

**UFRRJ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Avaliação da qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) 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**

**Mariana Marques Corrêa**

**2007**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FEIJÃO COMUM  
(*Phaseolus vulgaris*, L.) DE SETE CULTIVARES, 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**

**MARIANA MARQUES CORRÊA**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Dra. Lucia Maria Jaeger de Carvalho**

*e Co-orientação da Pesquisadora*  
**Dra. Sidnéa Cordeiro De Freitas**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos** no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos

**Seropédica, RJ  
Junho de 2007**

641.65652

C824a

T

Corrêa, Mariana Marques, 1982-  
Avaliação da qualidade  
tecnológica de feijão comum  
(Phaseolus vulgaris, L.) de sete  
cultivares, 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 /  
Mariana Marques Corrêa. - 2007.  
66f. : il.

Orientador: Lucia Maria Jaeger  
de Carvalho.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, Instituto de  
Tecnologia.

Bibliografia: f. 59-66.

1. Culinária(Feijão) - Teses. 2.  
Feijão - Qualidade - Teses. 3.  
Feijão - Variedades - Teses. 4.  
Feijão - Processamento - Teses. I.  
Carvalho, Lucia Maria Jaeger de,  
1953-. II. Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro. Instituto  
de Tecnologia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**MARIANA MARQUES CORRÊA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----/----/-----

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lucia Maria Jaeger de Carvalho - UFRJ  
(Orientadora)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Djalva Maria da Nóbrega – UFRRJ

---

Dr. Antonio Gomes Soares – EMBRAPA-CTAA

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho à melhoria das condições de vida e nutricional da população brasileira, ao aumento do consumo de feijão, em especial do nosso prato principal, “Arroz e Feijão”.**

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, quem mais recorri nos momentos de desespero, muito obrigado por sempre ter me atendido com a PAZ!

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), ao Instituto de Tecnologia e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelo oferecimento deste curso.

À EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, nas figuras da Dra. MARÍLIA REGINI NUTTI e do Dr. JOSÉ LUIZ VIANA DE CARVALHO, coordenadores dos programas *HarvestPlus* e *AgroSalud* e por toda infra-estrutura oferecida para o bom desenvolvimento da pesquisa.

Ao *HarvestPlus* pela concessão da bolsa de estudo.

À minha orientadora e amiga Prof<sup>a</sup>. Dra. LÚCIA MARIA JAEGER DE CARVALHO, pela dedicação, confiança e conhecimentos compartilhados durante o Mestrado.

À co-orientadora, Dra. SIDINÉA CORDEIRO FREITAS, pelas sugestões e carisma, principalmente durante a fase experimental.

Aos meus pais, JOSÉ CARLOS VIEIRA CORRÊA e SUELI MARQUES BRAGA CORRÊA pela confiança a mim dedicada, pelas cobranças, que se fizeram necessária e que mesmo com toda a distância, nos momentos mais difíceis, me ofertaram todo carinho suplicado, e ao meu irmão BERNARDO MARQUES CORRÊA, pela amizade.

Ao VITOR CORRÊA DE OLIVEIRA, pela imensa contribuição na parte estatística, pelo amor, dedicação, pelas sugestões e conselhos. Muito obrigada pela Tolerância!

À FÊ, TIA ELISA e TIO TAVINHO, pelo amor de vocês e o imenso carinho a mim dedicado.

À Dra. REGINA DELLA MODESTA, pela colaboração e amizade.

Aos amigos e companheiros de trabalho que dividiram os bons e os difíceis momentos durante a minha permanência na Embrapa: ALEX, ALINE, ANA LÚCIA, ANTÔNIO, CARMINE, FLÁVIA, JULIANA, KARINA, LÚCIA, LUCIANA, MARRETA, PRISCILAS, PS, SIMAS, TÂNIA, TATIANA, VANESSA, VIRGÍNIA e ao GASPAS pela colaboração no laboratório da UFRRJ.

Aos amigos de Campos dos Goytacazes, por terem me acolhido e me apoiado ao final desta jornada, muito obrigada pelas dicas.

E a todos familiares e amigos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

## RESUMO

CORRÊA, Mariana Marques. **Avaliação da qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) 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.** 2007. 67p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

Os grãos de leguminosas ocupam importante papel na nutrição humana, especialmente participando na dieta padrão de pessoas do grupo de baixa renda de países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. O feijão tem especial importância no Brasil, não somente pelo país ser o maior produtor e consumidor mundial, mas também por ser o feijão um dos principais alimentos protéicos do povo brasileiro. No Brasil, a recomendação de novas cultivares de feijão tem sido realizada em função de suas características agrônômicas, e certas exigências de mercado têm de ser atendidas, entre elas, tão importante quanto a produtividade está a qualidade tecnológica do grão. Considerando o alto consumo de feijão nos países em desenvolvimento, a importância dos micronutrientes ferro e zinco para a nutrição humana e a carência de estudos sobre a influência da maceração e do cozimento nos teores destes minerais, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão, de diferentes grupos comerciais quanto a capacidade de absorção de água, ao *hard-shell* e aos teores de Fe e Zn nos grãos crus e nos cozidos por diferentes métodos, a fim de comparar a influência do cozimento nos teores de minerais. As cultivares avaliadas foram plantadas na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás – GO, na mesma área e época de plantio (inverno) sendo elas: BRS Vereda (rosinha); BRS Timbó (roxinho); BRS Grafite (preto); BRS Radiante (rajado); BRS – Pontal (carioca); BRS Marfim (mulatinho) e BRS Jalo Precoce (jalo). Pôde-se concluir que apenas as cultivares BRS Radiante e BRS Jalo Precoce, foram inferiores às demais quanto ao tempo de cozimento e ao percentual de *hard-shell*, respectivamente. As cultivares BRS Vereda e a BRS Timbó, se destacaram entre as demais, apresentando os maiores teores de Fe e Zn em todos os tratamentos (cozimentos) aplicados, porém a BRS Grafite e a BRS Marfim, também, merecem destaque, uma vez que foram superadas apenas no grão cru, quanto a estes micronutrientes. Os tratamentos influenciaram de maneiras distintas nos teores de Fe e Zn, tendo a maceração beneficiado o teor de Fe, o cozimento em panela de pressão, o teor de Zn e, a maceração prévia ao cozimento representou uma economia média de 71,15%. Desta forma, verificou-se que a maceração seguida do cozimento, em panela de pressão, é o melhor método para preparo do feijão, corroborando com a prática da maioria da população. O percentual de água absorvida aumentou de forma quadrática em todas as cultivares, as quais apresentaram diferentes valores durante a maceração. Entretanto, apresentaram absorção de água semelhantes (107,52%). O percentual de *hard-shell* apresentou correlação positiva com a capacidade de absorção de água.

**Palavras-chave:** feijão comum, qualidade tecnológica, cozimento, ferro, zinco.

## ABSTRACT

CORRÊA, Mariana Marques. **Technological quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) from seven cultivars: water absorption, cooking time hard-shell, and iron and zinc contents before and after different home cooking methods.** 2007. 67p. Dissertation (Master Science in Food Science and Technology) Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica , RJ, 2007.

Grain legumes play an important role in human nutrition, especially in the diet of the people from low-income groups in developing countries. Beans are especially important for Brazil, not only because the country is the largest worldwide producer and consumer, but also because beans are one of the main proteic foods for the Brazilian population. The recommendation of new beans cultivars in Brazil has been accomplished due to their agronomic characteristics. During the process of cultivar releasing and registration, several marketing requirements, as important as yielding potential and disease resistance, should be taken into account in the bean breeding program. Considering the high beans consumption by the in development countries; the importance of the micronutrients iron and zinc for the human nutrition, and lack of studies on the influence of the previous immersion and the cooking in the content of these minerals, the present study had as objectives to evaluate the technological quality of seven common beans (*Phaseolus vulgaris*, L) cultivars from different commercial groups, cultivated at EMBRAPA Rice and Beans, in Santo Antônio de Goiás – GO, in the same area and planting time (winter): BRS Vereda (rosinha); BRS Timbó (roxinho); BRS Grafite (preto); BRS Radiante (rajado); BRS – Pontal (carioca); BRS Marfim (mulatinho) e BRS Jalo Precoce (jalo) in relation to the water absorption capacity, hard-shell and the cooking time before and after the immersion and to evaluate the iron and zinc contents in the raw grains, and in those cooked in different homecooking methods. The BRS Vereda and BRS Timbó cultivars presented the highest Fe and Zn contents after all cooking methods applied. However, the BRS Grafite and BRS Marfim also presented high contents of Fe and Zn but low Fe and Zn contents in the raw beans when compared with those of BRS Vereda and BRS Timbó. The cooking methods influenced the Fe and Zn contents in different ways. The cooking methods influenced in different ways, the previous immersion benefited the Fe contents, and the use of the pressurized pot in the zinc contents, being verified that the immersion followed by the cooking in the pressurized pot reduced in 71,15% the cooking time for all cultivars being the best method to cook and to preserve these nutrients, what corroborates with the practice of most population. The percentage of absorbed water increased in a quadratic way for all cultivars evaluated, which presented different results during the immersion. However, they presented similar water absorption capacities (average of 107.52 %). The hard – shell percentage showed a positive correlation with the absorption capacity.

**Keywords:** common beans, technological quality, cooking, iron, zinc

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>   | <b>12</b> |
| Referências Bibliográficas.....  | 15        |
| <br>   |           |
| <b>2 CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE SETE CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM (<i>Phaseolus Vulgaris</i>, L.).....</b>             | <b>17</b> |
| Resumo.....  | 18        |
| Abstract.....  | 19        |
| <b>2.1 Introdução.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2.2 Revisão de Literatura.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>2.3 Material e Métodos.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>2.4 Resultados e Discussão.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.5 Conclusões.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>2.6 Referências Bibliográficas.....</b>   | <b>34</b> |
| <br>   |           |
| <b>3 CAPÍTULO II -TEORES DE FERRO E ZINCO NOS GRÃOS DE SETE CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM (<i>Phaseolus vulgaris</i>, L.) CRU E APÓS O COZIMENTO.....</b> | <b>38</b> |
| Resumo.....  | 39        |
| Abstract.....  | 40        |
| <b>3.1 Introdução.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>3.2 Revisão de Literatura.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>3.3 Material e Métodos.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>3.4 Resultados e Discussão.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>3.5 Conclusões.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>3.6 Referências Bibliográficas.....</b>   | <b>58</b> |
| <br>   |           |
| <b>4 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>  | <b>66</b> |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Tabela 1</b>  | Série histórica de área plantada, produtividade e produção, das safras de 1976/77, 1986/1987, 1996/1997, 2005/2006 e 2006/2007.....   | <b>13</b> |
| <b>Tabela 2</b>  | Importação de grãos de feijão pelo Brasil.....  | <b>13</b> |
| <b>Tabela 3</b>  | Capacidade de absorção e pico de absorção nas sete cultivares de feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) e as respectivas médias e coeficiente de variação (CV).....   | <b>29</b> |
| <b>Tabela 4</b>  | Percentual de <i>hard-shell</i> , tempo de cozimento dos grãos com e sem maceração prévia e a redução de tempo obtida no cozimento após a maceração dos grãos nas sete cultivares de feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) e as respectivas médias e coeficiente de variação (CV).....   | <b>30</b> |
| <b>Tabela 5</b>  | Coefficiente de correlação de Pearson (níveis de significância) entre as características tempo de cozimento com maceração (TCCM), tempo de cozimento sem maceração (TCSM), pico de absorção (Pico de Absorção), capacidade de absorção de água (Capacidade de absorção) e o percentual de <i>hard-shell</i> levando em consideração as médias, das sete cultivares de feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.)..... | <b>30</b> |
| <b>Tabela 6</b>  | Tempo de cozimento nos diferentes métodos, para as sete cultivares de feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) estudadas.....   | <b>49</b> |
| <b>Tabela 7</b>  | Teores de ferro nos grão cru e após os diferentes métodos de cozimento, nas sete cultivares feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) estudadas.....   | <b>52</b> |
| <b>Tabela 8</b>  | Teores de zinco nos grãos cru e após os diferentes métodos de cozimento nas sete cultivares feijão comum( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) estudadas.....  | <b>53</b> |
| <b>Tabela 9</b>  | Níveis descritivos de probabilidade para erro tipo I associados aos contrastes ortogonais entre os tipos de panela (PP x PC) e entre os métodos (CM x SM), referentes aos teores de ferro e zinco, valores médios para os diferentes tratamentos e o coeficiente de variação (CV).....  | <b>54</b> |
| <b>Tabela 10</b> | Média da umidade dos grãos de feijão cru e, dos grãos cozidos nos diferentes métodos de cozimentos no momento da análise de minerais.   | <b>55</b> |

## INDÍCE DE FIGURAS

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 1</b> | Sete cultivares de feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L) utilizadas na pesquisa.....                           | <b>25</b> |
| <b>Figura 2</b> | Relação entre o percentual de água absorvida e o tempo de maceração nas sete cultivares de feijão estudadas..... | <b>28</b> |
| <b>Figura 3</b> | Fluxograma dos quatro métodos de cozimento dos grãos de feijão das sete cultivares.....                          | <b>49</b> |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijoeiro é cultivado em cerca de 107 países, incluindo um grande número de gêneros e espécies. Considerando-se, apenas o gênero *Phaseolus*, o Brasil é seu maior produtor mundial seguido pelo México. O gênero *Phaseolus* compreende, aproximadamente, 55 espécies das quais, apenas cinco, são cultivadas. Destas cinco, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é o mais difundido e consumido em diversos países, sendo responsável por 95% da produção mundial (COSTA, 2000).

Os grãos de leguminosas ocupam importante posição na nutrição humana, especialmente, participando na dieta padrão de pessoas do grupo de baixa renda de países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, sendo considerados “a carne dos homens pobres” e, geralmente, boa fonte de nutrientes (THARANATHAN e MAHADEVAMMA, 2003). Cerca de 20 espécies de leguminosas são consumidas como grãos secos em quantidades apreciáveis na nutrição humana (COSTA *et al.*, 2006). Entre estas, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma fonte rica de nutrientes, principalmente, para pessoas de recursos limitados, em que, geralmente, predomina a desnutrição em graus variáveis (WELCH *et al.*, 2000).

Os grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) constituem uma fonte protéica na dieta humana de países em desenvolvimento, habitantes das regiões tropicais e subtropicais, particularmente, nas Américas (47% da produção mundial) e no leste e sul da África (10% da produção mundial).

No Brasil é consumido por indivíduos de todas as camadas sociais, e a combinação feijão e arroz, como prato principal do brasileiro, forma uma boa relação do ponto de vista nutricional, sendo fonte de proteína de boa qualidade, fibra e carboidratos. O feijão é rico principalmente em potássio (25-30mg/100g), fósforo (cerca de 0,4%), ferro (cerca de 0,007%), cálcio, zinco e magnésio (ARAÚJO, 1996) apresentando conteúdo, relativamente, elevado de proteínas, em média entre 22% e 26% (BARAMPAMA e SIMARD, 1993). No Brasil, tem sido considerado, por muito tempo, como o alimento básico para a população tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA *et al.*, 2006).

Com base nos resultados da Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF, realizada em 2002-2003, o consumo de feijões e outras leguminosas representou 6,55% de participação relativa no total de calorias, determinado pela aquisição alimentar domiciliar (1811,18 kcal/dia *per capita*), sendo maior no meio rural do que no meio urbano (9% das calorias totais contra 5,8%). Porém, a disponibilidade domiciliar desse grupo apresentou redução de 30% entre 1974-1975 e 2002-2003.

O feijão é uma cultura tradicional no Brasil que, a cada ano, vai conquistando maior espaço no agronegócio. Destaca-se, também, por ser o maior consumidor, encontrando nessa leguminosa sua principal fonte de proteína vegetal. É consumido em, praticamente, todos os estados do país, sendo cultivado durante todos os meses do ano e, a sua produção provém de quase todo o território nacional (PEREIRA, 1999).

O cultivo dessa leguminosa é muito difundido no território nacional, sendo cultura de subsistência em pequenas propriedades, embora tenha crescido o interesse por produtores que aplicam tecnologias avançadas de cultivo (YOKOYAMA, 2002).

Entre as culturas de grãos, o feijoeiro é a que exibe maior variabilidade quanto à cor, tamanho e forma da semente, sendo que estas características influenciam quanto à preferência por determinada variedade (CARNEIRO *et al.*, 2005).

Segundo GUEVARA (1990), no Brasil há maior aceitação por feijões de sementes pequenas e opacas, sendo o feijão preto o mais popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo

enquanto que no restante do país, este tipo de grão tem pouco ou nenhum valor comercial e/ou aceitação, tendo em vista que o feijão do tipo carioca é aceito e consumido no restante do país.

Em 2000, YOKOYAMA estimou, para o Brasil, uma produção de 3.073.700 toneladas de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e, no ano 2003, o resultado mostrou-se superior à produção esperada, produzindo 3.302.038 toneladas de grãos, equivalente a R\$ 4.008.884,00 e correspondendo a uma área de cultivo de 4.378.213 hectares (YOKOYAMA, 2000 e IBGE, 2006).

**Tabela 1 Série histórica de área plantada, produtividade e produção, das safras de 1976/77, 1986/1987, 1996/1997, 2005/2006 e 2006/2007.**

| Safra                              | 1976/77 | 1986/87 | 1996/97 | 2005/06 <sup>(1)</sup> | 2006/07 <sup>(2)</sup> |
|------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|
| <b>Área</b><br>(mil hectares)      | 4.538,7 | 5.691,5 | 4.919,0 | 4.223,6                | 4.276,4                |
| <b>Produtividade</b><br>(kg/ha)    | 488     | 370     | 593     | 822                    | 839                    |
| <b>Produção</b><br>(mil toneladas) | 2.215,2 | 2.108,4 | 2.914,8 | 3.471,2                | 3.587,7                |

Fonte: CONAB - Levantamento: Março/2007

(1) Dados Preliminares: sujeitos a mudanças (2) Dados Estimados: sujeitos a mudanças

A avaliação da safra agrícola 2006/2007 pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), indicou um incremento de 1,2% (52,4 mil hectares) na área cultivada, em relação à safra anterior (2005/2006) (Tabela 1). Dos 4,3 milhões de hectares cultivados, 1,3 milhões (31,3%) são de 1ª safra; 2,0 milhões (46,7%) de 2ª e, o restante, (22%) de 3ª safra.

A produção de feijão (2006/2007) está estimada em 3,6 milhões de toneladas, superior em 107,1 mil toneladas (3,1%) ao levantamento preliminar (2005/2006). Desse total, 1,5 milhão de toneladas (40,9%) é de 1ª safra, 1,3 milhão (36,0%) de 2ª safra e o restante, 0,8 milhão (23,1%) de 3ª safra. A produtividade média implicou em 839 kg/ha (CONAB, 2007), considerada baixa, uma vez que em monocultivo experimental, com alta tecnologia, tem-se obtido mais de 4.000 kg/ha (VIEIRA *et al.*, 1999).

