



DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE
FEIJÃO-COMUM EM FUNÇÃO DE
CULTIVARES E CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO**

LAVRAS - MG

2010

DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE FEIJÃO-COMUM EM
FUNÇÃO DE CULTIVARES E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Co-orientadora

Dra. Joelma Pereira

LAVRAS - MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Dâmiany Pádua.

Qualidade tecnológica de grãos de feijão-comum em função de cultivares e condições de armazenamento / Dâmiany Pádua Oliveira.

– Lavras : UFLA, 2010.

95 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. Qualidade culinária. 2. Tempo de armazenamento. 3.

Phaseolus vulgaris. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.65268

DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE FEIJÃO-COMUM EM
FUNÇÃO DE CULTIVARES E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 06 de Agosto de 2010.

Dra. Joelma Pereira	UFLA
Dr. Augusto Ramalho de Moraes	UFLA
Dra. Neiva Maria Batista Vieira	IFET

Dr. Messias José Bastos de Andrade
Orientador

LAVRAS - MG

2010

A Deus,

OFEREÇO

*Aos meus amores: meus irmãos, Dâmina e Dômer, pelo apoio,
cumplicidade e demonstração de verdadeiros
sentimentos de irmandade.*

*Às minhas bases: meus pais, Sebastião Donizete de Oliveira e Mercês
de Pádua Edmundo Oliveira, por terem sempre acreditado em mim e
pelo muito que investiram em minha educação,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, razão de toda a existência, pela vida, proteção e por me permitir mais essa vitória.

Aos meus pais, Sebastião Donizete de Oliveira e Mercês de Pádua Edmundo Oliveira, pelo amor incondicional e exemplo de vida, fundamentais para tornar esse momento possível.

Aos meus irmãos, Dâmina Pádua Oliveira e Dômer Pádua Oliveira, pelo apoio em todas as horas, repreensão em alguns momentos e carinho sempre.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de crescer com todos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, paciência, disponibilidade, confiança e principalmente pelo exemplo de profissionalismo, e à minha co-orientadora, Prof^ª Joelma Pereira, pelas sugestões e pelos preciosos ensinamentos que muito me auxiliaram.

Aos membros da banca examinadora, Prof^ª Joelma Pereira, Prof. Augusto Ramalho de Moraes e Prof^ª Neiva Maria Batista Vieira, pela disponibilidade na avaliação deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas: Alessandro, Agnaldo, Júlio e Manguinha, pelo auxílio e simpatia sempre constantes.

Aos grandes companheiros: Xu, Rilson e Ti pelo apoio sem igual, e a todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora aqui não citados, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

O CORAÇÃO NÃO ESCOLHE QUEM NELE ENTRA, MAS QUEM NELE PERMANECE.

Só há uma forma de agradecê-los à altura: AMANDO-OS!

*“Fiz a escalada da montanha da vida
removendo pedras e plantando flores.”*

Cora Coralina

BIOGRAFIA

DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA, filha de Sebastião Donizete de Oliveira e Mercês de Pádua Edmundo Oliveira, nasceu em 01 de março de 1984, em Perdões, MG, onde viveu toda sua infância e juventude. Estudou nas escolas estaduais “Padre Pedro Machado” e “João Melo Gomide”, localizadas na mesma cidade, até sua formação no Ensino Médio, em 2001. Entre 2002 e 2003, ministrou aulas particulares de conteúdo básico a estudantes do ensino fundamental e médio. Em março de 2004, ingressou na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em Engenharia Agrônômica, no primeiro semestre de 2008. Durante o curso, desenvolveu iniciação científica no Departamento de Zootecnia (bolsa CNPq) e, posteriormente, no Departamento de Agricultura (voluntária), executando projetos voltados à cultura do feijoeiro, sob a orientação do Prof. Messias José Bastos de Andrade. No mesmo período, lecionou em cursos preparatórios para ingresso à universidade, em Lavras - MG, e em tutoria no Curso de Aperfeiçoamento em Agronegócio, coordenado pela tríade Banco do Brasil - UFLA – Inepad, a profissionais das ciências agrárias. Ainda em 2008, iniciou o mestrado em Agronomia/Fitotecnia, pela mesma universidade, concluindo o curso, com defesa de dissertação, no dia 06 de agosto de 2010.

RESUMO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento rico em nutrientes essenciais e a principal fonte protéica na dieta dos brasileiros, principalmente da população de baixa renda. O tipo de grão mais consumido no Brasil é o tipo carioca, também o mais produzido. Entretanto, essa concentração da produção resulta em menor preço no mercado e grande exigência em qualidade, nem sempre conseguida pelo produtor, que acaba comercializando o seu produto com deságio. Recentemente, programas de melhoramento têm disponibilizado novas cultivares, com grãos de outros grupos comerciais, mas a viabilização da sua adoção pelos produtores requer, além da adequação dos atuais sistemas de produção, avaliações da qualidade tecnológica dos grãos produzidos, principalmente após armazenamento. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade tecnológica de grãos de diferentes grupos comerciais de feijão-comum armazenado em distintas condições. Para caracterizar a qualidade inicial dos grãos, os dados obtidos por ocasião da colheita foram submetidos a análise de variância assumindo-se um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos (cvs. BRS Radiante, Ouro Vermelho, BRS MG Talismã, BRS Supremo e Bolinha) e cinco repetições. No armazenamento, o delineamento estatístico foi blocos casualizados, com cinco repetições e esquema experimental de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas pelas cinco cultivares, acondicionadas em duas condições de armazenamento (temperatura ambiente e sob refrigeração) e, as sub-parcelas, por quatro tempos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 meses). A qualidade tecnológica é afetada pela cultivar, condição e tempo de armazenamento. O tempo de armazenamento eleva o tempo médio de cocção (TMC) e a condutividade elétrica, assim como acentua o escurecimento do tegumento dos grãos, principalmente quando em condição ambiente de acondicionamento. A porcentagem de embebição de água antes e após o cozimento (PEANC e PEAPC) e o teor de água dos grãos das diferentes cultivares, têm seus efeitos de armazenamento dependentes da condição, ambiente ou refrigeração. A cv. Radiante apresenta maior PEANC e maior PEAPC que as demais cultivares e, juntamente à cv. Talismã, o menor TMC ao longo do armazenamento. Com o decorrer do armazenamento, os grãos escurecem, sendo esse efeito mais nítido em condição ambiente e nas cvs. Radiante e Bolinha. A absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo de embebição e os padrões de absorção mesmo após 12 meses de armazenamento, foram próximos aos verificados por ocasião da colheita.

Palavras-chave: Qualidade culinária. Tempo de armazenamento. *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The common bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) is food rich in essential nutrients; its being utilized in replacement or complementation to meats and other protein sources, mainly by the low income population. The type of grain most consumed in Brazil is the carioca type, and it is also the most cultivated. Nevertheless, that concentration of the production results into lower price on market and great demand in quality, not always reached by the farmer, who ends up commercializing his produce with markdown. Recently, breeding programs have made new cultivars available; with grains of other commercial groups, but the enablement of their adoption by farmers require, in addition to the adequacy of the present production systems, evaluation of the technological quality of the produced grains, chiefly after storage. The objective of the work was evaluating the technological quality of grains of different commercial groups of the common bean stored under distinct conditions. The statistical design was the one of randomized blocks with five replicates in split plot design in time. The plots were made up of five cultivars (BRS Radiante, Ouro Vermelho, BRS MG Talismã, BRS Supremo and Bolinha) and subplots per four storage times (3, 6, 9 and 12 months), packed into two storage conditions (room temperature and under refrigeration). The technological quality is affected by the cultivar, condition and storage time. Storage time increases average cooking time (TMC) and electrical conductivity as well as enhances the tegument darkening of the grains, mainly when under packing room condition. The percentage of water soaking before and after cooking (PEANC and PEAPC) and grain water content of the different cultivars has its storage effects dependent on the room condition or on refrigeration. Cultivar Radiante presents higher PEANC and PEAPC than the other cultivars along with cultivar Talismã and lower TMC along storage. Over storage, grains become dark, this effect being sharper under room conditions and on cultivars Radiante and Bolinha. The highest change in the bean color occurred with cvs. Radiante and Bolinha. Water uptake by the beans increased with soaking time and the soaking patterns even after 12 months of storage were close to the ones found at the harvest occasion.

Keywords: Culinary quality. Storage time. *Phaseolus vulgaris*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Grãos de feijão das cultivares Radiante (a), Talismã (b), Supremo (c), Ouro Vermelho (d), Bolinha (e).....	37
Figura 2 Tratamento das sementes (2A). Laboratório de Grandes Culturas, Departamento de Agricultura – UFLA. Novembro 2008 e Produção dos grãos (2B). Área Experimental do Departamento de Agricultura, UFLA. Dezembro 2008	38
Figura 3 Sistema de Coordenadas de Hunter L, a, b.....	45
Figura 4 Ruptura no tegumento (4A) e grãos partidos (4B) em função do tempo de cocção	71

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, insolação, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no campus da UFLA 36
- Gráfico 2 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as curvas de absorção de água de diferentes cultivares de feijão por ocasião da colheita, em relação ao tempo de embebição..... 53
- Gráfico 3 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de embebição de água pelo grão antes do cozimento (PEANC), em função do tempo de armazenamento, na condição ambiente (3A) e refrigerada (3B)58
- Gráfico 4 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de embebição de água pelo grão após o cozimento (PEAPC) em função do tempo de armazenamento em condição ambiente (4A) e condição refrigerada (4B).....62
- Gráfico 5 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para teor de água nos grão (TA) em função do tempo de armazenamento condição ambiente (5A) e condição refrigerada (5B)..... 66
- Gráfico 6 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para tempo médio de cocção (TMC), em minutos, de cultivares de feijoeiro em função de tempo de armazenamento em condição ambiente (6A) e condição refrigerada (6B)..... 70
- Gráfico 7 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (GIAC) de cinco cultivares armazenadas sob distintas condições, em função do tempo de armazenamento 73
- Gráfico 8 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para condutividade elétrica (CE), em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, de cinco cultivares armazenadas em condição ambiente, em função do tempo de armazenamento..... 76
- Gráfico 9 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de L^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento..... 79

Gráfico 10	Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de a^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento	80
Gráfico 11	Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de b^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento	81
Gráfico 12	Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para quantidade de água absorvida, em g, por grãos de cinco cultivares de feijoeiro em função do tempo de embebição, no início do armazenamento e após conservados em condição ambiente e refrigerada	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise química de amostra de material do solo utilizado (0 a 20 cm de profundidade)*	35
Tabela 2	Cultivares estudadas e suas principais características.....	37
Tabela 3	Resumo da análise de variância com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a teor de água (TA), porcentagem de embebição (PEAPC) e de grãos inteiros (GIAC) após o cozimento, porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), tempo médio de cocção (TMC), taxa de expansão volumétrica (TEV) e condutividade elétrica (CE) de cinco cultivares de feijoeiro, logo após a colheita.....	48
Tabela 4	Valores médios de teor de água (TA), porcentagem de embebição (PEAPC) e de grãos inteiros (GIAC) após o cozimento, porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), tempo médio de cocção (TMC), taxa de expansão volumétrica (TEV) e condutividade elétrica (CE) de cinco cultivares de feijoeiro, logo após a colheita	49
Tabela 5	Valores médios de coloração do tegumento dos grãos de feijão (eixos espectrais L*, a* e b*) em função de cultivares de feijoeiro. Colheita.....	52
Tabela 6	Resumo da análise de variância com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a porcentagem de embebição antes (PEANC) e após cozimento (PEAPC) e de grãos inteiros após cozimento (GIAC), taxa de expansão volumétrica (TEV), teor de água (TA), tempo médio de cocção (TMC) e condutividade elétrica (CE) envolvendo cultivares, tempos e condições de armazenamento	56
Tabela 7	Valores médios de porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), após colheita (Co), em função de cultivares e condições dentro de cada tempo de armazenamento	57
Tabela 8	Valores médios de porcentagem de embebição após o cozimento (PEAPC) em função de cultivar e condição, dentro de cada tempo de armazenamento	61
Tabela 9	Valores médios de teor de água, em % (TA) em função de cultivar e condição, dentro de cada tempo de armazenamento.....	65
Tabela 10	Valores médios de tempo médio de cocção (TMC), em minutos, em função de cultivar, condição e tempo de armazenamento	69
Tabela 11	Valores médios de porcentagem de grãos inteiros após o (GIAC) de cultivares de feijoeiro em função da condição de armazenamento...	72

Tabela 12	Valores médios de porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (GIAC) de cultivares de feijoeiro em função de local e tempo de armazenamento	73
Tabela 13	Valores médios de condutividade elétrica (CE) de cultivares de feijoeiro em função da condição de armazenamento.....	74
Tabela 14	Valores médios de condutividade elétrica (CE) de cultivares de feijoeiro em função de local e tempo de armazenamento.....	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Importância econômica da cultura do feijoeiro-comum.....	18
2.2	Importância nutricional do feijão	19
2.3	Cultivares de feijoeiro-comum	20
2.4	Armazenamento do feijão	21
2.5	Qualidade tecnológica do feijão	22
2.6	Armazenamento x Qualidade tecnológica do feijão	23
2.6.1	Composição química e estrutural	24
2.6.2	Textura, aroma e sabor	25
2.6.3	Capacidade de absorção e qualidade de cocção.....	26
2.6.4	Coloração	29
2.6.5	Fenômenos “Hardshell” e “Hard-To-Cook”	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Primeira etapa - Campo	34
3.1.1	Clima e solo	34
3.1.2	Cultivares	37
3.1.3	Obtenção dos grãos	37
3.1.4	Colheita e condições de armazenamento	39
3.2	Segunda etapa - laboratório	39
3.2.1	Procedimentos estatísticos	39
3.2.2	Laboratórios utilizados	41
3.2.3	Características avaliadas	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Qualidade tecnológica dos grãos logo após a colheita, em função de cultivares.....	46
4.2	Qualidade tecnológica dos grãos em função de cultivares e de condição e tempo de armazenamento	53
4.2.1	Porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC).....	54
4.2.2	Porcentagem de embebição antes do cozimento (PEAPC)	59
4.2.3	Teor de água (TA)	63
4.2.4	Tempo médio de cocção (TMC)	67
4.2.5	Porcentagem de grão inteiros após o cozimento (GIAC).....	71
4.2.6	Condutividade elétrica (CE).....	74
4.2.7	Cor do tegumento	77
4.2.8	Curva de absorção.....	82
5	CONCLUSÕES	84
	REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento rico em nutrientes essenciais, com teores protéicos médios em torno de 20% e de carboidratos, próximos a 65%, além de ser rico em vitaminas e minerais, como o ferro. Fornece, em média, 11,2% das calorias ingeridas diariamente pelo ser humano e, nos países em que o consumo de proteína animal é limitado, constitui a principal fonte de proteína de grande parte da população.

No Brasil, além de ser uma cultura de grande expressão sócio-econômica, sua importância alimentar deve-se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal.

Embora haja diversidade de grãos comerciais, atualmente o mercado de feijão *Phaseolus*, no Brasil, se caracteriza por grande preferência pelo tipo comercial carioca. Esta concentração da produção resulta em menores preços no atacado e em grande exigência de qualidade, nem sempre conseguida pelo produtor, que acaba comercializando o seu produto com deságio. A entrada de cultivares de feijão de outros grupos comerciais no mercado pode representar, portanto, ao produtor, uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para a semeadura.

Os programas de melhoramento de feijão têm disponibilizado novas cultivares de outros grupos comerciais, mas sua efetiva adoção pelos produtores requer, além da adequação dos sistemas de produção, avaliações sobre a qualidade tecnológica dos grãos. É necessário que estas avaliações sejam feitas não só por ocasião da colheita, mas também com os grãos armazenados, já que o produto, antes de alcançar o mercado é armazenado, mesmo que por período não muito longo.

A conservação inadequada dos grãos ocasiona deterioração do produto, o que leva a menor aceitação por parte dos consumidores. A causa mais

freqüente de perdas no armazenamento são insetos, fungos e roedores, ocorrendo ainda perda intrínseca, na aparência e sabor. A qualidade culinária do feijão é consideravelmente afetada à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, preferindo o consumidor produto de colheita mais recente.

A depreciação da qualidade tecnológica do produto é notada principalmente devido ao escurecimento do tegumento, ao maior tempo de cozimento e à presença de grãos *hardshell*, os quais são influenciados não apenas pelo período de armazenamento, mas também pelas condições empregadas na estocagem dos grãos. Esses caracteres variam com o genótipo e são ainda influenciados pelo ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos e pela interação genótipo x ambiente. Deste modo, a identificação de cultivares de feijão com menor tempo de cozimento, com rápida capacidade de hidratação, com tegumento que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica após o cozimento, são determinantes para a aceitação de uma cultivar para consumo. Além disso, cultivares de feijão com tempo de cozimento reduzido são desejáveis, significando economia de energia e de capital.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade tecnológica de grãos de cultivares de diferentes grupos comerciais de feijão produzidos na safra das águas 2008/09 em Lavras – MG e armazenados sob distintas condições, na região de Lavras, MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica da cultura do feijoeiro-comum

O feijoeiro comum é uma planta anual herbácea, pertencente à família Fabaceae, sub-família Papilionoideae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (SANTOS; GAVILANES, 2006). Trata-se da espécie mais importante, dentre as cinco mais cultivadas do gênero, por ser a mais antiga, mais cultivada nos cinco continentes e responsável por, aproximadamente, 95% da produção mundial de *Phaseolus* (COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, CEPEF, 2001).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão comum, com produção estimada em 3.334,7 mil toneladas na safra 2009/2010, numa área de 3.692 mil ha e produtividade de 903 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB, 2010).

De maneira geral, o feijão é produzido o ano todo no país, em ciclos de três meses. Hoje são colhidas três safras por ano. A primeira safra, a das águas ou primavera-verão, é plantada entre agosto e novembro nos estados do Centro-Sul e na região de Irecê, na Bahia. Na segunda, a da seca ou verão-outono, o plantio vai de dezembro a março em praticamente todos os municípios do país. A terceira, conhecida como feijão de inverno, inverno-primavera ou irrigado, é plantada entre abril e setembro e está concentrada no Centro-Oeste e Nordeste.

