior valor nutritivo agregado poderá ser disponibilizado. A correlação positiva entre fósforo e ferro, deixa de ser um incremento favorável, considerando que a principal forma de armazenamento de fósforo em grãos (50 a 80% do P total), é o fitato (COEHO et al., 2002). Este composto é encontrado nos grãos, complexado com minerais e proteínas, o que o torna um antinutriente importante nos grãos, particularmente em leguminosas porque está localizado nos corpos protéicos e mais internamente nos cotilédones (CHERYAN, 1980). O seu efeito antinutriente 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). Os genótipos que contribuíram para a correlação entre os minerais fósforo e ferro, foram: BAF's 03, 07, 11, 13, 26, 41, 42, 58, 75, 81 e 84; entre potássio e magnésio: BAF's 03, 07, 13, 26, 41, 42, 44, 55, 75, 81 e 84; e, ferro e cálcio: 03, 07, 13, 26, 41, 42, 44, 50 e 55.

Correlações positivas entre vários minerais também foram constatadas por (BEEBE et al., 2000a) 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.

A correlação entre os nutrientes e o tempo de cocção foi de baixa magnitude e não significativa, entretanto, para a capacidade de hidratação, todas as correlações foram negativas, sendo significativa ($p > 5$) para fósforo ($r = -0,41$), ferro ($r = -0,56$) e zinco ($r = -0,41$) (Tabela 10). Significa que para esses genótipos, o aumento desses minerais houve redução no percentual de água absorvida, porém, essa redução não influenciou sobre o tempo de cozimento, como previamente constado em outros trabalhos nossos (BORDIN et al., 2008; COELHO et al., 2008a).

Tabela 10 - Matriz de coeficientes de correlação entre os caracteres proteína total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio (g.kg^{-1}), ferro e zinco (mg.kg^{-1}), tempo de cocção (minutos) e capacidade de hidratação (%), para os genótipos de feijão referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

Caráter	Proteína Total	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Ferro	Zinco
Proteína Total							
Fósforo	0,27						
Potássio	0,25	-0,07					
Cálcio	-0,04	0,39	0,23				
Magnésio	0,03	0,14	0,55*	0,34			
Ferro	0,20	0,48*	-0,02	0,42*	0,11		
Zinco	0,03	0,26	0,18	0,07	-0,15	0,39	
Cocção	0,05	0,14	0,29	0,28	0,01	-0,01	0,39
Hidratação	-0,27	-0,41*	-0,05	-0,39	-0,09	-0,56*	-0,41*

*Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade de erro.

Os genótipos BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97, apresentaram maiores teores de proteína total e os BAF's 07, 41, 42 e 50, os maiores teores de ferro. Esses genótipos também apresentaram tempos de cozimento de suscetibilidade média (16 a 20 minutos) e resistência normal (21 a 28 minutos) (RAMOS JUNIOR, et al., 2005), quando hidratados por 8 horas (BORDIN et al, 2008) (Tabela 11).

Portanto, torna-se importante a caracterização dos genótipos, quanto à capacidade de hidratação, tempo de cocção e teor de nutrientes dos grãos. Essa estratégia permitirá ao

melhorista mais opções no que se refere ao desenvolvimento de cultivares de feijão, com características culinárias desejáveis e com melhor potencial nutricional.

Tabela 11 – Genótipos de feijão (BAF), grupo comercial, teor de proteína total, teor de ferro (mg.kg^{-1}), capacidade de hidratação (%) e tempo de cocção (minutos), referente a safra agrícola 2007/2008, Lages/SC, 2008.

