

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – CAMPUS CASCAVEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E QUÍMICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA  
DURANTE O ARMAZENAMENTO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS**

ANA JULIA BISPO DE ALMEIDA

CASCAVEL

2016

**ANA JULIA BISPO DE ALMEIDA**

**ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E QUÍMICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA  
DURANTE O ARMAZENAMENTO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Silvia Renata Machado Ceolho

Coorientadora: Priscila Zaczuk Bassinello

CASCADEL

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A444a	<p>Almeida, Ana Julia Bispo de Alterações tecnológicas e químicas de grãos de feijão carioca durante o armazenamento em condições controladas./Ana Julia Bispo de Almeida. Cascavel, 2015.</p> <p>65 p.</p> <p>Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sílvia Renata Machado Coelho Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscila Zaczuk Bassinello</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2015 Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola</p> <p>1. Teor de fitatos. 2. Tempo de cozimento. 3. Cor do tegumento. I. Coelho, Sílvia Renata Machado. II. Bassinello, Priscila Zaczuk. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.</p> <p>CDD 21.ed. 635.652 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9<sup>a</sup>/965

## ANA JULIA BISPO DE ALMEIDA

### ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E QUÍMICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA DURANTE O ARMAZENAMENTO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação stricto sensu em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas biológicos e agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de produção vegetal e pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



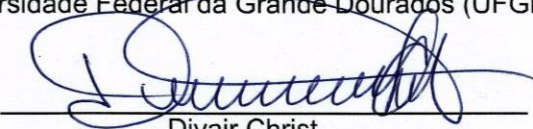
\_\_\_\_\_  
Orientador(a) - Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



\_\_\_\_\_  
Vanderléia Schoeninger

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)



\_\_\_\_\_  
Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 15 de fevereiro de 2016

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos que de que as grandes coisas dos homens  
foram conquistadas do que parecia impossível”.

(Charles Chaplin)

## **BIOGRAFIA**

Ana Julia Bispo de Almeida, brasileira, filha de Valdemar Bispo de Almeida e Lourdes Aparecida de Almeida, nasceu em Cascavel, Estado do Paraná, em 26 de junho de 1991. Em dezembro de 2008, concluiu o ensino médio no Colégio Professor Victorio Emanuel Ambrozino, Cascavel – PR. Durante o último ano do ensino médio participou de um projeto de iniciação científica júnior, na área de física experimental, desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Em fevereiro de 2009, iniciou o curso de graduação em Engenharia agrícola na UNIOESTE, graduando-se em dezembro de 2013, com menção honrosa pelo primeiro lugar na turma. Durante a graduação desenvolveu atividades de pesquisa, participando de cinco projetos de iniciação científica, sendo quatro deles ligados às áreas de armazenamento e qualidade tecnológica de grãos, e o quinto na área de tratamento de resíduos. No segundo semestre de 2013, fez estágio na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA – Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás – GO. Em fevereiro de 2014, ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE, sob a orientação da Professora Doutora Silvia Renata Machado Coelho e coorientação da Professora Doutora Priscila Zaczuk Bassinello.

Dedico aos meus pais Valdemar e Lourdes,  
a minha querida irmã Juliana e  
aos meus fieis companheiros Mayck e Paçoca.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me concedido a dádiva da vida e suporte nos momentos difíceis.

A minha família, por estar sempre ao meu lado transmitindo força e ensinamentos. Meus pais, Valdemar e Lourdes, por me ensinarem a distinguir o certo do errado. Especialmente minha irmã, Juliana, por ser um exemplo de perseverança e garra, por me animar nos momentos que quase quis desistir. Aos meus lindos e eternos filhotes, Mayck e Paçoca, por me fazerem companhia, às vezes até me distrair um pouco, mas sempre com muito carinho.

A minha orientadora Dra. Sílvia Renata Machado Coelho, por ter me conduzido até este momento, desde o primeiro ano de graduação ela foi mais que uma orientadora, foi sempre uma amiga disposta a ouvir e me aconselhar. Obrigada pela paciência e confiança que sempre depositou em mim e por todo o ensinamento que me passou ao longo dos anos de curso.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e a todos aqueles que fizeram parte da minha trajetória de formação, durante esses sete anos na Unioeste. Aos funcionários e técnicos da Universidade. Ao técnico do Laboratório de Saneamento Ambiental, Edson Cunha, por estar sempre à disposição para nos ajudar.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola - PGEAGRI. Aos docentes do PGEAGRI, por todo conhecimento compartilhado durante esta trajetória.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa.

À Embrapa Arroz e Feijão, pela concessão de amostras de feijão para a realização deste experimento. Em especial a minha coorientadora Dra. Priscila Z. Bassinello, por ter compartilhado as ideias iniciais desse trabalho.

A todos meus amigos, essenciais durante esse processo de escrever uma dissertação, tanto àqueles que me ajudaram dando força e me animando durante esta jornada: Alexandra, Anne, Beatriz, Karla, Mayara e Mateus como àqueles que tiveram um papel direto neste processo: Rose Mary Q. Silochi, Flávia Cassol, Francielly Torres e, em especial, a Vanderleia Schoeninger, por contribuir nas análises estatísticas deste trabalho. Aos demais colegas do PGEAGRI, com os quais convivi durante o desenvolvimento das disciplinas e em outros momentos, também agradeço.

Enfim, obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram com mais esta importante etapa em minha vida.



# ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS E QUÍMICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA DURANTE O ARMAZENAMENTO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

## RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento tradicional na dieta humana por ter baixo teor de gorduras e ser rico em vitaminas, proteínas, fibras, carboidratos e minerais. Ele está presente no cardápio dos brasileiros de todas as regiões do Brasil e é consumido em todas as classes sociais. Porém, um dos grandes problemas relacionados a este produto é o longo tempo de armazenamento e a ausência de controle de temperatura e umidade, que causam redução da qualidade desta leguminosa. Assim, este estudo teve o objetivo de identificar as modificações tecnológicas e químicas nos grãos de cultivares de feijão carioca durante o armazenamento em condições controladas de temperatura e umidade. Grãos de quatro variedades do grupo carioca, BRS Madrepérola, BRS Estilo, BRS Pontal e CNFC 10467, patenteadas pela Embrapa, foram armazenados em recipientes de acrílico, herméticos, com umidade controlada com soluções salinas saturadas e, para o controle de temperatura, os mesmos foram colocados em uma câmara de controle de temperatura, do tipo BOD. Foi verificado que a BRS Madrepérola foi superior quanto ao parâmetro de cor luminosidade ao ser comparada às demais variedades estudadas. A condição de armazenamento foi o fator que mais influenciou a diferença de cor nos grãos. Os fatores condição de armazenamento e tempo de armazenamento influenciaram no aumento do tempo de cozimento e a interação desses dois fatores exerceu efeito combinado no aumento do tempo de cozimento, para todas as variedades estudadas. Os grãos armazenados na condição 27 °C e 75% de umidade aos 108 dias apresentaram característica de efeito *Hard-to-Cook*. Os fatores estudados não exerceram efeitos significativos sobre o valor do teor de fitatos. O fator tempo de armazenamento exerce efeito negativo sobre o teor de fósforo das variedades estudadas. A variedade BRS Pontal foi a que mais se diferenciou das demais variedades estudadas. As variedades CNFC 10467 e Madrepérola são mais semelhantes quanto aos parâmetros estudados.