A produção brasileira de grãos de feijão aumentou de 2.215,2 mil para 3.587,7 mil toneladas ( $\pm 61,9\%$ ) no período de 1977-2007 devido ao aumento da produtividade média que passou de 488 para 839 kg/ha ( $\pm 71,9\%$ ), no mesmo período.

Segundo WANDER (2005), o crescimento da produção permitiu atender ao aumento da demanda interna, em função do crescimento populacional e ainda liberou, aproximadamente, 112 mil hectares para outras atividades agrícolas.

Por outro lado, a CONAB ressalta que apesar de ter havido aumento na produção, ainda é um fator preocupante, uma vez que o Brasil não atende à demanda interna, somente com o feijão que produz, necessitando importar, anualmente, grandes quantidades de grãos (Tabela 2) (CONAB, 2006 e FUSCALDI, 2005).

**Tabela 2 Importação de grãos de feijão pelo Brasil.**

| Importação       | 2003    | 2004   | 2005    |
|------------------|---------|--------|---------|
| <b>Toneladas</b> | 103.310 | 79.206 | 100.719 |
| <b>Mil US\$</b>  | 28.283  | 25.166 | 43.151  |

Fonte: CONAB – 2006. Dados da Balança de Importação Brasileira de 2003 a 2005.

Diversos trabalhos sobre melhoramento genético têm sido desenvolvidos com o objetivo de obter variedades de feijão com melhores características agrônômicas, buscando o

aumento da produtividade, além da resistência a pragas e doenças (CRUZ, 2000). Porém, é indispensável uma associação estreita, entre produtores e pesquisadores, nas áreas de agronomia, alimentos e nutrição, para obter feijões de boa qualidade que sejam aceitos pelo consumidor. Desta forma, torna-se importante o conhecimento do valor nutricional e funcional, tanto das variedades existentes quanto, das novas variedades obtidas a fim de oferecer ao mercado alimentos que cumpram com as exigências de qualidade.

Portanto, tendo em vista o alto consumo de feijão e sua importância nutricional para as populações dos países em desenvolvimento, torna-se necessário um estudo das cultivares disponíveis, visando avaliar as suas características tecnológicas e seus teores de ferro e o zinco, após o cozimento, a fim de que se possa selecionar as mais promissoras para cultivo e consumo humano.

Este trabalho teve como objetivo estudar sete diferentes cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) a fim de verificar sua qualidade tecnológica quanto à absorção de água, *hard-shell* e o efeito do cozimento doméstico sobre os teores de ferro e zinco.

Para melhor esclarecimento, a presente dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo que no Capítulo 1, as características tecnológicas do grão de feijão tais como: capacidade de absorção de água, pico de absorção de água, percentual de grãos duros (*hard-shell*) e tempo de cozimento em cozedor experimental foram avaliadas e comparadas. O Capítulo 2 objetivou analisar os teores de ferro e zinco nos grãos de feijão cru e após diferentes tipos de cozimento doméstico, a fim de verificar se a forma de preparo interferiria nestes teores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. 786 p.
- BARAMPAMA Z., SIMARD, R. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **Journal Food Scienc.** v.59, n.5, p.833-837, 1993.
- CARNEIRO, J. C. S. ; MINIM, V. P. R. ; SOUZA JUNIOR, M. M. ; CARNEIRO, J. E. S. ; ARAUJO, G. A. A. . Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 18-24, 2005.
- CONAB. **Dados da Balança de Importação Brasileira de 2003 a 2005**, abril/2006. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2006.
- CONAB. **Previsão e acompanhamento de safra 2006/2007**: sexto levantamento, março/2007. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 de maio de 2007.
- COSTA, G.; QUEIROZ-MONICI, K.; REIS, S.; OLIVEIRA, A. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chem.**, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.
- COSTA, J.G.C.; VIEIRA, N.R.A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.51-64, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <http://www1.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/isp/default.shtm> 19 de dezembro de 2006.
- FUSCALDI, K.C., PRADO, G.R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista da Política Agrícola**, ano XIV, n. 5, p.17-30, 2005.
- GUEVARA, L.L.V. **Comportamento físico-sensorial de novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados em condições ambientais**. Lavras. 1990. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- PEREIRA, P.A.A. A cultura do feijão no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Coords.). *Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p.1-8, 1999.
- THARANATHAN, R., e MAHADEVAMMA, S. Grain legumes – a boon to human nutrition. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 14, p. 507–518, 2003.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.273-349, 1999.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. Aspectos conjunturais da cultura. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

YOKOYAMA, L.P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e feijão, p.250-292, 2002.

WANDER, A.E. Perspectivas de Mercado Interno e Externo Para o Feijão. In: Conafe VIII 2005; p.892-895. Goiânia,GO. 2005.

WELCH, R., HOUSE, W., BEEBE, S., CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **J. Agric. Food Chem.**, v.48. p.3576- 3580, 2000.

## **CAPÍTULO I**

### **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE SETE CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris*, L.)**

## RESUMO

No Brasil, a recomendação de novas cultivares de feijão tem sido realizada em função de suas características agronômicas. No procedimento de registro de uma nova cultivar de feijão, certas exigências de mercado têm de ser atendidas, entre elas, tão importante quanto a produtividade e resistência à doenças, encontra-se a qualidade tecnológica do grão. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão, de diferentes grupos comerciais, plantadas na mesma área e época de plantio (inverno), quanto à capacidade de absorção de água, ao número de grãos duros (*hard-shell*) e ao tempo de cozimento em cozedor experimental, antes e após a maceração. Os resultados revelaram que o percentual de água absorvida aumentou de forma quadrática para todas as cultivares avaliadas, as quais apresentaram comportamentos distintos no decorrer do tempo de maceração, porém tiveram capacidades de absorção semelhantes (média de 107,52%) e pico de absorção médio em torno de 12,05 horas, semelhantes àqueles encontrados na literatura. O percentual de *hard-shell* evidenciou uma correlação positiva com a capacidade de absorção. A maceração prévia reduziu, em média, 71,15% do tempo de cozimento em todas as cultivares. A cultivar BRS Radiante apresentou o maior tempo de cozimento com maceração, porém semelhante a resultados anteriormente reportados na literatura para esta cultivar.

**Palavras chave:** feijão comum, *hard-shell*, tempo de cozimento, capacidade de absorção de água.

## ABSTRACT

In Brazil, new beans cultivars recommendation has to be accomplished by its agronomic characteristics. During the process of a new bean cultivar releasing and registration, several marketing requirements, as important as yielding potential and disease resistance, should be taken into account in the technological quality. The purposes of this work were to evaluate the technological quality: water absorption capacity, the number of hard grains (hard-shell) and the cooking time obtained in an experimental cooker before and after immersion of seven beans cultivars, from different commercial groups, cultivated in the same area and planting time (winter). The results revealed that the absorbed water percentage increased in a quadratic way for all cultivars evaluated, which presented different behaviours during the immersion time. However, they presented similar water absorption capacities (average of 107.52 %) and mean water absorption peak around 12.05 hours, similar to those ones found in the literature. The hard – shell percentage showed a positive correlation with the water absorption capacity. The previous immersion reduced the cooking time (71.15%) for all cultivars. The BRS Radiante cultivar presented the largest cooking time after previous immersion, however it was similar to those previously reported in literature

**Keywords:** common beans, hard-shell, cooking time, water absorption capacity

## 2.1 INTRODUÇÃO

A busca por cultivares de feijão adaptadas ao local de cultivo e com potencial produtivo tem sido alvo de estudos em melhoramento genético. Porém, no procedimento de registro de uma nova cultivar de feijão, certas exigências de mercado têm de ser atendidas e, entre elas, tão importante quanto a produtividade e a resistência à doenças, está a qualidade tecnológica do produto (grão) comercializado (CARBONELL *et al.*, 2003). Desse modo, é importante que essas cultivares apresentem grãos com características culinárias desejáveis, como menor tempo de cozimento e com alta capacidade de hidratação.

A cultura de feijão tem sido explorada numa amplitude muito grande de condições climáticas e por agricultores com diferentes níveis de tecnologia. Neste sentido, uma alternativa para obtenção de maior rentabilidade seria a busca por materiais adaptados às condições de cultivo e com produtividade de grãos elevada, que atendam às características do consumidor (CARNEIRO *et al.*, 2005).

No Brasil, a recomendação de novas cultivares de feijão tem sido realizada em função de suas características agronômicas (EMBRAPA, 1994). Apesar de se destacar como principal produtor mundial, existem poucos estudos que caracterizem a aparência, o aroma, a textura e o sabor de grãos de diversas variedades de feijão, ou seja, na maioria das vezes não se conhece seu perfil sensorial, principalmente daquelas melhoradas geneticamente (CARNEIRO *et al.*, 2005).

O objetivo geral do presente capítulo foi avaliar a qualidade tecnológica dos grãos de sete cultivares de feijão, de diferentes grupos comerciais e, como objetivos específicos, determinar e avaliar a capacidade de absorção de água, o número de grãos duros (*hard-shell*) e ao tempo de cozimento em cozedor experimental.

## 2.2 REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade tecnológica e nutricional do feijão é determinada, em parte, pelo genótipo e influenciada pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos e a qualidade dos grãos, para o cozimento, afetada por fatores climáticos, como a alta temperatura no período de enchimento dos grãos, práticas de cultivo, beneficiamento pós-colheita, condições de armazenamento e tecnologia de processamento (DALLA CORTE *et al.*, 2003).

No Brasil, o feijão tem sido considerado, por muito tempo, alimento básico para a população tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA *et al.*, 2006) fornecendo quantidade significativa de proteínas, calorias, fibra alimentar, especialmente, fibra solúvel e sendo uma fonte excelente de alguns minerais e vitaminas (COELHO, 1991; BERRIOS *et al.*, 1999; VILLAVICENCIO *et al.*, 2000; KUTOS *et al.*, 2003). Apesar dessas vantagens, os grãos de feijão apresentam algumas características indesejáveis que limitam sua aceitabilidade e/ou seu valor nutricional, como o fenômeno *hard-to-cook* (duro para cozinhar), a presença de fatores antinutricionais e ser limitante em alguns aminoácidos (JOOD *et al.*, 1986; DE-LEON *et al.*, 1992; VIDAL-VALVERDE *et al.*, 1993; BARAMPA e SIMARD, 1994; COSTA DE OLIVEIRA *et al.*, 2001).

O cozimento é uma fase importante e fundamental no seu preparo bem como a maceração prévia, para consumo de mesa, assegurando a inativação dos fatores antinutricionais, contribuindo de forma a proporcionar uma caracterização das propriedades sensoriais de cor (aparência), sabor e textura tão desejáveis por parte do consumidor (COSTA e VIEIRA, 2000; ADAMS e BEDFORD, 1972), sendo um dos principais fatores na adoção de uma cultivar de feijão pelos agricultores. Compreende-se, então, que a avaliação do tempo de cozimento é característica fundamental para recomendação de uma determinada cultivar (COSTA *et al.*, 2001).

Por outro lado, RODRIGUES *et al.* (2005a) avaliaram o comportamento de grãos de cultivares de feijão quanto à capacidade de absorção de água e ao tempo de cozimento, bem como as correlações entre essas características, e concluíram que o tempo de cozimento diminuiu à medida que o tempo de maceração aumentou, tendo assim a capacidade de absorção de água pelos grãos uma correlação negativa e significativa com o tempo de cozimento estimado pelo cozedor experimental de Mattson.

O cozimento pode ser realizado em diferentes tempos e temperaturas, a pressão ambiente ou sob pressão. O tempo será menor no processo sob pressão, sem detrimento das propriedades sensoriais (DELLA MODESTA e GARRUTI, 1981).

As temperaturas, normalmente, empregadas no cozimento, sob pressão são de 121°C e, de 97-100°C, quando em panela comum, a pressão ambiente (BURR, 1971).

Os efeitos provocados pelos vários métodos de cozimento são amplamente abordados na literatura.

ROMANO *et al.* (2005a) observaram a relação entre a curva de hidratação e o tempo de cozimento de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) verificando que as variáveis: capacidade de hidratação dos grãos e tempo de cozimento apresentaram correlação negativa, nas duas cultivares estudadas, ou seja, à medida que a umidade dos grãos aumentou, o tempo de cozimento foi diminuído. Sugeriram que 5 horas de maceração dos grãos, antes do cozimento, seriam suficientes para sua hidratação e diminuição das perdas de nutrientes. Estes resultados são similares aos obtidos por RODRIGUES *et al.* (2005a).

ESTEVEES *et al.* (2002) avaliaram a absorção de água em grãos de seis linhagens de feijão durante o período de 4 horas, sendo pesadas a intervalos de uma hora. Utilizaram a

relação água destilada/ peso de amostra de 4:1, ou seja, 80 g de água destilada para cada 20 g de amostra de feijão. Observaram que a linhagem IAC-Carioca-Aruã apresentou maior capacidade de absorção de água, com valor médio de 169,14% de água absorvida em relação ao peso inicial, enquanto a linhagem G2333 apresentou menor capacidade de absorção de água, com valor médio de 119,60% de água absorvida.

Para a determinação da capacidade de absorção de água, podem ser aplicados vários métodos modificados, descritos a seguir.

O tempo de maceração dos grãos de feijão na avaliação de sua capacidade de absorção de água, indicado pelas normas de Registro Nacional de Cultivares de Feijoeiro para a determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU), segundo o SNPC-MAPA (Portaria n.º 294/98 - Anexo IV), é de 16 horas, e utiliza a relação de uma parte de grãos para quatro partes de água, a temperatura ambiente (GARCIA-VELA e STANLEY, 1989). Entretanto, há indicativos de que o tempo de permanência dos grãos sob maceração possa ser reduzido para 4 horas (COSTA *et al.*, 2001; ESTEVES *et al.*, 2002).

Atualmente, esses testes de qualidade são exigidos para o registro de nova cultivar pelo SNPC/ MAPA (Portaria nº 294, de 14 de outubro de 1998 - Anexo IV), que introduz a cultivar registrada no sistema de comercialização de sementes no Brasil. Assim, considera-se a avaliação tecnológica/industrial um método recente dentro dos programas de melhoramento do feijoeiro e como rotina de seleção de genótipos superiores, buscando que tais programas se adaptem a essa nova condição e às interações/correlações existentes entre os caracteres avaliados quando cultivados em diferentes ambientes.

BASSINELLO *et al.* (2005) utilizaram diferentes soluções salinas a fim de observar a redução no tempo de cozimento de seis cultivares de feijão, com diferentes tamanhos de grãos, e de substituir o cloreto de sódio no processo de industrialização. Dentre as soluções testadas, utilizaram a decoada (solução obtida de cinza de palha de arroz, comumente empregada no campo para reduzir o tempo de cozimento de feijão, dado seu elevado teor de potássio) e mais quatro diferentes soluções: NaCl (cloreto de sódio), KCl (cloreto de potássio), Uréia e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sulfato de potássio) nas concentrações de 0,5% e 1%, respectivamente. A decoada foi mais eficiente na redução do tempo de cozimento. A diferença foi significativa em nível de 5%, quando comparada ao controle (maceração em água destilada). O aumento da concentração das soluções de 0,5 para 1% não promoveu diminuição significativa em relação ao tempo de cozimento; revelando que podem ser utilizadas concentrações menores de sal (NaCl) ou substância química, com exceção da uréia que, a 0,5% proporcionou cozimento semelhante ao da decoada, enquanto que a 1%, aumentou o tempo de cozimento, similar ao do controle. O NaCl propiciou o segundo melhor tempo de cozimento, com uma diferença de, aproximadamente, 5 minutos entre as concentrações 0,5 e 1%. A uréia aumentou o teor de sólidos solúveis, com maior tempo de cozimento a 1%, o que confirmou existir uma correlação positiva entre tempo de cozimento e teor de sólidos solúveis.

No processo doméstico de preparação do feijão, os grãos crus são previamente imersos em água (macerados) por 12 a 16 horas durante a noite (*overnight*), sendo este procedimento baseado apenas na experiência prática quanto ao seu efeito sobre o tempo de cozimento. Durante o processo de maceração, no entanto, ocorre a intensificação da respiração e metabolismo dos grãos, podendo provocar perdas de nutrientes por dissolução na água de hidratação ou maceração.

Tendo em vista que, por vezes, a água de maceração é descartada, ROMANO *et al.* (2005a) avaliaram as perdas de sólidos totais e de proteína solúvel na água de maceração de feijões (1 grão: 4 água), a temperatura ambiente por 16 horas, em duas cultivares, uma do grupo preto e outra do carioca. Os resultados, em proteína solúvel, revelaram que a cultivar Pérola, do grupo carioca, iniciou o processo de lixiviação de proteína solúvel após a primeira

hora de maceração atingindo 1,51% da proteína solúvel total dos grãos, em 16 horas de maceração. Na cultivar Guapo Brilhante, do grupo preto, a lixiviação da proteína solúvel iniciou-se a partir de duas horas de maceração, aumentando até perder, aproximadamente, 2% da proteína total dos grãos, nas 16 horas subsequentes. Nas duas cultivares testadas, a lixiviação de sólidos iniciou-se na primeira hora de maceração, atingindo após 16 horas uma perda de, aproximadamente, 2,5% na cultivar Pérola e de, 2% na Guapo Brilhante, observando-se que na fração sólidos totais podem estar contidos vários nutrientes como carboidratos, vitaminas e minerais.

OLIVEIRA *et al.* (2001) concluíram que o processamento doméstico de preparação do feijão com maceração prévia ao cozimento e descarte da água não absorvida pelos grãos promoveu, além da redução nos fatores antinutricionais como a flatulência, diminuição no teor de amido. Concluíram que 5 horas de maceração prévia dos grãos de feijão ao cozimento, seriam suficientes para a hidratação dos grãos e, conseqüente, diminuição de perdas de nutrientes.

Além disso, BURR e MORRIS (1968), concluíram que teores de umidade acima de 10%, temperatura elevada (32°C) e tempo de armazenamento prolongado (24 meses) influenciaram no tempo de cozimento do feijão chegando a aumentar, em alguns casos, de 24 para 340 minutos.

Um dos principais fatores na adoção de um cultivar de feijão pelos consumidores e, conseqüentemente, pelos agricultores, está relacionado ao tempo de cozimento, visto a maioria das donas de casa possuem atividades fora do lar, tornando o tempo disponível no preparo das refeições cada vez menor. Por outro lado, quanto às populações de baixa renda, a redução do gasto energético (bujões de gás) para o cozimento é primordial na compra. Depreende-se, então, que a avaliação do tempo de cozimento é característica fundamental antes da recomendação de uma determinada cultivar (COSTA e VIEIRA, 2000).

O desenvolvimento de metodologias que possibilitem a identificação precoce de linhagens com menor tempo de cozimento tornam-se, portanto, indispensáveis. A capacidade de absorção da água pelos grãos, antes do cozimento, tem sido utilizada, visto que a capacidade de cozimento está relacionada à rápida absorção (GARCIA-VELA e STANLEY, 1989; PHLAK *et al.*, 1989). A avaliação desse teste é de fácil mensuração, rápida e permite o descarte de linhagens indesejáveis mesmo nas primeiras gerações segregantes (RAMALHO *et al.*, 1993; COSTA *et al.*, 2001).