Genótipos	Grupo comercial	Proteína total (g.kg^{-1})	Ferro (mg.kg^{-1})	Hidratação (%)	Tempo de cocção (min)
BAF04	cores	231,96	64,00	82,07	23,0
BAF07	preto	252,36	84,00	70,89	27,5
BAF41	cores	223,90	85,33	69,81	28,0
BAF42	preto	207,72	76,00	90,13	23,5
BAF50	carioca	209,20	80,00	76,02	23,0
BAF58	cores	239,16	72,00	84,32	24,0
BAF81	preto	234,30	68,00	92,01	27,0
BAF84	cores	231,30	64,00	81,69	17,5
BAF97	preto	231,60	60,00	91,14	22,0

No estabelecimento dos critérios mínimos a serem observados nos ensaios para determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU), para avaliação da qualidade nutricional apenas o teor de proteína é exigido. Atualmente, as pesquisas visam a obtenção de variedades funcionais do feijão com o objetivo de melhorar o nível da nutrição e trazer benefícios à saúde da população. Dentro dessa estratégia, os experimentos buscam variedades biofortificadas, principalmente com maiores teores de proteína, ferro e fibras solúveis. Baseado nessa nova realidade sugere-se que o teor de ferro também passasse a ser exigido no registro de uma nova cultivar, bem como, o teor de fitato, por ser um importante antinutriente.

5.5 CONCLUSÕES

A diversidade fenotípica entre os genótipos difere quanto aos teores dos nutrientes fósforo, magnésio e ferro.

Não se obteve correlação significativa entre teor de nutriente e tempo de cocção.

Os genótipos BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97, apresentaram maiores teores de proteína total e os BAF's 07, 41, 42 e 50, os maiores teores de ferro. Esses genótipos têm potencial nutricional para serem indicados na biofortificação de dietas ou para serem incluídos em programas de melhoramento, bem como, indicados para agricultura familiar rural.

Os genótipos crioulos apresentaram maiores teores de nutrientes em relação aos genótipos comerciais.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Na avaliação da qualidade da água para o tempo de cocção dos grãos de feijão, a água ultra pura e destilada não diferiram no tempo de cocção, e apresentaram um nível normal de resistência (<30 minutos). A água da torneira diferiu das demais e causou um nível resistente à cocção em torno de 37 minutos, enquanto que na água mineral o tempo de cocção foi muito elevado, superior a 300 minutos.

Com o uso da diversidade genética para avaliar a qualidade tecnológica dos grãos, conclui-se que o tempo de sete horas de embebição dos grãos de feijão foi eficiente na caracterização dos genótipos para baixo tempo de cocção atrelado ao percentual mínimo de 82,5% de hidratação nos dois anos de cultivo avaliados (2006/2007 e 2007/2008). Portanto, com base nos 23 genótipos avaliados, esse padrão poderá ser considerado previamente aos testes de cocção, na seleção precoce de genótipos, como nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão.

Quanto à diversidade genética, não houve correlação significativa entre os teores de nutrientes e tempo de cocção. Porém, os genótipos BAF's 04, 07, 58, 81, 84 e 97, apresentaram maiores teores de proteína total e os BAF's 07, 41, 42 e 50, os maiores teores de ferro, e apresentaram tempos de susceptibilidade média e resistência normal quanto à cocção. Esses genótipos podem ser indicados na biofortificação de dietas ou para serem incluídos em programas de melhoramento, bem como, para agricultura familiar rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, P.L.; BILHALVA, A.B.; ELIAS, M.C. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n.1, p.12-18, 1995.

ANTUNES, P.L.; TEIXEIR, M.G.; CAMPOS, A.D.; MASTRANTONIO, J.J.D.S.; CHOLLET, C.B.; SANTIN, R.C.M.; LOPES, R.A.M.; RIBEIRO, L.S. Diversidade intrapopulacional em feijão crioulo como fonte de cultivares para nichos de mercado diferenciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1247-1250, 2007.

AOAC. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Arlington. 1995, v.2 cap. 32, p 22-23: Cereal foods.

ARAÚJO, R.; MIGLIORANZA, E.; MONTALVAN, R.; DESTRO, D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, n.4, p.269-274, 2003.

BALDI, G.; SALAMINI, F. Variability of essential amino acid content in seed of 22 *Phaseolus* species. **Theoretical and Applied Genetics**, v.43, p.75-78, 1973.

BARAMANA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v.47, n.2, p.159-167, 1993.