**Palavras-chave:** Teor de fitatos; tempo de cozimento; cor do tegumento.

# TECHNOLOGICAL AND CHEMICAL CHANGES OF COMMON BEAN GRAINS DURING STORAGE PERIOD UNDER CONTROLLED CONDITIONS

## ABSTRACT

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are traditional in human diet since they show low fat, high contents of vitamins, protein, fiber, carbohydrates and minerals. It is present in Brazilians meals wherever you go in Brazil and it is consumed in all social classes. However, one of the main problems with this product is the long storage term, whose temperature and humidity control have not been carried correctly out, consequently, there is a decrease on these grains quality. Thus, this study aimed at identifying technological and chemical changes in the grains of common bean cultivars during the storage term under controlled temperature and humidity conditions. Four varieties of grains as carioca group, BRS Madrepérola, BRS Estilo, BRS Pontal and CNFC 10467, patentable by Embrapa, were stored in hermetic acrylic containers. Humidity was controlled by saturated salt solutions, while, in order to control temperature, the grains were placed in a controlled temperature chamber, BOD type. It was found out that BRS Madrepérola variety was superior regarding the brightness color parameter when compared to the other studied varieties. The storage condition was the factor that most influenced the color difference in grains. Factors as storage conditions and storage term have influenced the increase on cooking time; and the interaction of both factors showed a combined effect on increasing cooking time for all studied varieties. The grains stored under 27 °C and 75% humidity conditions and at 108 days have also shown a Hard-to-Cook effect characteristic. These studied factors did not show significant effects on phytate content value. Although, the storage period has shown a negative effect on phosphorus content of the studied varieties. BRS Pontal variety was the most different from the other studied ones. And varieties as CNFC 10467 and BRS Madrepérola were more similar, as the parameters examined.

**Keywords:** phytates content; cooking period; integument color.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Geral .....	3
2.2 Específicos .....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
3.1 Importância do feijão no cenário nacional.....	4
3.2 Qualidade nutricional.....	5
3.3 Qualidade tecnológica .....	6
3.4 Armazenamento .....	9
3.5 Ácido fítico (Fitato).....	10
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
4.1 Armazenamento .....	12
4.2 Planejamento experimental .....	13
4.3 Análise tecnológica dos grãos .....	13
4.3.1 Parâmetros de cor do tegumento .....	13
4.3.2 Tempo de cozimento .....	14
4.4 Análises químicas nos grãos de feijão.....	14
4.4.1 Determinação de micronutrientes cálcio, magnésio, manganês e zinco .....	15
4.4.2 Determinação de fósforo .....	15
4.4.3 Determinação de ácido fítico .....	15
4.5 Análise estatística .....	16
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
5.1 Condição inicial .....	17
5.2 Análise exploratória .....	18
5.2.1 Cor .....	18
5.2.2 Tempo de cozimento .....	21
5.2.3 Parâmetros químicos.....	21
5.3 Análise dos efeitos principais dos parâmetros de cor L*, a* e b* .....	23
5.3.1 Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo.....	24

5.3.2	Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467 .....	25
5.3.3	Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal .....	26
5.3.4	Combinação BRS Estilo com CNFC 10467 .....	26
5.3.5	Combinação BRS Estilo com BRS Pontal .....	26
5.3.6	Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal.....	27
5.4	Análise dos efeitos principais dos parâmetros de cor $C^*$ , $h^*$ e $\Delta E$ .....	27
5.4.1	Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo.....	29
5.4.2	Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467.....	29
5.4.3	Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal .....	30
5.4.4	Combinação BRS Estilo com CNFC 10467 .....	30
5.4.5	Combinação BRS Estilo com BRS Pontal .....	30
5.4.6	Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal.....	31
5.5	Análise dos efeitos principais dos parâmetros fitatos, fósforo e tempo de cozimento	31
5.5.1	Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo.....	33
5.5.2	Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467.....	33
5.5.3	Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal .....	33
5.5.4	Combinação BRS Estilo com CNFC 10467 .....	34
5.5.5	Combinação BRS Estilo com BRS Pontal .....	34
5.5.6	Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal.....	34
5.6	Análise dos efeitos principais dos minerais (Ca, Mg e Mn) .....	35
5.6.1	Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo.....	36
5.6.2	Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467 .....	36
5.6.3	Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal .....	37
5.6.4	Combinação BRS Estilo com CNFC 10467 .....	37
5.6.5	Combinação BRS Estilo com BRS Pontal .....	38
5.6.6	Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal.....	38
5.7	Correlação de Pearson.....	39
5.8	Análise multivariada .....	40
5.8.1	Biplot .....	40
5.8.2	Análise de <i>cluster</i> aglomerativa hierárquica .....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B	Boro
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nitrato de cálcio
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
DCC	Delineamento Composto Central
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
Fe	Ferro
IP6	Ácido fítico ou ácido hexafosfórico
K	Potássio
K <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	Carbonato de potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
NaCl	Cloreto de sódio
P	Fósforo
S	Enxofre
TC	Tempo de cozimento
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Zn	Zinco

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Matriz do delineamento composto central (DCC), definindo os níveis iniciais estabelecidos para as três variáveis independentes estudadas.....	13
<b>Tabela 2</b>	Média dos parâmetros tecnológicos e químicos iniciais das quatro variedades estudadas, para o tempo zero .....	17
<b>Tabela 3</b>	Média dos ensaios para os parâmetros tecnológicos L, a*, b* e C, para as quatro variedades estudadas.....	18
<b>Tabela 4</b>	Média dos ensaios para os parâmetros tecnológicos h*, ΔE e tempo de cozimento, para as quatro variedades estudadas.....	20
<b>Tabela 5</b>	Média dos ensaios para os parâmetros químicos fitato, P, Ca Mn e Mg, para as quatro variedades estudadas.....	22
<b>Tabela 6</b>	Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15º/45%, 21º/ 60% e 27º/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros de cor: luminosidade (L*), cromaticidade a* e cromaticidade b* .....	23
<b>Tabela 7</b>	Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15º/45%, 21º/ 60% e 27º/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros de cor: índice de croma (C), ângulo Hue (h*) e diferença de cor (ΔE) .....	28
<b>Tabela 8</b>	Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15º/45%, 21º/60% e 27º/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros fitatos, fósforo e tempo de cozimento .....	32
<b>Tabela 9</b>	Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15º/45%, 21º/ 60% e 27º/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros Ca, Mg e Mn .....	35
<b>Tabela 10</b>	Estimativas das correlações de Pearson entre as variáveis de qualidade tecnológicas e químicas das variedades de feijão carioca .....	39

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema para medição de cores CIELAB 1976, L* (claro-escuro), a* (verde-vermelha) e b* (azul-amarelo). ....	7
<b>Figura 2</b>	Geometria do modelo de cor CIELAB 1976, L* (claro-escuro), H* (ângulo de coloração), C* (índice de croma) a* (verde-vermelha) e b* (azul-amarelo). ....	8
<b>Figura 3</b>	Ácido fítico combinado com íons bivalentes, aminoácidos e proteínas para formar fitato em condições de pH ácido/básico. ....	11
<b>Figura 4</b>	Esquema das caixas em que os grãos de feijão carioca foram armazenados. ...	12
<b>Figura 5</b>	Biplot resultante da análise de componentes principais, para as 4 variedades de feijão carioca e 12 variáveis dependentes estudadas. ....	41
<b>Figura 6</b>	Dendrograma resultante da análise de <i>cluster</i> aglomerativa hierárquica. para quatro cultivares de feijão carioca (BRS Madrepérola, BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Pontal). ....	41

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento tradicional na dieta humana, por ter baixo teor de gorduras e ser rico em vitaminas, proteínas, carboidratos e minerais (PAN *et al.* 2010). Ele está presente na mesa dos brasileiros de todas as classes sociais e em todo território nacional. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2015), de cada dez brasileiros sete consomem feijão diariamente. Há uma grande variedade dessa leguminosa, com diferentes cores, formas e tamanhos, possibilitando atender aos hábitos de cada região do país.