Por outro lado, correlação positiva entre a capacidade de absorção da água pelos grãos e o tempo de cozimento foi relatada, em genótipos desenvolvidos, nos programas de melhoramento do Brasil (SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE *et al.*, 2003). Contrariamente, a utilização do teste da capacidade de absorção da água pelos grãos, como indicativo do tempo de cozimento, tem sido questionada devido à baixa correlação encontrada (CARBONELL *et al.*, 2003).

O tempo de maceração dos grãos de feijão para a avaliação da capacidade de absorção da água, sugerido pela metodologia oficial brasileira é de 18 horas, e utiliza a relação de uma parte de grão para quatro partes de água, em temperatura ambiente (GARCIA-VELA e STANLEY, 1989). Entretanto, há indicativos de que o tempo de permanência dos grãos sob maceração possa ser reduzido para 4 horas (COSTA *et al.*, 2001), ainda que trabalhos recentes utilizem 16 horas como critério (CARBONELL *et al.*, 2003; DALLA CORTE *et al.*, 2003). Esses resultados sugerem a necessidade de padronização do tempo de maceração dos grãos de feijão, em água destilada, tendo em vista que o tempo máximo de hidratação irá variar com o genótipo, podendo oscilar de 8h10min (IAC Carioca Aruã) a 12h01min (IAC Carioca Pyatã) como relatado por RAMOS JÚNIOR e LEMOS (2002).

É sabido que o cozimento é fundamental no preparo do feijão para consumo de mesa uma vez que aumenta a digestibilidade e o valor biológico dos nutrientes, assegura a

inativação dos elementos antinutricionais e proporciona a qualidade sensorial exigida pelo consumidor melhorando sua aceitabilidade (THARANATHAN e MAHADEVAMMA, 2003).

Segundo SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR (1999a,b), além da capacidade de hidratação, as características do tegumento dos grãos, assim como a qualidade do grão no momento da colheita, são fatores determinantes para o cozimento.

Em 1999, BERRIOS *et al.* caracterizaram feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) estocado sob condições de refrigeração (4,5°C), umidade relativa (50-60%), a temperatura ambiente (23-25°C) e 30-50% de umidade relativa, por um período de dois anos. Após o tempo de estocagem, avaliaram, entre outras características físico-químicas, a absorção de água e o tempo de cozimento dos grãos armazenados. Os resultados demonstraram que a absorção de água dos grãos armazenados, sob refrigeração, foi mais rápida que o feijão armazenado no ambiente, sendo a taxa de absorção de água de ambos mais rápida durante as primeiras 10h de maceração. Após 12h de maceração, a taxa de hidratação foi semelhante e o tempo de cozimento dos grãos macerados (12h) foi menor que dos grãos cozidos sem maceração prévia. Entre os macerados, aqueles armazenados, sob refrigeração, tiveram tempos de cozimento menores que aqueles a temperatura ambiente.

Entretanto, quando grãos são armazenados em temperatura e umidade relativa elevadas, comuns em países tropicais, como o Brasil, tornam-se endurecidos, ou seja, podem desenvolver o fenômeno conhecido como “hard-to-cook” (HTC) ou “difícil de cozinhar” (MARTÍN-CABREJAS *et al.*, 1999).

RIBEIRO *et al.* (2005) comprovaram este fenômeno ao avaliarem o tempo de cozimento de uma cultivar de feijão comum preto (Iapar 44) cultivada na região em Santa Catarina, verificando que o armazenamento a 41°C e 75% de UR, nos tempos de 30 e 60 dias, aumentou seu o tempo de cozimento.

## 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente dissertação foi realizada no laboratório de Análise Sensorial da EMBRAPA - Agroindústria de Alimentos e no laboratório de Análise Físico-Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ e as amostras (*Phaseolus vulgaris*, L) utilizadas foram fornecidas pela EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão.

### 2.3.1 Amostras

As amostras de feijão, desenvolvidas pela EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, foram plantadas no período 12 e 21 de junho de 2005, em Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa na Fazenda Capivara, localizada em Santo Antônio de Goiás – GO, numa área de 4 hectares. O solo foi preparado de forma convencional, utilizando grade aradora. A adubação consistiu na adição de 450 kg de NPK na proporção: 5: 30:15 + Zn /ha, com espaçamento entre plantas de 0,45 m.

Os tratos culturais, como controle de insetos, pragas e ervas daninhas foram realizados, sempre que necessário. A colheita manual e a trilha das plantas foram realizadas em outubro de 2005.

Os grãos foram secos em terreiro de cimento até umidade média de 12%. Em seguida, amostras de 5,0kg de grãos foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas, sob refrigeração, até o momento dos experimentos. As 7 cultivares utilizadas, com seus respectivos grupos comerciais, foram: 1) BRS Vereda (rosinha); 2) BRS Timbó (roxinho); 3) BRS Grafite (preto); 4) BRS Radiante (rajado); 5) BRS Pontal (carioca); 6) BRS Marfim (mulatinho) e, 7) BRS Jalo Precoce (jalo).



Figura 1 Sete cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) utilizadas.

### 2.3.2 Análises Físicas

Para avaliar e comparar a qualidade das sete cultivares foram realizadas, as seguintes determinações: capacidade de absorção de água, pico de absorção de água, percentual de grãos duros (*hard-shell*), tempo de cozimento, com e sem maceração prévia e, suas respectivas correlações.

#### a) Capacidade de absorção de água e pico de absorção

A percentual de água absorvida foi determinada utilizando-se os métodos descritos por GARCIA-VELA e STANLEY (1989) e PLHAK *et al.* (1989), indicados pelas Normas de Registro Nacional de Cultivares de Feijoeiro para a determinação do VCU, segundo o SNPC-MAPA (Portaria nº 294/98 - Anexo IV). Este método leva em consideração a diferença de peso antes e após a maceração. Foram pesados e colocados em béquer de 500 mL, contendo 100 mL de água destilada, alíquotas de oito gramas (8g) de grãos de cada amostra (variedade),

a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) por 16 horas, sendo drenados por 3 minutos, a cada 1 hora e, posteriormente, pesados. A relação de hidratação foi obtida pela fórmula:

$$\% \text{água} = [(P_f - P_i) / P_i] \times 100, \text{ onde:}$$

$\% \text{água}$  = percentual de água absorvida;

$P_i$  = peso inicial da amostra;

$P_f$  = peso final da amostra.

O pico de absorção de água ( $P_iA$ ) foi caracterizado pelo resultado da derivada da equação de regressão, de cada repetição em cada cultivar e, posteriormente, foi estimada a capacidade de absorção de água, substituindo-se a variável “x” pelo valor encontrado para o  $P_iA$ .

#### **b) Percentual de grãos duros (*hard-shell*)**

O percentual de grãos duros ou *hard-shell* consiste na proporção daqueles que, após o período de maceração, não absorveram água em relação ao total (RODRIGUES *et al.*, 2005a).

Os grãos normais e os grãos duros (com baixa capacidade de hidratação) em relação ao número total de grãos avaliados, foram quantificados por meio de contagem manual.

Os grãos foram peneirados (peneira n°12) sendo escolhidos 100 daqueles que ficaram retidos, levando-se em consideração sua integridade. Posteriormente, foram imersos por 8 horas em água destilada e, após este tempo, aqueles grãos que não absorveram água foram contados. A identificação dos grãos duros foi realizada através da observação do enrugamento da casca. O resultado foi expresso em % de grãos duros (sem capacidade de hidratação).

#### **c) Tempo de cozimento experimental**

O tempo de cozimento dos grãos foi realizado no cozedor experimental JAB-77, tipo menor, com 25 estiletos, pesando cada um deles 90g, fabricado pela UNESP – Jaboticabal – SP, o qual se baseia nos mesmo princípio do cozedor de Mattson (PROCTOR e WATTS, 1987).

O equipamento contém receptáculos de metal que mantêm o grão de feijão em posição estática e possui duas pequenas aberturas: uma superior e outra inferior, onde os estiletos verticais repousam sobre as porções terminais de cada grão e, penetram após o seu cozimento. Cada receptáculo é atravessado, verticalmente, por um estilete quando o feijão se torna suficientemente macio. Vinte e cinco grãos foram colocados e posicionados nos receptáculos sendo o cozedor, a seguir, colocado em panela de aço inox, com capacidade para 10 litros, contendo 5L de água destilada, mantendo-se a porção inferior do cozedor imersa em água a temperatura de  $104^{\circ}\text{C}$ . Inicialmente, foi registrado, o momento em que cada estilete penetrava o seu respectivo grão. O tempo de cozimento foi considerado aquele necessário para que 50% dos estiletos penetrassem nos grãos, convencionando-se adotar o tempo da queda do 13° estilete. Os experimentos foram realizados com os grãos imersos em água, por 16 horas e naqueles não, previamente, imersos.

### **2.3.3 Análises Estatísticas**

Todas as análises estatísticas foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, utilizando-se o procedimento GLM do SAS 9.1.

Para análise estatística da capacidade de absorção, do pico de absorção e do percentual de *hard-shell* foram realizadas a análise de variância, o teste F e o teste de comparação de médias (Tukey a 5% de significância), utilizando-se o modelo estatístico a seguir:

$Y_{ij} = \mu + C_i + e_{ij}$  , onde:

$Y_{ij}$  = observação referente à amostra de feijão j, da cultivar i;

$\mu$  = efeito da média;

$C_i$  = efeito da cultivar i, sendo i = 1 BRS Vereda, 2 BRS Timbó, 3 BRS Grafite, 4 BRS Radiante, 5 BRS Pontal, 6 BRS Marfim, 7 BRS Jalo Precoce;

$e_{ij}$  = erro aleatório.

A análise de regressão para o percentual de água absorvida das sete cultivares em função do tempo de maceração foi testada a hipótese de efeito linear e quadrático.

Para o tempo de cozimento, as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o modelo estatístico abaixo:

$Y_{ijk} = \mu + C_i + T_j + CT_{ij} + e_{ijk}$  , onde:

$Y_{ijk}$  = observação referente à amostra de feijão k, da cultivar j, submetido ao tratamento i;

$\mu$  = efeito da média;

$C_i$  = efeito da cultivar i, sendo i = 1 BRS Vereda, 2 BRS Timbó, 3 BRS Grafite, 4 BRS Radiante, 5 BRS Pontal, 6 BRS Marfim, 7 BRS Jalo Precoce;

$T_j$  = efeito do tratamento j, sendo j = 1 sem maceração, 2 com maceração;

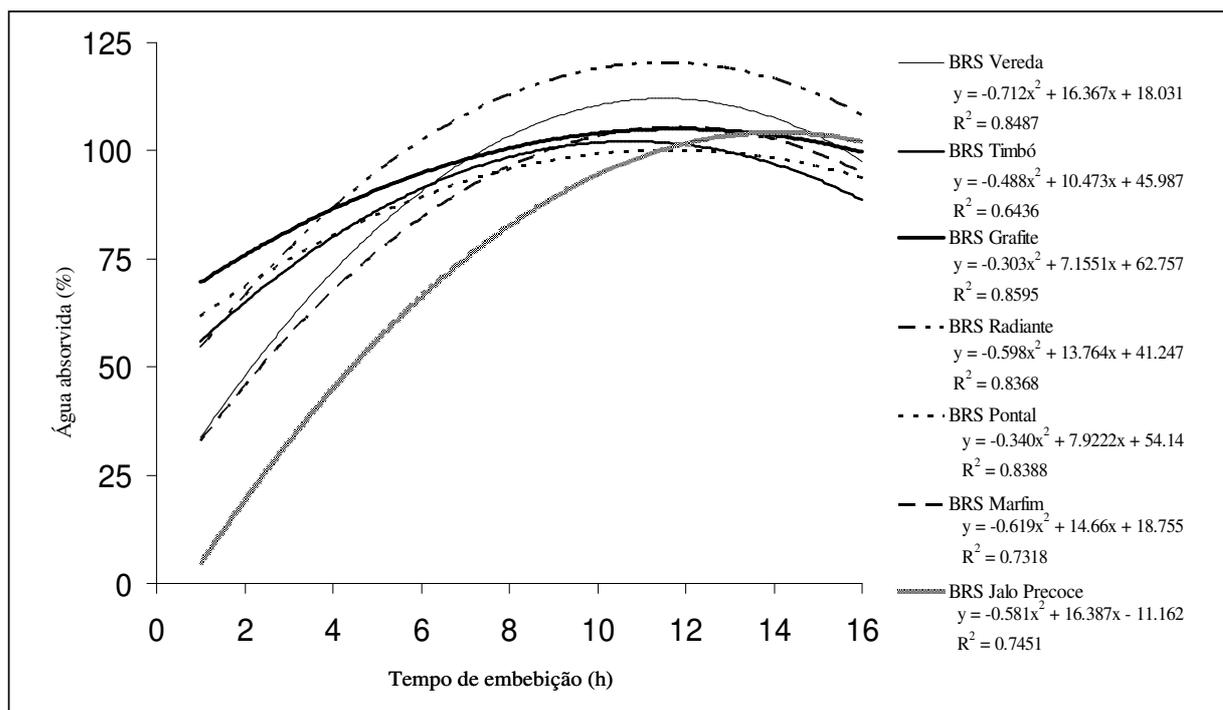
$R_{ij}$  = efeito da interação da cultivar i com o tratamento j;

$e_{ijk}$  = erro aleatório.

Foi, também, realizado o teste de correlação de *Pearson* entre os resultados das análises físicas, sendo as características correlacionadas: tempo de cozimento com maceração (TCCM), tempo de cozimento sem maceração (TCSM), pico de absorção, capacidade de absorção de água e o percentual de *hard-shell*.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar as curvas de absorção de água das 7 cultivares, pode-se observar que todas revelaram efeito quadrático, isto é, o volume de água absorvido pelos grãos aumentou com o tempo em que permaneceram imersos, porém cada cultivar apresentou comportamento distinto (Figura 2).



**Figura 2** Relação entre o percentual de água absorvida e o tempo de maceração nas sete cultivares de feijão estudada.

A cultivar BRS Grafite apresentou o maior percentual de água absorvida (70,21%) na primeira hora de maceração, porém sua capacidade de absorção foi igual às demais cultivares ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, a cultivar BRS Jalo Precoce, que na primeira hora apresentou o menor percentual de água absorvida (5,80%), levou maior tempo para atingir o pico de absorção máxima, porém esta absorção foi semelhante às demais, apresentando-se relativamente constante desde o início do processo de maceração.

A cultivar BRS Radiante apresentou absorção de 55,61% na primeira hora e, foi a cultivar que mais absorveu água no seu pico de absorção máxima (120,33%), porém não diferiu significativamente das demais cultivares ( $P > 0,05$ ).

Apesar do comportamento distinto entre as cultivares as capacidades de absorção foram iguais estatisticamente, as quais podem ser melhor visualizadas na Tabela 3. O Teste F revelou que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as cultivares em função da capacidade de absorção. No entanto, quando comparadas em função do pico de absorção máxima, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ).

O volume de água absorvido pelos grãos aumentou de acordo com o tempo em que permaneceram imersos, atingindo seus respectivos picos de absorção entre 11,33h e 14,33h. Este intervalo pode ser considerado satisfatório, pois simula o hábito da dona-de-casa de deixar o feijão de molho na noite anterior ao preparo do feijão.

**Tabela 3** Capacidade de absorção e pico de absorção nas sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) e as respectivas médias e coeficiente de variação (CV).

| Cultivar         | Capacidade de Absorção | Pico de Absorção    |
|------------------|------------------------|---------------------|
|                  | (%)                    | (horas)             |
| BRS Vereda       | 112,00 <sup>A</sup>    | 11,33 <sup>B</sup>  |
| BRS Timbó        | 102,33 <sup>A</sup>    | 11,33 <sup>B</sup>  |
| BRS Grafite      | 105,33 <sup>A</sup>    | 12,00 <sup>AB</sup> |
| BRS Radiante     | 120,33 <sup>A</sup>    | 11,67 <sup>B</sup>  |
| BRS Pontal       | 100,33 <sup>A</sup>    | 11,67 <sup>B</sup>  |
| BRS Marfim       | 105,67 <sup>A</sup>    | 12,00 <sup>AB</sup> |
| BRS Jalo Precoce | 106,67 <sup>A</sup>    | 14,33 <sup>A</sup>  |
| Média            | 107,52                 | 12,05               |
| CV (%)           | 7,83                   | 7,47                |

Letras distintas na mesma coluna, representam diferenças estatísticas entre as médias a nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes aos encontrados foram relatados, anteriormente, por RODRIGUES *et al.* (2005a) com valores de absorção máxima de água de 13,12h e 13,20h para as variedades TPS Nobre (grupo preto) e Pérola (grupo Carioca), respectivamente. Todavia, RAMOS JUNIOR *et al.* (2002) encontraram valores superiores para variedades de feijão preto, as quais apresentaram tempo médio de 19,20h.

Por outro lado, RAMOS JUNIOR e LEMOS (2002) encontraram tempos de hidratação máxima, em feijões do grupo carioca, que variaram de 8,17h a 12,2h, de acordo com o genótipo.

A cultivar BRS Jalo Precoce revelou, numericamente, o maior tempo para atingir a capacidade máxima de absorção (14,33h), não diferindo, estatisticamente, das BRS Grafite e Marfim. Estes resultados confirmam aqueles reportados por RODRIGUES *et al.* (2005a) onde, tempo de maceração dos grãos superior a 13 horas, pode não ter influência na determinação de diferenças, no teste da capacidade de absorção da água pelos grãos, pois ocorre estabilização na capacidade de absorção da água.

Considerando-se a interferência das características do tegumento dos grãos, como espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais na absorção de água pelos grãos de feijão (WYATT, 1977 *apud* ESTEVES *et al.*, 2002), pode-se afirmar que há variação do tempo de hidratação máxima dos grãos em função do genótipo e das condições ambientais a que esses grãos são submetidos durante todo o seu desenvolvimento (CARNEIRO *et al.*, 1999a,b; KIGEL, 1999; SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999a,b; CARBONELL *et al.*, 2003; DALLA CORTE *et al.*, 2003; LEMOS *et al.*, 2004). Além disso, as características químicas e enzimáticas podem influenciar na capacidade de absorção de água.

Foi observada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as cultivares em função do percentual de *hard-shell* e do tempo de cozimento com e sem maceração (Tabela 4).

Nos grãos sem a capacidade de hidratação (*hard-shell*) houve diferença, significativa entre as cultivares, revelando valores distintos entre 0 e 42%. As cultivares BRS Vereda, BRS Timbó, BRS Grafite, BRS Pontal e BRS Marfim não apresentaram diferença significativa, ( $P > 0,05$ ) e revelaram ausência desta característica sendo esta, favorável.