BEEBE, S.; GONZALEZ, A.V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals the common bean. **Food and Nutrition/International Rice Research Institute**, v.21, n.1, p.387-391, 2000a.

BEEBE, S.; SKROCH, P.W.; DUQUE, M.C. Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. **Crop Science**, v.40, p.262-272, 2000b.

BELICUAS, P.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, Goiânia, GO, 2001. **Anais**. Goiânia, GO. SBMP, p.CD-ROOM.

BENINGER, C.W.; HOSFIELD, G.L. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.12, p.7879-7883, 2003.

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

BORDIN, L.C.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A.; ZILIO, M.; BENINCÁ, T.D.T. Diversidade genética na qualidade tecnológica de grãos de feijão: padronização de hidratação e cocção. In: CONAFE, 9, Campinas, 2008. **Resumo expandido**. Campinas. CD-ROOM. Doc IAC, 85 : ISSN 1809-7685.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. 596p.

BOROS, L.; WAWER, A. Evaluation of dry beans recombinant inbred lines for agronomic performance and culinary quality. **Bean Improvement Cooperative**, v.46, p.55-56, 2003.

BOROS, L.; WAWER, A. Genotypic and seasonal effects on seed parameters and cooking time in dry Edibre bean. **Bean Improvement Cooperative**, v.47, p.213-214, 2004.

BRASIL-Ministério da Agricultura, P.e.A. **Anexo I - Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC-2006**. Disponível em: <http://agricultura.gov.br>. Acesso em: 20 de agosto 2008.

BROUGHTON, W.J.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v.252, n.1, p.55-128, 2003.

BRÜCHER, H. The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris* in South America. In: Gepts, P. (ed) **Genetics Resources of *Phaseolus* Beans**. ed. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988. p.185-214.

- BRUNNER, B.R.; BEAVER, J.S. Estimation of outcrossing of dry beans in Puerto Rico. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.31, p.42-43, 1988.
- BUSHEY, S.M.; HOSFIELD, G.L.; BENINGER, C.W. Water uptake and its relationship to pigment leaching in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bean Improvement Cooperative**, v.43, p.104-105, 2000.
- CARBONELL, S.A.M.; POMPEU, A.S. Estabilidade de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.321-329, 2000.
- CARBONELL, S.A.M.; CARVALH, C.R.L.; AZEVEDO FILHO, J.A., de; SARTORI, J.A. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, São Paulo, v.62, n.3, p.369-379, 2003.
- CARNEIRO, J.D.S.; ARAÚJO, G.A.A.; CARNEIRO, J.E.S. Potencial Tecnológico dos Grãos de Linhagens de Feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, Goiânia, GO, 1999a. **Anais**. Goiânia, GO. Embrapa, p.408-411.
- CARNEIRO, J.D.S.; CARNEIRO, J.E.S.; ARAÚJO, G.A.A. Qualidade Tecnológica dos Grãos de Linhagem de Feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, Goiânia, GO, 1999b. **Anais**. Goiânia, GO. Embrapa, p.412-415.
- CASTELLANOS, J.Z.; GUZMAN-MALDONADO, H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; KELLY, J.D. Effects of hardshell character on cooking time of common beans grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.69, n.4, p.437-443, 1995.
- CEPEF. **Recomendações técnica para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim: 2003. 112p.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.13, p.297-335, 1980.
- CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia: C.A.B., 1991. 55-118p.
- CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. Viveiro Internacional de Rendimento y Adaptación del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, 2000, 195p.
- CICHY, K.A.; FORSTER, S.; GRAFTON, K.F.; HOSFIELD, G.L. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. **Crop Science**, v.45, n.3, p.864-870, 2005.

COELHO, C.M.M. **Qualidade fisiológica, tecnológica e nutricional em sementes de feijão.** (Projeto) Lages-SC: Universidade do estado de Santa Catarina, 2005. 18p.