O Brasil possui o primeiro lugar em consumo de feijão e está em terceiro lugar no *ranking* mundial de produção de feijão comum. Entre os diversos grupos de feijões comerciais, merecem destaque os grãos do grupo carioca que são os preferidos pela população e representam cerca de 70% do mercado consumidor nacional (SILOCHI, 2015).

O feijão é uma das principais fontes de proteína vegetal da população. Em conjunto com o arroz, propicia uma alimentação saudável e rica em nutrientes (SCHOENINGER, 2015). Estudos comprovam que o grão está relacionado com a redução no número de enfermidades crônico-degenerativas, cardiovasculares e diabetes, além de estar relacionado com a diminuição dos níveis de glicemia e pressão arterial.

É um produto de grande importância na economia brasileira, por ser produzido em todo o território nacional. Além de exercer uma significativa importância social, pela grande quantidade de mão de obra envolvida em todas as fases da cultura. O feijão é produzido tanto pela agricultura familiar quanto pelos grandes latifundiários. Nos últimos anos, os produtores dessa leguminosa estão utilizando novas tecnologias para facilitar e aumentar a produção, entre elas a irrigação e a colheita mecanizada.

Para ser consumido é necessário processar o feijão por cozimento, o que demanda tempo no preparo. Com a mulher cada vez mais inserida no mercado de trabalho, as pessoas passaram a ter menos tempo para se dedicarem ao preparo de suas refeições, substituindo alimentos como o feijão, que requer maior tempo para o preparo, por alimentos de preparo rápido (SCHOENINGER, 2015).

Outro problema relacionado ao feijão está no armazenamento inadequado e prolongado, que reduzem a qualidade nutricional e tecnológica dos grãos. No Brasil, muitas vezes, o armazenamento é feito sem o necessário controle das condições de temperatura e umidade relativa, que são extremamente importantes para manutenção da qualidade do produto. Os consumidores preferem o feijão recém-colhido, rejeitando o produto envelhecido, por exigir maior tempo de cozimento e apresentar escurecimento do tegumento.



A qualidade tecnológica e química de diferentes cultivares de feijão armazenados têm sido pouco estudada e, diante das considerações acima, é importante avaliar o efeito destes parâmetros durante o armazenamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Identificar as modificações tecnológicas e químicas nos grãos de cultivares de feijão carioca, durante o armazenamento em condições controladas de temperatura e umidade relativa.

### **2.2 Específicos**

- Verificar o efeito dos fatores tempo e condições de armazenamento na qualidade da cor do tegumento e no tempo de cozimento dos diferentes cultivares de feijão;
- Analisar as modificações dos minerais cálcio (Ca), manganês (Mn) e fósforo (P) nos grãos armazenados;
- Observar se os grãos de feijão carioca serão afetados pelo fenômeno *hard-to-cook*, nas condições e período de armazenamento avaliados neste estudo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância do feijão no cenário nacional

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) está presente no cardápio dos brasileiros de todas as regiões do Brasil, sendo consumido por brasileiros de todas as classes sociais. A combinação de feijão e arroz no prato principal forma uma boa relação do ponto de vista nutricional, como fonte de proteína de boa qualidade, fibra e carboidrato (BASSINELLO *et al.*, 2005). O gênero *Phaseolus* compreende todas as espécies conhecidas como feijão, sendo a *Phaseolus vulgaris* L. a mais popular e a que possui inúmeras variedades tais como: carioca, roxo, mulatinho, preto etc. (PIRES *et al.*, 2005). Essa grande variedade possibilita atender às preferências da população de todo território nacional.

Além do importante papel na alimentação da população brasileira, o feijão está entre os produtos agrícolas que exercem papel de significativa importância na ordem econômico-social, devido, principalmente, à grande quantidade de mão de obra envolvida durante todo ciclo da cultura (EMBRAPA, 2005) e ao cultivo praticado em todo o território nacional. Em pequenas propriedades, o cultivo é praticado como cultura de subsistência, contudo, com o passar dos anos, houve crescente interesse de produtores de outras classes, adotando tecnologias avançadas, incluindo a irrigação e a colheita mecanizada, sendo hoje cultivado desde propriedades dedicadas à agricultura familiar até em grandes áreas de latifúndio (NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Segundo os dados disponibilizados pela FAO (2013), a produção mundial média, no período de 2007 a 2011, foi de 21,9 milhões de toneladas. Os 5 principais países produtores, que respondem juntos por cerca de 59% da produção média mundial, são: Índia (17%), Brasil e Mianmar (15%) cada um, China (7%) e EUA (5%).

Apenas uma pequena fração da produção de feijão brasileira é exportada, sendo que. Em 2011, 4,4 mil toneladas do grão foram exportadas. Entre os principais grupos exportados estão o carioca, o preto, o caupi ou feijão de corda e o rajado (BRASIL, 2015).

A Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) realizada no Brasil comparou os dados de consumo aparente de feijão, ou seja, aquele que considera dados de estoque, produção, importação, exportação e estimativa da população, entre os anos de 2003 e 2009, e verificou que o consumo passou de 16,3 para 17,6 kg.per capita.ano<sup>-1</sup> (SCHOENINGER, 2015). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística constatou, em contrapartida, durante o mesmo período, uma diminuição significativa na aquisição domiciliar do feijão pelas famílias brasileiras, de 12,4, em 2003, para 9,1 kg.per capita.ano<sup>-1</sup>, em 2009 (IBGE, 2012),

ou seja, uma redução de 26%, o que indica que este consumo maior se dá fora de suas residências.

### 3.2 Qualidade nutricional

O feijão é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano, como proteínas, ferro (Fe), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. O conteúdo proteico do feijão varia de 16 a 33%, porém, o valor biológico é baixo, quando consumido isoladamente. Quando combinado com arroz, por exemplo, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva, pois o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados e rico em lisina; o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados (MESQUITA *et al.*, 2007).

A composição total de carboidratos de feijões secos varia de 60 a 65%. O principal carboidrato armazenado é o amido, com pequenas quantidades de monossacarídeos e dissacarídeos (PIRES *et al.*, 2005). Uma fração substancial dos carboidratos presentes no feijão encontra-se na forma de fibra como celulose e hemicelulose, variando, no feijão cozido, entre 3 e 7%. Os feijões são ricos em fibras solúveis. Há estudos que comprovam que essas fibras são responsáveis por reduzir o colesterol e o nível de açúcares no sangue. O feijão é uma fonte relativamente boa de vitaminas hidrossolúveis, dentre elas a tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B<sub>6</sub> e ácido fólico (BASSINELLO, 2014).

A digestibilidade dos nutrientes contidos no feijão aumenta após o processamento térmico, especialmente pelo calor úmido. Sendo resultado da desnaturação de fatores antinutricionais de natureza proteica. O processo de cozimento não destrói os taninos, mas boa parte é removida com o caldo do cozimento (BASSINELLO, 2014).