Segundo CONAB (2010), apenas a 1ª safra 2010 foi responsável pela produção de 1422,4 toneladas de grãos. Nessa safra, a maior participação em área foi observada no estado de São Paulo, enquanto que na produção, os maiores aumentos aconteceram no Mato Grosso (113,5 mil toneladas), Mato Grosso do Sul (82,4 mil toneladas) e Paraná (30,5 mil toneladas). Observou-se, ainda, enormes diferenciais de produtividade no país, ocorrendo nos estados do

Paraná (46,8%), Mato Grosso do Sul (22,6%) e Santa Catarina (10%), os maiores ganhos em relação ao ano anterior.

2.2 Importância nutricional do feijão

Os grãos de feijão comum representam importante fonte protéica na dieta humana nos países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais do planeta, particularmente nas Américas e no leste e sul da África (YOKOYAMA, 2006). As Américas representam 43,2% do consumo mundial, seguidas da Ásia (34,5%), África (18,5%), Europa (3,7%) e Oceania (0,1%) (RG NUTRI IDENTIDADE NUTRIÇÃO, 2010). Os países em desenvolvimento são responsáveis por 86,7% do consumo mundial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 2010a).

No Brasil, não apenas pela elevada produção, mas também por sua gama nutricional, o feijão recebe destaque entre a população (ROSTON, 1990). É a leguminosa mais consumida, sendo considerado o ingrediente-símbolo da gastronomia nacional. Junto com o arroz, forma a base da alimentação brasileira e contribui significativamente como fonte de proteína e caloria (RG NUTRI IDENTIDADE NUTRIÇÃO, 2010). Feijão, carne bovina e arroz contribuem com 70% da ingestão protéica nacional (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Essa importância alimentar deve-se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal (TOLEDO; BRAZACA, 2008).

Cem gramas do grão são constituídos, em média, por 76 calorias, 4,5 g de proteína, 0,5 g de lipídeos, 14 g de carboidratos, 8,4 g de fibras, 29 mg de cálcio, 1,5 mg de ferro e 256 mg de potássio, além de, como todo vegetal, ser isento de colesterol (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS, TACO, 2010). Dentre seus componentes, destacam-se

principalmente os compostos fenólicos, substâncias antioxidantes vinculadas a um menor risco no desenvolvimento de alguns tipos de câncer e a uma menor incidência de doenças degenerativas (MACHADO, FERRUZZI; NIELSEN, 2008); a isoforma 1 do inibidor da alfa-amilase, que apresenta potencial efeito no combate à obesidade e no tratamento adjuvante do diabetes (OBIRO et al., 2008); e as fibras solúveis que, depois de ingeridas, se transformam em gel, permanecendo mais tempo no estômago, o que acarreta maior sensação de saciedade. Tal “gel” atrai as moléculas de gordura e de açúcar, que são eliminados pelas fezes, ajudando assim, a reduzir os níveis de colesterol e glicemia do sangue.

O consumo em quantidades média a alta de feijão está sendo associado a diminuição de riscos para outras doenças como o diabetes, doenças cardiovasculares e até mesmo neoplasias. Acredita-se que esse efeito benéfico do consumo do feijão é devido à presença de metabólitos secundários nessa leguminosa, os fitoquímicos, principalmente os compostos fenólicos e os flavonóides.

Somado ao teor protéico, torna-se um alimento com superior valor nutricional quando combinado com cereais. Isto porque possui baixos teores dos aminoácidos sulfurados: metionina, cisteína e triptofano (TOLEDO; BRAZACA, 2008), apresentando, no entanto, alto teor de lisina. Por sua vez, os cereais possuem altos teores de aminoácidos sulfurados, mas deficiência em lisina (EVANS; BANDEMEYER, 1967). Daí a união arroz-feijão ser popularmente conhecida.

2.3 Cultivares de feijoeiro-comum

O tipo de grão de feijão mais consumido no Brasil é o tipo carioca, também o mais produzido. No estado de Minas Gerais, o segundo tipo mais

comercializado é representado pelos feijões preto ou jalo, conforme a localização. Entretanto, novos tipos vêm se tornando importantes em algumas regiões do estado, como o feijão vermelho na Zona da Mata de Minas Gerais, onde sua cotação de preços chega a superar 25% a 30% o preço do feijão carioca. No Sul de Minas, situação semelhante vem ocorrendo com o feijão amarelo, conhecido por “bolinha”. Outra demanda crescente é por sementes de feijão rajado, do grupo manteigão, face ao interesse de algumas empacotadoras e ao fato de se tratar de tipo aceito no mercado internacional (ALVES et al., 2009).

Estes novos tipos de feijão podem representar, portanto, tanto para o pequeno como para o grande produtor, uma forma de agregar valor ao produto final, apenas com a escolha de nova cultivar para plantio. Esta nova demanda levou alguns programas de melhoramento do feijoeiro a se dedicarem também a estes novos tipos, que já estão disponíveis no mercado, ao alcance dos produtores, algumas cultivares melhoradas.

2.4 Armazenamento do feijão

A produção de feijão, distribuída ao longo do ano, proporciona oferta constante em, praticamente, todas as regiões do país. Além disso, as mudanças climáticas que ocorrem nas diversas regiões produtoras do Brasil, especialmente em relação à temperatura, umidade, radiação solar e fotoperíodo, influenciam o desempenho no armazenamento dos genótipos em diferentes ambientes (ZIMMERMANN et al., 1996). Até que esse produto alcance o mercado, seu armazenamento, por determinado período de tempo, é inevitável. Contudo, de nada adianta obter produtos de alta qualidade se os mesmos não forem conservados adequadamente.

Colhido e beneficiado, o feijão é ensacado e guardado em depósitos ou armazéns. Desta forma e em prazo relativamente curto, ocorrem alterações de suas características, por transformações de seus componentes, resultando em grãos que possuem elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais, tornando-se pouco atrativos ao consumidor. A temperatura é, provavelmente, o fator físico mais importante na conservação dos grãos armazenados, pois a maioria das reações químicas é acelerada com o aumento da temperatura. Quando a temperatura de armazenamento é mais baixa, pode-se armazenar com segurança, inclusive quando a umidade dos grãos estiver um pouco mais elevada, pois nessas condições de armazenamento há redução da atividade da água e inibição do desenvolvimento de microrganismos e pragas. O teor de água dos grãos é, juntamente com a temperatura, o fator primordial na conservação dos grãos e sementes. Quando o teor de água é baixo, 11% a 13%, a respiração é diminuída e o metabolismo reduzido ao mínimo. A combinação de baixas temperaturas e baixo teor de água dos grãos é ideal para a manutenção da qualidade de grãos (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009).

O armazenamento de feijão é feito, geralmente, em condições ambientais não controladas, com alta temperatura e umidade relativa (SANTOS; MENEZES; VILLELA, 2005). Condições controladas de armazenamento são essenciais para a preservação da qualidade do grão. Assim, grãos armazenados em condições de alta temperatura e umidade relativa tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento devido, principalmente, ao fenômeno “hard-to-cook” (HTC), quando os grãos são capazes de absorver água, mas os cotilédones não amaciam durante o cozimento ocasionando aumento do tempo de cozimento para o amaciamento dos cotilédones, menor aceitação pelo consumidor, diminuição do valor nutritivo pela perda de vitaminas, alterações de sabor, perda de consistência do caldo e modificações da cor dos grãos (BRAGANTINI, 2005; LIU, 1995; REYES-MORENO; PAREDES-LOPES, 1993).

2.5 Qualidade tecnológica do feijão

As principais características relacionadas à avaliação da qualidade tecnológica dos grãos são: absorção de água antes e após o cozimento, tempo de cozimento, percentagem de sólidos solúveis no caldo, cor do tegumento e do caldo (BASSINELLO et al., 2005). Além desses, a medição da cor dos caldos de maceração em feijão é um bom indicador da perda ou lixiviação de solúveis, a qual pode ser relacionada ao envelhecimento dos grãos. Outra medição por exsudados eliminados pode ser realizada através do teste de condutividade elétrica, refletindo a estruturação interna do grão, o que é associado à idade do grão. A porcentagem de grãos inteiros após o cozimento, bem como a taxa de expansão volumétrica, citada por melhoristas (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003) como característica desejável às cultivares, também contribuem para a avaliação da qualidade tecnológica de grãos do feijoeiro. O emprego dessas avaliações vem se tornando cada vez mais úteis no desenvolvimento de cultivares que agradem ao paladar da população, ampliando a produção, bem como a comercialização dos grãos do feijoeiro.

2.6 Armazenamento x Qualidade tecnológica do feijão

A manutenção das características dos grãos durante o armazenamento deve ser atendida para valorização do produto, garantindo que não haja perda da qualidade tecnológica. Grãos armazenados devem ser semelhantes aos de grãos de colheita recente. No entanto, o feijão é um produto que perde rapidamente o valor comercial após a colheita, sendo que a qualidade nutritiva do feijão armazenado por longos períodos, menor que a do feijão recém-colhido (VALLE-VEGA et al., 1990). Dessa forma, cuidados no armazenamento devem ser priorizados quando o intuito é a comercialização valorizada dos grãos.

2.6.1 Composição química e estrutural

Durante o armazenamento ocorrem mudanças na composição química dos grãos de feijão. A estocagem dos grãos propicia deterioração do produto, a qual é degradativa, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, dos seus próprios componentes químicos e da condição física dos grãos no início do armazenamento (SARTORI, 1996). Os fatores mais relevantes, considerando-se as condições de armazenamento, são teor de umidade, temperatura e tempo de armazenamento (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993).

Delouche e Baskin (1973) relacionaram a provável sequência de alterações durante o processo de deterioração como a degradação de membranas dos grãos, danos nos mecanismos de síntese e energia, respiração e biossíntese e redução do potencial de armazenamento. A deterioração dos grãos durante o armazenamento é um fenômeno complexo que envolve alterações em muitos de seus componentes (PRIESTLEY, 1986). Estudos têm evidenciado que a membrana é o sítio preferencial de injúria durante o envelhecimento, devido à oxidação e aos danos em componentes como lipídeos e proteínas (SUN; LEOPOLD, 1995).

As membranas celulares são seletivas e organizam as estruturas subcelulares. Várias reações químicas que ocorrem no meio intracelular seriam impossíveis de ocorrer no meio extracelular, em razão da dispersão dos reagentes num meio incompatível. A perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares é o primeiro evento do processo de deterioração do feijão e é seguida das várias outras transformações degenerativas em função do período e condição de armazenamento.

Na medida em que a semente seca durante o processo de maturação ou que se expõe no armazenamento, mais as membranas alteram a sua integridade,

num processo de desorganização estrutural temporário (SIMON; RAJA HARUN, 1972), estando tanto mais desorganizadas quanto menor for o teor de água (BEWLEY, 1986). Durante a embebição, as membranas reestruturam-se e recuperam a permeabilidade seletiva. Assim, a perda da viabilidade interna de grãos armazenados secos é causada pela inabilidade dos sistemas de reparo dos tecidos, em função do baixo teor de água disponível. Conseqüentemente, os danos acumulam-se e somente poderão ser reparados quando os grãos forem novamente embebidos.

Durante o processo de embebição do grão, enquanto as membranas celulares reestruturam-se há liberação de eletrólitos, cuja quantidade está associada à integridade destas. Esses grãos demandam mais tempo e há dificuldade para a reestruturação das membranas celulares (DESAI; KOTECHA, SALUNKHE, 1997), devido à perda da integridade destas no processo de deterioração, que resultam em altos valores de condutividade elétrica, medidos na solução de embebição.

2.6.2 Textura, aroma e sabor

Morris e Wood (1956) verificaram que os feijões com umidade acima de 13% se deterioraram, significativamente, com relação à textura, sabor e aroma, depois de armazenados por 6 meses a temperatura ambiente, e se tornaram inaceitáveis com 12 meses. Entretanto, feijões com conteúdo de umidade abaixo de 10% mantêm sua qualidade por dois anos. Uebersax e Bedford (1985 citados por REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993), detectaram manutenção na qualidade de feijões estocados à umidade relativa menor ou igual a 75% e com temperaturas iguais ou menores que 20°C. Vários estudos demonstram que temperaturas de refrigeração (0°C a 5°C) causam mínimas mudanças na dureza (MOLINA et al., 1976; MOSCOSO, 1982).

Armazenamento em temperaturas entre 12°C e 20°C também induz mínimas alterações na textura (BURR; KON; MORRI, 1968). Feijões armazenados a 12°C e 52% de umidade relativa não mostraram praticamente nenhuma mudança na dureza durante 6 meses (ANTUNES; SGARBIERI, 1979). Redução de temperatura e umidade tem sido sugerida como o caminho mais simples para controlar o endurecimento de feijões, contribuindo para a manutenção da qualidade do grão quanto a textura, aroma e sabor. (UEBERSAX, 1985 apud REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993).

2.6.3 Capacidade de absorção e qualidade de cocção

Por sua higroscopicidade, o feijão apresenta propriedade de adsorver ou ceder água para o ar que o envolve. Quando a umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento se modifica, os grãos tendem a absorver ou perder umidade para o ambiente, até atingirem o equilíbrio. Estes aspectos são de fundamental importância para se entenderem os mecanismos que controlam a qualidade dos produtos agrícolas armazenados, especialmente o feijão, cujas características de qualidade são bastante sensíveis às condições de armazenamento (BRAGANTINI, 2005).

A rápida absorção de água pelos grãos é outro parâmetro que caracteriza qualidade para o cozimento e também é determinante para a aceitação de uma cultivar de feijão. Essas características diferenciam genótipos (CAZETTA et al., 1995; RIBEIRO et al., 2007; VIEIRA et al., 1989) e são influenciadas pelo ambiente que atua durante o desenvolvimento da planta e dos grãos e pela interação genótipos x ambientes (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RODRIGUES et al., 2005b). No entanto, feijão armazenado por tempo prolongado sem controle das

condições de armazenamento, requer maior tempo para absorção e conseqüente cozimento, perdendo um atributo da qualidade tecnológica.

A porcentagem de absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo em que permanecem embebidos, até atingir o ponto de máxima absorção de água. Este tempo foi de 11 horas e 6 minutos, para as cultivares TPS Nobre e Pérola (RIBEIRO et al., 2003). O tempo de máxima hidratação dos grãos de feijão é variável com o genótipo considerado, variando de 8 horas e 10 minutos (IAC Carioca Aruã) à 12 horas e 1 minuto (IAC Carioca Pyatã) (RAMOS JÚNIOR; LEMOS, 2002). Esses tempos ótimos, encontrados para as cultivares de feijão avaliadas, estão dentro da faixa considerada ideal, pois simulam o hábito da dona-de-casa em deixar o feijão de molho na noite anterior ao preparo da refeição. Por sua vez Costa, Ramalho e Abreu (2001), utilizando o tempo de embebição de 4 horas, identificaram os genótipos G 2333, Carioca 80 e Amarelinho como os de menor absorção de água e IAC Aruã, CI-107 e Ouro Negro como os de maior absorção.

O tempo de cozimento constitui-se num dos parâmetros de qualidade de maior importância, pois é fundamental para o preparo do feijão para consumo (COSTA; RAMALHO; ABREU, 2001). Assim, ao mesmo tempo em que assegura a inativação dos elementos antinutricionais, proporciona a manifestação das propriedades de sabor e textura exigidos pelo consumidor (YOKOYAMA; STONE, 2000). De acordo com Belicuas, Ramalho e Abreu (2001), a continuidade do emprego do feijão na alimentação só será possível se o tempo de cozimento for reduzido. Além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em nível celular, provocando perda de nutrientes (WASSIMI; HOSFIELD; UEBERSAX, 1988).

Associado à rápida absorção de água pelos grãos, o tempo de cozimento determina a aceitação de uma cultivar de feijão. Essas características diferenciam genótipos (CAZETTA et al., 1995; RIBEIRO et al., 2007; VIEIRA

et al., 1989) e são influenciadas pelo ambiente que atua durante o desenvolvimento da planta e dos grãos e pela interação genótipos x ambientes (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RODRIGUES et al., 2005b).

Como existe variabilidade genética para a característica tempo de cozimento, observa-se que, de modo geral, feijões do grupo carioca necessitam de maior tempo para a cocção, apresentando maior percentagem de casca e menor percentagem de sólidos solúveis totais que os do grupo preto (CARNEIRO et al., 1999).

O tempo de cozimento do feijão é influenciado pelo tempo transcorrido após a colheita e histórico do armazenamento (CHIARADIA; GOMES, 1997; RAMOS JÚNIOR; LEMOS; SILVA, 2005), e condições ambientais (BRESSANI, 1989; LAM-SANCHES et al., 1990; RIBEIRO et al., 2007), do sistema e da temperatura utilizados no processo de cocção.

Durigan, Faleiros e Lam-Sanches. (1978) observaram que não há relação entre capacidade de hidratação com o tempo de cozimento, sugerindo que a mesma cultivar de feijão pode apresentar péssimas características de hidratação, mas ótimo comportamento quanto ao seu cozimento e vice-versa. Situações de estresse hídrico (seca e temperaturas altas) próximos à colheita dos grãos propiciam maior ocorrência de grãos duros (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003), porque as condições no momento da colheita (seca ou chuva) podem interferir na integridade do tegumento, influenciando na absorção de água e no tempo de cocção (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; SCHOLZ; FONSECA JÚNIOR, 1999a,b).

Rodrigues et al. (2005a) verificaram correlação negativa e significativa para as variáveis capacidade de absorção da água pelos grãos e tempo de cozimento em duas das cultivares avaliadas, enquanto que Dalla Corte et al. (2003) encontraram correlação positiva e alta para as cultivares dos grupos preto

e carioca avaliadas. Carbonell, Carvalho e Pereira (2003) obtiveram valores de correlação de baixa a média magnitude entre essas duas variáveis.