COELHO, C.M.M.; BELLATO, C.M.; SANTOS, J.C.P.; ORTEGA, E.M.M.; TSAI, S.M. 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**, v. 87, p. 1237-1243, 2007a.

COELHO, C.M.M.; BORDIN, L.C.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J.; GUIDOLIN, A.F. Tempo de cocção de grãos de feijão em função do tipo d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, 2008a.

COELHO, C.M.M.; COIMBRA, J.L.M.; SOUZA, C.A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A.F. Diversidade Genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1241-1247, 2007b.

COELHO, C.M.M.; SANTOS, J.C.P.; TSAI, S.M.; VITORELLO, V.A. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, n.1, p.51-58, 2002.

COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A.; DANELLI, A.L.D.; PEREIRA, T.; SANTOS, J.C.P.; PIAZOLI, D. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, 2008b.

COELHO, R.C. Considerações sobre as proteínas do feijão. **Revista de Nutrição**, v.4, n.1, p.122-145, 1991.

CONAB. **Comissão Nacional de Abastecimento. Levantamento de grãos safra 2007/2008.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acessado em: 25 de agosto de 2008.

CONAFE. **Resumos do VIII Congresso Nacional de Feijão, 8. 2005.** Romano, C.M.; Helbig, E.; Wally, A.P.S.; Dias, A.R.G.; Elias, M.C. (eds). Goiânia, Go: Santo Antônio de Goiás / Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 1294p. (Documentos nº 182).

CORRÊA, M.M. **Avaliação da qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão comum quanto à absorção de água, tempo de cozimento, hard-shell e, aos teores de ferro e zinco antes e após diferentes métodos de cozimento doméstico.** Rio de Janeiro, 2007. 66f. Mestrado - UFRRJ.

COSTA, G.E.A.; QUEIROZ-MONICI, K.S.; REIS, S.M.P.M.; OLIVEIRA, A.C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v.94, n.3, p.327-330, 2006.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para tempo de cozimento no germoplasma de feijão da UFLA. In: Reunião Nacional de Pesquisa do Feijão, 6. Goiânia, 1999. **anais**. Goiânia. p. 429-431.

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/MG, v.5, n.4, p.1017-1021, 2001.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

Cunha, D.F.; Cunha, S.F.C. Microminerais. In: Sarvier. (ed) **Ciências nutricionais**. ed. São Paulo: Cap 9, 1998. p.141-165.

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

DEBOUCK, D.G. *Phaseolus* germplasm exploration. In: Gepts, P. **Genetics Resources of Phaseolus Beans**. Kluwer, Dordrecht, Netherlands: 1988. p.3-30.

DEBOUCK, D.G. **Common Beans: Research for Crop Improvement**. Wallingford, UK and Delgado, S.; Bonet, A.A.; Gepts, P. **Genetics Resources of Phaseolus Beans**. Dordrecht, Netherkands: Kluwer, 1988. p.163-184.

DEBOUCK, D.G. **Common Beans: Research for Crop Improvement**. Systematics and morphology. Wallingford, UK and CIAT, Cali, Colombia. **C.A.B.**, P.55-118.

DONADEL, M.E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, 1999.

DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipo de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.25-32, 1994.

ELIA, F.M.; HOSFIELD, G.L.; KELLY, J.D.; UEBERSAX, M.A. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.122, n.4, p.512-518, 1997.

EPAGRI. **Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina Online**. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br>>. Acessado em: 02 de agosto de 2008.

ESTEVES, A.M.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.D.; CORRÊA, A.D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.999-1005, 2002.

EVANS, A.M. Structure, variation, evolution and classification in *Phaseolus*. In: Sumerfield, R.J.; Bunting, A.H. **Advances in Legume Science**. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, England. 1980. p.337-347.

FERREIRA, C.M.; YOKOYAMA, L.P. Comportamento dos consumidores de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, Santo Antonio de Goiás, 1999. Santo Antonio de Goiás. Resumos expandidos, p.717-719.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999. 307p. (FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999. 307p.).

FRANKEL, R.; GALUN, E. **Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding**. New York: Springer-Verlag, 1977. 281p.