O conteúdo de lipídeos de feijão é baixo, variando de 0,8 a 1,5%, podendo oscilar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais e tipo de solo no qual é cultivado (GEIL; ANDERSON, 1994).

Os feijões são importante fonte de minerais essenciais na dieta humana, como Fe, fósforo (P), Mg, Mn e, em menor grau, de Zn, cobre (Cu) e Ca. Os fatores antinutricionais presentes no feijão, como os fitatos, polifenóis (taninos) e a própria fibra dietética, podem afetar a biodisponibilidade destes minerais (BASSINELLO, 2014).

Os minerais presentes nos alimentos são fundamentais na dieta humana. Estes atuam no funcionamento do organismo, transporte de oxigênio, metabolismos energéticos, balanço hídrico, atividade enzimática e estrutural (BURATTO, 2012). Portanto, o consumo diário destes minerais é de extrema importância para o ser humano.

Segundo estudo realizado por Buratto (2012), o teor mineral pode variar em função do cultivar de feijão utilizado e também da estrutura do grão analisado, pois, ao pesquisar os minerais potássio (K), P, Mg, Cu, Zn, boro (B), Mn, Fe e S, verificou que estes se apresentam em maior quantidade no cotilédone. Outros fatores relevantes na variação dos minerais nos grãos de feijão são o processamento, armazenamento, temperatura e os métodos de preservação e preparação (RAMIREZ-CARDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Ribeiro *et al.* (2007), ao estudarem a composição química de genótipos de feijão desenvolvidos no Brasil e a interação destes considerando o valor médio, verificaram que os minerais que apresentam quantidades mais significativas são Fe (71,54 mg.Kg<sup>-1</sup>), seguido pelo Zn (30,05 mg.Kg<sup>-1</sup>), Mn (18,88 mg.Kg<sup>-1</sup>), Cu (9,52 mg.Kg<sup>-1</sup>) e B (8,27 mg.Kg<sup>-1</sup>).

Cvitanich *et al.* (2010) verificaram que há diferenciações na concentração de Fe no eixo embrionário e no tegumento de diferentes variedades de feijão. Essa concentração varia de 43 a 80 µg.g<sup>-1</sup>, 46 a 103 80 µg.g<sup>-1</sup> e 17 a 132 80 µg.g<sup>-1</sup>, conforme o genótipo.

Ao analisar os teores de Fe, Zn e Mn em 19 cultivares de feijão em grãos crus, Oliveira *et al.* (2009) obtiveram o números, 71,5, 30,0 e 18,9 mg.Kg<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente, resultados semelhantes aos de pesquisas anteriores.

Prolla *et al.* (2010) fizeram uma pesquisa na qual analisaram as características de 16 cultivares de feijão comum por duas safras consecutivas. As características foram classificadas em grupos de acordo com o conteúdo analisado, sendo, proteína bruta, fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel/insolúvel, amido resistente e amido disponível. Com base nas amostras foram avaliados as concentrações de Fe, Mn, Zn e P. Os resultados apontaram níveis de Fe de 8,26 a 9,65 mg.100g<sup>-1</sup>, de Mn de 1,35 a 1,67 mg.100g<sup>-1</sup>, de Zn de 3,18 a 3,57 mg.100g<sup>-1</sup> e de P de 3,58 a 3,35 g.kg<sup>-1</sup>.

### 3.3 Qualidade tecnológica

As principais características físicas e químicas relacionadas com a 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, e qualidade nutricional (BASSINELLO, 2014).

A cor do feijão é uma das atribuições da qualidade tecnológica, que influencia o consumidor no momento da compra. O escurecimento do grão se dá de acordo com as condições de armazenamento e o consumidor associa o grão escurecido com seu envelhecimento e, conseqüente, endurecimento, depreciando assim seu valor comercial (BASSINELLO *et al.*, 2005).

O tempo de cozimento é um parâmetro de qualidade tecnológica que interfere na seleção de linhagens promissoras, porém, podem ocorrer variações para o mesmo cultivar

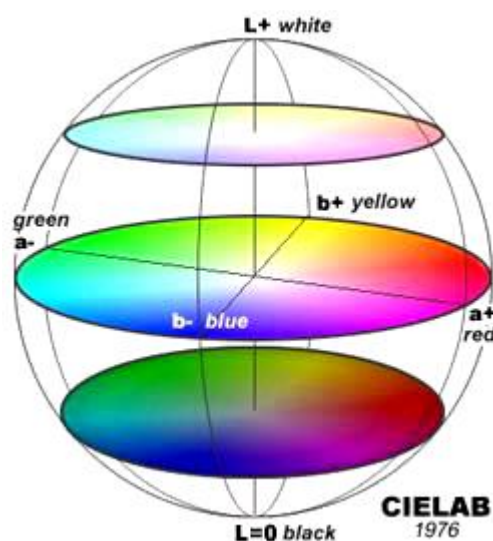
de acordo com o ambiente, época e prática de cultivo, assim como as condições e o tempo de armazenamento (ZAMINDAR *et al.*, 2013). Longos períodos de armazenamento prejudicam a qualidade tecnológica dos grãos, principalmente com o aumento do tempo de cozimento e o escurecimento do tegumento dos grãos.

Para o consumidor as características tecnológicas que se destacam no momento de adquirir o produto são o tamanho dos grãos, a cor do tegumento e o brilho. Portanto, a cor do tegumento é uma característica decisiva para o sucesso de um cultivar.

Para avaliar a aceitação do produto por parte dos consumidores a cor dos grãos de feijão é um dos parâmetros de qualidade de grande importância, pois a mesma define, muitas vezes, a preferência do consumidor. Características como a cor, o tamanho e o brilho do grão de feijão, podem determinar o seu consumo, enquanto a cor do halo pode também influenciar na comercialização. Os grãos maiores e mais brilhosos são melhor aceitos que os menores e opacos. A preferência do consumidor norteia a seleção e obtenção de novos cultivares, exigindo destes não apenas boas características agronômicas, mas também valor comercial no varejo (EMBRAPA, 2003).

Souza *et al.* (2012) explicam que os feijões alteram suas características de cor de acordo com o período de armazenamento e condições iniciais de cultivo, e que os feijões do grupo carioca possuem cor característica creme com listras marrom.

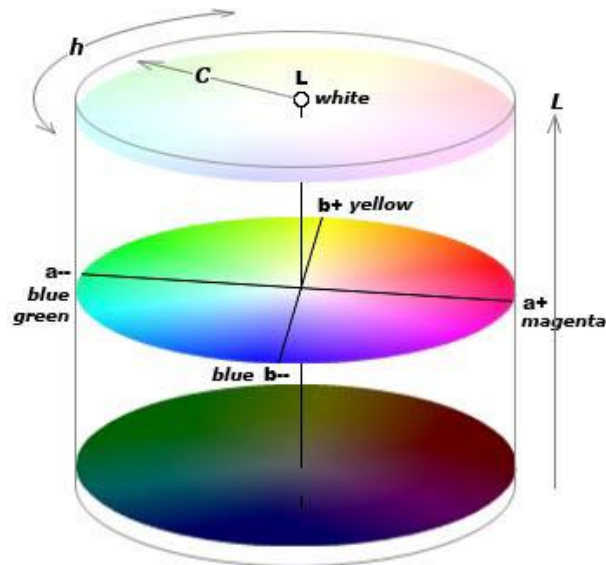
A medida de cor é um parâmetro objetivo usado, entre outras aplicações, como um índice de qualidade para os alimentos crus ou processados e para a avaliação de mudanças na qualidade, em consequência do processamento, armazenamento ou outros fatores (GIESE, 2000). Diversos métodos foram desenvolvidos para a análise da cor, mas o sistema CIELAB 1976 (Comissão Internacional de Iluminantes) (Figura 1) é o que apresenta maior aceitação, pois é o mais indicativo da percepção sensorial (GRANATTO, MASSON, 2010).