Em geral, a resistência ao cozimento é causada por diferentes tipos de dureza de grãos. Segundo Esteves et al. (2002), características do tegumento, entre elas espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais interferem na absorção de água pelos grãos de feijão.

2.6.4 Coloração

A cor do grão é um atributo externo de grande importância na aceitação comercial de uma cultivar, tanto no mercado atacadista, onde pode influenciar o preço do produto, como no varejo, onde os grãos mais escuros são menos aceitos e podem ser preteridos. Grande número de fatores pode influenciar a cor inicial do grão, entre eles as condições climáticas durante a maturação da lavoura e os procedimentos de colheita e pós-colheita, inclusive o armazenamento.

Em síntese, a conformação interna do grão de feijão é formada por uma camada de células semelhantes às células paliádicas e que, abaixo dessa camada, existe outra camada de células bem menores que as anteriores e que apresentam cristais. Os pigmentos que dão cor ao grão são encontrados nessas duas camadas celulares.

Ainda nos grãos, as células da parede do cotilédone contêm 0,4 a 0,6% de lignina, podendo também afetar a absorção de água e o tempo de cocção do feijão comum (HINCKS; STANLEY, 1987; RODRÍGUEZ; MENDOZA, 1990). Bressani, Hernandez e Braham (1988) demonstraram que existe estreita relação entre a intensidade de coloração da casca e do conteúdo de polifenóis, ou seja, quanto mais pigmentada a casca, maior concentração desse composto no grão. Além disso, espessura, massa, aderência aos cotilédones, elasticidade,

porosidade e propriedade coloidais do tegumento interferem na capacidade de hidratação dos grãos de feijão (WYATT, 1977).

O escurecimento do grão reflete na redução da capacidade de reidratação do grão. Isso ocorre particularmente em algumas cultivares que acabam não fornecendo caldo espesso, sendo assim menos aceitável pelo consumidor (BRESSANI, 1989; IADEROZA et al., 1989). Ao trabalharem com a cultivar Novo jalo, Vieira et al. (2002) elucidaram que o escurecimento de grãos de feijão pode afetar a aceitação de uma cultivar. Segundo os autores, essa alteração na cor, mais acentuada em função do armazenamento, pode ser considerada como um problema econômico, já que os consumidores e processadores relutam em comprar grãos escuros, sendo a cor um indício de qualidade.

Quanto a esse indício de qualidade, a comercialização do grão à distância sempre causou insegurança por parte dos consumidores, pela não garantia quanto ao atributo cor, diretamente relacionada à qualidade do grão (CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO FEIJÃO, CIFEIJÃO, 2010). Em vista dessa dificuldade, os membros do Instituto Brasileiro do Feijão (IBRAFE) recentemente aderiram ao índice novo de avaliação da cor do feijão, o Padrão Nacional de Feijão (PNF), com finalidade de uma comercialização segura dos grãos (CIFEIJÃO, 2010), com o emprego de um colorímetro, que possibilita a identificação do espectro de cores, em um sistema tridimensional.

As cores do feijão são caracterizadas por três eixos espectrais denominados L^* , a^* e b^* . Os valores de a_L (intensidade do vermelho), b_L (intensidade do amarelo) tendem a aumentar com a elevação da umidade relativa, temperatura e tempo de armazenamento, enquanto o L (claridade do grão) diminui. Estudos estabelecem que a cor resulta de transformações induzidas pelo calor, de leucoantocianinas incolores para antocianinas coloridas e produtos marrons resultantes de polimerização, intensificadas pelas condições

e período de armazenamento, o que pode influenciar negativamente na absorção de água pelo grão, causando rejeição por parte dos consumidores.

2.6.5 Fenômenos “Hardshell” e “Hard-To-Cook”

O endurecimento do tegumento ao longo do tempo de armazenamento, propicia degradação da qualidade tecnológica de grãos de feijão. A ocorrência de grãos que não absorvem água, mesmo após a imersão por longos períodos, tem sido explicada devido a problemas no tegumento. O mecanismo responsável pelo desenvolvimento desse tipo de defeito está envolvido com fatores como limitada hidratação intracelular da proteína, insolubilização da pectina na lamela média por íons de cálcio e, ou magnésio após a ação conjunta da pectina metilesterase e fitase e ligação cruzada de fenólicos (lignificação) e, ou proteínas na lamela média (VINDIOLA; SEIB; HOSENEY, 1986).

O endurecimento dos grãos de feijão tem sido atribuído, também, à ação de polifenóis, por meio da polimerização no tegumento ou pela lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água dos grãos; o primeiro dificulta a penetração de água e o segundo, limita a capacidade de hidratação (MOURA, 1998).

O nitrogênio da parede celular e a hemicelulose se transferem da casca para o cotilédone no feijão comum, quando as condições de armazenamento são de 40°C e umidade relativa de 80%, fazendo com que haja o endurecimento dos grãos, o que dificulta a entrada de água no grão (ROZO; BOURNE; HOOD, 1990). As altas temperaturas e as condições de umidade relativa alta fazem com que os taninos migrem da casca para a parede do cotilédone e lamela média, provocando grãos "hard to cook". A oxidação dos taninos na casca pode restringir a mobilidade da água e então contribuir para as condições "hardshell" em sementes de leguminosas estocadas (STANLEY, 1992).

Assim, o termo “hardshell” se refere aos grãos maduros e secos, que falham em absorver água quando embebidas em períodos relativamente longos (BOURNE, 1967). A ocorrência de “hardshell” é favorecida quando o armazenamento é realizado em temperaturas altas e em baixa umidade relativa do ar (KIGEL, 1999; ROZO; BOURNE; HOOD, 1990; SARTORI, 1996).

Aguilera e Ballivian (1987) observaram que a dureza final para o feijão comum foi maior com o aumento da umidade (8 a 14%) e da temperatura de estocagem (8,5 a 40°C). Segundo Durigan, Faleiros e Lam-Sanches (1978), para diferentes variedades do feijão comum, quanto maior a densidade, menor a relação de hidratação e quanto menor a relação de hidratação, maior o tempo para cozimento. Estes autores observaram, também, que a quantidade de água absorvida varia entre os cultivares, assim como a presença de "hardshell". Os cultivares que apresentaram maior quantidade de "hardshell" apresentaram também problemas na absorção inicial de água e, portanto, no tempo necessário para a hidratação completa de todos os grãos.

O termo “hard-to-cook” é empregado para descrever a condição na qual os grãos requerem um tempo prolongado de cozimento para amolecer ou não amolecem, mesmo depois de cozimento prolongado em água em ebulição. Está associado ao não amolecimento do cotilédone durante a cocção, mesmo que o grão absorva água (BOURNE, 1967; VINDIOLA; SEIB; HOSENEY, 1986).

A ocorrência de “hard-to-cook” ocorre, especialmente, em condições de armazenamento em alta temperatura e alta umidade relativa do ar (KIGEL, 1999; ROZO; BOURNE; HOOD, 1990; SARTORI, 1996) e é irreversível. A deterioração na qualidade da textura do grão ocorre devido à deficiência na capacidade de separação das células cotiledonares durante o cozimento, resultado do menor volume de água embebido quando se observa “hard-to-cook”. Os grãos são caracterizados por limitada separação das células e restrita gelatinização do amido. Estes aspectos defeituosos resultam de propriedades

básicas das células do grão “hard to cook” que se manifestam durante o cozimento: resistência da pectina da parede celular à degradação e à solubilização e coagulação protéica que prevalece sobre a gelatinização do amido, pois ambos competem pela água. Esta última propriedade resulta da diminuição da solubilidade e estabilidade térmica das proteínas intracelulares durante o envelhecimento (LIU, 1995).

Sua ocorrência é acelerada por temperatura e umidade de armazenamento elevadas e também pela alta umidade do grão (LIU, 1995; SGARBIERI; WHITAKER, 1982). Os mecanismos envolvidos no defeito “hard-to-cook” ainda não foram elucidados satisfatoriamente e muitas hipóteses têm sido propostas para explicá-lo. As mais citadas são a formação de pectatos insolúveis, lignificação da lamela média, formação de complexos polifenóis-proteínas e/ou polifenóis-pectina, oxidação e/ou polimerização de lipídeos, desnaturação e/ou associação de proteínas e mecanismos múltiplos (BRESSANI, 1993; HUSSAIN; WATTS; BUSHUK, 1989; LIU, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de duas etapas. Na primeira, foi conduzido o cultivo em campo das cinco cultivares para produção dos grãos necessários ao estudo. Na segunda, os grãos foram armazenados em diferentes condições para então serem submetidos a análises laboratoriais quanto à qualidade tecnológica.

3.1 Primeira etapa - campo

3.1.1 Clima e solo

As cultivares avaliadas foram multiplicadas a campo, em área experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, na latitude de 21°14'S e longitude 45°00'W e altitude de 920 m, em Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 1999), na safra das águas 2008/2009.

As ocorrências diárias de temperatura, insolação, umidade relativa e precipitação pluvial foram registradas durante o período de condução dos ensaios, por meio da Estação Climatológica Principal de Lavras (Gráfico 1), situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Previamente à semeadura, foi realizada análise química do material do solo utilizado (Tabela 1), por meio de amostra coletada à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijoeiro.

Tabela 1 Análise química de amostra de material do solo utilizado (0 a 20 cm de profundidade)*

Características	Valores
pH em H ₂ O	5,4 AcM
P (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	1,2 MBa
K (Mehlich 1) mg.dm ⁻³	62,0 M
Ca cmolc.dm ⁻³	1,2Ba
Mg cmolc.dm ⁻³	0,4 MBa
Al cmolc.dm ⁻³	0,5Ba
H+AL cmolc.dm ⁻³	4,0A
SB cmolc.dm ⁻³	1,8Ba
Matéria Orgânica dag.kg ⁻¹	2,6M
V (%)	30,6Ba

* Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com Alvarez et al. (1999). AcM = acidez média, A= alto teor, M= teor médio, Ba = teor baixo e MBa= teor muito bom

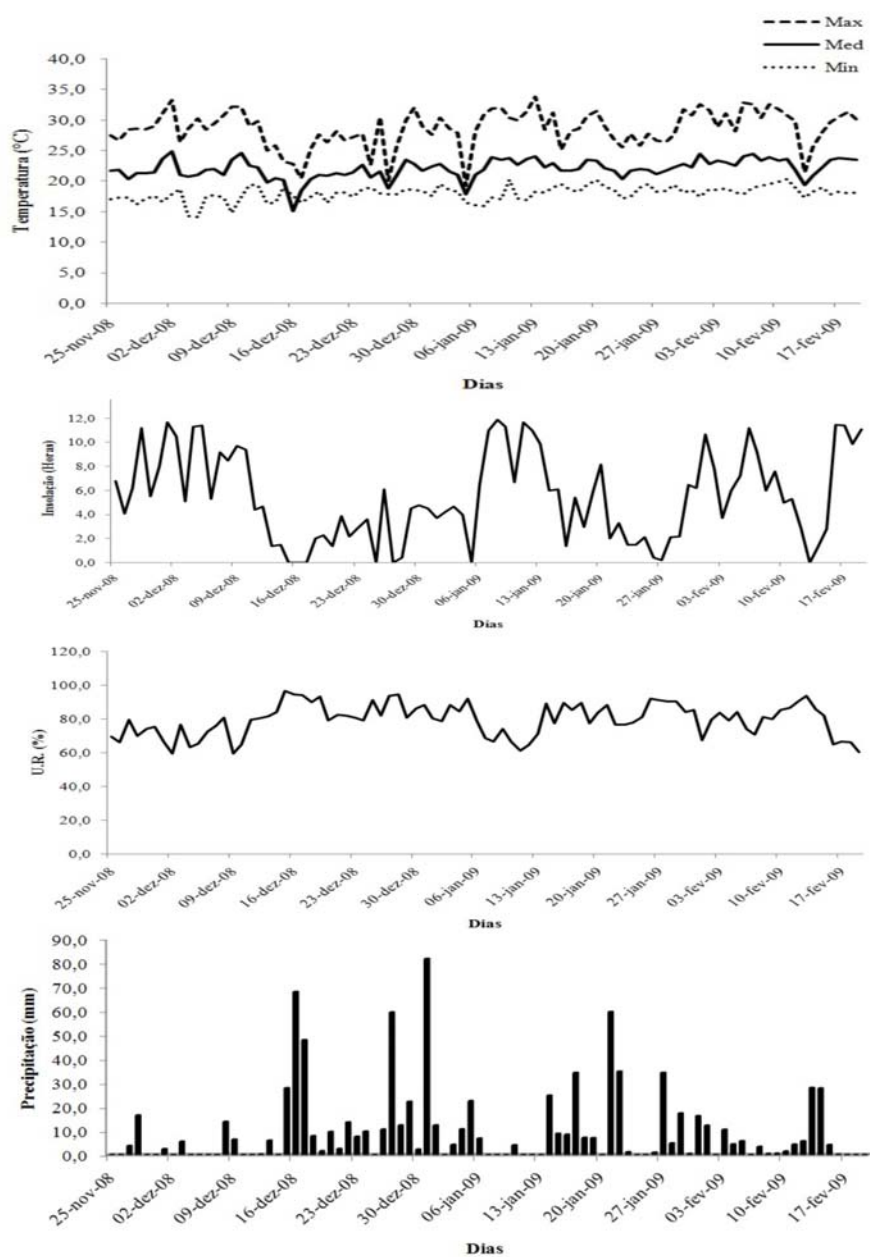


Gráfico 1 Variação diária das temperaturas máxima, média e mínima, insolação, umidade relativa do ar e precipitação pluvial em Lavras, de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. Fonte: Estação Climatológica de Lavras, situada no campus da UFPA

3.1.2 Cultivares

As cultivares utilizadas, bem como suas principais características, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 Cultivares estudadas e suas principais características

Característica	BRS Radiante ¹	Ouro Vermelho ¹	BRS MG Talismã ¹	BRS Supremo ²	Bolinha ³
Grupo comercial⁴	Outros	Outros	Carioca	Preto	Outros
Tipo de grão	rajado	vermelho	carioca	preto	Amarelo
Hábito de crescimento	tipo I	tipo II/III	tipo III	tipo II	tipo II
Peso de 100 grãos (g)	44-45	25	26-27	25	31-35
Ciclo	precoce	normal	médio	normal	Normal

¹Ramalho e Abreu (2006), ²Melo et al. (2005) e ³Alves et al. (2009), ⁴Classificação Ministério da Agricultura

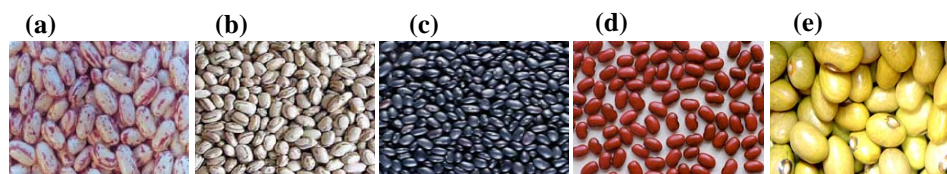


Figura 1 Grãos de feijão das cultivares Radiante (a), Talismã (b), Supremo (c), Ouro Vermelho (d), Bolinha (e)

Fonte: EMBRAPA (2010b).

3.1.3 Obtenção dos grãos

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens. A calagem havia sido realizada na safra anterior. A adubação de sementeira foi equivalente a 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16 e, em cobertura, foram aplicados 30 kg de N fonte uréia, no estágio V₄ do ciclo do feijoeiro, ou seja, quando as plantas apresentavam a terceira folha trifoliolada desenvolvida.

Na véspera da semeadura, as sementes foram tratadas com o produto comercial Vitavax-Thiram® 200 SC na dose de 2,5 mL. kg⁻¹ de semente (Figura 2A). A semeadura mecânica foi realizada no dia 25 de novembro de 2008, adotando-se a densidade média de 16 sementes por metro (Figura 2B). e espaçamento de 0,5 m.entre fileiras Cada cultivar foi semeada em área aproximada de 500 m². Na colheita foram desprezadas duas linhas externas em cada lateral.

Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. As plantas daninhas foram controladas por meio de aplicação de herbicida Robust (fluazifop-butil + fomesafen) na dose de 0,8 l. ha⁻¹, com gramíneas no estágio de 2-5 perfilhos e as latifoliadas no estágio de 2-4 folhas. Devido à época de instalação do ensaio, não houve irrigação.

(2A)



Figura 2 Tratamento das sementes (2A). Laboratório de Grandes Culturas, Departamento de Agricultura – UFLA. Novembro 2008 e Produção dos grãos (2B). Área Experimental do Departamento de Agricultura, UFLA. Dezembro 2008

(...continua...)

(2B)



3.1.4 Colheita e condições de armazenamento

As áreas destinadas à multiplicação vegetal foram colhidas nos 20 primeiros dias de fevereiro de 2009, em função do ciclo de cada cultivar. Em seguida à colheita, procedeu-se à trilha manual e abanação em peneiras. A secagem foi realizada ao sol, monitorada permanentemente para que os grãos pudessem alcançar, antes do armazenamento, umidade próxima a 13%.

Os grãos de cada cultivar foram acondicionados em sacos de plástico trançado (ráfia) e armazenados em duas condições: em condição ambiente (em laboratório do setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura), e em câmara fria, com temperatura constante de 10°C e umidade relativa de 50-55%.

3.2 Segunda etapa - laboratório

3.2.1 Procedimentos estatísticos

Para caracterizar a qualidade inicial dos grãos, os dados obtidos por ocasião da colheita foram submetidos a análise de variância assumindo-se um

delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos (cvs. BRS Radiante, Ouro Vermelho, BRS MG Talismã, BRS Supremo e Bolinha) e cinco repetições. Logo após a colheita, quando os grãos atingiram umidade próxima a 13%, foram determinadas as mesmas características descritas no item 3.2.3.

No armazenamento, o delineamento estatístico foi blocos casualizados, com cinco repetições e esquema experimental de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas pelas cinco cultivares, acondicionadas em duas condições de armazenamento (temperatura ambiente e sob refrigeração) e, as sub-parcelas, por quatro tempos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 meses).