**Tabela 4** Percentual de *hard-shell*, tempo de cozimento dos grãos (com e sem maceração prévia) e a redução de tempo obtida no cozimento após a maceração dos grãos nas sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) e as respectivas médias e coeficiente de variação (CV).

| Cultivar         | <i>Hard-shell</i>  | Tempo de Cozimento      |                         | Economia           |
|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
|                  | (%)                | com maceração<br>(min.) | sem maceração<br>(min.) | (%)                |
| BRS Vereda       | 1,67 <sup>BC</sup> | 14,31 <sup>BC</sup>     | 52,18 <sup>AB</sup>     | 72,49 <sup>A</sup> |
| BRS Timbó        | 0,00 <sup>C</sup>  | 13,33 <sup>C</sup>      | 47,18 <sup>B</sup>      | 71,66 <sup>A</sup> |
| BRS Grafite      | 0,00 <sup>C</sup>  | 13,81 <sup>BC</sup>     | 49,98 <sup>AB</sup>     | 72,13 <sup>A</sup> |
| BRS Radiante     | 4,00 <sup>B</sup>  | 19,75 <sup>A</sup>      | 59,18 <sup>AB</sup>     | 65,87 <sup>A</sup> |
| BRS Pontal       | 0,00 <sup>C</sup>  | 15,08 <sup>BC</sup>     | 46,95 <sup>B</sup>      | 67,59 <sup>A</sup> |
| BRS Marfim       | 0,00 <sup>C</sup>  | 14,33 <sup>BC</sup>     | 53,37 <sup>AB</sup>     | 73,04 <sup>A</sup> |
| BRS Jalo Precoce | 42,00 <sup>A</sup> | 16,55 <sup>B</sup>      | 67,50 <sup>A</sup>      | 75,25 <sup>A</sup> |
| Média            | 6,81               | 15,31                   | 53,76                   | 71,15              |
| CV (%)           | 13,97              | 7,33                    | 12,16                   | 5,50               |

Letras distintas na mesma coluna, representam diferenças significativas entre as médias, em nível de 5% de probabilidade.

A cultivar Jalo Precoce foi a que apresentou o maior percentual de grãos duros (P<0,05), possivelmente, justificando o longo tempo que levou para atingir o pico de absorção.

A capacidade de absorção de água não diferiu entre as cultivares estudadas, não apresentando correlação significativa com o percentual de *hard-shell* (Tabela 5), porém relatos de correlação negativa entre a capacidade de absorção de água pelos grãos e o percentual de *hard-shell* já foram descritos por RODRIGUES *et al.* (2005a).

**Tabela 5** Coeficiente de correlação de *Pearson* (níveis de significância) entre as características: tempo de cozimento com maceração (TCCM), tempo de cozimento sem maceração (TCSM), pico de absorção (Pico de Absorção), capacidade de absorção de água (Capacidade de absorção) e o percentual de *hard-shell* das sete cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.).

|                        | TCCM        | TCSM          | Pico de absorção | Capacidade de absorção |
|------------------------|-------------|---------------|------------------|------------------------|
| <i>Hard-shell</i>      | 0,30 (0,18) | 0,67 (<0,001) | 0,78 (<0,001)    | - 0,002 (0,99)         |
| Capacidade de absorção | 0,28 (0,21) | 0,43 (0,05)   | -0,30 (0,19)     | ----                   |
| Pico de absorção       | 0,17 (0,45) | 0,47 (0,03)   | ----             | ----                   |

P<0,05 ou P=0,05 indica que o nível de correlação é significativo, e P<0,001, indica que o nível de correlação é altamente significativo.

O alto percentual de grãos duros não demonstrou correlação significativa (P>0,05) em relação ao tempo de cozimento com maceração (TCCM), visto que este tempo (16 horas) é bem superior àquele gasto para atingir a capacidade de absorção. Porém, quando comparado ao tempo de cozimento sem maceração, demonstrou correlação positiva altamente significativa. Desta forma, o tempo de cozimento sem maceração, da cultivar BRS Jalo Precoce, foi superior, numericamente, às demais cultivares, assim como seu percentual de *hard-shell* porém, o tempo de cozimento sem maceração não diferiu, significativamente, (P>0,05) nas cultivares BRS Vereda, BRS Grafite, BRS Radiante e BRS Marfim.

A análise dos dados revelou redução no tempo de cozimento, proporcionado pela maceração prévia dos grãos das cultivares. A cultivar Jalo Precoce foi a que apresentou maior

redução no tempo de cozimento, numericamente, após a maceração seguida pelas cultivares: BRS Marfim, BRS Vereda, BRS Grafite, BRS Timbó, BRS Pontal e BRS Radiante, respectivamente, porém, estatisticamente, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre elas.

Tendo em vista a minimização do gasto energético, a maceração prévia, deve ser recomendada, uma vez que não foram observadas perdas nutricionais em outros estudos, previamente, realizados e sim, a eliminação dos fatores antinutricionais (OLIVEIRA, 2001).

A cultivar BRS Timbó teve o menor tempo de cozimento com maceração (13,33min), porém não diferiu estatisticamente ( $P > 0,05$ ) das BRS Vereda, Grafite, Pontal e Marfim. O tempo de cozimento reduzido, verificado após a maceração, 13,33min a 19,75min, é uma característica desejável e, muitas vezes, determinante da aceitação de uma cultivar de feijão.

Na literatura, encontrou-se relato de tempo de cozimento de 21min e 26min para cultivares do mesmo grupo (roxinho) (RAVA *et al.*, 2004), valores estes superiores aos encontrados neste estudo. No entanto, a Embrapa - Arroz e Feijão ao lançar, em 2002, a cultivar BRS Timbó já havia constatado que esta variedade apresentava baixo tempo de cozimento (DEL PELOSO *et al.*, 2004). A metodologia adotada para avaliação do tempo de cozimento encontrada na literatura é igual àquela adotada no presente trabalho para o cozimento com a maceração (16 horas), não tendo sido encontrados trabalhos quanto ao tempo de cozimento sem maceração.

Tempos médios de cozimento semelhantes e pouco superiores ao encontrado para a cultivar BRS Pontal (carioca) foram relatados por RODRIGUES *et al.* (2005b) e CARBONELL *et al.* (2003) em cultivares do mesmo grupo e de mesma época de semeadura (inverno) sendo eles de 15,52min e 19,47min, respectivamente. Entretanto, valor médio do tempo de cozimento, superior (37min.) foi observado para o mesmo grupo comercial, em época de semeadura distinta (das águas) (RAMOS JUNIOR e LEMOS, 2002). Possivelmente, devido à alta temperatura empregada na secagem do grão na época das águas, correspondente ao período mais quente do ano.

O método e a temperatura empregados na secagem dos grãos irão interferir na solubilidade, visto que as proteínas solúveis à temperatura ambiente, tendem a diminuir sua solubilidade quando submetidas a temperaturas superiores a 40-50°C, pois começam a se desnaturar (SGARBIERI, 1996), favorecendo o aumento do tempo de absorção de água e de cozimento.

A interferência da época de semeadura, também, pode ser evidenciada para a cultivar do grupo comercial preto (BRS Grafite), que no presente estudo apresentou valor próximo aos encontrados por outros autores que estudaram variedades de feijão preto semeados na mesma época, com valores médios de 15,24min (RODRIGUES *et al.*, 2005b) e 20,87min (CARBONELL *et al.*, 2003). Porém, plantada em época distinta (das águas) os tempos de cozimentos foram superiores. RAMOS JUNIOR *et al.* (2002), encontraram valores médios de 46,72min entre as 11 cultivares analisadas na época das águas e, CARBONELL *et al.* (2003) também encontraram, para a mesma época, média superior (24,25min) às de inverno (20,87min) para as mesmas cultivares.

RODRIGUES *et al.* (2005) avaliando o efeito da época de semeadura na qualidade do grão para cozimento, nas variedades TPS Nobre (preto) e Pérola (Carioca) observaram menor tempo de cocção na época 5, que corresponde ao plantio do outono, abril a junho (VIEIRA e VIEIRA, 1995) para as duas variedades.

CARBONELL *et al.* (2003) observaram a influencia da época de semeadura em 19 cultivares, sendo a época da seca, plantio de verão (VIEIRA e VIEIRA, 1995) obtendo menor tempo médio de cozimento.

Os tempos médios de cozimento reduzidos encontrados no presente trabalho também podem estar relacionados ao curto período de armazenamento dos grãos, podendo ser

corroborado por RIBEIRO *et al.* (2005) que avaliaram as propriedades do feijão comum (preto) envelhecido, armazenado a temperatura ambiente, encontrando tempo de cozimento, ao final de 30 dias, de 50,50min e, 139,50min, após 60 dias, sendo que o tratamento controle, feijão novo e armazenado a 5°C, apresentou tempo de cozimento de 21min e 50seg.

BRACKMANN *et al.* (2002) relataram que o tipo e tempo de armazenamento do grão influenciam no tempo de cozimento, sendo o armazenamento refrigerado aquele que melhor manteve a qualidade do feijão até 19 meses.

O armazenamento do feijão em condições de temperatura e umidade relativa elevadas provocou o desenvolvimento do fenômeno HTC (*hard to cook*), acarretando aumento do tempo de cozimento (RIBEIRO *et al.*, 2005).

Estes relatos confirmam que o tempo de cozimento pode ser influenciado pelas condições de cultivo, pelo processo de beneficiamento e de armazenagem dos grãos.

A BRS Radiante apresentou tempo de cozimento com maceração superior quando comparada às demais cultivares ( $P < 0,05$ ), porém semelhante aos 19,50min relatados por BASSINELLO, *et al.* (2005) para a mesma cultivar, semeada na mesma época (inverno).

Pode-se observar que a variedade BRS Radiante atingiu a maior capacidade de absorção de água, numericamente, não diferindo, estatisticamente, das demais ( $P > 0,05$ ) e o maior tempo de cozimento com maceração, porém não apresentou uma correlação significativa ( $P > 0,05$ ) entre a capacidade de absorção de água do grão e o tempo de cozimento com maceração. Correlação positiva entre a capacidade de absorção e o tempo de cozimento foi relatada, em genótipos desenvolvidos em programas de melhoramento no Brasil (SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999a; SCHOLZ e FONSECA JÚNIOR, 1999b; DALLA CORTE *et al.*, 2003).

Por outro lado, outros autores também observaram a relação entre a capacidade de absorção de água e o tempo de cozimento em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) verificando que as variáveis, capacidade de absorção de água e tempo de cozimento dos grãos não apresentaram correlação significativa para as cultivares estudadas (ROMANO *et al.*, 2005; GOYCOOLEA *et al.*, 1990 e RODRIGUES *et al.*, 2005a). No entanto, a utilização do teste da capacidade de absorção da água pelos grãos, como indicativo do tempo de cozimento, tem sido questionada devido à baixa correlação encontrada (CARBONELL *et al.*, 2003).

As condições locais de obtenção dos grãos para análise da qualidade tecnológica também influenciam nos resultados, indicando alta interação genótipo *versus* ambiente (CARBONELL *et al.*, 2003).

## 2.5 CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos da qualidade tecnológica dos grãos analisados, pode-se concluir que:

- A cultivar BRS Radiante apresentou o maior tempo de cozimento;
- a cultivar BRS Jalo Precoce revelou o maior percentual de *hard-shell*, sendo ele inferior às demais cultivares;
- O teor de água absorvida aumentou de forma quadrática em todos os casos, apesar de apresentarem comportamentos distintos no decorrer do tempo de maceração, todas as cultivares obtiveram capacidade de absorção semelhantes;
- A maceração prévia reduziu o tempo de cozimento de todas as cultivares, sendo aconselhável esta prática, pois representa economia de energia.

Apesar de ter havido correlação positiva altamente significativa entre o percentual de *hard-shell* e o tempo para atingir o pico de absorção de água, quando comparou-se à capacidade de absorção, a correlação não foi significativa, já que independeu do tempo.

Não houve correlação significativa entre a capacidade de absorção de água e tempo de cozimento, evidenciando que a utilização deste teste como indicativo do tempo de cozimento, deve ser avaliado com maior número de repetições e com cultivares provenientes de regiões com características edafoclimáticas diversas, tendo em vista as controvérsias entre pesquisadores quanto aos resultados obtidos e, também, sobre o efeito da interação genótipo vs ambiente.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. W., BEDFORD, C. L. Breeding food legumes for improved processing and consumer acceptance properties. In: MILLNER, M. Nutritional improvement of food legumes by breeding; proceedings of a symposium, Rome, 3-5 jul.,1972. Nations System, 1973. p. 75-85.

BARAMPAMA, Z., SIMARD, R. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **Journal of Food Science.**, v. 59, n. 4, p. 833-838, 1994.

BASSINELLO, P.Z.; OLIVEIRA, M.G. de C.; RODRIGUES, L.L.; SOARES, D.M.; DEL PELOSO, M.J.; SILVA, C.C. da; THUNG, M. Decoada e outros químicos para reduzir o tempo de cocção e seus efeitos na qualidade culinária de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Embrapa, p.691-694, 2005.

BERRIOS, J.D.J.; SWANSON, B.G.; CHEONG, A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Food Research International**, 32, 669-676, 1999.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D.A.; RIBEIRO, N.D.; FREITAS, S.T.de. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.32, n.6, p.911-915, 2002.

BURR, H. K. e MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, v. 22, p. 336-9, 1968.

BURR, H. K. Cookability and flatulence studies with dry beans. In: Simpósio Brasileiro de feijão, Campinas, 22-29 Agosto, 1971, v. 2, p. 499-536.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**. V.36, n.3, p.369-379, 2003.

CARNEIRO, J.D.S; CARNEIRO, J.E.S.; ARAÚJO, G.A.A.; MININ, V.P.R.; CARNEIRO, P.C.S. Qualidade tecnológica dos grãos de linhagens de feijão. In: **RENAFE – REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 6., 1999, Salvador, BA. Resumos expandidos... Goiânia: EMBRAPA-Arroz e Feijão, v.1, p. 412-415, 1999a. (Documentos, 99)

CARNEIRO, J.D.S; ARAÚJO, G.A.A.; CARNEIRO, J.E.S.; DEL PELOSO, M.J.; CARNEIRO, G.E.S.; CARNEIRO, P.C.S. Potencial tecnológico dos grãos de linhagens de feijão(*Phaseolus vulgaris* L.). In: **RENAFE – REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 6., 1999, Salvador, BA. Resumos expandidos... Goiânia: EMBRAPA-Arroz e Feijão, v.1, p. 408-411, 1999b. (Documentos,99)

CARNEIRO, J. C. S. ; MINIM, V. P. R. ; SOUZA JUNIOR, M. M. ; CARNEIRO, J. E. S. ; ARAUJO, G. A. A. . Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 18-24, 2005.

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

CONAB. **Indicadores Agropecuários**. Balança Comercial do Agronegócio. Balança Importação. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0206-balanca-importacao.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2006.

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

COSTA, J.G.C.; VIEIRA, N.R.A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.51-64, 2000.

COSTA DE OLIVEIRA, A., QUEIROZ, K., HELBIG, E., REIS, S., CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 51, No. 3, p. 276-283, 2001.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.S. *et al.* 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.

DELLA MODESTA, R. C.; GARRUTI, R. S. Estudo do tempo de cozimento de cultivares de soja do Paraná. 2º Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, Brasília-DF, 1981.

DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. DE; COSTA, J. G. C. DA; RAVA, C. A.; CARNEIRO, G. E. DE S.; SOARES, D. M.; CABRERA DIAZ, J. L.; SILVA, H. T. DA; SARTORATO, A.; FARIA, J. C. DE; ZIMMERMANN, F. J. P. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.4, n.2, p.261-263, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. O cultivo de feijão: Recomendações técnicas. Brasília: 1994, 83p.

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**, Lavras. V.26, n.5, p.999-1005, set./out., 2002.

GARCIA-VELA, L.A.; STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. Vulgaris* L.): effect of ph and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

GOYCOOLEA, F., MEJÍA, E.G., BARRÓN, J.M. Efeito de los tratamientos caseros en la preparación de frijol Pinto (*Phaseolus vulgaris*, L.) sobre el contenido de taninos y valor

nutritivo de las proteínas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.40, n.2, p.263-274, 1990.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Society et Enviroment**, Jerusalém, v.3, n.4, p.205- 209, 1999.

KUTOS, T., GOLOB,T., KAC, M., PLESTENJAK, A. Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chem.**, v. 80, p. 231 -235, 2003.

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

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; JAIME, L.; KARANJA, C.; DOWNIE, A. J.; PARKER, M. L.; LOPEZ-ANDREU, J.; MAINA, G.; ESTEBAN, R. M.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Modifications to physicochemical and nutritional properties of hard-to cook (*Phaseolus vulgaris* L.) by extrusion cooking. **J. Agric. Food Chem.**, v. 47, p. 1174-1182, 1999.

OLIVEIRA, A. C. de; QUEIROZ, K. da S.; HELBIG, E.; REIS, S.M.P.M.; CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores da flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Archivos LatinoAmericanos de Nutrición**, v. 51, n. 3, p.276-283, 2001.

PLHAK, L. C.; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D. W. Comparison of methods used to characterize water inhibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.326-336, 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**, v.20, n.1, p. 9-14, 1987.

RAMALHO, M.A.P. *et al.* **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia : UFG, 1993. 271p.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 814p. p.263-266.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; PALOMNO, E. C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa : UFV, 2002. 814p. p.267-269.

RAVA, C.A.; FARIA, L.C.de; COSTA, J.G.C. da; DEL PELOSO, M.J.; MELO, J.C.; DIAZ, J.L.C.; FARIA, J.C. de; SILVA, H.T. da; SARTORATO, A.; BASSINELLO, P.Z.; ZIMMERMANN,F. J.P. BRS Pitanga: Nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial roxinho. **Comunicado Técnico**, Santo Antônio de Goiás-GO, n.94, dez., 2004.

RIBEIRO, H.J.S.S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; MIYAGUI D.T. **Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, Cultivar Iapar 44, após envelhecimento acelerado.** Ciênc. Tecnol. Aliment., v.25, n.1, p.165-169, 2005.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; FILHO, A.C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, jan-fev, p. 209-213, 2005a.

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

ROMANO, Relação entre curva de hidratação e tempo de cozimento em feijões (*Phaseolus Vulgaris* L.) CONAFE Goiânia 2005a

ROMANO, C.; 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.) CONAFE Goiânia 2005.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: degradações, modificações.** São Paulo: Varela, p.79-109.1996.

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeitos de ambiente, dos genótipos e da interação genótipos x ambiente na qualidade tecnológica do feijão do grupo cores no Estado do Paraná. In: **RENAFE – REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 6., 1999, Salvador, BA. *Resumos expandidos...* Goiânia: EMBRAPA-Arroz e Feijão, 1999a. v.1, p. 339-342. (Documentos, 99)

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica do feijão do grupo preto no Paraná. In: **RENAFE – REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 6., 1999, Salvador, BA. *Resumos expandidos...* Goiânia: EMBRAPA-Arroz e Feijão, 1999b. v.1, p. 389-392. (Documentos, 99)

THARANATHAN, R.N., MAHADEVAMMA, S. A review: grain legumes a boon to human nutrition. Trends in **Food Science and Technology**, 14, 507-518, 2003.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Época de plantio do feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**, v.42, n.244, p.685-688, 1995.