**Figura 1** Esquema para medição de cores CIELAB 1976,  $L^*$  (claro-escuro),  $a^*$  (verde-vermelha) e  $b^*$  (azul-amarelo).

**Fonte:** Handprint (2010).

O sistema CIELAB 1976 mede o grau de luminosidade ( $L^*$ ), que é a relação entre a luz refletida e absorvida, cromaticidade vermelha/verde ( $\pm a^*$ ) e cromaticidade amarela/azul ( $\pm b^*$ ). A cor, representada no sistema de coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), mostra variáveis dependentes e de difícil interpretação, quando avaliadas separadamente. A maneira mais apropriada para a interpretação dos resultados é por meio de transformação em coordenadas polares, como é possível observar na Figura 2.



**Figura 2** Geometria do modelo de cor CIELAB 1976,  $L^*$  (claro-escuro),  $H^*$  (ângulo de coloração),  $C^*$  (índice de croma)  $a^*$  (verde-vermelha) e  $b^*$  (azul-amarelo).

Fonte: Handprint (2010).

O ângulo de coloração ou tom ( $H^*$ ) é o aspecto da cor mais familiar que pode ser descrito, pois, identifica cores como vermelho, verde, azul ou amarelo (Figura 2). Inicia no eixo  $+a^*$  e é expresso em graus:  $0^\circ$  para vermelho ( $+a^*$ ),  $90^\circ$  para amarelo ( $+b^*$ ),  $180^\circ$  para verde ( $-a^*$ ) e  $270^\circ$  para azul ( $-b^*$ ). O índice de croma ( $C^*$ ) indica a intensidade ou pureza do tom, independente de quão clara ou escura é a cor. Quanto maior é o seu valor mais intensa ou altamente cromática é a cor, parecendo luminosa ou concentrada, enquanto que valores baixos (acromático) indicam cor acinzentada, fraca ou diluída (HILL; WELLS; WELLS, 1997).

O tempo de cozimento é um dos parâmetros de qualidade que mais influenciam os consumidores na hora de comprar o produto. Os consumidores têm preferência por grãos recém-colhidos, que apresentam um tempo de cozimento menor.

Muitos são os fatores que influenciam no tempo de cozimento dos grãos, dentre eles o cultivar, as condições do ambiente da cultura, as condições e o tempo de armazenagem (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

Em relação ao feijão recém-colhido, a casca contribui com cerca de 55% do tempo de cozimento do feijão. No feijão armazenado, contribui com mais de 75% desse tempo.

Portanto, a casca é a primeira barreira para o cozimento do feijão e é fator responsável pela dureza do grão e, conseqüentemente, pelo tempo de cozimento (BASSINELLO, 2014).

Os grãos armazenados tendem a cozinhar mais lentamente, como resultado há um maior consumo de tempo e energia. Durante o armazenamento, o tegumento do feijão perde a sua permeabilidade, o que contribui para o aumento no tempo de cozimento.

### 3.4 Armazenamento

Até chegar a mesa do consumidor, o feijão passa, inevitavelmente, por um período de armazenamento. Este período é, em média, de quatro meses, porém, já é o suficiente para que ocorram alterações na composição do grão, resultando na resistência à cocção e em alterações nutricionais (OLIVEIRA, 2011). A temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na qualidade do grão durante o armazenamento e interferem no tempo de cozimento (RIBEIRO, 2006).

Durante esse período, compostos presentes no tegumento da semente podem sofrer oxidação ou outras mudanças químicas que levam a novos compostos que mudam a cor dos grãos. As causas exatas do pós escurecimento não são bem conhecidas, mas elas parecem ter em conta uma combinação de ambiente, genética e alterações químicas que ocorrem dentro do tegumento. O escurecimento é acelerado pela exposição à luz, alta temperatura e umidade durante o armazenamento (MARTIN-CABREJAS *et al.*, 1997). No processo de estocagem do grão de feijão ocorre a deterioração gradual, irreversível e cumulativa do mesmo, e a velocidade que ocorre depende da condição de armazenamento, do produto e ambiente (LIMA, 2013).

Armazenar o feijão carioca, mesmo que por um curto período de tempo, tornou-se um risco, devido a sua rápida mudança de cor e conseqüente perda de valor de mercado. Com isso pesquisadores desenvolveram e disponibilizaram aos produtores cultivares que mantêm a tonalidade do grão por mais de um ano, tais como Milênio, Alvorada, Estilo, Requite e ANFC9. Essas variedades estão ganhando mercado e, possivelmente, substituirão gradativamente o feijão carioca, pois apresentam boa produtividade, bom caldo e boa aceitação na mesa do brasileiro (CONAB, 2015).

As alterações físicas, biológicas e químicas ocorridas durante a estocagem, além de escurecerem os grãos também os tornam endurecidos, fenômeno conhecido como efeito *hard-to-cook* (HTC) ou “difícil de cozinhar”. Esse fenômeno causa o aumento do tempo de cocção, alterações de textura e sabor e diminuição do valor nutritivo do feijão (MARTÍN-CABREJAS *et al.*, 1997). O HTC ocorre em altas temperaturas e alta umidade relativa de armazenamento. Outro fenômeno causado pelas más condições de armazenamento é o efeito *Hardshell*, também pode ser chamado de o fenômeno da casca dura, que impede a



reidratação dos grãos, sendo favorecido pelas condições de baixa umidade relativa na atmosfera de armazenamento, e pelo alto teor de água nos grãos (RESENDE *et al.*, 2008).

### 3.5 Ácido fítico (Fitato)

O metabolismo secundário compreende a produção de metabólitos a partir de reações enzimáticas com a formação de compostos fenólicos, terpenos e alcaloides (produtos nitrogenados) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Pesquisas têm possibilitado demonstrar que os compostos fenólicos estão correlacionados com o escurecimento de grãos, quando na presença de oxigênio, fato ocasionado por oxidações enzimáticas pela peroxidase e polifenoloxidasas, ocorridas no tegumento (SARTORI, 1982). Dentre os polifenóis de maior importância, destacam-se os ácidos fenólicos, os flavonoides e os taninos.