Em condição ambiente, os grãos foram armazenados em sacos de plástico trançado, colocados sobre estrado de madeira, em laboratório, com monitoramento de umidade relativa e temperatura. Sob refrigeração, com as mesmas embalagens, os grãos foram mantidos em câmara-fria a 10°C e 50-55% de umidade relativa.

Quando houve efeito significativo de cultivar ou de condição de armazenamento, foi utilizado o teste de Scott-Knott, conforme Ramalho, Ferreira e Oliveira. (2005) para agrupamento de tratamentos em semelhantes e diferentes. Quando o efeito foi do tempo de armazenamento, foi utilizada a análise de regressão para descrever a característica em estudo, de acordo com Pimentel-Gomes (2009). De modo análogo, foi considerado para o tempo de embebição e eixos espectrais L^* , a^* e b^* . A escolha da melhor equação de regressão foi feita considerando-se a significância do modelo pelo teste F e o coeficiente de determinação.

Para as análises, em ambos os delineamentos, utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 4.0 (FERREIRA, 2000).

3.2.2 Laboratórios utilizados

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, Laboratório de Produtos Vegetais e Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) e Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG.

3.2.3 Características avaliadas

A determinação da **porcentagem de embebição antes (PEANC) e após o cozimento (PEAPC)** foi realizada por meio dos métodos de Garcia-Vela e Stanley (1989) e de Plhak, Caldwell e Staasley (1989), modificadas como a seguir.

Para **porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC)** foram amostrados, aproximadamente, 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se, desse modo, a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram embebidos em 100 mL de água destilada, em béquer de 250 mL, por 16 horas, à temperatura ambiente. Após esse período, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel toalha. Em seguida, foram pesados, obtendo-se a massa dos grãos úmidos (MU) e a porcentagem de embebição, determinada pela fórmula:

$$\text{PEANC} = [(MU - MS)/MS] \times 100$$

De forma semelhante, foi determinada a **porcentagem de embebição após cozimento (PEAPC)**. Após 16 horas de embebição em 100 mL de água destilada, em béquer de 250 mL, à temperatura ambiente, os 30g de grãos foram aquecidos em chapa aquecedora elétrica por uma hora após o início da fervura,

repondo, quando necessário, a água evaporada. Os grãos (inteiros e fragmentados) foram drenados e, então, pesados, obtendo-se a massa úmida após cozimento (MUc). A PEAPC foi determinada pela fórmula:

$$\text{PEAPC} = [(MUc - MS)/MS] \times 100, \text{ em } \%.$$

Da amostra proveniente da PEAPC foi obtida a **porcentagem de grãos inteiros após cozimento (GIAC)**. Os grãos, após cozimento, foram contabilizados em sua totalidade (TG) e separados em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). A partir dessa contagem, calculou-se, então, a porcentagem de grãos inteiros. A GIAC, então, foi determinada pela fórmula:

$$\text{GIAC} = [(TG - GP)/TG] \times 100, \text{ em } \%.$$

A determinação da **taxa de expansão volumétrica dos grãos após cozimento (TEV)** foi realizada mediante método adaptado do proposto por Martin-Cabrejas et al. (1997). Durante 16 horas, em temperatura ambiente, aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros (MS) foram imersos em 100 mL de água destilada. Por uma hora, os grãos foram aquecidos, utilizando-se chapa aquecedora elétrica, iniciando a contagem após início da fervura, repondo, quando necessário, a água evaporada. Após o cozimento, os grãos foram retirados do recipiente, pré-lavados com água destilada e levemente secos com papel-toalha. As amostras foram colocadas em uma proveta com capacidade para 500 mL, contendo 250 mL de água destilada. Em seguida, foi medido, em mL, o volume deslocado de água (VD) e a taxa de expansão volumétrica, determinada pela fórmula:

$$\text{EV} = (MS/VD), \text{ em } \text{g mL}^{-1}.$$

O **teor de água (TA)** foi determinado com base no peso úmido, pelo método de estufa a alta temperatura constante, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Foram utilizadas cinco sub-amostras de 10 g (peso úmido - PU), que foram colocadas em estufa à temperatura constante de 105°C, com oscilações possíveis de $\pm 3^\circ\text{C}$, durante um período de 24 horas, para a obtenção do peso seco (PS). O teor de umidade dos grãos foi obtido pela diferença de peso antes e após secagem, expresso em porcentagem.

$$\text{TA} = (\text{PU} - \text{PS}) \times 100, \text{ em } \%$$

O **tempo médio de cocção (TMC)** foi determinado pelo Cozedor de Mattson. De acordo com o método de Sartori (1982) e modificado por Proctor e Watts (1987), foram amostrados 30 g de grãos uniformes e inteiros. Os grãos foram colocados em embebição em 100 mL de água destilada, por 16 horas, à temperatura ambiente. Vinte e cinco grãos, tomados aleatoriamente, foram colocados individualmente em uma cavidade do aparelho de Mattson e sob uma vareta de metal de 90 g e 1,48 mm de diâmetro de ponta. Inicialmente, 1000 mL de água destilada foram aquecidos até a fervura em um recipiente de alumínio com capacidade de 3000 mL no qual, por último, foi colocado o Cozedor já preparado com os grãos, cronometrando-se o tempo de cozimento das amostras, em minutos, pela queda da décima terceira vareta, perfurando-se, deste modo, os treze grãos. Conforme a necessidade, acrescentou-se água fervente para reposição.

O teste de **condutividade elétrica (CE)** foi conduzido conforme descrito por Vieira (1994). Foram utilizadas quatro sub-amostras de 50 sementes, por cultivar. Cada sub-amostra foi pesada e colocada em copos plásticos contendo 75mL de água destilada e mantidas a 25°C por 24 horas. A condutividade elétrica da solução foi medida com o uso de condutivímetro marca Digimed, modelo CD-21, com ajuste para compensação da temperatura e eletrodo com

constante da célula de $1 \mu\text{S cm}^{-1}$. Antes de se realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com uma solução-padrão de cloreto de sódio, de condutividade elétrica conhecida, a temperatura de 25°C e as amostras tiveram suas soluções agitadas para a determinação da condutividade elétrica. Ao fim, através da fórmula a seguir, os valores obtidos na leitura (L), foram divididos pelo peso da amostra (g), sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de grãos.

$$\text{CE} = (L / MS), \text{ em } \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}.$$

A **curva de absorção de água (CAA)** foi construída com dados obtidos na determinação da absorção de água, durante um período de 14 horas, com pesagem em intervalos de uma hora. A proporção utilizada foi de 4/1, ou seja, 80 g de água destilada para cada 20 g grãos de amostra de feijão. Em cada béquer de 100 mL, foram acrescentados os grãos, onde no intervalo de uma hora, foram retirados com auxílio de uma peneira de malha metálica com abertura de 2 mm, e pesados, quantificando o material e retornando a amostra a seu respectivo béquer. Após o intervalo de 14 horas foi construída a curva de absorção de água, calculada por meio das sucessivas medidas realizadas ao longo desse intervalo.

A **cor do tegumento** foi avaliada com colorímetro marca MINOLTA, modelo Chroma Meter CR-400, que faz a leitura de cores num sistema tridimensional, avaliando a cor em três eixos, conforme o Sistema de Coordenadas de Hunter (CORDEIRO, 2001) (Figura 3). O eixo vertical “L” avalia a cor da amostra do preto ao branco, o eixo “a” da cor verde ao vermelho e o eixo “b” da cor azul ao amarelo. Foram realizadas 10 determinações em cada amostra, as quais foram colocadas em um recipiente de 22 cm de diâmetro e 3 cm de altura no qual o feijão cobriu completamente o fundo do recipiente. Cada amostra foi constituída de uma área de $19,6 \text{ cm}^2$.

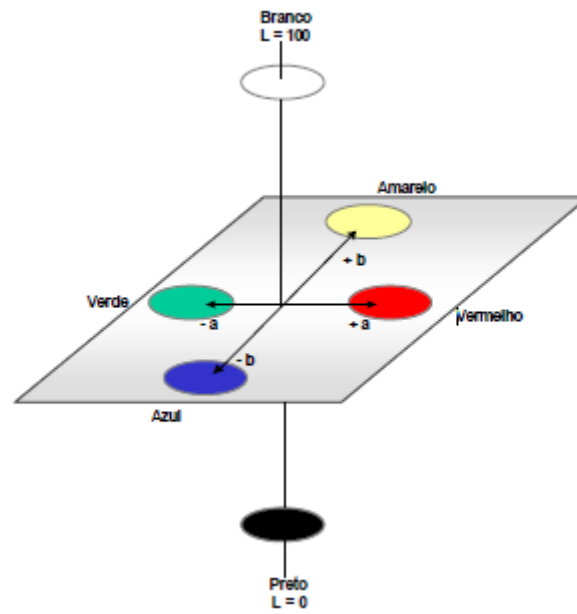


Figura 3 Sistema de Coordenadas de Hunter L, a, b
Fonte: CORDEIRO (2001)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade tecnológica dos grãos logo após a colheita, em função de cultivares

O conhecimento da qualidade inicial dos grãos recém-colhidos é imprescindível para que possam ser validadas as comparações decorrentes do armazenamento. Dessa forma, procedeu-se à análise de variância dos dados referentes à qualidade dos grãos das cultivares de feijoeiro, avaliada imediatamente após a colheita. De acordo com os valores obtidos para o coeficiente de variação, pode-se afirmar que houve boa precisão experimental e, com exceção de TA, PEAPC e GIAC todas as características foram afetadas pelo fator cultivar (Tabela 3). Os valores médios das características avaliadas são apresentados na Tabela 4.

Apesar de pequenas variações no teor de água (TA) inicial entre as cultivares de feijão (Tabela 4), as diferenças não foram significativas (Tabela 3), o que significa que a umidade inicial dos grãos, com média geral de 14,16% (Tabela 4), foi equivalente em todas as cultivares. Esta condição é fundamental em estudos desta natureza e o valor registrado situa-se próximo ao ideal para armazenamento, na faixa de 13-14% (BRAGANTINI, 1996). Antes do armazenamento, as cultivares de feijoeiro também não diferiram em relação à porcentagem de embebição (PEAPC) e à porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (GIAC). De fato, os valores destas características apresentaram pequena variação e seus valores médios foram 104,77% e 98,46%, respectivamente. No caso do PEAPC, o valor indica que os grãos embeberam, em média, quantidade de água equivalente ao seu peso. Por outro lado, o valor médio do GIAC indica que menos de 2% dos grãos se romperam durante o cozimento, proporcionando mais de 98% de grãos inteiros.

Com relação à porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), o teste de Scott-Knott permitiu a identificação de três grupos de cultivares. A cv. Radiante, a de maior tamanho de grãos, foi a que apresentou maior porcentagem de embebição, acima de 94%. As cultivares Ouro Vermelho, Talismã e Supremo apresentaram embebição intermediária, em torno de 91%. A cv. Bolinha, de grãos amarelos, foi a que menos embebeu água (88%) antes do cozimento (Tabela 4).

Como todas as cultivares de feijão cozinharam em menos de 30 minutos é esperado que tenham aceitação para o consumo (OLIVEIRA, 2008; RODRIGUES et al., 2005b), quando o processamento for realizado logo após a colheita. A cv. Bolinha também foi a que apresentou maior tempo de cozimento, seguida pelas cultivares Radiante e Ouro Vermelho. As cvs. Talismã, do grupo carioca, e Supremo, do grupo Preto, foram as que se destacaram, apresentando menor tempo de cozimento, abaixo dos 21 minutos (Tabela 4).

Tabela 3 Resumo da análise de variância com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a teor de água (TA), porcentagem de embebição (PEAPC) e de grãos inteiros (GIAC) após o cozimento, porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), tempo médio de cocção (TMC), taxa de expansão volumétrica (TEV) e condutividade elétrica (CE) de cinco cultivares de feijoeiro, logo após a colheita

FV	GL	TA	PEAPC	GIAC	PEANC	TMC	TEV	CE
Cultivar	4	3,5199	174,4699	0,71	18,6255**	27,4610**	0,0043**	1006,8534*
Bloco	4	3,6578	49,8896	0,05	0,6273	2,0990	0,0002	*
Erro	16	4,2487	72,6189	1,62	1,1059	2,3502	0,0004	249,8099
								142,5262
CV(%)	-	14,56	8,13	1,30	1,15	6,72	3,66	19,23

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 4 Valores médios de teor de água (TA), porcentagem de embebição (PEAPC) e de grãos inteiros (GIAC) após o cozimento, porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), tempo médio de cocção (TMC), taxa de expansão volumétrica (TEV) e condutividade elétrica (CE) de cinco cultivares de feijoeiro, logo após a colheita

Cultivares	TA (%)	PEAPC (%)	GIAC (%)	PEANC (%)	TMC (minutos)	TEV (g mL ⁻¹)	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)
BRS-Radiante	15,11	100,29	98,24	94,18a	23,21 b	0,54 b	49,89 ^a
Ouro Vermelho	14,95	109,91	98,50	91,71 b	23,81 b	0,53 b	67,89 b
BRS-Talismã	13,95	108,71	98,44	91,80 b	20,61a	0,60 a	45,11 ^a
BRS-Supremo	14,28	108,36	98,08	90,87 b	20,41a	0,55 b	79,33 b
Bolinha	12,87	95,58	99,07	88,81 c	26,00 c	0,59 ^a	68,20 b
Média	14,16	104,77	98,46	91,47	22,80	0,56	62,08

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

O pior comportamento da cv. Bolinha em relação a PEANC e TMC, corroboram com os resultados de Stanley e Aguilera (1985), os quais correlacionaram maior tempo de cocção com menor capacidade de penetração de água nos grãos, o que pode ser devido a impermeabilidade do tegumento, resultando em lenta hidratação durante o cozimento. Outra razão para este comportamento pode ser a impermeabilidade dos cotilédones à água, em razão de modificações químicas que ocorrem durante o cozimento (CHIARADIA; GOMES, 1997).

Outros trabalhos também indicam que determinações da capacidade de hidratação dos grãos antes do cozimento podem ser bom indicativo do tempo de cocção, de modo que, quanto maior tempo de hidratação e, ou menor quantidade de água absorvida, causaria maior tempo de cocção (IBARRA-PÉREZ; CASTILHO-ROSALE; CUELLAR-EVENOR, 1996; RODRIGUES et al., 2005a), o que corroboraria os resultados encontrados para a cultivar de grão amarelo, a Bolinha.

De acordo com Andrade e Ramalho (1999), devido à grande espessura e impermeabilidade do seu tegumento, os grãos do grupo amarelo, representados no presente trabalho pela cv. Bolinha, são considerados os de pior qualidade culinária. Mostram-se “cascudos” e requerem longo tempo de cozimento, mesmo quando recém-colhidos.

Dalla Corte et al. (2003) e Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), entretanto, trabalhando respectivamente com cultivares dos grupos preto e carioca encontraram baixa correlação entre esses dois caracteres. Esta situação parece também ter ocorrido o presente trabalho com as cvs. Radiante, que apresentou maior PEANC e TMC intermediário, e Supremo e Talismã, com PEANC intermediária e menor TMC. Estes resultados parecem indicar que outros fatores podem estar envolvidos e, possivelmente, atuando simultaneamente.

Com relação à taxa de expansão volumétrica (TEV), verifica-se que as cvs. Talismã e Bolinha se destacaram, com valores de 0,59 e 0,60, o que corresponde a um aumento de volume da ordem de 60%, enquanto as demais cultivares apresentaram taxas de expansão da ordem de 0,53 a 0,55. Para Resende e Corrêa (2007), a TEV expressa a difusão de água no interior dos grãos e, de acordo com Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), a expansão volumétrica é uma característica desejável e que influencia na aceitação de uma nova cultivar, a qual deve possuir alta expansão dos grãos após o cozimento. Segundo aqueles autores, bom desempenho de uma cultivar quanto à PEAPC pode ampliar a TEV, fato também sugerido por Resio et al. (2003, 2005) e Bello et al. (2004). No presente trabalho, as cultivares não diferiram quanto à primeira característica. Considerando que a difusão de água no grão pode ser influenciada negativamente pelo grau de lignificação do grão (MC DOUGALL et al., 1996 apud TEIXEIRA et al., 2005), os resultados dessa característica podem ser um indicativo de menor teor de lignina nos grãos das cvs. Talismã e Bolinha, as de maior TEV.

Os resultados do teste de condutividade elétrica (CE) mostraram que as cvs. Talismã e Radiante foram as que menos drenaram solutos para a solução, que apresentou valores inferiores a $50 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. As demais cultivares drenaram mais solutos para a solução teste, apresentando maiores valores de condutividade elétrica, entre 67 e $79 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. A cv. Bolinha, a que apresentou-se inferior em termos de PEANC e TMC, situou-se entre as cvs. com maiores valores de CE, o que significa maior comprometimento da integridade de membranas celulares (KRZYZANOVSKI; FRANÇA NETO, 2001) e, ou teores mais baixos de lignina (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996).

Na Tabela 5 são apresentados os valores iniciais dos eixos espectrais L^* , a^* e b^* , determinados logo após a colheita, para as cultivares em estudo. A cv. Talismã, com grãos do tipo carioca apresentou um valor médio de $L= 56,51$,

compatível com os valores encontrados por Brackmann et al. (2002) e Oliveira (2008) para as cvs. Carioca e Pérola e considerado adequado para este tipo de grão (RIBEIRO et al., 2003). A cv. Supremo, do grupo Preto, apresentou valor médio inicial de $L = 27,57$, também compatível com valores observados por Oliveira (2008). De acordo com Ribeiro et al. (2003), valores de $L > 22$ estão associados à presença de grãos arroxeados, característica indesejável no grupo preto.

Em estudo do comportamento de cultivares do grupo carioca quanto ao armazenamento, Brackmann et al. (2002), trabalhando com as cvs. Carioca e Pérola, observaram os valores 7 e 14,6 e 6,5 e 15 para os eixos a^* e b^* , respectivamente. No presente estudo, valores semelhantes foram também obtidos.