VIDAL-VALVERDE, C, FRÍAS, J., VALVERDE, S. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. **J. Am. Diet Assoc.**, v. 93, p. 547-550, 1993.

VILLAVICENCIO, A., MANCINI-FILHO, J., DELINCEÉ, H. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics Chem.**, v.57, p. 289-293, 2000.

## **CAPÍTULO II**

### **TEORES DE FERRO E ZINCO NOS GRÃOS DE SETE CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris*, L) CRU E APÓS O COZIMENTO**

## RESUMO

Uma importante leguminosa na nutrição humana, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma extraordinária fonte de nutrientes para populações, principalmente, dos países em desenvolvimento, tanto nas áreas rurais quanto nas áreas urbanas, uma vez que preenche as principais recomendações dietéticas para a boa saúde, fornecendo quantidades importantes de proteínas, carboidratos complexos, minerais e vitaminas. O problema da fome permanece grave no Brasil estando, hoje, fortemente, relacionada à renda insuficiente para uma alimentação adequada. Este estudo teve como objetivo avaliar os teores de ferro e zinco nos grãos crus e naqueles cozidos por diferentes métodos de cozimento, em sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.): BRS Vereda (grupo comercial rosinha); BRS Timbó (roxinho); BRS Grafite (preto); BRS Radiante (rajado); BRS – Pontal (carioca); BRS Marfim (mulatinho) e BRS Jalo Precoce (jalo), a fim de comparar sua influência sobre estes teores. As cultivares: BRS Vereda e BRS Timbó, destacaram-se entre as demais, apresentando os teores de ferro e zinco mais elevados em todos os cozimento aplicados; porém, a BRS Grafite e BRS Marfim também merecem destaque, uma vez que foram superadas apenas no grão cru, para o teor de Fe e Zn, respectivamente. Os cozimentos influenciaram de maneiras distintas, tendo a maceração favorecido o aumento do teor de ferro nos grãos cozidos em panela comum e, na panela de pressão o cozimento proporcionou aumento no teor de zinco. Verifica-se que a maceração, seguida de cozimento em panela de pressão, é o melhor método para preparo e retenção destes nutrientes, o que corrobora com a prática da maioria da população.

**Palavras chave:** feijão comum, maceração, cozimento, ferro, zinco.

## ABSTRACT

An important legume in the human nutrition, the common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) are mainly an extraordinary source of nutrients for developing countries population, in both rural and urban areas. It fulfills the main dietary recommendations for good health by supplying important amounts of protein, complex carbohydrates, minerals and vitamins. Hunger has still been a serious problem in Brazil, related to insufficient income for an appropriate feeding. Considering the high beans consumption by the developing countries, and the importance of the micronutrients iron and zinc for the human nutrition. The present study had as objective to evaluate the Fe and Zn contents in raw and in the beans cooked by different home cooking methods. Seven common beans cultivars (*Phaseolus vulgaris*, L): BRS Vereda (rosinha); BRS Timbó (roxinho); BRS Grafite (preto); BRS Radiante (rajado); BRS – Pontal (carioca); BRS Marfim (mulatinho) and BRS Jalo Precoce (jalo) were used in order to compare its influence on the Fe and Zn contents. The BRS Vereda and BRS Timbó cultivars were distinguished among the others, presenting the highest iron and zinc contents in all home cooking methods used; however, the BRS Grafite and BRS Marfim also deserve to be mentioned once they were surpassed only in the raw bean for iron and zinc contents, respectively. The home cooking methods influenced in different ways. The beans previously immersed in water increased the iron contents when cooked in a teflon pot with the lid partially on. And, the use of a pressure cooker pot increased the zinc contents, being verified that the immersion followed by the cooking in the pressure cooker pot is the best method to preserve these nutrients, which corroborates with the practice of most population.

**Keywords:** common beans, immersion, cooking, iron, zinc

### 3.1 INTRODUÇÃO

O problema da fome permanece grave no Brasil que está, hoje, fortemente relacionada à renda insuficiente para uma alimentação adequada, em função dos baixos salários e do desemprego crescente nas regiões metropolitanas, sem deixar de lado a falta de canais de abastecimento locais, como nas regiões da seca do Nordeste (BELIK *et al.*, 2001). Tendo em vista este panorama, vários estudos tem sido realizados quanto à investigação de doenças provocadas pela alimentação deficiente em micro e macronutrientes, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

De acordo com o Fundo das Crianças de Nações Unidas (UNICEF, 2007), 90% de todos os tipos de anemia no mundo são devidos à deficiência de ferro. Na América do Sul e Central, a anemia por deficiência férrea foi um problema de saúde pública severo, afetando nada menos que 50% das mulheres grávidas e crianças (FREIRE, 1997). Segundo dados da UNICEF, o número de pessoas que podem sofrer esta deficiência varia de 4 a 5 bilhões e, uma média de 2 bilhões encontram-se anêmicos, sendo que as mulheres e as crianças jovens são muito vulneráveis: 50% de mulheres grávidas e 40 a 50% de crianças menores de cinco anos em países em desenvolvimento são deficientes de ferro (UNICEF, 2007).

No Brasil, em 1993, estudos realizados no Estado de São Paulo, revelaram percentuais entre 40,9% e 59,1% de incidência de anemia por deficiência de ferro (QUEIROZ *et al.*, 1994, e ASHWORTH *et al.*, 2001).

Estudos realizados por CAVALCANTE *et al.* (2006), em 174 crianças, entre 12 e 35 meses de idade, no Estado de Minas Gerais, mostraram haver risco de inadequação em micronutrientes essenciais, a exemplo do zinco, vitamina A, vitamina C e ferro, embora tenham constatado que era, apenas, nas crianças pesquisadas. A deficiência de micronutrientes, como a vitamina A, o ferro e o zinco, comprometem o crescimento e desenvolvimento normais e diminuem a resistência das crianças às doenças, especialmente, às infecções.

Na cidade de São Paulo, estudo com crianças, entre 04 e 59 meses de idade, revelou prevalência maior que 49% para deficiência de ferro e, aproximadamente, 68% naquelas na faixa etária entre seis e 23 meses (BRUNKEN, 1999).

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA *et al.* (2001) confirmaram a prevalência em 68.7% para a mesma deficiência, entre as crianças de até 6 anos.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), importante leguminosa na nutrição humana, é amplamente consumido no México, América Central, América do Sul e nos países africanos (BERRIOS *et al.*, 1999; WELCH *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2006).

Nos países em desenvolvimento é a principal fonte de proteínas na dieta, assim como de carboidratos complexos, fibras, vitaminas e minerais (BERRIOS *et al.*, 1999; VILLAVICENCIO *et al.*, 2000). Uma porção de 170g de feijão cozido (65% umidade) equivale a 10% das necessidades diárias de zinco e 29 e 55% daquelas de ferro para homens e mulheres, respectivamente (SATHE *et al.*, 1984).

No Brasil, o feijão tem sido considerado, há muito tempo, como o alimento básico de maior importância para a população, tanto nas áreas urbanas quanto rurais (COSTA *et al.*, 2006) variando apenas, na variedade consumida, a qual depende da região geográfica.

Tendo em vista o alto consumo de feijão por países em desenvolvimento, a importância dos micronutrientes ferro e zinco, para a nutrição humana; o número de crianças que sofrem freqüentemente devido a deficiências, como a anemia causada pela deficiência de ferro (anemia ferropriva) e/ou pela diminuição da taxa de crescimento causada pela deficiência de zinco (GIBSON e FERGUSON, 1998, HURRELL, 1997) e a carência de

estudos sobre a influência da maceração e do cozimento na retenção destes minerais, um estudo, em diferentes variedades, visando avaliar os teores destes micronutrientes, após a maceração e cozimento, torna-se necessário, a fim de que se possa selecionar as mais promissoras para cultivo comercial.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar os teores de ferro e zinco em sete cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) cru e cozido e, como objetivos específicos, avaliar os teores destes minerais após o cozimento caseiro do feijão em panela semi-tampada, com e sem maceração e, em panela sob pressão, com e sem maceração e comparar os resultados obtidos a fim de recomendar o melhor método para o cozimento do feijão.

### 3.2 REVISÃO DE LITERATURA

O grão de feijão é leguminosa originária das regiões elevadas da América Central (México, Guatemala e Costa Rica), apresenta alto teor protéico sendo excelente fonte de carboidratos e fibras apresentando, porém, baixo teor de lipídeos, sódio. Não contém colesterol, além de possuir vitaminas (principalmente do complexo B) e minerais (BRESSANI e ELÍAS, 1974; ANTUNES e SGARBIERI, 1980; ROSTON, 1990; GEIL e ANDERSON, 1994), sendo as leguminosas consideradas boas fontes de ferro (MARTÍNEZ *et al.*, 1999).

O grão de feijão preenche as recomendações dietéticas/nutricionais básicas para a boa saúde e, por isso, as principais instituições internacionais de apoio e promoção da saúde recomendam a ingestão diária de uma ou mais porções da leguminosa (peso da porção = 80g de feijão cozido, segundo FRANCO, 1992 e GEIL e ANDERSON, 1994).

Na nutrição humana, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), dada sua composição, proporciona vários benefícios à saúde, sendo indicado na manipulação dietética de várias doenças tais como distúrbios cardíacos, *Diabetes mellitus*, obesidade e câncer (SATHE *et al.*, 1984; GEIL e ANDERSON, 1994).

Os feijões constituem uma boa fonte de fibra alimentar, especialmente, fibra solúvel (KUTOS *et al.*, 2003) sendo o consumo de alimentos ricos em fibra solúvel eficaz na redução dos níveis séricos de colesterol total e, conseqüentemente, na redução de doenças cardiovasculares da população, em geral (GLORE *et al.*, 1994). No entanto, existe também evidência de que o alto conteúdo de fibra solúvel na dieta promova efeitos adversos como a redução da biodisponibilidade de minerais essenciais e elementos traço, no intestino delgado (BOSSCHER *et al.*, 2001).

Além do seu valor nutricional, o feijão contém fatores anti-nutricionais e funcionais, estes efeitos são dependentes dos teores consumidos e, podem ser voltados para o controle de doenças crônicas. Porém, a alta ingestão de alimentos ricos em antinutrientes leva a efeitos prejudiciais, como por exemplo, a ingestão de ácido fítico, lectinas, compostos fenólicos e taninos, saponinas, inibidores enzimáticos, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos que reduzem a biodisponibilidade de alguns nutrientes e prejudicam o desenvolvimento (SHAHIDI, 1997). Por outro lado, a presença de antinutrientes em um alimento deve ser, cuidadosamente, avaliada devido ao fato que, frente a determinadas doenças crônicas, pode ter importante contribuição como alimento funcional, porém, em situações de carência nutricional, sua eliminação se torna necessária (BRIGIDE e CANNIATTI-BRAZACA, 2006).

#### Composição centesimal

SGARBIERI e WHITAKER (1982) analisaram 25 variedades de feijão, oriundos da América Central, verificando que a metionina e o triptofano encontravam-se em baixas concentrações nos grãos de todas as variedades. Os teores de metionina variaram de 0,80 a 1,39 g/100g de proteína; triptofano, de 0,56 a 0,94% e de lisina de 7,22 a 9,22%. A concentração de proteína total nos grãos dessas variedades variou de 20,1 a 27,9%.

A composição centesimal da espécie *Phaseolus vulgaris*, L. tem sido determinada por vários autores e, os resultados obtidos quanto aos teores de alguns constituintes apresentaram variação relativamente grande: a umidade variou de 9,4% e 13,6% (BRIGIDE, 2002; MALDONADO e SAMMÁM, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2001). O conteúdo de cinzas (resíduo mineral fixo), segundo GARRUTI (1981), não revelaram grandes variações nos trabalhos consultados, tendo sido encontrados valores entre 3,6 e 3,5% no grão de feijão cru. Quanto ao teor de lipídeos, a variação também foi pouco expressiva (2,12 e 1,25%).

Segundo SGARBIERI *et al.* (1979) e ANTUNES *et al.* (1995), o teor de fibras variou de 3,82% a 5,67%, entre as cultivares de feijão, comumente, encontrados no comércio brasileiro.

Os teores de carboidratos variaram entre 62,48 e 67,42%, segundo os autores pesquisados por GARRUTI, em 1981. Além disso, YOKOYAMA (2000 e 2002) afirma que a maioria das cultivares de feijão utilizadas no Brasil contém de 20 a 25% de proteínas.

Estudos experimentais desenvolvidos por PEREIRA e COSTA (2002) com feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.), adquiridos no comércio local de Belo Horizonte, em Minas Gerais, revelaram conteúdo protéico igual a 19,7%, postulando que esta variação pode ser decorrente das diferenças entre as cultivares estudadas, condições de plantio e/ou armazenamento ou da forma de descascamento manual (retirar da vagem - debulhar) do feijão. Em 1996, ROSA encontrou teor médio de proteínas (22,17%) mais elevado em relação àqueles reportados por PEREIRA e COSTA (2002) e, semelhantes àqueles encontrados por YOKOYAMA (2000 e 2002) com a mesma leguminosa.

SGARBIERI *et al.* (1979) avaliaram a composição e o valor nutricional das proteínas do feijão G2, obtendo 7 frações, cujos constituintes principais foram proteínas e carboidratos (manose). Os valores encontrados variaram de 65,20 a 93,57% para carboidratos e de 3,47 a 27,70% para proteínas. Reportaram, ainda, que a condição de armazenamento pode interferir no valor nutricional como, por exemplo, sua redução, quanto armazenado em condições de umidade elevada. Por outro lado, GARRUTI (1981) encontrou variações quanto ao teor de proteínas (18% a 38%) um pouco diferentes daqueles de outros autores pesquisados.

SHIMELIS e RAKSHIT (2005) estudaram oito variedades melhoradas de feijão, na Etiópia, encontrando teores de proteínas que variaram entre 17,96 e 22,07%; carboidratos entre 56,53 a 61,56%; lipídeos entre 0,67 e 1,19%; fibra bruta entre 4,66 e 5,95% e umidade entre 9,08 e 11% .

## **Ferro**

O ferro foi reconhecido como um nutriente essencial, a mais de um século e sua deficiência na alimentação e a anemia por deficiência de ferro permanecem comuns no século XXI, apesar da ampla disponibilidade de alimentos ricos neste nutriente sendo uma questão de saúde pública (ANDERSON, 2002).

A baixa ingestão e biodisponibilidade reduzida, constituem as principais causas da anemia ferropriva nos países em desenvolvimento (HURRELL, 1997b; MARX, 1997) onde as dietas têm como base os grãos e os cereais (MACPHAIL, 2001). O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é, especialmente, importante para o Brasil, não só, porque o país é o maior produtor mundial, mas também por ser uma das principais fontes de proteínas para a população, sendo o consumo atual de cerca de 16 kg/hab/ano (EMBRAPA, 2005; BRIGIDE e CANNIATTI-BRAZACA, 2006). Além de proteínas, a leguminosa fornece carboidratos complexos, fibra, vitaminas e minerais (MARTINEZ *et al.* 1998; VILLAVICENCIO *et al.*, 2000).

Além de ser fonte protéica, estudos mostram que, entre as fontes de ferro de origem vegetal, as leguminosas apresentam quantidades elevadas (5,5 a 8,5 mg/100g) quando comparadas aquelas de mesma origem (MARTÍNEZ *et al.*, 1999, ANDERSON, 2002).

SHIMELIS e RAKSHIT (2005) relataram teores de ferro entre 6,2 e 8,4mg/100g, em amostras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), valores estes semelhantes àqueles relatados por SGARBIERI *et al.* (1979). Sendo o feijão uma das fontes mais abundantes de ferro, sua importância qualitativa é menor, visto sua baixa biodisponibilidade (10%) (DE ANGELIS e CTENAS, 1993; CHIARADIA e GOMES, 1997).

SAMMÁN *et al.* (1999) observaram diferenças significativas entre variedades de feijões quanto à composição centesimal e de minerais, de acordo com a região analisada,

encontrando 10,26 mg de ferro/100g, valor este encontrado por MALDONADO e SAMMÁM (2000) para a mesma cultivar.

Vários fatores influenciam a redução da biodisponibilidade mineral, especialmente, de zinco e ferro não-heme, que são os teores de fibras (BOSSCHER *et al.*, 2001), antinutrientes como: alguns compostos fenólicos, fitatos e, produtos de sua degradação (GUSTAFSSON e SANDBERG, 1995; MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2000; SANDBERG, 2002).

Por outro lado, também são atribuídos efeitos positivos ao consumo de compostos fenólicos (RICHARD-FORGET *et al.*, 1995), fitatos (FRÜHBECK *et al.*, 1995) e fibras (BIRKETVEDT *et al.*, 2002).

Outros fatores dietéticos que podem deprimir a absorção do ferro não-heme em humanos ou cobaias, são as interações com elementos minerais devido a propriedades físico-químicas similares ou por terem vias comuns de absorção (HOUSE, 1999).

Embora ainda não sejam conhecidos, com precisão, os mecanismos envolvidos na interação cálcio e ferro, vários estudos (COOK *et al.*, 1991; GLEERUP *et al.*, 1995; HALLBERG *et al.*, 1992a; MARTÍNEZ, *et al.*, 1999) indicaram que inibe a absorção de ferro quando ambos são ingeridos concomitantemente, sendo este efeito observado tanto para o ferro-heme quanto para aquele não-heme. A interação poderia ocorrer em nível luminal, com a formação de compostos pouco absorvíveis (MONSEN e COOK, 1976; PRATHER e MILLER, 1992) embora, a maioria dos autores sugira que, o efeito seria em nível celular (BARTON *et al.*, 1983; HALLBERG *et al.*, 1991), como a alteração no nível de borda em escova da membrana na absorção de ferro não-heme (YBARRA *et al.*, 2001). O fato de ter sido observada redução na absorção de ferro-heme levou à sugestão de que a interação, também, ocorreria em algum estágio posterior, comum ao transporte de ferro-heme e não-heme (HALLBERG *et al.*, 1992a; MARTÍNEZ *et al.*, 1999), como a inibição na saída do ferro do enterócito (HALLBERG *et al.*, 1992b) e/ou competição pela mobilferrina (VAN DE VIJVER *et al.*, 1999). Por outro lado, estudos confirmaram que a proteína de soja e de outras leguminosas, são importantes inibidores da absorção férrea (HURRELL, 1997a).

A principal fonte de ferro na dieta é o fígado bovino, seguido pelas ostras e outros frutos do mar, vísceras (rim e coração bovinos), carnes magras, aves, peixes sendo os feijões e hortaliças as melhores fontes de origem vegetal (ANDERSON, 2002).