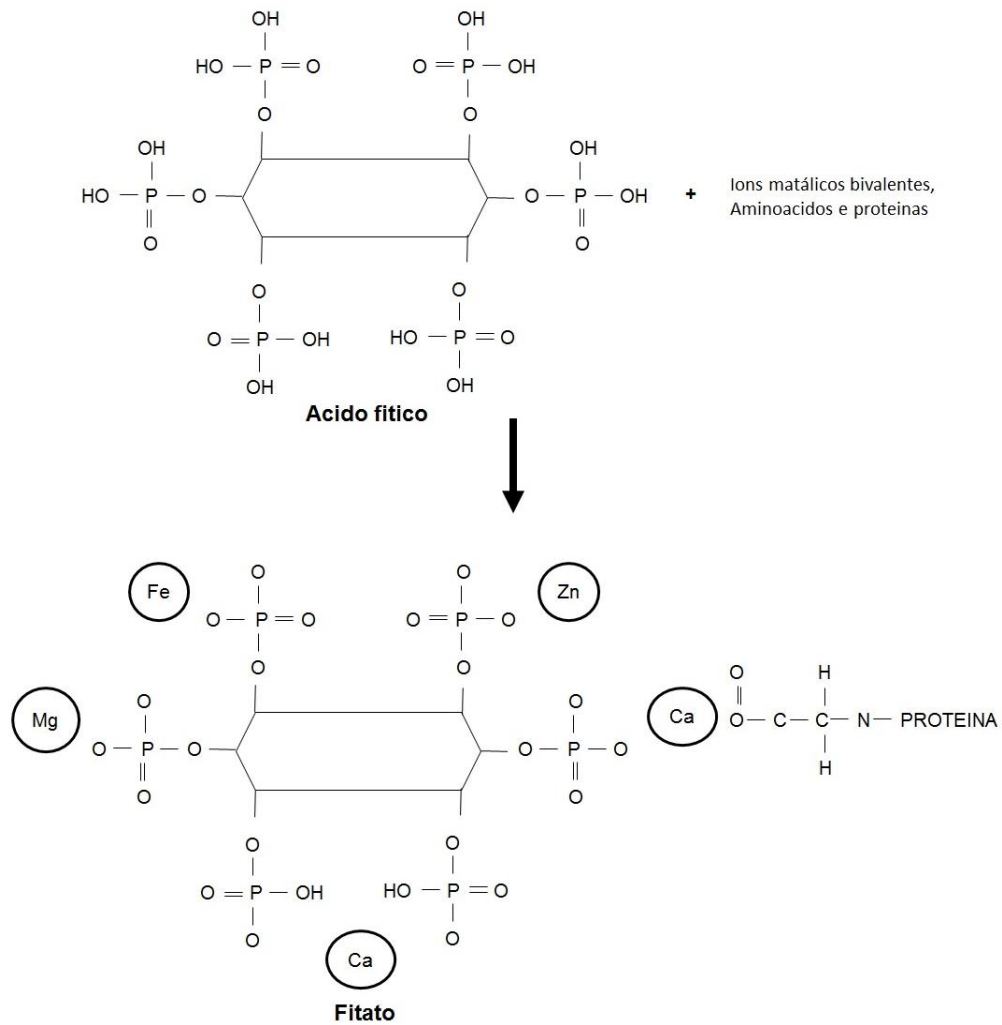
O ácido fítico ou ácido hexafosfórico (IP6) constitui, aproximadamente, 1 a 2% da massa do grão, podendo alcançar índices de 3 a 6% em alguns cereais (KASIM; EDWARDS, 1998) e se apresenta na forma de fitato como sais de potássio-magnésio.

Os fitatos são compostos naturais, formados durante o processo de maturação das sementes, e responsáveis pela iniciação da dormência (MAGA, 1982). O fitato é depositado nas sementes de feijão dentro dos organelos de armazenamento de membrana única, denominada corpo proteico (COELHO *et al.*, 2008). Os fitatos são principalmente complexado com minerais (K, Mg, Ca, Fe e Zn) e são conhecidos como fitina (REDDY *et al.*; 1989).

Estes compostos ácido fítico possuem habilidade de formar quelantes com íons de minerais, tais como Ca, Mg e proteínas, formando complexos solúveis resistentes à ação no trato intestinal (AGOSTINI; IDA, 2006). Esse processo confere sua propriedade antinutricional.

O fitato ou ácido fítico representa 65-85% do total de P do grão (REDDY *et al.*; 1989). Segundo Coelho *et al.* (2007), a quantidade de fitato que se decompõe durante o armazenamento do feijão pode estar relacionada diretamente com o desenvolvimento do fenômeno *hard-to-cook* (HTC).

Segundo Heinzl (1996), o ácido fítico constitui-se da esterificação do álcool cíclico inositol, junto com seis grupos de ácido fosfórico. De acordo com Newman (1991), o fitato, que é duodeca-ânion do ácido fítico, é conhecido quimicamente como ácido-inositol-hexafosfórico e este, quando combinado com cátions bivalentes como Ca, Mn, Mg, Fe e Zn, torna-se indisponível para consumo, como é possível observar na Figura 3.



**Figura 3** Ácido fítico combinado com íons bivalentes, aminoácidos e proteínas para formar fitato em condições de pH ácido/básico.

**Fonte:** Fireman e Fireman (1998).

Kornegay (1996) ressalta que o fitato possui influência negativa na solubilidade das proteínas e sugere que, em condições, adequadas os grupos carboxil de alguns aminoácidos podem fazer ligação com o fitato e usar minerais bivalentes como ponte de ligação.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

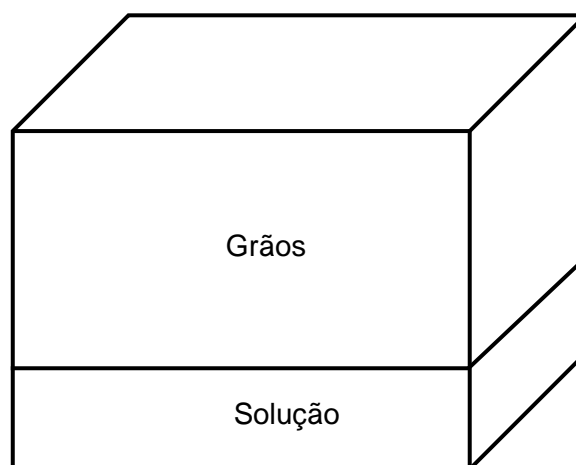
O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle e Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), no *campus* de Cascavel – PR, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Arroz e Feijão (EMBRAPA), localizada em Santo Antônio de Goiás – GO.

Foram utilizados grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) dos cultivares BRS Madrepérola, BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Pontal, cultivados em Santo Antônio de Goiás – GO, provenientes da safra das águas de 2013. Foram utilizados estes cultivares, porque esta dissertação faz parte projeto de pesquisa Macroprograma 2 – DarkBean, da Embrapa – Arroz e feijão. Os cultivares foram escolhidas por serem grãos desenvolvidos pela Embrapa. As faixas das condições de temperatura e umidade foram determinadas com base nos estudos que estão sendo realizados na Embrapa.

A colheita das parcelas foi realizada manualmente. As vagens foram trilhadas em trilhadora mecânica e os grãos foram secos naturalmente, até atingirem cerca de 13% de teor de água (b.u.). A condição de armazenamento se deu em função de diferentes associações em temperatura e umidade relativa.

### 4.1 Armazenamento

Os grãos foram acondicionados em recipientes de acrílico herméticos, com controle de temperatura e umidade relativa, como mostra o esquema na figura abaixo.



**Figura 4** Esquema das caixas em que os grãos de feijão carioca foram armazenados.

Foram utilizados 12 Kg de feijão para cada faixa de temperatura e umidade relativa. Utilizaram-se soluções salinas saturadas para conseguir as umidades desejadas e para mantê-los nas temperaturas determinadas os recipientes foram colocados em câmaras climatizadas. Para a combinação 15 °C e 45% de umidade foi utilizado o sal carbonato de potássio ( $K_2CO_2$ ), para fazer a solução salina saturada, para a combinação 21 °C e 60% de umidade foi utilizada a solução salina saturada com o sal nitrato de cálcio ( $Ca(NO_3)_2$ ), já para a combinação 27 °C e 75% de umidade foi utilizado o sal cloreto de sódio (NaCl). Os grãos foram armazenados nessas condições, por 108 dias, conforme o planejamento estatístico.