Tabela 5 Valores médios de coloração do tegumento dos grãos de feijão (eixos espectrais L^* , a^* e b^*) em função de cultivares de feijoeiro. Colheita

Cultivares	L^*	a^*	b^*
	(ud.)	(ud.)	(ud.)
BRS-Radiante	57,25	8,04	15,72
Ouro Vermelho	34,08	21,97	6,24
BRS-Talismã	56,51	5,65	15,08
BRS-Supremo	27,57	2,16	-1,66
Bolinha	56,22	1,49	32,25

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

A curva de absorção, geralmente utilizada para ampliar a compreensão do processo de absorção de água pelo grão, pode ser vista no Gráfico 2. Inicialmente, a hidratação ocorre devido a um processo puramente físico, o que justifica o maior ganho de peso do grão na primeira hora de avaliação. No decorrer das horas, atua o potencial osmótico e o potencial matricial, principalmente o primeiro, devido ao aumento da concentração de metabólitos liberados pelo grão. De fato, verifica-se no Gráfico 2 que todas as cultivares

apresentaram aumento significativo na absorção de água nas horas iniciais, o que está de acordo com a literatura. Todas as equações apresentaram melhor ajuste a um modelo quadrático, indicando o mesmo comportamento para as cultivares. O padrão de absorção de água do grão pode ser alterado pela presença de cera no tegumento, já que grãos mais cerosos, com maior brilho, tendem a absorver menos água ou em uma velocidade mais lenta (PAULA, 2004).

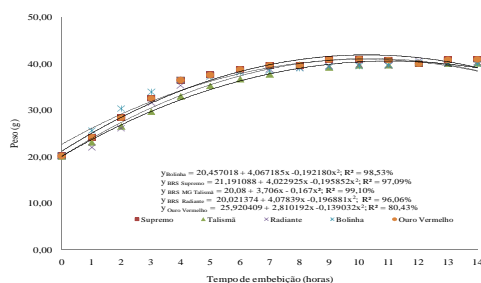


Gráfico 2 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as curvas de absorção de água de diferentes cultivares de feijão por ocasião da colheita, em relação ao tempo de embebição

4.2 Qualidade tecnológica dos grãos em função de cultivares e de condição e tempo de armazenamento

Na Tabela 6 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados referentes à qualidade dos grãos, envolvendo os fatores cultivares, condições e tempos de armazenamento. A interação tripla foi significativa para as

características PEANC, PEAPC, TA e TMC. GIAC e CE foram influenciadas pelas interações Tempo x Condição e Condição x Cultivar. A TEV, por sua vez, mostrou-se influenciada pelas interações duplas Tempo x Cultivar e Tempo x Condição. Da mesma forma verificada para a qualidade inicial, antes do armazenamento, os valores do coeficiente de variação (CV %) indicaram que houve boa precisão experimental (Tabela 6)

4.2.1 Porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC)

O desdobramento da interação tripla, com os efeitos de cultivares e de condições dentro de cada período de armazenamento, é apresentado na Tabela 7. Em geral, a condição de armazenamento pouco influenciou a PEANC, que se mostrou mais influenciada pelos fatores cultivares e tempo de armazenamento

As poucas diferenças verificadas entre as condições de armazenamento, apesar de significativas, foram de pequena magnitude e não revelaram tendência geral de superioridade do ambiente refrigerado ou não refrigerado. É possível que a detecção de tais diferenças tenha sido consequência dos baixos valores do coeficiente de variação obtidos para a característica.

Entretanto, considerando todos os tempos de armazenamento, a única cultivar que não apresentou nenhuma diferença significativa na PEANC entre as condições de armazenamento foi a Radiante (Tabela 7), justamente a que apresentava maior PEANC antes do armazenamento. Este resultado sugere que grãos com maior PEANC por ocasião da colheita parecem sofrer menor influência do ambiente de armazenamento sobre esta característica.

É possível ainda verificar, na Tabela 7, que as cvs. Talismã e Supremo apresentaram diferenças entre os ambientes aos 12 meses de armazenamento, quando a condição refrigerada foi superior (Tabela 7). Certamente, com tempos maiores de estocagem, começariam a ser observadas maiores diferenças.

Na média geral, a cv. Radiante foi a que apresentou maior PEANC, seguida das demais cultivares e este comportamento foi bastante próximo da condição inicial (Tabela 7).

Outro desdobramento do efeito da interação tripla sobre a PEANC é mostrado no Gráfico 3. Em condição ambiente, houve efeito significativo do tempo de armazenamento sobre a PEANC nas cultivares Radiante, Talismã, Supremo e Bolinha (Gráfico 3A). Na condição refrigerada, o efeito significativo foi observado nas cvs. Radiante, Ouro Vermelho e Bolinha (Gráfico 3B).

Em condição ambiente, o efeito do tempo de armazenamento foi linear crescente nas cvs. Radiante e Bolinha, com acréscimos médios estimados em 1,07 e 1,32 unidades percentuais para cada mês de armazenamento. No caso das cvs. Talismã e Supremo o efeito foi quadrático, com pontos de máximo estimados em 7,17 e 6,98 meses de armazenamento, respectivamente (Gráfico 3A). O tempo de armazenamento não influenciou a PEANC da cv. Ouro Vermelho na condição ambiente.

Sob refrigeração, o efeito foi linear crescente nas cultivares Radiante e Bolinha, da mesma forma verificada na condição ambiente, mas com acréscimos na PEANC estimados em 1,04 e 0,83 pontos percentuais para cada mês de armazenamento. Já para a cultivar Ouro Vermelho, o efeito do tempo de armazenamento foi linear decrescente, com redução média de 0,86 pontos percentuais na PEANC para cada mês de armazenamento. A PEANC das cvs. Talismã e Supremo não foi influenciada pelo tempo de armazenamento.

Tabela 6 Resumo da análise de variância com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a porcentagem de embebição antes (PEANC) e após cozimento (PEAPC) e de grãos inteiros após cozimento (GIAC), taxa de expansão volumétrica (TEV), teor de água (TA), tempo médio de cocção (TMC) e condutividade elétrica (CE) envolvendo cultivares, tempos e condições de armazenamento

FV	GL	PEANC	PEAPC	GIAC	TEV	TA	TMC	CE
Bloco	4	23,7155	46,0542*	5,1287	0,0006	1,5419	54,9061	101,5133
Condição (Co)	1	21,8262	346,3448**	105,9531**	0,0083**	43,1335**	39254,0586**	17790,0725**
Cultivar (C)	4	337,1183**	541,0370**	8,9719*	0,0002**	15,3754**	1142,0519**	8012,8489**
Co x C	4	127,8387**	96,4889**	9,6744*	0,0007	3,7449*	251,3122**	899,7778**
Erro 1	36	18,3013	16,0826	2,9375	0,0006	0,9718	26,0191	59,9453
Tempo (T)	3	7,771**	170,134**	44,1678**	0,0066**	9,4585**	12850,0103**	1431,9443**
T x Bloco	12	19,6042	7,2844	2,7103	0,0006	1,3066	29,8329	52,8379
T x Co	3	48,3455	164,1815**	23,7853**	0,0042**	8,4096**	6855,1701**	882,4343**
T x C	12	78,1215**	48,7575**	2,7141	0,0018**	2,8958**	254,2881**	126,9729
T x L x C	12	47,1952*	27,4921*	2,9476	0,0007	1,8321**	241,8057**	79,7584
Erro2	108	23,0264	10,0339	1,8827	0,0005	0,6932	23,5381	75,7598
CV1 (%)	-	4,43	3,27	1,74	4,49	8,12	10,87	10,60
CV2 (%)	-	4,97	2,58	1,39	4,37	6,86	10,34	11,91

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t

Tabela 7 Valores médios de porcentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), após colheita (Co), em função de cultivares e condições dentro de cada tempo de armazenamento

PEANC										
C ¹	Co ²	Tempo de armazenamento (meses)								Média
		3		6		9		12		
		<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	
R	94,18A	94,69aA	97,95aB	103,34aA	98,74aA	101,65aA	102,69aA	109,27aA	103,80aA	101,52A
OV	91,71B	91,57bA	103,20aA	92,39aB	96,68aA	94,99aA	96,98aB	93,18aB	94,49aB	95,44B
T	91,80B	93,46aA	92,68aB	95,28aB	94,40aA	99,06aA	96,86aB	90,27bB	96,70aB	94,84B
S	90,87B	94,16aA	92,24aB	96,76aB	90,39bB	100,52aA	95,35aB	88,79bB	96,73aB	94,37B
B	88,81C	92,17aA	91,66aB	95,94aB	90,62aB	101,77aA	95,42bB	103,44aA	98,43aB	96,18B
Média	91,47	93,21	95,55	96,74	94,17	99,60	97,46	96,99	98,03	96,47

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, dentro de cada tempo, e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ C.= Cultivar; R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

² Co. = Colheita

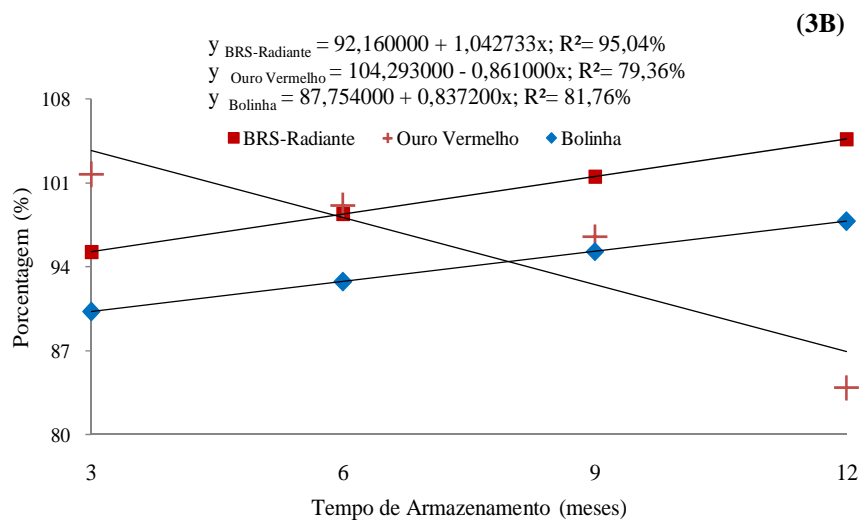
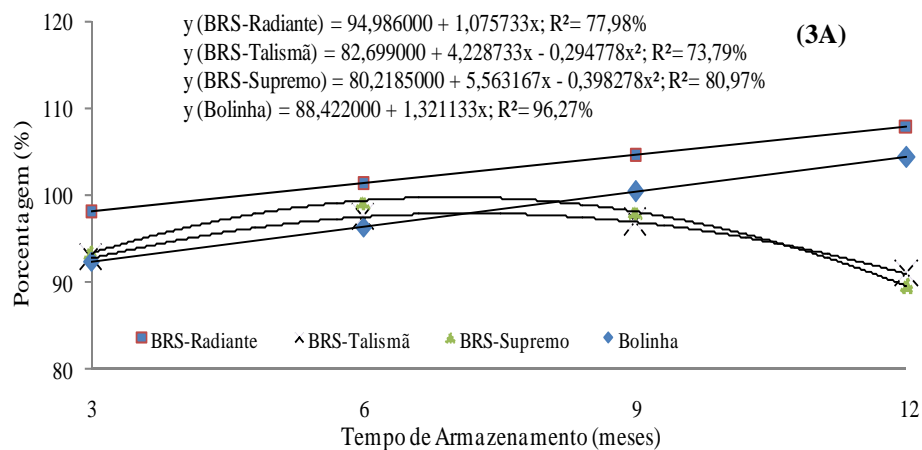


Gráfico 3 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de embebição de água pelo grão antes do cozimento (PEANC), em função do tempo de armazenamento, na condição ambiente (3A) e refrigerada (3B)

4.2.2 Porcentagem de embebição antes do cozimento (PEAPC)

O desdobramento da interação tripla, com os efeitos de cultivares e de condições dentro de cada período de armazenamento, é apresentado na Tabela 8. Em geral, verifica-se que a condição de armazenamento influenciou mais a PEAPC do que a PEANC (Tabelas 6 e 8). Em termos médios, em ambiente refrigerado, a PEAPC sempre foi inferior até aos 9 meses de armazenamento, mas aos 12 meses, esta situação se inverteu, ou seja, após um ano de armazenado, o feijão passou a absorver mais água sob refrigeração.

A cv. Ouro Vermelho não teve sua PEAPC influenciada pela condição de armazenamento e isto se verificou em todos os períodos de estocagem. As demais cvs. começaram a apresentar reduções na PEANC quando seus grãos foram armazenados sob refrigeração, a partir dos 6 ou 9 meses (Tabela 8).

Coerentemente ao que ocorreu com a PEANC, a cv. Radiante foi a cultivar de maior PEAPC e a única a participar do grupo superior em todas as condições e tempos de armazenamento. A cultivar Bolinha, por outro lado, foi a que apresentou menor valor médio para PEAPC, repetindo o que já havia sido detectado por ocasião da colheita (Tabela 8).

Outro desdobramento do efeito da interação tripla sobre a PEAPC é apresentado no Gráfico 4. Em condição ambiente, o tempo de armazenamento influenciou significativamente a PEAPC das cultivares Radiante e Ouro Vermelho de acordo com um modelo linear decrescente, podendo-se estimar, para ambas, decréscimos da ordem de 0,56 pontos percentuais para cada mês de armazenamento. Embora a tendência geral seja de redução da PEAPC com o aumento do tempo de armazenamento, estes efeitos foram quadrático na cv. Talismã (ponto de máximo estimado correspondente a 6,2 meses de armazenamento) e cúbico na cv. Supremo (Gráfico 4).

Sob refrigeração (Gráfico 4B), o efeito do tempo de armazenamento sobre a PEAPC foi significativo nas cultivares Ouro Vermelho (efeito quadrático com ponto de máximo correspondente a 7,7 meses de armazenamento), Radiante e Bolinha (efeito quadrático com pontos de mínimo correspondentes a 8,8 e 7,07 meses de armazenamento, respectivamente) e Supremo (efeito cúbico).

Tabela 8 Valores médios de porcentagem de embebição após o cozimento (PEAPC) em função de cultivar e condição, dentro de cada tempo de armazenamento

		PEAPC								
		Tempo de armazenamento (meses)								
C. ¹	Co. ²	3		6		9		12		Média
		<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	
R	100,29	129,93aA	129,33aA	129,45aA	124,07bA	125,40aA	123,30aB	125,62aA	123,54aA	126,33A
OV	109,91	127,01aA	125,44aB	126,28aA	125,76aA	127,18aA	126,43aA	121,06aB	120,89aA	125,01A
T	108,71	124,13aB	121,67aB	125,38aA	124,63aA	126,56aA	126,28aA	115,26bC	124,28aA	123,52B
S	108,36	128,72aA	123,14bB	124,68aA	113,97bB	126,79aA	119,86bB	116,84aC	120,51aA	121,81B
B	95,58	122,26aB	115,60bC	120,23aB	110,01bB	121,43aB	110,09bC	116,23aC	119,01aA	116,86C
Média	104,57	126,41a	123,04b	125,04a	119,69b	125,72a	121,19b	119,00b	121,65a	122,71

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ C.= Cultivar; R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

² Co. = Colheita

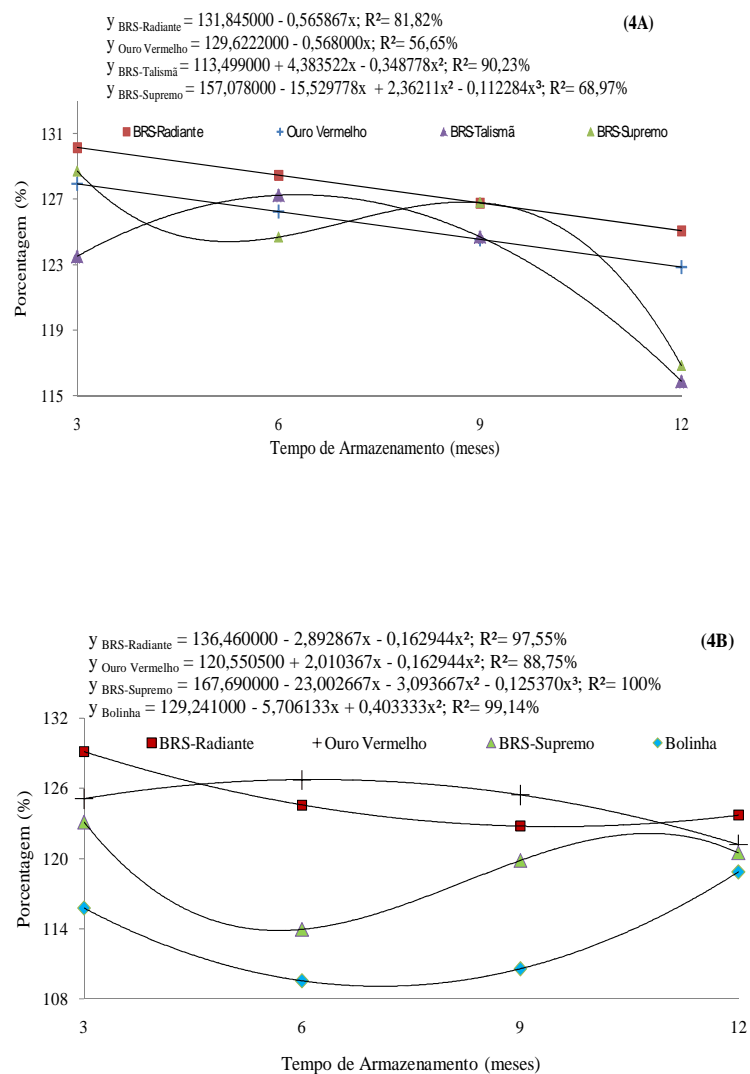


Gráfico 4 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de embebição de água pelo grão após o cozimento (PEAPC) em função do tempo de armazenamento em condição ambiente (4A) e condição refrigerada (4B)

4.2.3 Teor de água (TA)

O desdobramento da interação tripla, com os efeitos de cultivares e de condições dentro de cada período de armazenamento, é apresentado na Tabela 9. Em média, a condição refrigerada permitiu que os grãos armazenados apresentassem valores superiores de TA, principalmente aos 03 e 12 meses, quando foram detectadas diferenças significativas em relação ao ambiente não refrigerado; dentro de cada cultivar, entretanto, os valores apresentaram maior variação e, algumas vezes, não apresentaram esta tendência (Tabela 9).