As recomendações nutricionais para ingestão de ferro, estabelecidas pelo “Food and Nutrition Board”, em 1989, permanecem as mesmas. A RDA (*Recommended Dietary Allowances*) para ferro é 10mg/dia para homens e para mulheres na pós-menopausa e 15mg/dia para mulheres em idade fértil (para repor as perdas da menstruação e fornecer os estoques de ferro suficientes para suportar a gravidez). A RDA para mulheres adolescentes está estabelecida em 15mg/dia para suprir as necessidades de ferro para o crescimento. Para meninos adolescentes a RDA é de 12 mg/dia e para um bebê a termo normal é baseada em uma necessidade diária de 1,5mg/kg de peso corpóreo durante o primeiro ano de vida devido a uma reserva de ferro por transferência placentária durante a vida fetal e estabelecida em 10mg/dia após o primeiro ano de vida e continua nesse nível até a adolescência (ANDERSON, 2002).

## **Zinco**

No campo experimental e clínico, têm reforçado a importância do zinco o qual, só se tornou conhecido como essencial para os seres humanos em pesquisas recentes. Em estudos clássicos de deficiência de zinco, no Irã e Egito no início dos anos 60, esta deficiência foi identificada em populações desnutridas, tais como aquelas do Oriente Médio (segundo HALSTED *et al.*, 1972; PRASAD *et al.*, 1963 *apud* ANDERSON, 2002).

O zinco possibilita várias funções bioquímicas, pois é componente de inúmeras enzimas, inclusive enzimas do sistema nervoso central, ainda participando da divisão celular,

expressão gênica, processos fisiológicos como crescimento e desenvolvimento, além de participar na função imune e no desenvolvimento cognitivo.

O zinco é um dos elementos-traço essenciais mais importantes para o homem (JACKSON *et al.*, 1982; SCHWEDT *et al.*, 1998), atuando como estabilizador de estruturas de membranas e componentes celulares sendo fundamental para o crescimento, desenvolvimento, divisões e diferenciações celulares, expressão gênica e síntese de DNA (PRASAD, 1991; SHERMAN, 1992, CHESTERS, 1997; SANDSTRÖM, 1997). Está envolvido, ainda, em outros processos, como a síntese do hormônio do crescimento, da fosfatase alcalina e do colágeno (CHESTERS, 1997; FEDERICO *et al.*, 2001) e na resposta e regulação do sistema imune (KOURY e DONANGELO, 2003).

É, ainda, componente essencial de um grande número de enzimas zinco-dependentes, que participam em processos antioxidantes e na síntese e degradação de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucléicos (JACKSON *et al.*, 1982; HARRIS, 1992; SANDSTRÖM, 1997; KOURY e DONANGELO, 2003).

O zinco influencia também no tato, no olfato, no apetite e no consumo de alimentos (CHESTERS, 1997).

A deficiência de zinco afeta o metabolismo do hormônio do crescimento (HC), podendo ser um fator limitante no mecanismo de regulação do crescimento (NISHI, 1996; MACDONALD, 2000).

Resultados de uma metanálise mostraram que o impacto da suplementação de zinco na velocidade de crescimento infantil é benéfico para crianças desnutridas com baixos níveis plasmáticos desse nutriente (BROWN *et al.*, 2002). Porém, o quadro de deficiência de zinco no país, ainda, é desconhecido (FAVARO e VANNUCCHI, 1990).

SILVA *et al.* (2006) realizaram estudo randomizado unicego com 58 crianças entre 12 e 59 meses, participantes do Programa Governamental de Combate a Carências Nutricionais que fornecia, mensalmente, 2 kg de leite fortificado com ferro. O grupo de intervenção (n = 28) foi suplementado com 10 mg/dia de sulfato de zinco, por 4 meses e o grupo controle (n = 30) recebeu placebo. Concluíram que a suplementação com zinco promoveu aumento significativo na variação dos níveis de hemoglobina, de hematócrito, zinco e ferro séricos, quando comparada com os resultados encontrados no grupo controle, o qual recebeu apenas o leite enriquecido com ferro.

A melhoria em alguns parâmetros hematológicos, no grupo suplementado com zinco, evidencia o efeito da deficiência de outros micronutrientes no *status* de ferro em crianças. Esse resultado é um forte alerta para a necessidade de políticas governamentais de combate a carências nutricionais efetivas que considerem a deficiência generalizada de micronutrientes ou a fome oculta (SILVA *et al.*, 2006).

MAFRA *et al.* (2004) concluíram que o zinco tem um papel fundamental no metabolismo orgânico, porém ainda há muitas questões a serem respondidas sobre suas funções, homeostasia, danos causados pela deficiência, bem como sua suplementação em varias situações.

O conteúdo de zinco nos alimentos é variável sendo mais, prontamente, encontrado nos alimentos de origem animal, carnes, fígado, ovos, frutos do mar. Entretanto, o germen de alguns cereais, como aqueles de grãos integrais, nozes e leguminosas também são fontes relativamente boas de zinco, porém em menor concentração (AMAYA *et al.*, 1997; ANDERSON, 2002; KING e KEEN, 1994; SANDSTRÖM, 1997;).

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (BRASIL, 2004), os teores médios de zinco em grãos de feijão cru são 3,37 e 3,41 mg/100g, para as cultivares carioca e preto, respectivamente. MALDONADO e SAMMÁM (2000) e SAMMÁM *et al.* (1999) encontraram 3,44 mg/100g como teor médio de zinco em cultivares do tipo carioca, cultivadas na Argentina. PINN (1992) *apud* BRIGIDE (2002) relatou teor inferior (2,7

mg/100g) em cultivares do mesmo grupo. Contrariamente, BARAMPAMA e SIMARD (1993) analisando variedades cultivadas em Burundi, encontraram valores bem superiores (média de 7,3 mg/100g de zinco).

A recomendação deste nutriente para a população sadia foi modificada, recentemente, para 8mg/dia para mulheres e 11mg/dia para homens (FOOD AND NUTRITION BOARD, 2001; TRUMBO *et al.*, 2001 e RDA).

O zinco está presente em todos os órgãos, tecidos, fluidos e secreções do corpo (KING e KEEN, 1994). O corpo humano contém cerca de 2 a 2,5 g de zinco, dos quais 55% estão localizados nos músculos e 30% nos ossos (CHESTERS, 1997) que, junto com a pele e fígado, são os maiores *pools* (HOUSE, 1999).

São vários os fatores dietéticos que influenciam a biodisponibilidade do zinco. Os aminoácidos cisteína, glicina e lisina e os quelantes naturais ou sintéticos (citrato, EDTA) parecem favorecer a biodisponibilidade, enquanto fibras, oxalatos, fitatos, polifenóis e alguns minerais como cobre, ferro e cálcio tendem a diminuir (AMAYA *et al.*, 1997; DUTRA DE OLIVEIRA e MARCHINI, 1998).

KOURY e DONANGELO (2003) destacaram a importância biológica e nutricional do zinco na redução e/ou prevenção dos efeitos do estresse oxidativo promovido pelo exercício físico intenso. Concluíram ser um nutriente com papel biológico essencial nos mecanismos de proteção antioxidante, principalmente, nos relacionados às membranas celulares, bastante requisitados durante a atividade física intensa. Os estudos nutricionais demonstraram que os atletas, geralmente, consomem quantidade insuficiente de zinco na dieta para compensar as perdas aumentadas pelo suor e urina e, para atender a elevada demanda bioquímica. Este nutriente merece maior atenção no aconselhamento nutricional para minimizar os danos causados pelo estresse oxidativo sobre o desempenho e a saúde dos atletas.

### **Métodos de Cozimento**

A fim de melhorar a qualidade nutricional do feijão, o descascamento, a maceração e o cozimento são métodos utilizados (KHOKHAR e CHAUHAN, 1986; DE-LEON *et al.*, 1992; BARAMPAMA e SIMARD, 1994; BARAMPAMA e SIMARD, 1995). Os efeitos na qualidade variam dependendo do cultivar e o tratamento, em geral todos estes processos reduzem os fatores antinutricionais (BARAMPAMA e SIMARD, 1994) sendo que outros fenômenos, também, ocorrem. O descascamento reduz o tempo de cozimento e diminui o conteúdo de cálcio e taninos (BARAMPAMA e SIMARD, 1995). A maceração do feijão prévia ao cozimento é uma prática comum para amolecer a textura e acelerar o processo de cozimento (DE-LEON *et al.*, 1992). Por outro lado, a maioria dos macro e micronutrientes, particularmente, vitaminas e minerais são perdidos durante os processos de maceração e cozimento (RINCON *et al.*, 1993; BARAMPAMA e SIMARD, 1995; REHMAN, 2004). A germinação incrementa os conteúdos de proteínas e vitaminas (BARAMPAMA e SIMARD, 1995). Perdas no conteúdo de proteínas também têm sido atribuídas aos diferentes tipos de cozimento de feijões (REHMAN e SHAH, 2004). A combinação de maceração e cozimento foi sugerida como ferramenta para melhorar a qualidade nutricional do feijão comum (BARAMPAMA e SIMARD, 1995).

RAMIREZ CÁRDENAS (2006) avaliou o efeito do cozimento doméstico, em panela de pressão doméstica por 40 minutos, sobre o teor de minerais, em cinco variedades de feijão comum cru, cozido sem maceração, cozido com água de maceração e cozido sem água de maceração. Concluiu que o teor de minerais dependeu da variedade e não do tipo de cozimento. Os teores médios de ferro e zinco no grão cru foram de 7,04 e 3,06 mg/100g, respectivamente; no feijão cozido com a água de maceração de 5,88 e 3,41 mg/100g e, naqueles cozidos sem maceração, de 5,91 e 3,63 mg/100g, respectivamente.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.3.1 Matéria prima

As amostras das cultivares do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) utilizadas no estudo, foram fornecidas pela EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, foram acondicionadas em sacos plásticos com 5,0kg e armazenadas, em geladeira, até a sua utilização, não ultrapassando 4 meses. As cultivares utilizadas foram: 1) BRS Vereda (grupo comercial rosinha); 2) BRS Timbó (roxinho); 3) BRS Grafite (preto); 4) BRS Radiante (rajado); 5) BRS – Pontal (carioca); 6) BRS Marfim (mulatinho) e 7) BRS Jalo Precoce (jalo).

Todas as análises foram realizadas nos laboratórios de: Análise Sensorial, Análise Físico-química e de Análises de Minerais da EMBRAPA - Agroindústria de Alimentos.

#### 3.3.2 Metodologia

Primeiramente, todo material que seria utilizado no experimento foi descontaminado com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a 10% e água deionizada, e todo o procedimento, incluindo o manuseio das amostras foram realizados com uso de luva látex isenta de pó.

Todas as amostras foram devidamente lavadas, sendo a lavagem dos grãos realizada em peneira plástica pequena, com auxílio de pisquete de 500 mL, despejando-se os jatos d'água em movimentos circulares e friccionando-se os grãos com as pontas dos dedos, utilizando 250mL de água deionizada para cada 100g de grãos de feijão.

##### a) Grãos crus

Os grãos crus foram secos em estufa de 60°C, sem circulação de ar, durante uma noite, por aproximadamente, 16 horas. A seguir, foram moídos, em moinho de bolas (marca RETSCH, modelo MM200) sendo colocados 15 grãos, em cada compartimento com 2 bolas. A operação foi repetida, até que se obtivesse quantidade suficiente para as análises.

##### b) Grãos cozidos

Os grãos de feijão foram submetidos a quatro diferentes métodos de cozimento: com maceração e sem maceração prévia, e cozidos em panela comum semi tampada e em panela sob pressão, conforme o fluxograma abaixo (Figura 3) e codificados como: CSMC, cozimento sem maceração em panela comum; CSMP, cozimento sem maceração em panela de pressão, CCMC, cozimento com maceração em panela comum e CCMP cozimento com maceração em panela de pressão.

#### Maceração

Os grãos de feijão foram macerados em água deionizada, por um período, de aproximadamente, 16 horas, na mesma panela onde seriam, posteriormente, cozidos e as panelas foram mantidas tampadas, em temperatura ambiente. Em seguida, foram cozidos utilizando-se a mesma água de maceração.

#### Cozimento

Os cozimentos foram realizados em panela comum semi-tampada e, em panela de pressão, ambas com capacidade para 3 litros, revestidas de teflon (marca Panex).

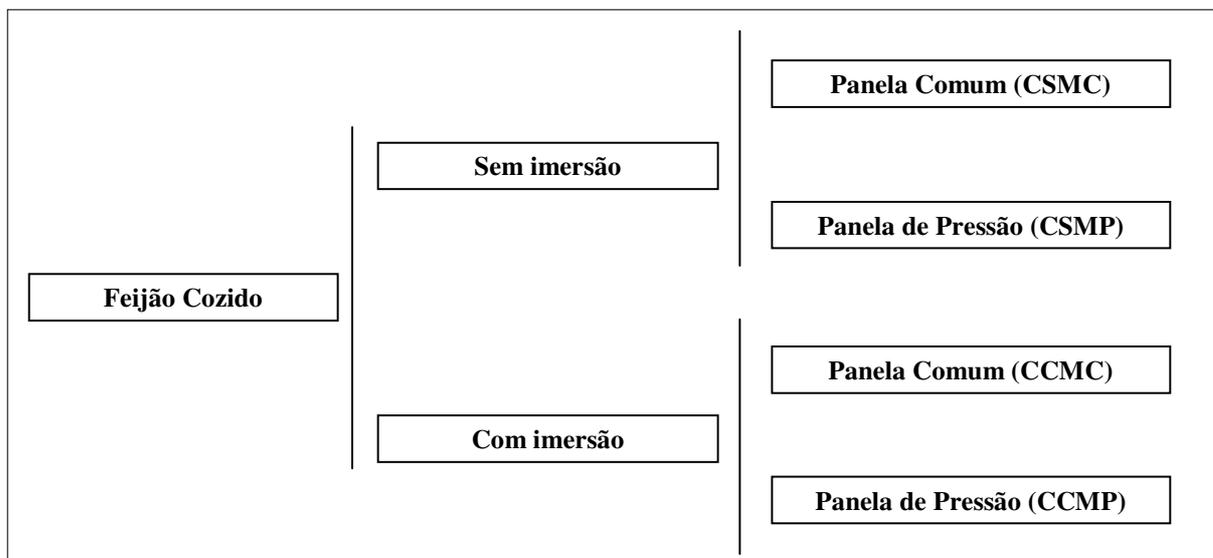


Figura 3: Fluograma dos quatro métodos de cozimento dos grãos de feijão das sete cultivares.

Foram utilizados no cozimento em panela comum, os tempos obtidos nos testes no cozedor experimental (Capítulo I). No cozimento em panela de pressão, foi considerada a metade do tempo empregado no cozimento em panela comum, ambos referentes à 100gramas de grão para 1000mL de água. Os tempos utilizados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 Tempo de cozimento nos diferentes métodos, para as sete cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) estudadas.

| Cultivares   | Tempo de Cozimento (min.) |                        |                        |                        |
|--------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|              | Panela Comum              |                        | Panela de Pressão      |                        |
|              | c/ maceração<br>(CCMC)    | s/ maceração<br>(CSMC) | c/ maceração<br>(CCMP) | s/ maceração<br>(CSMP) |
| BRS Vereda   | 15'                       | 52'                    | 8'                     | 26'                    |
| BRS Timbó    | 13'                       | 47'                    | 7'                     | 24'                    |
| BRS Grafite  | 14'                       | 50'                    | 7'                     | 25'                    |
| BRS Radiante | 20'                       | 59'                    | 10'                    | 27'                    |
| BRS Pontal   | 15'                       | 47'                    | 8'                     | 23'                    |
| BRS Marfim   | 15'                       | 53'                    | 8'                     | 27'                    |
| Jalo Precoce | 17'                       | 68'                    | 8'                     | 34'                    |

Após cada cozimento, os grãos foram drenados, em peneira plástica, conforme o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### 3.3.3 Determinação de ferro e zinco

#### a) Digestão das amostras

Antes de qualquer procedimento analítico, toda a vidraria a ser utilizada foi lavada em água corrente, deixada de molho *overnight*, em solução ácida com HNO<sub>3</sub> a pH < 1,0. Após este tempo, deixou-se de molho em água destilada por mais 4 horas e enxaguou-se quatro vezes, com água deionizada, a fim de que todo o material fosse devidamente descontaminado (FERREIRA e GOMES, 1995).

O método utilizado baseou-se na digestão por via úmida pelo método 999.15D, ítem 9.2.20A da AOAC (2000). A digestão das amostras foi realizada em tubo digestor com,

aproximadamente, 0,2g para os grãos *in natura* e 0,5g àqueles cozidos. Cada amostra foi pesada, em triplicata, procedendo-se à oxidação da matéria orgânica, por via úmida, adicionando-se a cada tubo, 2mL de solução nitroperclórica, na proporção de duas partes de ácido nítrico concentrado (TEDIA P.A. - ACS ISSO 70%) para uma parte de ácido perclórico concentrado (MERCK P.A.- ACS ISSO 72%) (2:1). A seguir, as amostras foram deixadas, em repouso, a temperatura ambiente por, aproximadamente 16h (*overnight*) sendo, em seguida, aquecidas em bloco digestor (Banho seco - NOVA ÉTICA), em capela de exaustão (COMTEC – PPI 1800) até fervura branda (100°C), por cerca de uma hora. Após este tempo, a temperatura foi aumentada para 170°C (±2) e as amostras deixadas, por mais 2 horas. A seguir, os tubos foram retirados do bloco digestor e deixados a temperatura ambiente, sendo então adicionados de mais 2mL de solução nitroperclórica (HNO<sub>3</sub>:H<sub>3</sub>ClO<sub>4</sub>), retornados ao bloco digestor (170 ± 2°C por 4 horas) e a seguir, resfriados. Após a digestão, as soluções foram levadas ao volume de 25 mL, utilizando-se água deionizada.

#### **b) Determinação dos teores de ferro e zinco**

A concentração de ferro e zinco, nas amostras dos grãos cozidos e dos crus moídos, foram determinadas por Espectrometria de Emissão Atômica, com fonte de plasma indutivamente acoplado – ICP (Spectro Analytical Instruments – Spectroflame modelo P), de acordo com o método 990.08, item 9.2.39, página 46 - ICP (AOAC, 2000).

Foram elaboradas curvas de calibração com a diluição da solução-padrão (Spectrum – Solução para ICP), nas concentrações que, provavelmente, seriam encontradas. As curvas (Fe e Zn) foram elaboradas a partir de soluções com concentrações de 50, 100 e 150 ppm em balão de 50 mL, adicionando-se 4 mL de ácido nitroperclórico, completando-se o volume com água deionizada .

#### **3.3.4 Umidade**

A determinação da umidade no grão de feijão foi realizada por método gravimétrico convencional segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) que se baseia na perda de massa da amostra, por dessecação até peso constante, utilizando-se estufa convencional a 105 °C. Foi utilizado cerca de 1 g de amostra e o teor de umidade foi calculado utilizando-se a fórmula:

$$\% \text{ umidade} = \frac{100 - (m' - t)}{(m - t)} \times 100$$

onde:

m = massa total inicial

m' = massa total final

t = massa da vidraria utilizada

100 = fator percentual de cálculo.