#### 4.2 Planejamento experimental

O experimento foi montado utilizando-se um delineamento composto central (DCC). Foram armazenados quatro cultivares de feijão carioca por um período de 108 dias, com três combinações de condições de temperatura e umidade. Os fatores estudados são apresentados na Tabela 1, juntamente com seus respectivos níveis.

**Tabela 1** Matriz do delineamento composto central (DCC), definindo os níveis iniciais estabelecidos para as três variáveis independentes estudadas

FATORES	NÍVEIS		
	-1	0	+1
Cultivar*	-	-	-
Condição (Temperatura/ Umidade relativa)	15 °C/45%	21 °C/60%	27 °C/75%
Tempo de Armazenamento (Dias)	36	72	108

**Nota:** \*Foram considerados os quatro cultivares: Madrepérola, BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Pontal.

#### 4.3 Análise tecnológica dos grãos

Após cada período de armazenamento, os grãos de feijão inteiros, de cada um dos cultivares, foram submetidos às análises descritas a seguir.

##### 4.3.1 Parâmetros de cor do tegumento

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta dos grãos de feijão com o aparelho colorímetro Konica Minolta®, modelo CR410, com abertura de 50 mm, o qual considera no seu sistema as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , responsáveis pela luminosidade, teor de vermelho e teor de amarelo, respectivamente. O colorímetro também fornece os valores de  $H^*$  (ângulo Hue) C (índice de cromaticidade). Inicialmente, o aparelho foi calibrado em

superfície branca de acordo com padrões pré-estabelecidos. As medidas em todas as amostras foram realizadas com três repetições, obtendo-se valores médios de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $H^*$  e  $C^*$  (GRANATO; MASSON, 2010). O parâmetro diferença de cor, em relação ao controle ( $\Delta E^*$ ), foi calculado pela equação a seguir:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Em que:

$\Delta E^*$  = diferença de cor em relação ao controle;

$\Delta L^*$  = diferença entre a luminosidade da amostra em relação ao controle;

$\Delta a^*$  = diferença entre o componente  $a^*$  da amostra em relação ao controle;

$\Delta b^*$  = diferença entre o componente  $b^*$  da amostra em relação ao controle.

#### 4.3.2 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi realizado pelo método citado por Jackson e Varriano-Marston (1981), utilizando o equipamento de Mattson adaptado. Os grãos inteiros foram hidratados com água destilada à temperatura ambiente por 16 horas e colocados nas 25 câmaras cilíndricas do equipamento. Sobre os grãos, foi colocada uma haste cilíndrica metálica com ponta, com massa de 82 gramas, em contato com a superfície superior do grão. O aparelho, previamente aquecido, foi colocado em um banho-maria com 1,5 litros de água em ebulição, sendo este volume repostado durante o cozimento dos grãos, também com água em ebulição. O tempo de cozimento foi obtido quando 13 dos grãos foram perfurados pela ponta da haste cilíndrica.

#### 4.4 Análises químicas nos grãos de feijão

Após cada período de armazenamento, os grãos de feijão crus dos cultivares estudados foram moídos em moinho de facas para a obtenção das farinhas, que foram peneiradas em peneira de 50 mesh, colocadas em embalagens de polietileno e armazenadas a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , até o momento das análises.

Foi determinado o teor de água das farinhas pelo método da estufa, em que foi medido 1 g de amostra, em cadinho de porcelana. A amostra foi levada à estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  por 24 horas, então foi retirada e colocada em dessecador até entrar em temperatura ambiente, em seguida, foi pesada em balança analítica de precisão; foram feitas três

repetições de cada amostra (IAL, 2005). O teor de água das farinhas foi utilizado para corrigir o valor dos resultados das análises, portanto, este foi representado em base seca.

Para a determinação dos micronutrientes e do fósforo (P) foi utilizado um extrato das amostras por meio de digestão nitroperclórica. Foi medido 0,2 g de cada amostra de farinha moída e adicionado à solução nitroperclórica, numa proporção 3:1 (ácido nítrico + ácido perclórico), a mistura foi levada para o bloco digestor por duas horas a 180 °C. Então foi filtrado o conteúdo digerido com filtro de papel em balões de 50 mL e, então, completou-se o balão volumétrico com água deionizada, para cada amostra de grãos foram feitas 3 repetições para o extrato.

#### **4.4.1 Determinação de micronutrientes cálcio, magnésio, manganês e zinco**

As análises dos teores minerais Ca, Mg, Mn e Zn foram realizadas por meio de espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia proposta por Malavolta (2006). As leituras foram ajustadas por curva padrão e os resultados foram expressos em mg.Kg<sup>-1</sup>.

#### **4.4.2 Determinação de fósforo**

A determinação do P foi realizada por colorimetria, utilizando-se o aparelho de Análise por Injeção em Fluxo (FIA) em espectrofotômetro, modelo FEMTO – 700 Plus. A leitura das amostras no espectrofotômetro colorimétrico foi no comprimento de onda de 725 nm. As leituras das amostras foram ajustadas por curva padrão. Os resultados de P foram expressos em g.Kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

#### **4.4.3 Determinação de ácido fítico**

A análise do ácido fítico foi realizada pelo método colorimétrico, descrito por Latta e Eskin (1980), com modificação da resina para DOWEX – AGX-4 (CEZAR *et al.*, 2013).

Para a análise do ácido fítico, primeiro foi necessário extrair o composto fítico de cada amostra de feijão moída, então foram medidos 5 g de farinha e acrescentados 100 mL de ácido clorídrico (2,4%), agitando-se esta mistura por duas horas a 250 rpm; após a agitação foi centrifugada por 10 minutos a 3000 rpm, retirou-se o sobrenadante, que foi utilizado na análise. Foram realizadas duas repetições do extrato, e o extrato foi analisado em triplicata.

Após a extração foram adicionados 3,3 mL da solução Wade (0,03% FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O e 0,03% ácido sulfossalicílico em água destilada) em tubo de ensaio. Esta mistura foi agitada

em vórtex para garantir a homogeneidade; centrifugou-se por 5 minutos a 3000 rpm e foi deixada em repouso por 15 minutos, procedendo-se, em seguida, a leitura em espectrofotômetro (LATTA; ESKIN, 1980). Os valores das leituras foram ajustados por meio de curva de calibração, utilizando-se como padrão o ácido fítico ( $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ).

#### 4.5 Análise estatística

Foi realizada à análise exploratória dos resultados, calculando-se as médias e o desvio padrão. Utilizou-se um planejamento do tipo delineamento composto central  $2^k$ , com pontos centrais, que avaliou os efeitos dos fatores quantitativos: tempo de armazenamento, e condição de armazenamento, em três níveis (-1, 0 e +1); fator qualitativo: cultivar, em quatro níveis (Madrepérola, BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Pontal), nas variáveis dependentes: luminosidade,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma, ângulo hue, diferença de cor, tempo de cozimento, teor de fosforo, ferro, cálcio, magnésio, manganês, zinco e teor de ácido fítico.