Antes do armazenamento, as cultivares de feijão não haviam diferido significativamente quanto ao TA e esta condição também ocorreu pelo menos em algumas das condições de armazenamento (Tabela 9). Entretanto, pelos valores médios apresentados, pode-se dizer ainda que não houve boa correlação entre o TA inicial e o TA médio no armazenamento, pois neste último foram detectadas diferenças significativas, com Radiante, Supremo e Bolinha superando Ouro Vermelho e Talismã.

Outro desdobramento do efeito da interação tripla sobre a TA é apresentado na Gráfico 5. Em condição ambiente, o tempo de armazenamento influenciou significativamente o teor de água do grão das cultivares Radiante, Ouro Vermelho e Talismã, de acordo com modelos quadráticos muito próximos, com pontos de máximo teor de água correspondendo aos tempos de 8,9; 7,8 e 8,8 meses de armazenamento, respectivamente (Gráfico 5A). Em condição de refrigeração houve efeito significativo do tempo de armazenamento sobre o TA das cvs. Talismã (efeito linear com acréscimo de 0,33 pontos percentuais por cada mês de armazenamento) e Ouro Vermelho (efeito quadrático com ponto de mínimo correspondente a 6,6 meses de armazenamento).

O grão, como todo material higroscópico, tem a propriedade de adsorver ou ceder água para o ar que o envolve. Rigueira, Lacerda-Filho e Volk (2009),

trabalhando com a cv. Vermelhinho, armazenada sob refrigeração por 4 meses, verificaram redução no teor de água, explicada pela perda de umidade para o ambiente de armazenamento. Resende et al. (2008), com a mesma cultivar, em condição ambiente também verificou redução no TA após 112 dias de armazenamento. No presente trabalho, como se trata de câmara com cerca de 50-55% de umidade, é possível que tenha ocorrido o inverso, ou seja, houve tendência de aumento do teor de água do grão ao longo dos 12 meses de armazenamento.

Tabela 9 Valores médios de teor de água, em % (TA) em função de cultivar e condição, dentro de cada tempo de armazenamento

		TA								
		Tempo de armazenamento (meses)								
C. ¹	Co. ²	3		6		9		12		Média
		<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	
R	15,11	11,23bA	11,75aB	12,33aA	12,71aB	12,98aA	12,77aB	12,38bA	13,69aA	12,48A
OV	14,95	10,29bA	12,43aC	11,56aA	10,37bC	11,85aA	10,51bD	10,64bB	13,92aA	11,44B
T	13,95	10,36aA	10,39aD	11,77aA	11,47aC	12,03aA	11,94aC	11,64aA	13,58bA	11,64B
S	14,28	11,25bA	13,81aA	11,77bA	14,04aA	12,33bA	14,17aA	12,14aA	13,14aA	12,83A
B	12,87	10,91aA	13,44aA	12,16aB	12,44aB	11,98aA	12,55aB	11,97aA	13,03aA	12,31A
Média	14,16	10,80b	12,36a	11,91a	12,20a	12,23a	12,38a	11,75b	13,47a	12,14

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ C= Cultivar; R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

² Co= Colheita

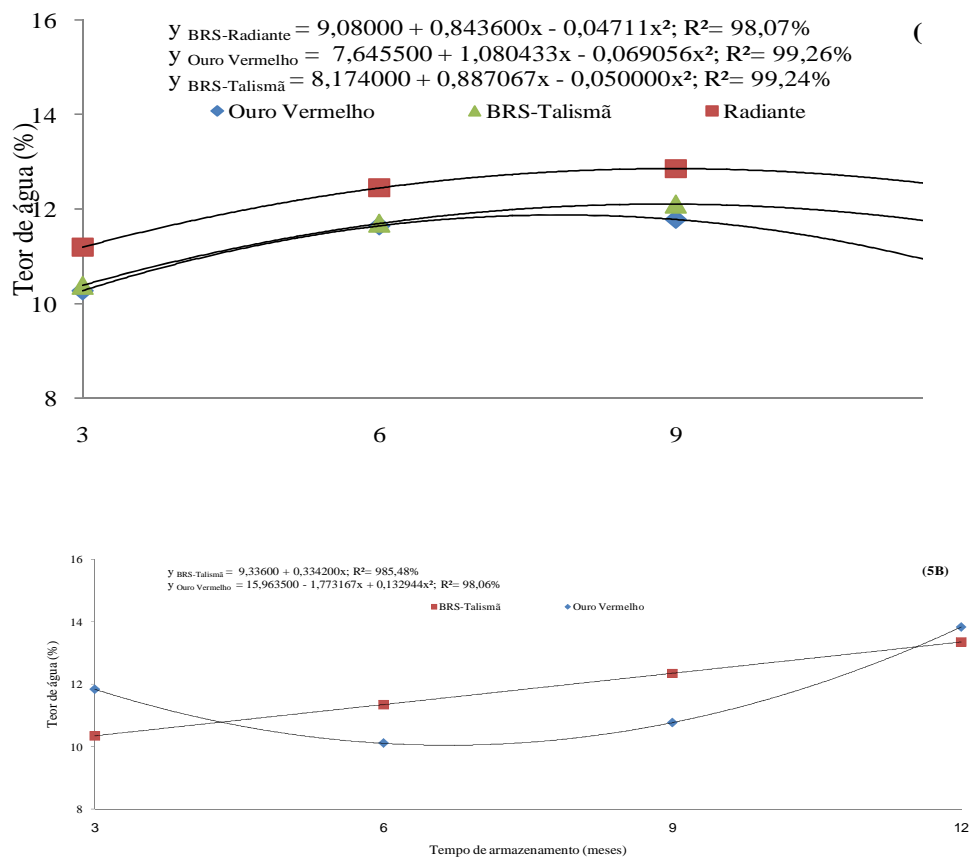


Gráfico 5 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para teor de água nos grão (TA) em função do tempo de armazenamento condição ambiente (5A) e condição refrigerada (5B)

4.2.4 Tempo médio de cocção (TMC)

Os desdobramentos da interação tripla para o tempo médio de cocção são apresentados na Tabela 10 e Gráfico 6. Na Tabela 10 se verifica que, em geral, o armazenamento sob refrigeração proporcionou menor tempo de cozimento, em todos os períodos de armazenamento. Ainda que pequenas variações sejam observadas no comportamento individual das cultivares aos 3 e 6 meses de armazenamento, a partir daí todas as cultivares apresentaram TMC significativamente menor quando conservadas sob refrigeração (Tabela 10). Este resultado é compatível com o observado por outros autores. Sievwright e Shipe (1986), por exemplo, observaram que, quando se aumenta a temperatura de armazenamento, eleva-se o tempo de cozimento. Trabalhando em três condições (ar refrigerado, ar ambiente e atmosfera controlada) na conservação das cvs. Carioca e Pérola e linhagem M90-012, Brackmann et al. (2002) observaram maior tempo para o cozimento quando se utilizou a estocagem convencional (ambiente). Neuwald et al. (1999) obtiveram resultados semelhantes com cvs. do grupo carioca e Oliveira (2008) com as cvs. Macanudo, Guapo Brilhante, BRS-Campeiro, Carioca, Pérola e LH5.

Em termos médios, as cvs. Talismã e Radiante apresentaram os menores valores de TMC, superando as demais. A cv. Talismã também havia se destacado quanto ao TMC por ocasião da colheita. Este desempenho da cv. Talismã, de certa forma não surpreende, por se tratar de uma cultivar com grãos tipo carioca, o de maior aceitação nacional. A cv. Bolinha, por sua vez, foi a que apresentou maior tempo de cozimento, confirmando a reputação do grupo amarelo como possuidor de pior qualidade culinária.

Independente da condição de estocagem, a redução do tempo de cozimento dos grãos é importante do ponto de vista nutricional, por diminuir a perda de sólidos, e conveniente na redução de gasto de energia (COELHO et al.,

2009). No entanto, no Gráfico 6 verifica-se que o TMC cresceu com o aumento do tempo de armazenamento, em ambas as condições (ambiente e refrigerado). Em algumas cultivares, principalmente sob refrigeração, houve tendência de ligeira redução do TMC a partir do 9º mês de armazenamento.

Estes resultados confirmam outros anteriores, como os de Brackmann et al. (2002), os quais verificaram aumento no TMC de 9 a 19 meses de armazenamento para as cvs. Carioca, Pérola e M91-012, todas do tipo carioca.

Tabela 10 Valores médios de tempo médio de cocção (TMC), em minutos, em função de cultivar, condição e tempo de armazenamento

TM										
C ¹	Co ²	Tempo de Armazenamento (meses)								Média
		3		6		9		12		
		<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	<i>Amb.</i>	<i>Refr.</i>	
R	23,21B	31,43bA	23,87aA	30,70bA	23,28aA	74,41bA	40,21aB	76,61bB	30,41aB	41,36A
OV	23,81B	31,40aA	31,39aA	57,83bC	46,40aB	95,21bB	45,81aB	91,41bC	33,41aB	54,11B
T	20,61A	30,02aA	24,12aA	51,33bC	26,00aA	77,61bA	31,41aA	67,41bA	24,61aA	41,56A
S	20,41A	29,84aA	24,60aA	52,06bC	29,56aA	100,81bB	41,00aB	74,61bB	31,10aB	47,95B
B	26,00C	34,08bA	25,20aA	37,75aB	44,42bB	96,01bB	38,01aB	85,21bC	40,61aC	50,16C
Média	22,81	31,35b	25,84a	45,93b	33,93a	88,81b	39,29a	79,05b	32,03a	47,03

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ C= Cultivar; R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

² Co= Colheita

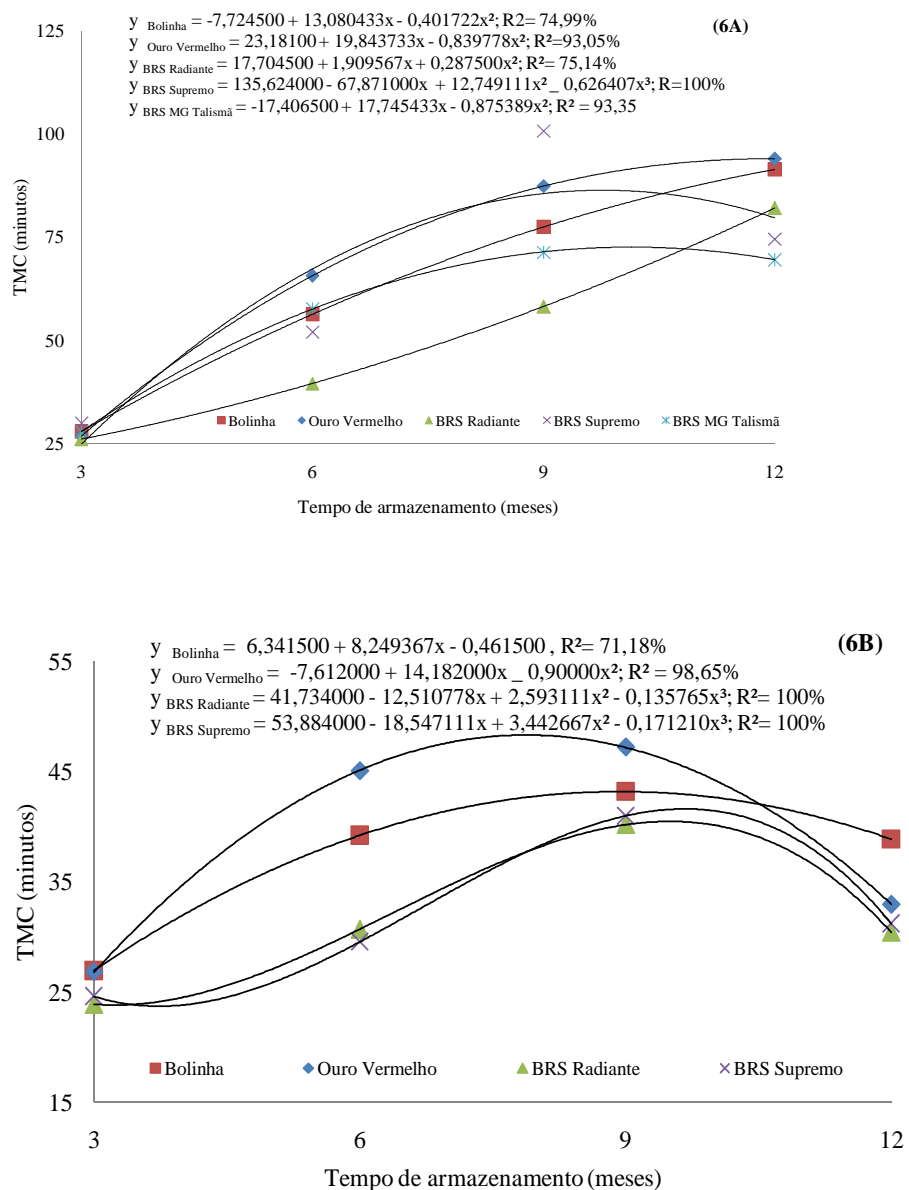


Gráfico 6 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para tempo médio de cocção (TMC), em minutos, de cultivares de feijoeiro em função de tempo de armazenamento em condição ambiente (6A) e condição refrigerada (6B)

4.2.5 Porcentagem de grão inteiros após o cozimento (GIAC)

O tempo de cozimento afeta o perfil das cultivares de feijão quanto à ruptura no tegumento dos grãos, à dureza e à granulosidade (OLIVEIRA, 2008). Grãos que demandam maior tempo para o cozimento são mais susceptíveis ao rompimento no tegumento (Figura 4A), porém, é importante ressaltar que essas eventuais rachaduras durante o cozimento não influenciam a característica, haja visto que não se caracterizam rompimento dos cotilédones. Na Figura 4B podem ser visualizados grãos que se partiram no cozimento, sendo esses os que contribuíram para a redução da GIAC.

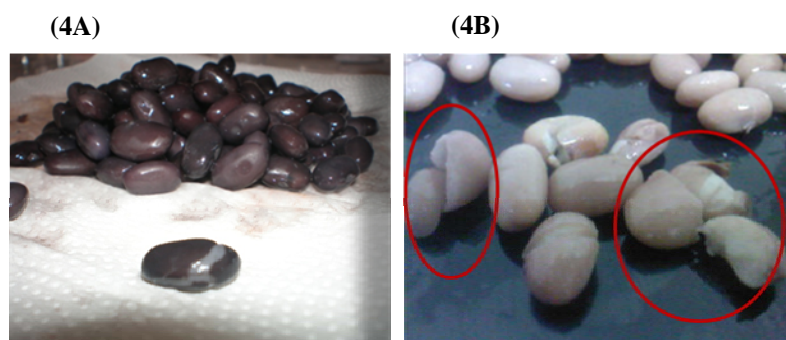


Figura 4 Ruptura no tegumento (4A) e grãos partidos (4B) em função do tempo de cocção

O desdobramento das interações Condição x Cultivar e Tempo x Condição que foram significativas para esta característica, são apresentados nas Tabelas 11 e 12 e Gráfico 7. Na Tabela 11 pode ser observado que as cultivares apresentaram comportamento equivalente na condição ambiente, onde a GIAC variou de 98,90 a 99,24%; sob refrigeração, as cvs. Radiante, Supremo e Bolinha se destacaram com maior GIAC (97,88 a 98,72), superando as cultivares Ouro Vermelho e Talismã (96,30 e 97,22%). Os resultados médios sugerem que

a conservação sob refrigeração proporcionou grãos com menor GIAC, mas isto somente ocorreu de forma significativa nas cultivares Ouro Vermelho e Talismã (Tabela 11).

Na Tabela 12 pode ser verificado o efeito da condição de armazenamento sobre a GIAC em cada período de armazenamento. De maneira geral, verifica-se que, de fato, o ambiente refrigerado proporcionou menor porcentagem de grãos inteiros após o cozimento. De forma significativa, entretanto, isso ocorreu até os 6 meses de armazenamento. A partir dos 6 meses, os grãos armazenados em condição ambiente e sob refrigeração tiveram o mesmo comportamento quanto à GIAC.

Tabela 11 Valores médios de porcentagem de grãos inteiros após o (GIAC) de cultivares de feijoeiro em função da condição de armazenamento

Cultivar ¹	GIAC		Média
	(%)		
	<i>Amb.</i>	<i>Ref.</i>	
R	98,90aA	97,88aA	98,43B
OV	99,24aA	96,30bB	97,77A
T	99,13aA	97,22bB	98,17A
S	99,23aA	98,78aA	99,01B
B	99,13aA	98,25aA	98,69A
Média	99,13b	97,69a	98,41

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

Tabela 12 Valores médios de porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (GIAC) de cultivares de feijoeiro em função de local e tempo de armazenamento

Tempo (meses)	GIAC (%)		Média
	<i>Amb.</i>	<i>Ref.</i>	
3	98,85a	97,23b	98,04
6	99,27a	95,97b	97,62
9	98,60a	97,84a	98,22
12	99,84a	99,84a	99,84
Média	99,14a	97,72b	98,43

Médias seguidas pela mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

No Gráfico 7 é apresentado o desdobramento referente aos efeitos do tempo de armazenamento em cada condição utilizada, com as equações de regressão significativas. Nos dois ambientes pode ser verificado que apesar dos diferentes modelos ajustados, houve incremento da GIAC em função do tempo de armazenamento.