FREIRE, W.B. Strategies of the Pan American Health Organization/World Health Organization for the control of iron deficiency in Latin America. **Nutr Rev**, v.55, n.6, p.183-188, 1997.

GARCIA-VELA, L.A.; STANEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

GEIL, P.B.; ANDERSON, J.W. Nutrition and health implications of dry beans a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.13, n.6, p.549-558, 1994.

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

GEPTS, P.; OSBORN, T.C.; RASHKA, K.; BLISS, F.A. Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common beans (*Phaseolus vulgaris*): Evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**, v.40, p.451-468, 1986.

GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.13, p.1874-1881, 2000.

HOSFIELD, G.L.; BEAVER, J.L. Cooking time in dry bean and its relationship to water absorption. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.44, p. 157-158, 2001.

IBARRA-PERÉZ, F.J.; CASTILHO, R.; CUELLAR, E.I. Treshing effect on cooking time in comercial beans cultivars from semiarid highlands of Mexico. **Bean Improvement Cooperative**, v.39, p.264-265, 1996.

IBGE. **Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores>>. Acessado em 27 de setembro de 2008.

JACINTO, C.H.; AZPIROZ, S.R.; ACOSTA, J.A.G.; HERNÁNDEZ, H.S.; BALTAZAR, B.M.; BERNAL-LUGO, I. Seed physical traits and inheritance of cooking time in recombinant bean inbred lines. **Bean Improvement Cooperative**, v.42, n.2, p.125-126, 1999.

JACINTO-HERNANDEZ, C.; AZPIROZ-RIVERO, S.; ACOSTA-GALLEGOS; HERNÁNDEZ-SACHEZ, H.; BERNAL-LUGO, I. Genetic analysis and random amplified polymorphic DNA marks associated with cooking time in common bean. **Crop Science**, v.43, n.1, p.329-332, 2003.

KOENING, R.; GEPTS, P. Segregation and linkage of genes for seed proteins, isozymes, and morphological traits in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Heredity**, v.80, p.455-459, 1989.

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

KUTOS, T.; Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chemistry**, v.80, n.2, p.231-235, 2003.

KYRIAKIDIS, N.B.; Apostolidis, A.; Papazoglou, L.E.; Karathanos, V.T. Physicochemical studies of hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.74, n.2, p.186-192, 1997.

LAJOLO, F.M.; GENOVESES, M.I.; MENEZES, E.W. **Cultura do Feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Patafós, 1996. 786p.

LEMOS, L.B.; DURIGAN, J.F.; FORNASIERI FILHO, D. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Reunião Nacional de Pesquisa do Feijão, 5. Goiânia, 1996. Goiânia. **anais**, p.515-517.

LEMOS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial carioca. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

LOARCE, Y.; GALLEGOS, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v.88, n.1, p.107-115, 1996.

MAHAN, L.K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 1998. 1179p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2ª ed. 1997. 319p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1ª ed. Piracicaba: FEALQ 2005. 495p.

MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químicos-analíticos. **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas. A colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.2, n.1, p.185-231, 1946.

MEAD, R.; CURNOW, R.N.; HASTED, A.M. **Statistical methods in agriculture and experimental biology**. 3.ed. (ed) London: CRC Press, 2003. 472p.

MESQUITA, F.R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P.; LIMA, R.A.Z.; ABREU, A.F.B. Linhagens de feijão: (*Phaseolus vulgaris* L.) composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e agrotecnologia**, v.31, n.4, 2007.

MIRANDA, L.A.; DESTRO, D. **Qualidade química dos alimentos**. Londrina: UEL, 1999. 820p.

MODA-CIRINO, V. **Melhoramento Genético**. Londrina-PR: IAPAR, 2006. Disponível em: <<http://iapar.br/noticias>>. Acessado em: 10 de setembro de 2008.

MOURA, A.C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. Lavras, 1998. 70f. Mestrado - Universidade Federal de Lavras. MG.