#### **3.3.5 Análises Estatísticas**

Os teores de ferro e zinco foram comparados entre cultivares e tratamentos, através da análise de variância, teste F e Tukey, em nível de significância de 5%, utilizando-se o procedimento GLM do SAS 9.1, conforme o modelo descrito a seguir:

$Y_{ijk} = \mu + C_i + T_j + CT_{ij} + e_{ijk}$  , onde:

$Y_{ijk}$  = observação referente à amostra de feijão k, da cultivar j, submetido ao tratamento i;

$\mu$  = efeito da média;

$C_i$  = efeito da cultivar i, sendo i = 1 BRS Vereda, 2 BRS Timbó, 3 BRS Grafite, 4 BRS Radiante, 5 BRS Pontal, 6 BRS Marfim, 7 BRS Jalo Precoce;

$T_j$  = efeito do tratamento j, sendo j = 1 cru, 2 cozido com maceração em panela comum, 3 cozido com maceração em panela de pressão, 4 cozido sem maceração em panela comum, 5 cozido sem maceração em panela de pressão;

$R_{ij}$  = efeito da interação da cultivar i com o tratamento j;

$e_{ijk}$  = erro aleatório.

Foram feitos também contrastes ortogonais entre os tipos de panela (PP vs PC) e a maceração (CM vs SM) podendo-se, desta forma, verificar uma possível influência nos teores de ferro e zinco, independentemente da variedade.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1 Teores de ferro e zinco

Na Tabela 7, encontram-se as médias dos teores de ferro dos grãos de feijão cru, e cozidos, das sete variedades, por diferentes métodos, evidenciando diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre elas, em todos os métodos de cozimento e entre os diferentes métodos dentro de cada cultivar. Entretanto, no cozimento com maceração em panela comum (CCMC) não houve diferença entre as cultivares estudadas ( $P > 0,05$ ). As cultivares BRS Vereda, BRS Timbó e BRS Grafite não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) para teores de ferro, quando avaliadas nos diferentes métodos de cozimento e cru (Tabela 7).

**Tabela 7 Teores de ferro nos grãos crus e após os diferentes métodos de cozimento, nas sete cultivares feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.).**

| Cultivares              | Teores de Fe (mg/100g)* |                      |                     |                     |                     | Média | CV (%) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|--------|
|                         | Cru                     | CSMC                 | CSMP                | CCMC                | CCMP                |       |        |
| <b>BRS Vereda</b>       | 7,53 <sup>DEa</sup>     | 7,23 <sup>Ba</sup>   | 6,61 <sup>ABa</sup> | 7,05 <sup>Aa</sup>  | 7,49 <sup>Ba</sup>  | 7,18  | 8,42   |
| <b>BRS Timbó</b>        | 8,06 <sup>Ea</sup>      | 7,25 <sup>Ba</sup>   | 6,96 <sup>Ba</sup>  | 7,04 <sup>Aa</sup>  | 7,90 <sup>Ba</sup>  | 7,44  | 10,13  |
| <b>BRS Grafite</b>      | 6,96 <sup>CDa</sup>     | 6,47 <sup>ABa</sup>  | 6,93 <sup>Ba</sup>  | 6,78 <sup>Aa</sup>  | 7,80 <sup>Ba</sup>  | 6,99  | 12,87  |
| <b>BRS Radiante</b>     | 4,68 <sup>Ab</sup>      | 5,57 <sup>Aab</sup>  | 5,26 <sup>Aab</sup> | 6,63 <sup>Aa</sup>  | 5,50 <sup>Aab</sup> | 5,53  | 15,35  |
| <b>BRS Pontal</b>       | 6,07 <sup>Bb</sup>      | 5,65 <sup>Ab</sup>   | 5,97 <sup>ABb</sup> | 6,55 <sup>Aab</sup> | 7,40 <sup>Ba</sup>  | 6,33  | 11,38  |
| <b>BRS Marfim</b>       | 7,92 <sup>Ea</sup>      | 6,58 <sup>ABab</sup> | 5,91 <sup>ABb</sup> | 7,16 <sup>Aab</sup> | 7,16 <sup>Bab</sup> | 6,95  | 13,21  |
| <b>BRS Jalo Precoce</b> | 6,84 <sup>Cab</sup>     | 6,31 <sup>ABab</sup> | 5,41 <sup>Ab</sup>  | 6,12 <sup>Aab</sup> | 7,12 <sup>Ba</sup>  | 6,36  | 13,60  |
| <b>Média</b>            | 6,87                    | 6,44                 | 6,15                | 6,76                | 7,19                |       |        |
| <b>CV (%)</b>           | 3,05                    | 14,24                | 11,99               | 15,82               | 11,64               |       |        |

\* Resultados expressos em base seca

Legenda: CRU - grão *in natura*, CSMC - cozido sem maceração em panela comum, CSMP - cozido sem maceração em panela de pressão, CCMC - cozido com maceração em panela comum, CCMP - cozido com maceração em panela de pressão.

Letras maiúsculas distintas na mesma coluna, e minúsculas na mesma linha representam diferenças estatísticas entre as médias em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de ferro nos grãos crus, nas cultivares BRS Timbó e BRS Marfim, foram superiores às outras cultivares, com exceção da cultivar BRS Vereda, que foi igual, estatisticamente, entretanto, igual a BRS Grafite ( $p > 0,05$ ). A BRS Radiante foi a que apresentou o menor teor do micronutriente.

Todas as cultivares cozidas com maceração prévia, em panela de pressão apresentaram teores de ferro mais elevados, dentre todas as cultivares analisadas, com exceção da BRS Radiante, que teve maior teor no CCMC (cozimento com maceração em panela comum), porém não diferiu, estatisticamente, ( $P > 0,05$ ) das demais.

Ao avaliar os teores de Fe nos grãos no cozimento CCMC, observou-se que os teores foram iguais em todas as cultivares estudadas, já no CCMP as cultivares apresentaram valores semelhantes, com exceção da BRS Radiante que apresentou teor inferior às demais.

Para os teores de zinco, observou-se que nos grãos crus a cultivar BRS Radiante também apresentou o menor teor, seguida pela BRS Pontal, BRS Marfim e BRS Jalo Precoce, enquanto que as cultivares BRS Timbó, BRS Vereda e BRS Grafite apresentaram os maiores

teores. No CSMC, a cultivar BRS Jalo Precoce apresentou, numericamente, o menor teor de zinco, porém não diferiu da BRS Radiante e BRS Marfim e ao avaliar o CSMP, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as cultivares, e entre os tratamentos não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para cinco cultivares (BRS Vereda, BRS Timbó, BRS Grafite, BRS Radiante e BRS Marfim) (Tabela 8).

**Tabela 8 Teores de zinco nos grãos cru e após os diferentes métodos de cozimento nas sete cultivares feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.).**

| Cultivares              | Teores de Zn (mg/100g)* |                      |                     |                      |                     | Média | CV (%) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------|--------|
|                         | CRU                     | CSMC                 | CSMP                | CCMC                 | CCMP                |       |        |
| <b>BRS Vereda</b>       | 4,28 <sup>CDa</sup>     | 4,07 <sup>BCa</sup>  | 4,14 <sup>Aa</sup>  | 3,64 <sup>BCa</sup>  | 3,96 <sup>ABa</sup> | 4,02  | 10,83  |
| <b>BRS Timbó</b>        | 4,39 <sup>Da</sup>      | 4,11 <sup>Ca</sup>   | 4,36 <sup>Aa</sup>  | 4,15 <sup>Ca</sup>   | 4,52 <sup>BCa</sup> | 4,31  | 10,24  |
| <b>BRS Grafite</b>      | 4,20 <sup>CDa</sup>     | 4,11 <sup>Ca</sup>   | 4,12 <sup>Aa</sup>  | 3,48 <sup>ABCa</sup> | 3,87 <sup>ABa</sup> | 3,96  | 14,25  |
| <b>BRS Radiante</b>     | 2,82 <sup>Aa</sup>      | 3,19 <sup>ABa</sup>  | 3,51 <sup>Aa</sup>  | 3,24 <sup>ABa</sup>  | 3,30 <sup>Aa</sup>  | 3,21  | 14,06  |
| <b>BRS Pontal</b>       | 3,65 <sup>Bb</sup>      | 3,96 <sup>BCb</sup>  | 4,17 <sup>Ab</sup>  | 3,76 <sup>BCb</sup>  | 4,86 <sup>Ca</sup>  | 4,08  | 9,11   |
| <b>BRS Marfim</b>       | 3,99 <sup>BCa</sup>     | 3,51 <sup>ABCa</sup> | 3,75 <sup>Aa</sup>  | 3,50 <sup>BCa</sup>  | 3,61 <sup>Aa</sup>  | 3,67  | 14,29  |
| <b>BRS Jalo Precoce</b> | 3,77 <sup>Ba</sup>      | 2,98 <sup>Aab</sup>  | 3,56 <sup>Aab</sup> | 2,62 <sup>Ab</sup>   | 3,31 <sup>Aab</sup> | 3,25  | 18,24  |
| <b>Média</b>            | 3,87                    | 3,71                 | 3,94                | 3,48                 | 3,92                |       |        |
| <b>CV (%)</b>           | 3,18                    | 14,20                | 13,19               | 15,23                | 15,15               |       |        |

\* Resultados expressos em base seca

Legenda: CRU - grão *in natura*, CSMC - cozido sem maceração em panela comum, CSMP - cozido sem maceração em panela de pressão, CCMC - cozido com maceração em panela comum, CSMP - cozido com maceração em panela de pressão.

Letras maiúsculas distintas na mesma coluna, e minúsculas na mesma linha representam diferenças estatísticas entre as médias a nível de 5% de probabilidade.

Considerando-se os teores de zinco, em todos os tratamentos, observou-se que o comportamento entre as cultivares foi bem distinto, sendo as cultivares BRS Vereda, BRS Timbó e BRS Marfim, as que apresentaram os maiores teores nos grãos crus. E, quanto aos cozimentos, as cultivares BRS Vereda, BRS Grafite, BRS Radiante, BRS Marfim e BRS Jalo Precoce obtiveram maiores teores no CSMP enquanto que as cultivares BRS Timbó e BRS Pontal, no CCMP.

É interessante enfatizar que as cultivares BRS Vereda e BRS Timbó se destacaram por apresentarem os maiores teores de ferro e zinco, em todos os tratamentos aplicados.

As cultivares BRS Grafite e BRS Marfim também merecem destaque, uma vez que foram superadas, apenas nos grãos crus, para os teores de ferro e zinco, respectivamente (Tabela 7 e 8). O mesmo não foi observado por RAMÍREZ CÁRDENAS (2006), que encontrou o maior teor de ferro (9,16 mg/100g) nos grãos crus, da cultivar Diamante Negro do grupo comercial preto, quando comparado à cultivares de outros grupos comerciais.

Por outro lado, a cultivar BRS Radiante apresentou teores mais baixos em todos os tratamentos, quanto aos dois minerais avaliados. Da mesma forma que RAMÍREZ CÁRDENAS (2006) que, ao comparar a BRS Radiante com outras cultivares, também encontrou baixos teores de ferro e zinco, tanto nos grãos crus (4,81 e 2,72 mg/100g, respectivamente) quanto após os diferentes cozimentos (4,42 a 4,87 e 2,78 a 3,35 mg/100g, respectivamente).

Apesar da BRS Pontal ter apresentado os menores teores de ferro e zinco nos grãos crus, nos diferentes cozimentos estes valores foram semelhantes às cultivares do grupo de maior destaque, BRS Timbó e BRS Vereda.

Os teores de ferro e zinco obtidos no presente trabalho são similares àqueles reportados por MARTÍNEZ *et al.* (1999), ANDERSON (2002) e SHIMELIS *et al.* (2005), que encontraram, para diferentes cultivares, teores médios entre 5,5 e 8,5 mg de ferro/100g nos grãos crus, com exceção da BRS Radiante que apresentou um teor inferior (4,68 mg/100g), porém semelhante àquele encontrado por RAMÍREZ CÁRDENAS, em 2006, para a mesma cultivar (4,81 mg/100g).

Os teores de ferro nos grãos crus das cultivares estudadas, exceto aqueles da cultivar BRS Radiante, foram superiores aos estimados pelo Banco de Dados da USDA – *National Nutrient Database for Standard Reference*, para o feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) onde este teor é igual a 5,64 mg/100g (base seca).

Por outro lado, os teores de zinco foram inferiores em três das sete cultivares estudadas (BRS Pontal, BRS Radiante e BRS Jalo Precoce) quando comparados aos valores reportados no mesmo banco (4,10 mg/100g). Porém, semelhantes aos teores encontrados na literatura (2,7 a 7,3 mg/100g) por PINN (1992) e BARAMPAMA e SIMARD (1993).

BARAMPAMA e SIMARD (1995) analisando grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, variedade Dore de Kirundo) macerados, cozidos sem maceração e cozidos sem água de maceração e comparando-os com os grãos crus, observaram que houve diminuição no teor de alguns minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro e manganês) em todos os tipos de tratamento, porém não observaram alterações nos teores de zinco e cobre.

**Tabela 9 Níveis descritivos de probabilidade para erro tipo I associados aos contrastes ortogonais entre os tipos de panela (PP x PC) e entre os métodos (CM x SM), referentes aos teores de ferro e zinco, valores médios para os diferentes tratamentos e o coeficiente de variação (CV).**

|         | Fe                      | Zn             |
|---------|-------------------------|----------------|
|         | <b>Contrastes</b>       |                |
| PP x PC | 0,6149 ± 0,14           | 0,0001 ± 0,08* |
| CM x SM | <0,0001 ± 0,14*         | 0,1405 ± 0,08  |
| CV (%)  | 14,00                   | 14,41          |
|         | <b>Médias (mg/100g)</b> |                |
| PC      | 6,60 ± 0,09             | 3,60 ± 0,06    |
| PP      | 6,67 ± 0,09             | 3,93 ± 0,06    |
| SM      | 6,29 ± 0,09             | 3,83 ± 0,06    |
| CM      | 6,98 ± 0,09             | 3,70 ± 0,06    |
| CV (%)  | 12,38                   | 13,56          |

\* Houve diferença significativa (P <0,01)

LEGENDA: PP- panela de pressão, PC - panela comum, CM – com maceração, e SM – sem maceração

Ao analisar, através de contrastes ortogonais, a influência da maceração nos teores de minerais (Tabela 9), pode-se observar que o teor de ferro foi maior no feijão cozido com maceração (P <0,01). É interessante mencionar que este resultado foi influenciado, principalmente, pelos resultados dos cozimentos com panela de pressão (PP), onde essa diferença foi elevada, com médias de 6,15 mg/100g para CSMP e 7,19 mg/100g para CCMP.

O mesmo já havia sido observado por RAMÍREZ CÁRDENAS (2006) que reportou teores de ferro mais elevados nos cozimentos com maceração prévia para as cultivares BRS Radiante e Talismã, dos grupos rajado e carioca, respectivamente.

Quando contrastados os tratamentos com PP vs PC, não foi observada diferença (P >0,05), nos teores de ferro. Entretanto, as amostras cozidas em PP apresentaram teores de zinco mais elevados (P <0,01), sugerindo uma maior perda deste mineral para o caldo, no cozimento em panela comum (PC), tendo em vista que a análise foi realizada, apenas, nos grãos. Por outro lado, o teor de zinco não foi influenciado pela maceração (P >0,05).

É relevante o fato dos teores de ferro e zinco terem se comportado de forma diferente, uma vez que o ferro sofreu influência da maceração e o zinco do tipo de panela.

CANDELA *et al.*, 1997 *apud* BRIGIDE, 2002, analisando feijão comum obtiveram, respectivamente, 4,87% e 5,65% de cinzas, no feijão cru e no cozido, concluindo que a quantidade de minerais nos grãos se altera, significativamente, com a maceração e o cozimento, o mesmo só foi evidenciado para o ferro, pois para o zinco, a maceração seguida do cozimento não influenciou quanto ao aumento ou diminuição nos teores.

No entanto estudos já relataram que a maioria dos macro e micronutrientes, particularmente, vitaminas e minerais são perdidos durante os processos de maceração e cozimento (RINCON *et al.*, 1993; BARAMPAMA e SIMARD, 1995; REHMAN, 2001).

Contudo, o cozimento, provavelmente, favorece a liberação dos minerais de alguns complexos presentes no grão de feijão, como por exemplo: o complexo ácido fítico-mineral, que substitui as perdas minerais por difusão na água (BARAMPAMA e SIMARD, 1995).

A composição mineral de alimentos de origem vegetal é influenciada e controlada pela fertilidade do solo, características genéticas da planta e do ambiente no qual cresce (MILLER, 1996 *apud* RAMIREZ CÁRDENAS, 2006), o que justificaria as diferenças observadas entre o teor de minerais em diferentes estudos.

BRIGIDE e CANNIATTI-BRAZACA (2006) avaliaram cultivares de feijão irradiados e não-irradiados e observaram que ambos os grãos de feijão cozidos com maceração prévia apresentaram, após o cozimento, redução no teor de ferro e, RAMIREZ CÁRDENAS (2006) concluiu que o teor de minerais, de uma forma geral, dependeram da variedade, mas não do processo de cozimento.

### 3.4.2 Umidade

Os teores de umidade dos grãos crus e cozidos diferiram devido à maceração e ao cozimento. Segundo a Tabela de Composição de Alimentos – TACO (2004), a umidade do grão cru nas cultivares carioca e preto, é 14 e 15 %, respectivamente, valores estes semelhantes aos encontrados na literatura (13,6, 13,27 e 9,9%) (BRIGIDE, 2002; MALDONADO e SAMMÁM, 2000 e WEDER *et al.*, 1997, respectivamente). No presente trabalho os grãos de feijão foram secos em estufa de 60°C por uma noite e moídos para análise de umidade, por isso apresentaram valores de umidade diferenciados.

**Tabela 10 Média da umidade dos grãos de feijão cru e dos grãos cozidos nos diferentes métodos de cozimento.**

| Cultivares       | Umidade (%) |        |
|------------------|-------------|--------|
|                  | Cru         | Cozido |
| BRS Vereda       | 7,73        | 68,73  |
| BRS Timbó        | 7,09        | 68,29  |
| BRS Grafite      | 8,06        | 70,59  |
| BRS Radiante     | 6,39        | 70,70  |
| BRS Pontal       | 6,88        | 70,49  |
| BRS Marfim       | 7,25        | 69,05  |
| BRS Jalo Precoce | 7,80        | 67,20  |
| Média            | 7,31        | 69,29  |

Os percentuais médios de umidade nos grãos cozidos obtidos neste trabalho são semelhantes aos valores referidos na Tabela de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (69,2%) (USP, 2001) e por BRIGIDE (2002) para feijão carioca irradiado (77,1%) e SATHE *et al.* (1984) (65%).