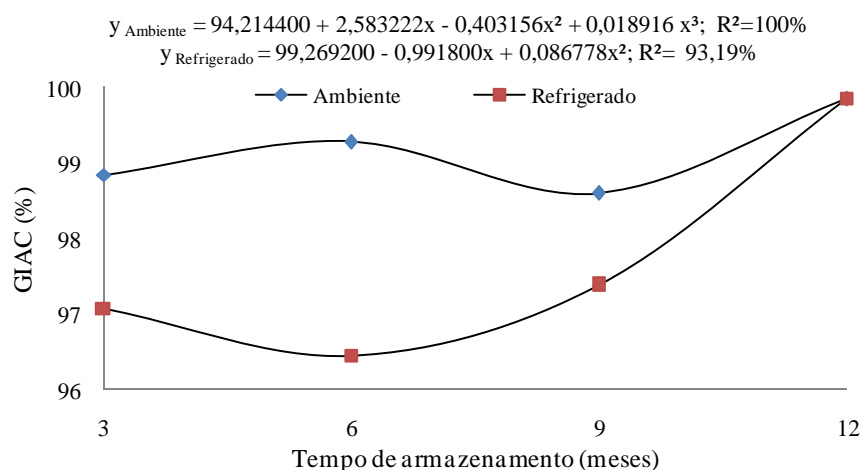


Gráfico 7 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (GIAC) de cinco cultivares armazenadas sob distintas condições, em função do tempo de armazenamento

4.2.6 Condutividade elétrica (CE)

Os desdobramentos das interações condição x Cultivar e Tempo x Condição, significativas para esta característica, é apresentado nas Tabelas 13 e 14 e Gráfico 8.

Tabela 13 Valores médios de condutividade elétrica (CE) de cultivares de feijoeiro em função da condição de armazenamento

Cultivar ¹	CE		Média
	(μS cm ⁻¹ g ⁻¹)		
	<i>Amb.</i>	<i>Ref.</i>	
R	79,19bB	52,08aB	65,63B
OV	101,18bD	72,85aC	87,01D
T	58,01bA	45,99aA	52,00A
S	82,83bB	76,34aC	79,59C
B	91,33bC	70,95aC	81,14C
Média	82,51	63,64	73,07

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

¹ R= BRS-Radiante; OV= Ouro Vermelho; T= BRS-Talismã; S= BRS-Supremo; B= Bolinha

Tabela 14 Valores médios de condutividade elétrica (CE) de cultivares de feijoeiro em função de local e tempo de armazenamento

Tempo (meses)	CE		Média
	(μS cm ⁻¹ g ⁻¹)		
	<i>Amb.</i>	<i>Ref.</i>	
3	71,61b	63,99 ^a	67,80
6	78,32b	63,11 ^a	70,71
9	86,60b	63,99 ^a	75,29
12	93,49b	65,07 ^a	79,28
Média	82,50a	64,04b	73,27

Médias seguidas pela mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

O armazenamento sob refrigeração reduziu o valor da CE em relação ao armazenamento em condição ambiente e isto ocorreu de forma significativa em todas as cultivares estudadas (Tabela 13).

Na Tabela 13 ainda se verifica que em ambas as condições de armazenamento as cultivares diferiram quanto à qualidade dos grãos avaliada pelo teste de condutividade elétrica. Em condição ambiente o teste de Scott-Knott discriminou quatro grupos de cultivares, situando-se no primeiro a cv. Talismã, com menor condutividade ($58,01 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$); no segundo ficaram as cvs. Radiante e Supremo; no terceiro e quarto grupos (valores acima de $90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) situaram-se as cvs. Bolinha e Ouro Vermelho, respectivamente. No armazenamento sob refrigeração destacaram-se as cvs. Talismã (primeiro grupo) e Radiante (segundo grupo), seguidas por Supremo, Ouro Vermelho e Bolinha (terceiro grupo). Estes resultados indicam que no caso de estocagem sem refrigeração, a mais comum no Brasil em alta escala, o grão do tipo carioca parece manter melhor suas estruturas de membrana, ficando menos sujeito à drenagem de exsudados quando imersos em água. O grão do tipo preto, muitas vezes o segundo na preferência popular em diversas regiões (quando não o primeiro) (ANDRADE; RAMALHO, 1999), também mostrou boa qualidade avaliada pelo teste de condutividade elétrica. Resultado semelhante foi obtido com os grãos rajados da cv. Radiante, tipo que tem grande chance no mercado internacional, ainda não freqüentado pelo Brasil.

O comportamento de cultivares dos grupos carioca e preto foi também estudado por Silva (2009). Neste estudo, o autor avaliou a CE de três lotes de feijão carioca, cv. IAPAR-81e preto, cv. IPR-Tiziu, armazenados por 12 meses em temperatura de 25°C (equivalente ao armazenamento convencional do presente trabalho) e em 10°C , obtendo valores de condutividade elétrica com tendência crescente durante o armazenamento, em ambas as temperaturas, até aos nove meses, com redução na última avaliação. No entanto, no presente

trabalho, os valores de CE em condição ambiente, além de inferiores, apresentaram aumento linear no decorrer do armazenamento (Gráfico 8). A menor CE das cvs. Talismã (carioca) e Supremo (preto), quando comparada ao trabalho de Silva (2009), demonstra maior estruturação de suas membranas. Deve ser considerado, entretanto, que os valores iniciais de CE no citado artigo foram superiores.

O efeito do tempo de armazenamento sobre a CE dos grãos não foi significativo quando os grãos foram armazenados sob refrigeração, ou seja, o armazenamento por até 12 meses não influenciou a CE dos grãos quando se utilizou a refrigeração. Em condição ambiente, entretanto, o tempo de armazenamento aumentou linearmente a CE dos grãos, conforme pode ser observado na Gráfico 8.

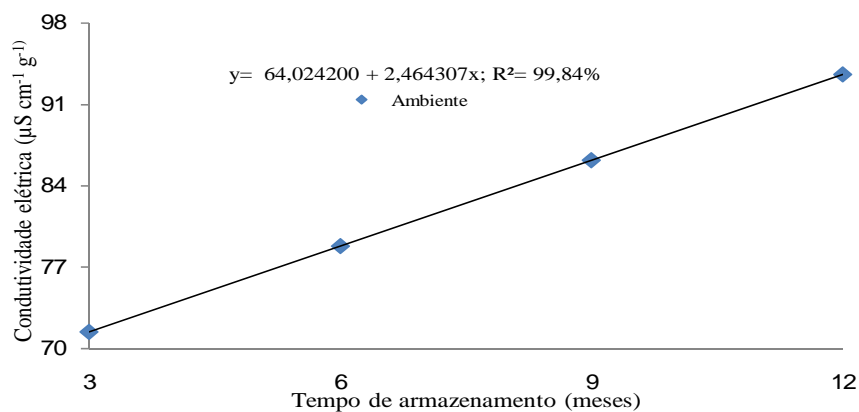


Gráfico 8 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para condutividade elétrica (CE), em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, de cinco cultivares armazenadas em condição ambiente, em função do tempo de armazenamento

4.2.7 Cor do tegumento

No Gráfico 9 é apresentado o valor L^* dos grãos de cada cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento. Em geral, todas as cultivares apresentaram redução no valor de L^* à medida que se aumentou o tempo de armazenamento. Como o valor de L^* é indicativo de claridade do grão, pode-se inferir que houve escurecimento do tegumento de todas as cultivares. Segundo Oliveira (2008) este escurecimento deprecia o valor comercial dos grãos, pois o consumidor geralmente associa escurecimento com qualidade inferior e maior tempo para o cozimento.

Embora todas as cultivares tenham apresentado escurecimento, elas apresentaram diferentes padrões de redução do valor de L^* , conforme pode ser observado no Gráfico 9. Este resultado concorda com Burr, Kon e Morris (1968), que afirmam que o escurecimento está relacionado à susceptibilidade de cada cultivar. No presente trabalho, em termos médios, as cvs. Radiante e Bolinha foram as que mais escureceram.

A cv. Supremo, do grupo preto, somente foi influenciada pelo tempo de armazenamento na condição ambiente, mostrando ligeiro aumento do valor de L^* até próxima de 7 meses de armazenamento, reduzindo em seguida. Este resultado discorda do obtido por Oliveira (2008), o qual, trabalhando com três cvs. de tegumento preto, sob refrigeração, observou menores valores de L^* já aos 3 meses de armazenamento.

No Gráfico 9 verifica-se ainda que as cvs. Radiante, Ouro Vermelho e Talismã apresentaram comportamento parecido quando se considera as duas condições de armazenamento, ou seja, tanto em condição ambiente como sob refrigeração, os valores de L^* foram muito próximos. No caso da cv. Supremo somente houve efeito significativo do tempo de armazenamento sobre o valor de L^* na condição ambiente. Com relação à cv. Bolinha, no entanto, o

comportamento foi o mais distinto entre as duas condições de armazenamento, com escurecimento mais intenso na condição ambiente. Neuwald et al. (1999) também observaram que a refrigeração mantém a coloração do grão mais clara que em condição ambiente.

Assim como para Brackmann et al. (2002), o armazenamento em ar ambiente resultou em maior escurecimento do tegumento. Provavelmente a temperatura elevada deve acelerar as oxidações enzimáticas, assim como a luz e período de armazenamento, o que já foi observado por Iaderoza et al. (1989). A presença de compostos fenólicos em feijões, que se localizam principalmente no tegumento do grão de cultivares coloridas (GOYCOOLEA; GONZÁLEZ; BARRON, 1990) é, algumas vezes, relacionada com a intensificação na cor do tegumento, devido à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase, acelerada por temperaturas superiores a 25° C (SARTORI, 1982).

Nos Gráficos 10 e 11 são apresentados os comportamento dos grãos das cultivares de feijoeiro em relação aos valores de a^* e b^* em função da condição e do tempo de armazenamento. O grão carioca, que por ocasião da colheita apresentou valor $a^* = 5,65$, apresentou oscilações no índice a^* de cor no decorrer do armazenamento. Dentre as duas condições de estocagem empregadas, a condição ambiente foi a que proporcionou maiores variações no valor a^* . De modo geral, todas as equações testadas apresentaram melhor ajuste polinomial. Fato parecido ocorreu com o índice b^* . Brackmann et al. (2002) registraram comportamento semelhante quando estudou as cultivares Carioca e Pérola e a linhagem M91-012, obtendo valores compatíveis com os encontrados no presente estudo.

Infelizmente, não foram encontrados na literatura outros trabalhos correlacionando os valores de a^* e b^* com o tempo ou condição de armazenamento.

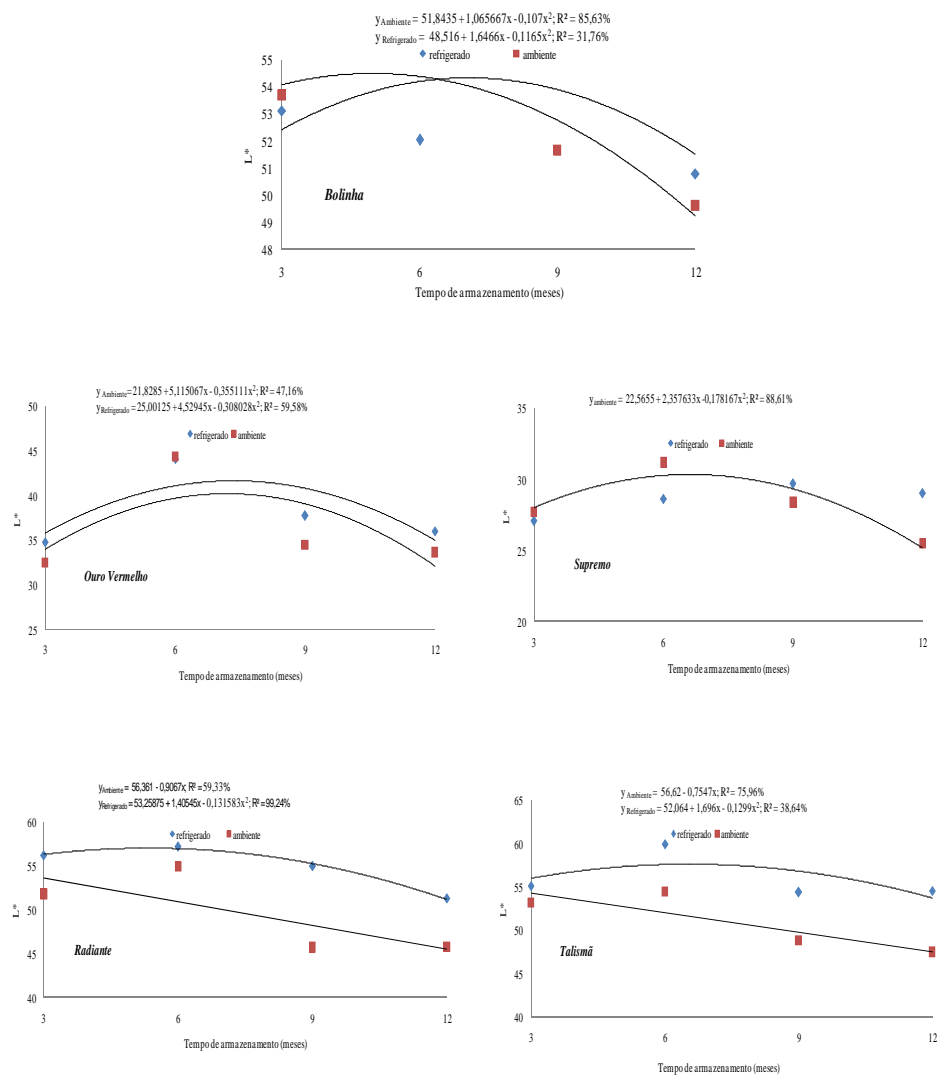


Gráfico 9 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de L^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento

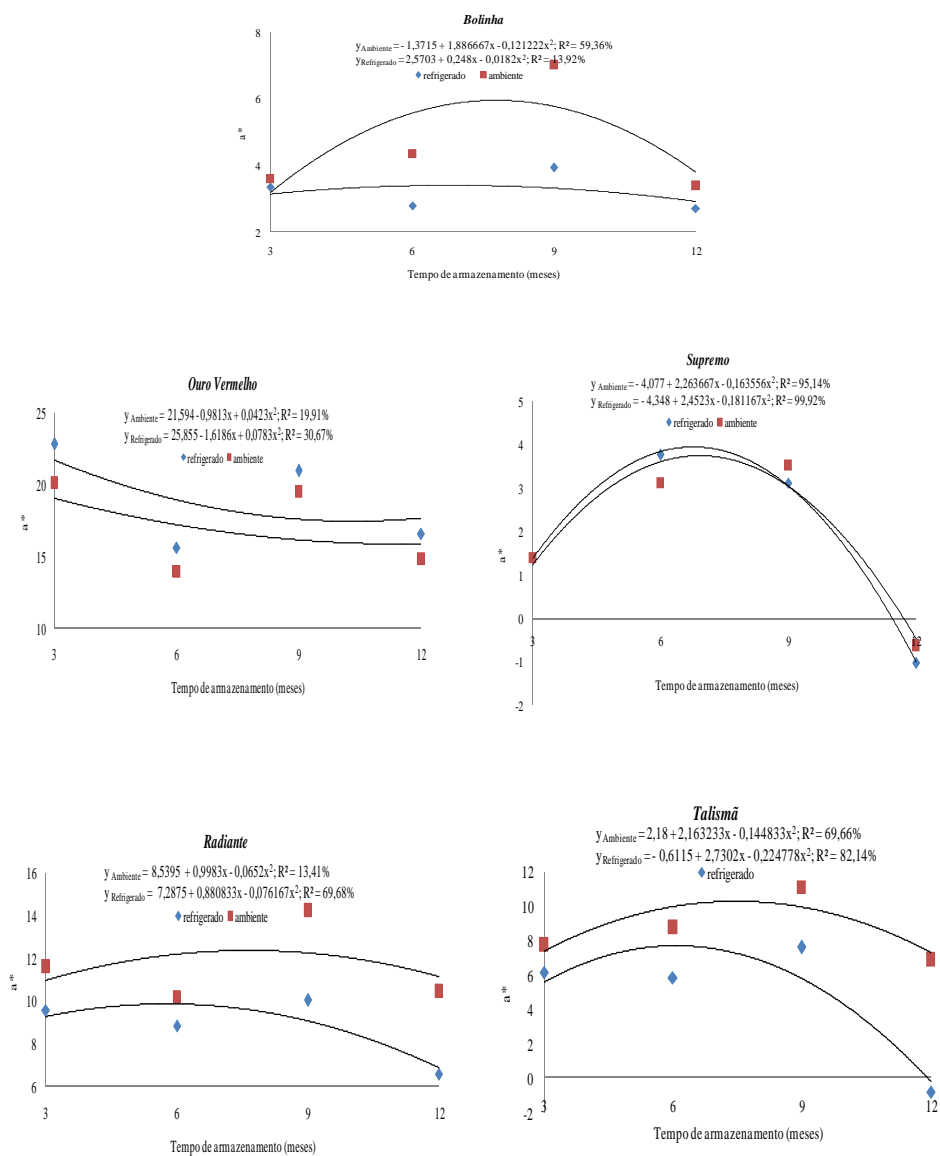


Gráfico 10 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de a^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento

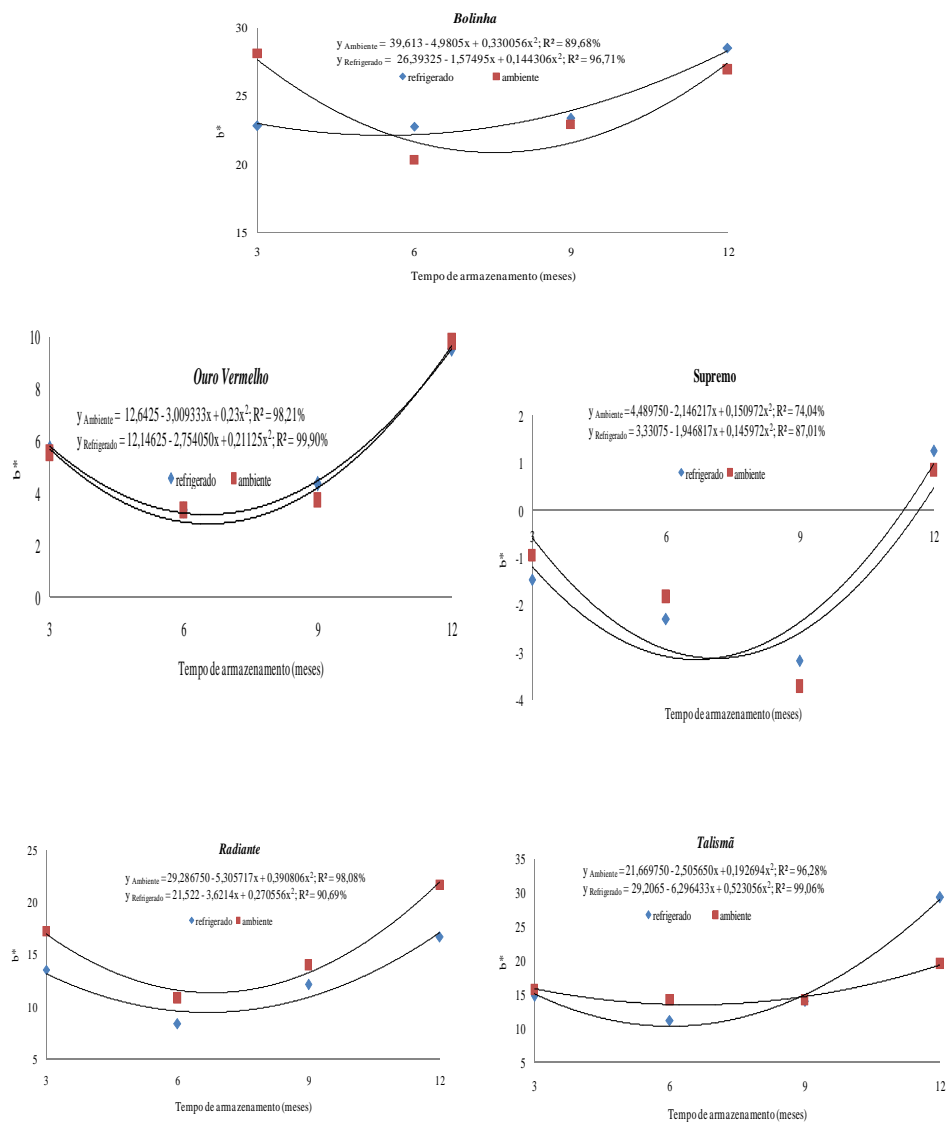


Gráfico 11 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para valores de b^* por cultivar e condição, em função do tempo de armazenamento

4.2.8 Curva de absorção

No Gráfico 12 são apresentadas as curvas de absorção de água dos grãos das cinco cultivares de feijoeiro em função do tempo de embebição. Devido à proximidade do comportamento da absorção nos diferentes tempos de armazenamento e para melhor visualização dos efeitos, optou-se pela apresentação das curvas obtidas ao final dos 12 meses de estocagem, nas duas condições (ambiente e refrigerado) em comparação com a curva de absorção obtida por ocasião da colheita.

De acordo com a literatura, quanto mais rápida a absorção de água, maior é a capacidade de cozimento de grãos de feijão e alguns trabalhos têm mostrado correlação positiva e alta entre as duas características (COSTA; RAMALHO; ABREU, 2001). No presente trabalho, a absorção de água pelos grãos aumentou com o tempo de embebição e os padrões de absorção mesmo após 12 meses de armazenamento, foram próximos aos verificados por ocasião da colheita.

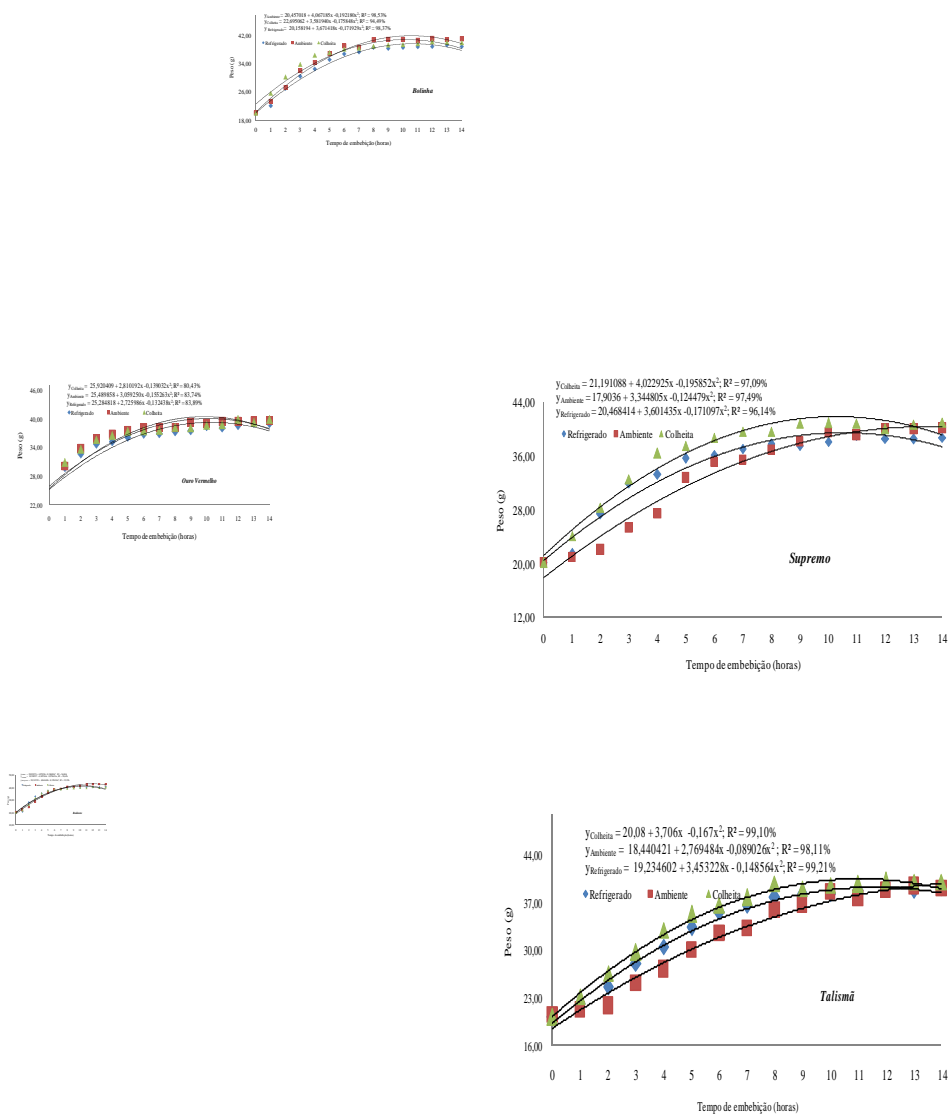


Gráfico 12 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para quantidade de água absorvida, em g, por grãos de cinco cultivares de feijoeiro em função do tempo de embebição, no início do armazenamento e após conservados em condição ambiente e refrigerada

5 CONCLUSÕES

A qualidade tecnológica de grãos de feijão-comum é afetada pela cultivar, condição e tempo de armazenamento.

O tempo de armazenamento eleva o tempo médio de cocção (TMC) e a condutividade elétrica (CE), assim como acentua o escurecimento do tegumento dos grãos, principalmente quando em condição ambiente de acondicionamento.

A porcentagem de embebição de água antes e após o cozimento (PEANC e PEAPC) e o teor de água (TA) dos grãos das diferentes cultivares, têm seus efeitos de armazenamento dependentes da condição, ambiente ou refrigeração.

A cv. Radiante apresenta maior PEANC e maior PEAPC que as demais cultivares e, juntamente à cv. Talismã, o menor tempo médio de cocção (TMC) ao longo do armazenamento.

Com o decorrer do armazenamento, os grãos escurecem, sendo esse efeito mais nítido em condição ambiente e nas cvs. Radiante e Bolinha.

A absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo de embebição e os padrões de absorção mesmo após 12 meses de armazenamento, foram próximos aos verificados por ocasião da colheita.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J. M.; BALLIVIAN, A. A kinetic interpretation of textural changes in black beans during prolonged storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 3, p. 691-695, May 1987.
- ALVAREZ, V. V. H. et al. Interpretação dos resultados de análise de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- ALVES, A. F. et al. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, nov./dez. 2009.
- ANDRADE, M. J. B.; RAMALHO, M. A. P. **A cultura do feijoeiro-comum no curso de agronomia**. Lavras: UFLA, 1999. 180 p.
- ANTUNES, P. L.; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris*) variety Rosinha G2. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 6, p. 1703-1706, Nov. 1979.
- BASSINELLO, P. Z. et al. 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, 8., 2005, Goiânia, **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. v. 2. p. 691-694.
- BELICUAS, P. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. 1 CD-ROM.
- BELLO, M. et al. Factors affecting water uptake of ricegrain during soaking. **Food Science and Technology**, Zürich, v. 37, n. 8, p. 811-816, Dec. 2004.
- BEWLEY, J. D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: MC DONALD JÚNIOR, M. B.; NELSON, C. J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, 1986. p. 27-45.

BOURNE, M. C. Size, density and hardshell in dry beans. **Food Technology**, Champaign, v. 21, p. 335-398, 1967.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, dez. 2002.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 2005. 28 p. (Documentos, 187).

BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. cap. 4, p. 639-667.

BRASIL. Ministério da Agricultura do abastecimento e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 9, n. 2, p. 237-297, 1993.

BRESSANI, R.; HERNANDEZ, E.; BRAHAM, E. Relationship between content and intake of bean polyphenolics and protein digestibility in humans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 5-21, Mar. 1988.

BRESSANI, R. Revision sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 39, p. 419-442, 1989.

BURR, H. K.; KON, S.; MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, Chicago, v. 22, p. 336-338, 1968.

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

CARNEIRO, J. D. S. et al. Qualidade tecnológica dos grãos de linhagens de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999. p. 412-415.

CAZETTA, J. O. et al. Comparação de aspectos químicos e tecnológicos de grãos verdes e maduros de guandu com os de feijão e ervilha. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 6, n. 1, p. 39-53, 1995.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO FEIJÃO. **Nova tecnologia abre portas para leilões eletrônicos de feijão**. Disponível em: <<http://www.cifeijao.com.br/index.php?p=noticia&idN=4307>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

CHIARADIA, A. C. N.; GOMES, J. C. **Feijão: química, nutrição e tecnologia**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 180 p.

COELHO, S. R. M. et al. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão-comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, mar./abr. 2009.

COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. **Feijão: recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim: São Cristóvão, 2001. 112 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos_8.6.10.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2010.

CORDEIRO, I. C. **Influência do teor de umidade na colheita e da temperatura do ar de secagem na qualidade do feijão (*phaseolus vulgaris* L.)**. Disponível em: <<ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/IZABEL%20CRISTINA%20CORDEIRO.PDF>>. Acesso em: 22 set. 2010.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; 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.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook**. New York: M. Dekker, 1997. 627 p.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção da Informação, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrigadoNoroesteMG/index.htm>>. Acesso em: 10 set. 2010a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Novas cultivares feijoeiro comum**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/folders/novascultivaresfeijoeiro.pdf> >. Acesso em: 17 ago. 2010b.

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

EVANS, R. J.; BANDEMEYER, S. Nutritive value of legumes seed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 15, n. 3, p. 439-443, June 1967.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.

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

GOYCOOLEA, F.; GONZÁLEZ, E.; BARRON, J. M. Efecto de los tratamientos caseros en las preparaciones de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 15, n. 2, p. 263-273, 1990.

HINCKS, M. J.; STANLEY, D. W. Signification: evidence for a role in hard - to - cook beans. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 11, n. 1, p. 41-45, Mar. 1987.

HUSSAIN, A.; WATTS, B. M.; BUSHUK, W. Hard-to-cook phenomenon in beans: changes in protein eletrophoretic patterns during storage. **Journal Food Science**, Chicago, v. 54, n. 5, p. 1367-1368, Sept. 1989.

IADEROZA, M. et al. Atividade de polifenoloxidase e alterações da cor e dos teores de taninos condensados em novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Coletânea ITAL**, Campinas, v. 19, p. 154-164, 1989.

IBARRA-PÉREZ, F. J.; CASTILHO-ROSALES, A.; CUELLAR-EVENOR, I. Treshing effect on cooking time in commercial beans cultivars from the semiarid highlands of Mexico. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, p. 264- 265, Feb. 1996.

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

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 81-84, Sept. 2001.

LAM-SANCHES, A. et al. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 2, n. 1, p. 35-44, 1990.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71-99.

LEMOS, L. B. et al. Características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 319-326, fev. 2004.

LIU, K. Cellular, biological and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 4, p. 263-298, 1995.

MACHADO, C. M.; FERRUZZI, M. G.; NIELSEN, S. S. Impacto f the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 9, p. 3102-3110, May 2008.

MARTIN-CABREJAS, M. A. et al. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 8, p. 3223-3227, Aug. 1997.

MELO, L. C. et al. **Adaptabilidade e estabilidade de produção da cultivar BRS Supremo em diferentes regiões brasileiras**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 4 p.

MOLINA, M. R. et al. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 3, p. 661-666, May 1976.

MORRIS, H. J.; WOOD, E. R. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. **Food Technology**, Chicago, v. 10, p. 225-229, 1956.

MOSCOSO, W. Efecto del almacenamiento a temperatura y humedad altas sobre algunas características físicas y químicas del frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 32, n. 2, p. 343-367, jun. 1982.

MOURA, A. C. C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

NEUWALD, D. A. et al. Feijão cv. FT Bonito armazenado em atmosfera inertizada e controlada. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 14., 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1999. p. 670-672.

OBIRO, W. C. et al. The nutraceutical role of the phaseolus vulgaris alpha – amylase inhibitor. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 100, n. 1, p. 1-12, Jan. 2008.

OLIVEIRA, V. R. **Análise físico-química, microbiológica e sensorial de cultivares de feijão**. 2008. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds: I effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PLHAK, L. C.; CALDWELL, K. B.; STANLEY, D. W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 326-336, May 1989.

PRIESTLEY, D. A. **Seed ageing**. Ithaca: Cornell University, 1986. 304 p.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 20, n. 1, p. 9-14, Sept. 1987.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-36.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

RAMOS JÚNIOR, 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. p. 222-224.

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

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scintiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007

RESENDE, O. et al. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 225-230, jan./fev. 2008

RESIO, A. N. C. et al. Analysis of simultaneous water absorption and water-starch reaction during soaking of amaranth grain. **Journal of Food Engineering**, London, v. 68, n. 2, p. 265-270, May 2005.

RESIO, A. N. C. et al. Study of some factors affecting water absorption by amaranth grain during soaking. **Journal of Food Engineering**, London, v. 60, n. 4, p. 391-396, Dec. 2003.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

RG NUTRI IDENTIDADE NUTRIÇÃO. **O feijão na alimentação do brasileiro**. Disponível em: < <http://www.rgnutri.com.br/sqv/saude/fab.php>>. Acesso em: 28 jul. 2010

RIBEIRO, N. D. et al. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.1, p. 157-163, 2007.

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

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v. 20, n. 4, p. 611-615, out./dez. 2009.

RODRIGUES, J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p. 209-213, jan./fev. 2005a

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

RODRIGUEZ, F. M.; MENDOZA, E. M. Physico-chemical basis for hardseedness in mung bean (*Vigna radiata* (L) Wilkzek). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington v. 38, n. 1, p. 29-32, Jan. 1990.

ROSTON, A. J. Feijão. **Boletim Técnico CATI**, Campinas, n. 199, p. 1-18, 1990.

ROZO, C.; BOURNE, M. C.; HOOD, L. F. Effect of storage time, relative humidity and temperature on the cookability of whole red kidney beans and on the cell wall components of the cotyledons. **Canadian Institute Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 23, n. 1, p. 72-75, 1990.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES; N. L.; VILELLA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 104-114, jun. 2005.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-66.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S. R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 543-562.

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. 92 p. Dissertation (Masters degree in crop science) - Kansas State University, Kansas, 1982.

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

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

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) protein. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v. 28, p. 93, 1982.

SIEWRIGHT, C. A.; SHIPE, W. F. Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 982-987, July 1986.

SILVA, C. D. **Condutividade elétrica e composição mineral da solução de embebição de sementes de feijão armazenadas em duas temperaturas**. 2009. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

SIMON, E. W.; RAJA HARUM, R. M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1076-1085, Nov. 1972.

STANLEY, D. W.; AGUILERA, J. M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, n. 4, p. 277-290, Dec. 1985.

STANLEY, D. W. A possible role for condensed tannins in bean hardening. **Food Research International**, Essex, v. 25, n. 3, p. 187-192, 1992.

SUN, W. Q.; LEOPOLD, A. C. The Maillard reaction and oxidative stress during aging of soybean seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 1, p. 94-104, Jan. 1995.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS. **O feijão na alimentação do brasileiro**. Disponível em:
<http://www.nutricaoosadia.com.br/2008_08_31_archive.html> Acesso em: 17 jul. 2010.

TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com zinco e manganês. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 83-88, 2005.

TOLEDO, T. C. F.; BRAZACA, S. G. C. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 355-360, abr./jun. 2008.

VALLE-VEGA, P. et al. Effects del anvejecimento acelerado sobre factores antinutricionais en frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 10, p. 1-22, jan./jun. 1990.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

VIEIRA, R. F. et al. Comportamento de feijão do tipo Jalo em Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 286, p. 603-612, 2002.

VIEIRA, R. F. et al. Tempo de cocção, rendimento alimentar e aceitabilidade de feijões secos dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 36, p. 525-537, 1989.

VINDIOLA, O.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. Accelerate development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods Word**, St. Paul, v. 31, n. 8, p. 538-552, 1986.

WASSIMI, N. N.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 452-458, May/June 1988.

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

YOKOYAMA, L. P. **Importância econômica**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. P. Aspectos conjunturais da cultura. In: _____. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**: características da produção. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

ZIMMERMANN, M. J. O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 223-273.