MOURA, N.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, p.200-205, 2006.

MOURA, P.A.M.; PAIVA, B.M.; RESENDE, L.M.A. Aspectos econômicos da cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, v.17, n.178, p.67-72, 1994.

PAULA, S.S.R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. Lavras, 2004. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras/MG.

PEIXOTO, J.N.; SILVA, J.G.C. **Aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 49-59p.

PENNINGTON, J. **Bowers & Church's food values or portions common used**. 17. ed. Philadelphia: Lippincott, 1998. 481p.

PEREIRA FILHO, I.A.; CAVARINI, C. Taxa de hibridação natural do feijoeiro em Patos de Minas, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.1181-1183, 1984.

PEREIRA, T. **Diversidade genética para o centro de origem e o teor de nutrientes dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lages, 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina.

PÉREZ HERERA, P.; ESQUIVEL, G.; ROSALES SERNA, R.; ACOSTA GALEGS, J.A. Caracterización física, culinária y nutricional de frijol del altiplano sobhúmedo de México. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.52, n.2 supl. 2, p.172-180, 2002.

PIANA, C.F.B.; ANTUNES, L.F.; SILVA, J.G.C.; SILVEIRA, E. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.553-564, 1999.

PLHAK, L.C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, v.54, n.2, p.326-329, 1989.

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**, v.20, n.1, p.9-14, 1987.

PUJOLA, M.; FARRERAS, A.; CASANAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.102, n.4, p.1034-1041, 2007.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. R: A language and environment for statistical computing, ed. Vienna, Austria: 2007. Disponível em <<http://www.R-project.org>>. Acesso em 20 de março de 2007.

RABOY, V.; NOAMAN, M.M.; TAYLOR, G.A.; PICKETT, S.G. Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. **Crop Science**, v.31, p.631-635, 1991.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Genética quantitativa de plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro, p.271, 1993.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A.J.; COSTA, N.M.B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, p.200-213, 2008.

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, Viçosa, MG, 2002. **Anais**. Viçosa, MG. p.263-266.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, Viçosa, MG, 2002. Viçosa, MG. p.267-269.

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**, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LOPEZ, O. Hard to cook phenomenon in common beans - A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.3, p.227-286, 1993.

RIBEIRO, N.D. Adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão para a avaliação precoce de linhagens com cocção rápida. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2, Porto Seguro, 2003. **anais**. Porto Seguro. SBMP.

RIBEIRO, N.D.; JOST, E.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S.M.; POERSCH, N.L. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, v.67, n.2, 2008.

RIBEIRO, N.D.; SILVA, S.M.; GARCIA, D.C.; HOFFMANN JUNIOR, L. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, n.1-2, p.77-83, 2003.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GARCIA, D.C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.209-214, 2005a.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; POERSCH, N.L.; LONDERO, P.M.G.; CARGNELUTTI FILHO, A. Standardization of imbibition time of common bean grains to evaluate cooking quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, n.4, p.465-471, 2004.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TRENTIN, M.; LONDERO, P.M.G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, v.64, n.3, p.369-376, 2005b.

ROMANO, C.; HELBIG, E.; WALLY, A.P.S.; DIAS, A.R.; ELIAS, M.C. Relação entre curva de hidratação e tempo de cocção em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Reunião Nacional de pesquisa de Feijão 6, Goiânia, GO, 2005a. **Anais**. Goiânia, GO. Anais, p.713-715.

ROMANO, C.M.A.; HELBIG, E.; RUTZ, D.; SHIRMER, M.A.; ELIAS, M.C. Avaliação de sólidos totais e proteína solúvel na água de hidratação de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). In: VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia, 2005b. **Anais**. Goiânia. Embrapa, p.684-686.

ROSSI, T.; MANOLESCU, F.M.K. A cultura do feijão no mercado Brasileiro. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, São José dos Campos-SP, 2004.

RUANO, A. **Melhoramento genético de feijão**. Disponível em: <www.iapar.br>. 2006, acessado em: 20/03/2008.