### 3.5 CONCLUSÕES

- As cultivares: BRS Vereda e BRS Timbó apresentaram os maiores teores de ferro e zinco nos grãos crus e naqueles cozidos.
- Os tratamentos pesquisados, (cozimento e maceração) influenciaram de maneiras distintas os teores de ferro e zinco.
- A maceração prévia dos grãos de feijão interferiu apenas nos teores de ferro, favorecendo o aumento deste mineral no cozimento com maceração.
- O tipo de panela empregado no cozimento influenciou apenas no teor de zinco, e o cozimento em panela de pressão beneficiou no teor deste micronutriente.
- Considerando que o cozimento do feijão é fundamental para o consumo, as cultivares BRS Grafite e BRS Marfim também merecem destaque, uma vez que foram superadas, apenas nos grãos crus, para os teores de ferro e zinco, respectivamente.

Fundamentado nesta influência mútua, o melhor método de preparo do feijão é o cozimento com maceração em panela de pressão, corroborando o hábito da maioria da população.

Dentro do contexto mundial, onde grande parte da população sofre de deficiência férrea, o conteúdo elevado de ferro das cultivares estudadas, confirma o fato do feijão ser considerado uma boa fonte deste mineral, conseqüentemente, auxiliando no combate à anemia, principalmente em populações com menor poder aquisitivo.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA , D., URRIETA, R., GIL, N., MOLANO, N., MEDRANO, I., CASTEJÓN, H. Valores de zinc plasmático en una población infantil marginal de Maracaibo, Venezuela. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v.47, n.1, p.23-28, 1997.

ANDERSON, J.J.B. Minerais. In: MAHAN L.K., ESCOTT-STUMPS (eds). **Krause – Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. pp. 106-145.

ANTUNES, P. L.; SGARBIERI, V. C. Fatores antinutricionais, toxicidade e valor nutricional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) **Agros**, v.15, n.1, p.39-62, 1980.

ANTUNES, P. L., BILHALVA, A. B., ELIAS, M. C., SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), Cultivares Rico 23, Carioca, Pirata-1 e Rosinha-G2. **Rev. Bras. de Agrociência**, v. 1, n. 1, jan.-abr., 1995.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1997. Método nº 990.08, item 9.2.39. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. AOAC International, Gaithersburg, MD. 16ª ed.3ª rev.

ASHWORTH, A.; OSORIO, M. M.; LIRA, P. I.; BATISTA-FILHO, M. Prevalence of anemia in children 6-59 months old in the state of Pernambuco, Brazil. **Rev Panam Salud Pública**, v.10, n.2, p.101-7, 2001.

BARAMPAMA, Z., SIMARD, R. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v.47, Issue 2, p.15-67, 1993.

BARAMPAMA, Z., SIMARD, R. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **Journal of Food Science.**, v. 59, n. 4, p. 833-838, 1994.

BARAMPAMA Z., SIMARD, R. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**. v. 48, p. 349-365, 1995.

BARTON, J., CONRAD, M., PARMLEY, R., Calcium inhibition of inorganic iron absorption in rats. **Gastroenterol.**, v.84., p.90-101, 1983.

BELIK, W.; SILVA, J. G.; TAKAGI, M. **Políticas de combate à fome no Brasil**. São Paulo Perspec., v.15, n.4, p.119-129, 2001.

BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v.32, p.669-676, 1999.

BIRKETVEDT, G., TRAVIS, A., LANGBAKK, B., FLORHOLMEN, J. Dietary supplementation with bean extract improves lipid profile in overweight and obese subjects. **Nutr.**, v. 18, p. 729–733, 2002.

BOSSCHER, D., VAN CAILLI-BERTRAND, M., DEELSTRA, H. Effect of thickening agents, based on soluble dietary fiber, on the availability of calcium, iron and zinc from infant formulas. **Nutr.**, v. 17, p. 614-618, 2001.

BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G. Legume Foods. In: A. M. ALTSCUHL (Ed.). **News protein foods**. New York: Academic Press, p. 230-297, 1974.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA S.G. Antinutrients and “in vitro” availability of iron in irradiated common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Chemistry**, v. 98, P. 85–89, 2006.

BRIGIDE, P. Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum *Phaseolus vulgaris*, L.) irradiados. **Dissertação (mestrado)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 58p.

BROWN, K.H., PEERSON, J.M., RIVERA, J., ALLEN, L.H. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepuberal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Am J Clin Nutr.** v.75, p.1062-1071, 2002.

BRUNKEN, G.S. Avaliação da eficácia de suplementação semanal no controle da anemia em pré-escolares. [Tese]. São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo; 1999.

CAVALCANTE, A.A.M.; TINÔCO, A.L.A.; COTTA, R.M.M.; RIBEIRO, R. de C.L.; PEREIRA, C.A.dos S.; FRANCESCHIN, S.do C.C. Consumo alimentar e estado nutricional de crianças atendidas em serviços públicos de saúde do município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista de Nutrição**, v.19, n. 3, p. 321-330, 2006.

CHESTERS, J. Zn. In: O'DELL, B. L, SUNDE, R. (Eds). **Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements**. Missouri, 1997. p.185-230.

CHIARADIA, A.C., GOMES, J.C. **Feijão: Química, Nutrição e Tecnologia**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997. 180 p.

COOK, J., DASSENKO, S., WHITTAKER, P. Calcium supplementation: effect on iron absorption. **Am J Clin Nutr.**, v. 53, n. 1, p. 106-111, 1991.

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

DE ANGELIS, R.C., CTENAS, M.L.B. **Biodisponibilidade de ferro na alimentação infantil**. São Paulo: Serviço de Informação Científica Nestlé. (Temas de Pediatria, 52), 1993. 53 p.

DE-LEON, L., ELIAS, L., BRESSANI, R. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristic of common beans. **Food Res. Int.**, v. 25, p. 131-136, 1992.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J., MARCHINI, J. **Ciências Nutricionais**. São Paulo:Savier, 1998. 403 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Arroz e Feijão. URL: <http://www.cnpaf.embrapa.br/pesquisa/feijão/2005>. Consultado em novembro de 2005.

FAVARO, R.M.D., VANNUCCHI, H. Níveis plasmáticos de zinco e antropometria de crianças da periferia de centro urbano no Brasil. **Rev Saúde Pública**. v.24, p.5-10, 1990.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. São Paulo – Rio de Janeiro, Ed. Atheneu, 9ª edição, 1992.

FERREIRA, J., GOMES, J. **Gerenciamento de Laboratórios de Análises Químicas**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1995. 378p.

FEDERICO, A., IODICE, P., FEDERICO, P., DEL RIO, A., MELLONE, M., CATALANO, G., FEDERICO, P. Effects of selenium and zinc supplementation on nutritional status in patients with cancer of digestive tract. **Eur. J. Clin. Nutr.**, v. 55, p. 293-297, 2001.

FOOD AND NUTRITION BOARD. Recommended dietary allowance. **National Research Council**. 10ª ed. Washington DC: National Academy Press; 2001.

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.183-8, 1997.

FRÜHBECK, G., ALONSO, R., MARZO, F., SANTIDRIÁN, S.A. Modified method for the indirect quantitative analysis of phytate in foodstuffs. **Anal. Biochem.**, v. 225, p.206-212, 1995.

GARRUTI, R. dos S. Metodologia estatístico-sensorial para avaliação do sabor e textura de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*,L.), armazenados. **Tese de Livre-Docência**, Faculdade de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 1981. 259p.

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

GIBSON, R.S., FERGUNSON, E.L. Nutrition intervention strategies to combat zinc deficiency in developing countries. **Nutrition Research Reviews**, v.11, p.115-131, 1998.

GLEERUP, A., ROSSANDER-HULTHÉN, L., GRAMATKOVSKI, E., HALLBERG, L. Iron absorption from the whole diet: comparison of the effect of two different distributions of daily calcium intake. **Am J Clin Nutr.**, v. 61, n. 1, p. 97-104, 1995.

GLORE, S.R., TREECK, D. V., KNEHANS, A. W. GUILD, M. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 94, p. 425-436, 1994.

GUSTAFSSON, E., SANDBERG, A. Phytate reduction in brown beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal Food Science.** v.60, p.149-152, 1995.

HALLBERG, L., ROSSANDER-HULTÉN, L., BRUNE, M., GLEERUP, A. Inhibition of heme-iron absorption in man by calcium. **Br. J. Nutr.**, v.69, n.2, p. 533-540, 1992a.

HALLBERG, L., ROSSANDER-HULTÉN, L., BRUNE, M., GLEERUP, A. Calcium and iron absorption: mechanisms of action and nutritional importance. **Eur. J. Clin. Nutr.**, v.46, n.5, p.317-327, 1992b.

HALLBERG, L., BRUNE, M., ERLANDSSON, M., SANDBERG, A., ROSSANDERHULTÉN, L. Calcium: effect of different amounts on nonheme –and heme-iron absorption in humans. **Am J Clin Nutr.**, v.53, n.1, p.112-119, 1991.

HARRIS, D. Copper as a cofactor and regulator of copper, zinc superoxide dismutase. **J. Nutr.**, v.122, n.35, p.636-640, 1992.

HOUSE, W. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. **Field Crops Res.**, v.60, p.115-141, 1999.

HURRELL, R.F. Bioavailability of iron. **Europe Journal Clin. Nutr.**, v.51, Suppl. 1, S4-S8, 1997a.

HURRELL, R. F. Preventing iron deficiency through food fortification. **Nutr. Rev.**, v.55, n.6, p.210–222, 1997b.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. São Paulo, **Normas analíticas de Instituto Adolfo Lutz**, 3 ed., São Paulo, p. 21-27, 1985.

JACKSON, M., JONES, D., EDWARDS, R. Tissue zinc levels as an index of body zinc status. **Clinical Physiology.** v. 2, p. 333-343, 1982.

KHOKHAR, S., CHAUHAN, B. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. **J Food Sci.**, v. 51, n. 3, p. 591-594, 1986.

KING, J., KEEN, C. Zinc. In: SHILLS, M.E., OLSON, J.A., SHIKE, M. **Modern Nutrition in health and disease.** 8.ed. Philadelphia: Lea-Febiger, p.214-230, 1994.

KOURY, J.C., DONANGELO, C.M.. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição.** v.16, n. 4, p.433-441, out./dez., 2003.

KUTOS, T., GOLOB, T., KAC, M., PLESTENJAK, A. Dietary fiber content of dry and processed beans. **Food Chem.**, v. 80, p. 231-235, 2003.

MACDONALD, R.S. The role of zinc in growth and cell proliferation. **J Nutr.** v.130, p.1500-1508, 2000.

MACPHAIL, A. Iron deficiency and the developing world. **Archivo Latinoam. Nutrition,** Suppl, v.51, n.1, p.2-6, 2001.

MAFRA, D., COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v.50, n.2, p.79-87, 2004.

MALDONADO, S.; SAMMÁM, N. Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.50, n.2, p. 195-199, 2000.

MARTÍNEZ, C., ROS, G., PERIAGO, M. J., ORTUÑO, J., LÓPEZ, G., RINCÓN, F. *In vitro* protein digestibility and mineral availability of greenbeans (*Phaseolus vulgaris*, L) as influenced by variety and pod size. **Journal Science Food Agriculture**, v.77, p.414-420, 1998.

MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M. J. Biodisponibilidad del hierro de los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, n.2, p.106-113, 1999.

MARTINEZ-VALVERDE, I., PERIAGO, M., ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 50, No. 1, p. 5-18, 2000.

MARX, J. Iron deficiency in developed countries: prevalence, influence of lifestyle factors and hazards of prevention. **Europe Journal Clin. Nutr.**, v.51, n.8, p.491– 494, 1997.

MONSEN, E., COOK, J. Food iron absorption in human subjects. IV. The effects of calcium and phosphate salts on the absorption of nonheme iron. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.29, n.10, p.1142-1148, 1976.

NISHI, Y. Zinc and growth. **J Am Coll Nutr**. v.15, p. 340-344, 1996.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C.A.; RICCO, R.G.; CIAMPO, L.A.D.; SOUZA, A.M.; DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.E. Growth and hematological studies on Brazilian children of low socioeconomic level. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.51, n.3, p.230-235, 2001.

OLIVEIRA, A. C. de; QUEIROZ, K. da S.; HELBIG, E.; REIS, S.M.P.M.; CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores da flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, n. 3, p.276-283, 2001.

PEREIRA, C.A. dos S., COSTA, N.M.B. Proteína do feijão preto sem casaca: digestibilidade em animais convencionais e isentos de germes (*germ-free*). **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.5-14, 2002.

PINN, A.B.O., COLLI, C., MANCINI-FILHO, J. Beans *Phaseolus vulgaris* irradiation. I. Iron bioavailability. In: Bioavailability'93. Nutritional, Chemical and Food Processing Implications of Nutrient Availability Karlsruhe, 1993. Karlsruhe, BFE, vol.2, p.195-199.

PRASAD, A. Discovery of human zinc deficiency and studies in an experimental human model. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.53, p.403-412, 1991.

PRATHER, T., MILLER, D. Calcium carbonate depresses iron bioavailability in rats more than calcium sulfate or sodium carbonate. **J Nutr.**, v. 122, n.2, p.327–332, 1992.

QUEIROZ, S.S.; TORRES, M.A.; SATO K. Anemia em crianças menores de dois anos atendidas nas unidades básicas de saúde no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, v.28, n.4, p.290-4, 1994.

RÁMIREZ CÁRDENAS, L. de L. A. Valor nutricional, biodisponibilidade de ferro e zinco e efeitos funcionais de diferentes variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas a tratamentos domésticos: estudo em ratos. [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 171p.

REHMAN, Z., SALARIYA, A., ZAFAR, S. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*, L). **Food Chem.**, v. 73, p. 351-355, 2001.

REHMAN, Z., SHAH, W. Domestic processing effects on some insoluble dietary fiber components of various food legumes. **Food Chem.**, v.87, p.613–617, 2004.

RICHARD-FORGET, F., GAUILLARD, F., HUGUES, M., JEAN-MARC, T., BOIVIN, P., NICOLAS, J. Inhibition of horse bean and germination Barley lipoxygenases by some phenolic compounds. **J. Food Science.**, v. 60, p. 1325-1329, 1995.

RINCON, F., ROS, G., COLLINS, J. Mineral loss in cowpeas (*Vigna unguiculata*, L.) by pressure heating in water. **J. Food Science**, v.58, p.856-859, 1993.

ROSTON, A. J. **Feijão**. Boletim Técnico, 199, Campinas:CATI, 1990. 18 p.

SAMMÁN, N.; MALDONADO, S.; ALFARO, M.E.; FARFÁN, N.; GUTIERREZ, J. Composition of different bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) of northwestern Argentina (region NOA): cultivation zone influence. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.7, p.2685-2689, 1999.

SANDBERG, A. Bioavailability of minerals in legumes. **Brit. J. Nutr.**, v.88. Suppl.3. S281-S285, 2002.

SANDSTRÖM, B. Bioavailability of zinc. **European Journal Clinical Nutrition**, v.51, suppl. 1, S17-S9, 1997.

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.41-93,1984.

SCHWEDT, G., TAWALI, A., KOCH, K. Strategy of analysis for the estimation of the bioavailability of zinc in foodstuffs. **Fresenius J. Anal. Chem.**, v.360, p.589–594, 1998.

SGARBIERI, V.C, WHITAKER, J. Physical, chemical and nutritional properties os commom bean (*Phaseolus*) proteins. **Adv. Food Res.**, v.28, p.93-166, 1982.

SGARBIERI, V.C., ANTUNES, P.L., ALMEIDA, L.D. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v.44, p.1306–1308, 1979.

SHAHIDI, F. Beneficial Health Effects and Drawbacks of Antinutrients. In: SHAIDI, F (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, DC., p. 1-9, 1997b.

SHERMAN, A. Zinc, copper and iron nutrition and immunity. **J. Nutr.**, v.122, n.35, p.604-609, 1992.

SHIMELIS, E.A.; RAKSHIT, S.K. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. **LWT**, v.38, p.331-338, 2005.

SILVA, A.P.R., VITOLO, M.R., ZARA, L.F., CASTRO, C.F.S. Effects of zinc supplementation on 1- to 5-year old children. **Jornal de Pediatria**. v.82, n.3, p.227-231, 2006.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2004. 42p.

TRUMBO, P., YATES, A., SCHLICKER, A., POOS, M. Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. **J. Am. Diet. Assoc.**, v.101, p.294-301, 2001.

UNICEF, **The problem: about iron deficiency** Acessado em 21 de março de 2007: [http://www.unicef.org/nutrition/23964\\_iron.html](http://www.unicef.org/nutrition/23964_iron.html)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Tabela de composição de alimentos. Acessado em 21 de março de 2007: <http://www.fcf.usp.br.2001>.

VAN DE VIJVER, L., KARDINAAL, A., CHARZEWESKA, J., ROTILY, M., CHARLES, P., MAGGIOLINI, M., ANDO, S., VÄÄMÄMEM, k., WAJSZCZYK, B., JEIKKINEN, J., DELORAINE, A., SCHAAFSSMA, G. Calcium intake is weakly but consistently negatively associated with iron status in girls and women in six European countries. **J Nutr.**, v.129, n.5, p. 963-968, 1999.

VILLAVICENCIO, A., 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, p. 289-293, 2000.

YBARRA, L., COSTA, N., FERREIRA, C. Interação cálcio e ferro: uma revisão. **J. Brazilian Soc. Food Nutr.**, v.22, p.85-107, 2001.

YOKOYAMA, L.P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e feijão, p.250-292, 2002.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. Aspectos conjunturais da cultura. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

WEDER, J.K.P.; TELEK, L.; VOZÁRI-HAMPE, M. Antinutritional factors in anasazi and other pinto beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) **Plants Foods for Human Nutrition**, v.51, p.85-98, 1997.

WELCH, R., HOUSE, W., BEEBE, S., CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, P.3576- 3580, 2000.

## 4 CONCLUSÕES GERAIS

Considerando as análises de qualidade tecnológica de grãos estudadas pode-se ressaltar que apenas as cultivares BRS Radiante e BRS Jalo Precoce, foram inferiores às demais, quanto ao tempo de cocção e ao percentual de *hard-shell*, respectivamente. O percentual de água absorvida aumentou de forma quadrática para todas as cultivares avaliadas, apesar de apresentarem comportamentos distintos no decorrer do tempo de maceração, e ao final obtiveram capacidade de absorção semelhantes.

Concluiu ainda a BRS Vereda e BRS Timbó se destacaram entre as demais, uma vez que apresentaram os maiores teores de ferro e zinco em todos os tratamentos aplicados, porém a BRS Grafite e BRS Marfim também merecem destaque uma vez que foram superadas apenas no grão cru, para o teor de ferro e zinco, respectivamente.

Os tratamentos pesquisados influenciaram de maneiras distintas nos teores de ferro e zinco, tendo a maceração beneficiado o teor de ferro e o uso de panela de pressão, o teor de zinco. A maceração antes do cozimento representou uma economia média de 71,15%, deste modo verificou-se que a maceração seguido do cozimento em panela de pressão é o melhor método para preparo do feijão, corroborando com a prática da maioria da população.