RUTGER, J.N.; BECKHAM, L.S. Natural hybridization of *Phaseolus vulgaris* x *Phaseolus coccineus*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.95, p.659-661, 1970.

SALUNKHE, D.K.; S., K.S.; CHAVAN, J.K. **Nutrients in seeds**. Flórida: 1985. 29-52p.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L. **Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas**. Vieira, C.; Paula Junior, T.J.; Borém, A. (eds). Viçosa: UFV, 1998. 596p. (p. 55-81).

SÃO JOSÉ, E.B.; GOMES, J.C.; MATSUOKA, K.; SILVA, D.J. Características do endurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.29, n.4, p.633-650, 1986.

SATHE, S.K., DESHPANDE, S.S., SALUNKE, D.K. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 2. Chemical composition: carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** v.21, n.1, p.41-03, 1984.

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

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JUNIOR, 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, Goiânia, GO, 1999a. **Anais**. Goiânia, GO. p.339-342.

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JUNIOR, 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. Goiânia, GO, 1999b. **Anais**. Goiânia, GO. p.389-392.

SGARBERI, S.C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) (Review). **Revista de Nutrição e Dietética**, v.60, p.132-198, 1989.

SILVA, V.R.; IACHAN, A. Proteins from varieties of Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris*). I. Quantification and fractionation of proteins. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v.6, p.133, 1975.

SINGH, P.S. Common bean improvement in the Tropics. **Plant Breeding Reviews**, v.10, p.199-269, 1992.

SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, v.45, p.379-396, 1991a.

SINGH, S.P.; GUTIERREZ, J.A.; MOLINA, A. Genetic diversity in cultivated common bean II. Marker-based analyses of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, v.31, p.23-29, 1991b.

SOAREZ, D.M. **Agricultura familiar e a realidade da produção nacional de feijão**. CBPAF/EMBRAPA, 2003. Acessado em: 20 de julho 2008.

SONNANTE, G.; STOCKTON, T.; NODARI, R.O.; BECERRA, V.L. Evolution of genetic diversity during the domestication of common bean. **Theor Appl Genet**, v.89, p. 629-635.

STANLEY, D.W.; AGUILERA, J.M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, v.9, n.4, p.277-323, 1985.

STOETZER, H.A.I. Natural cross-pollination in bean in Ethiopia. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.27, p.99-100, 1984.

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

TUCKER, C.L.; HARDING, J. Outcrossing in common bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.100, n.283-285, 1975.

UNICEF. **The problem: about iron deficiency**. Disponível em <http://www.unicef.org/nutrition/23964_iron.html>, 2007. Acessado em: 10 de setembro de 2008.

VIDIGAL FILHO, P.S.; ROCHA, A.B.; HAMMERSCHMIDT, R.; KIRK, W.W. Total soluble amino acids and protein content of landrace common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars collected in Parana State, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.46, p.61-62, 2003.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCEÉ, H. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v.57, n.3, p.289-293, 2000.

VOYSEST, O.; VALECIA, M., C.; AMEZQUITA, M.C. Genetic diversity among Latin America Andean and Mesoamerican common bean cultivars. **Crop Science**, v.34, p.1100-1110, 1994.

VOYSEST, O.V. **Mejoramiento genetico del frijol (*Phaseolus vulgaris*) legado de variedades de América Latina (1930-1999)**. Cali, Colombia: CIAT, 2000. 195p.

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

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, v.28, p.452-458, 1988.

WELLS, W.C.; ISON, W.H.; WAINES, J.G. Outcrossing rates of six common bean lines. **Crop Science**, v.28, p.177-178, 1988.

WYATT, J.C. Seed coat and water absorption properties of seed of nearisogenic snap bean lines differing in seed coat color. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.102, n.4, p.478-480, 1977.

YOKOYAMA, L.P. **Cultivo do feijoeiro comum. Importância econômica**. CNPAF/EMBRAPA, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>. Acessado em: 20 de julho de 2008.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do Feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antonio de Goiás: 2000. 75p.