O experimento contou com 11 ensaios, incluindo três repetições no ponto central, a cada combinação dos níveis da variável cultivar. Os resultados foram analisados, calculando-se os efeitos principais dos fatores e da interação sobre as respostas analisadas, considerando um nível de significância de 10% ( $p < 0,10$ ), e também, as combinações entre dois fatores qualitativos (cultivar).

A análise de correlação linear de Pearson foi aplicada às variáveis de interesse no nível de 5% de significância. As análises de estatística multivariada: análise de componentes principais (ACP) e agrupamento (*cluster*) foram aplicadas a todas as variáveis resposta, utilizando-se as correlacionadas e não correlacionadas estatisticamente ( $p > 0,05$ ). A análise de ACP foi utilizada para interpretar as relações entre os parâmetros tecnológicos e químicos e os cultivares. Os componentes principais foram extraídos da matriz de correlação das variáveis originais e considerados suficientes os componentes que explicaram mais de 70% da variância dos dados (MANLY, 2008). Para análise de *cluster* dos cultivares avaliados neste experimento, foi realizado o procedimento com agregação hierárquica entre os grupos baseada na matriz da distância Euclidiana.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Condição inicial

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios para os parâmetros tecnológicos e químicos para as quatro variedades estudadas, no tempo zero (controle). É possível observar que, no tempo inicial a variedade BRS Madrepérola apresentou o maior valor para luminosidade (59,13) e o menor valor de luminosidade (52,80) foi apresentado pela variedade BRS Pontal. Para o parâmetro de cor componente b\* (azul-amarelo), a variedade CNFC 10467 apresentou o maior valor (13,16) e a variedade BRS Pontal foi a que apresentou o menor valor para esse componente (10,36), no tempo zero. A variedade BRS Pontal apresentou o maior valor para o componente a\* (verde-vermelho) no tempo inicial (6,81) e, no tempo zero; a variedade BRS Madrepérola apresentou o menor valor para este parâmetro (4,16).

**Tabela 2** Média dos parâmetros tecnológicos e químicos iniciais das quatro variedades estudadas, para o tempo zero

PARÂMETRO	CULTIVAR			
	BRS Madrepérola	BRS Estilo	CNFC 10467	BRS Pontal
Luminosidade (L*)	59,13 ± 0,12	56,92 ± 0,37	59,06 ± 0,56	52,80 ± 0,15
Componente b*	13,04 ± 0,25	12,71 ± 0,25	13,16 ± 0,14	10,36 ± 0,31
Componente a*	4,16 ± 0,14	6,18 ± 0,06	4,76 ± 0,15	6,81 ± 0,12
Croma (C)	13,69 ± 0,09	14,14 ± 0,25	14,00 ± 0,13	12,39 ± 0,32
Ângulo Hue (h*)	72,33 ± 0,53	63,73 ± 0,41	70,11 ± 0,63	56,67 ± 0,34
Fitatos (mg/ 100 g)	9,25 ± 4,05	42,83 ± 1,88	18,95 ± 7,33	19,72 ± 3,04
Fosforo (g/Kg)	5,50 ± 0,27	5,58 ± 0,14	6,54 ± 0,49	4,00 ± 0,77
Cálcio (mg/Kg)	622,81 ± 26,75	624,93 ± 44,64	702,28 ± 58,60	637,14 ± 35,57
Manganês (mg/Kg)	8,27 ± 2,81	9,39 ± 1,12	15,31 ± 1,12	20,66 ± 1,36
Magnésio (mg/Kg)	2042,10 ± 221,69	1831,33 ± 99,75	2150,33 ± 117,46	2163,73 ± 168,31

Para o valor de croma, a variedade BRS Estilo apresentou o maior valor (14,14) e o menor valor foi observado para a variedade BRS pontal (12,39). Já para o parâmetro de cor ângulo Hue (h\*), observou-se o maior valor na variedade BRS Madrepérola (72,33) e o menor na variedade BRS Pontal (56,67).

No tempo zero, observou-se que, para a concentração de fitatos a variedade que apresentou o maior valor foi a BRS Estilo (42,83 mg/100g de amostra), e a variedade BRS Madrepérola (9,25 mg/100g de amostra) foi a que apresentou o menor valor. No tempo zero, a maior quantidade de fósforo (P) foi observada na variedade CNFC 10467 (6,54 g.Kg<sup>-1</sup>) e a menor foi encontrada na variedade BRS Pontal (4,00 g.Kg<sup>-1</sup>).



Observa-se que no tempo zero de armazenamento o maior valor de Ca foi observado na variedade CNFC 10467 ( $702,28 \pm 58,60 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) e o menor foi o da variedade BRS Madrepérola ( $622,81 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ). Para o mineral Mn o maior valor encontrado no tempo inicial foi o dos grãos da variedade BRS Pontal ( $20,66 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) e o menor foi o da variedade BRS Madrepérola ( $8,27 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ). Já para o mineral Mg a maior concentração foi encontrada nos grãos da variedade BRS Pontal ( $2163,73 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) e a menor concentração pertence aos grãos da variedade BRS Estilo ( $1831,33 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ).

## 5.2 Análise exploratória

### 5.2.1 Cor

A Tabela 3 contém os valores médios dos ensaios para os parâmetros cor: L\*, a\*, b\* e C, para as quatro variedades estudadas. Os grãos da variedade Madrepérola apresentam a maior luminosidade (67,05) aos 36 dias de armazenamento, sob as condições de 15 °C e 45% de umidade relativa. Em contrapartida, os grãos da variedade BRS Pontal foram os que apresentaram menor índice luminosidade (53,61) aos 108 dias de armazenamento, quando armazenados nas condições de 27 °C e umidade de 75%.

**Tabela 3** Média dos ensaios para os parâmetros tecnológicos L, a\*, b\* e C, para as quatro variedades estudadas

CULTIVAR	CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO (DIAS)	PARÂMETRO			
			L	a*	b*	C
Madrepérola	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	67,05	3,93	12,80	13,39
	(1) 27 °C/75%	(-1) 36	64,00	6,07	15,65	16,78
	(0) 21 °C/60%	(0) 72	60,64	5,58	15,48	16,46
	(-1) 15 °C/45%	(1) 108	66,26	3,95	12,75	13,35
	(1) 27 °C/75%	(1) 108	59,31	8,68	14,74	17,11
BRS Estilo	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	62,25	6,53	13,00	14,55
	(1) 27 °C/75%	(-1) 36	58,62	9,12	13,85	16,58
	(0) 21 °C/60%	(0) 72	60,64	7,67	13,12	15,19
	(-1) 15 °C/45%	(1) 108	61,65	6,79	12,85	14,53
	(1) 27 °C/75%	(1) 108	54,61	8,76	10,74	13,86
CNFC 10467	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	63,83	5,01	12,56	13,52
	(1) 27 °C/75%	(-1) 36	62,92	7,28	15,43	17,07
	(0) 21 °C/60%	(0) 72	64,06	6,11	14,97	16,17
	(-1) 15 °C/45%	(1) 108	64,66	4,63	12,58	13,38
	(1) 27 °C/75%	(1) 108	58,00	8,87	14,28	16,81
BRS Pontal	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	60,42	6,67	12,04	13,76
	(1) 27 °C/75%	(-1) 36	57,23	9,01	13,97	16,62
	(0) 21 °C/60%	(0) 72	58,21	8,96	14,68	17,20
	(-1) 15 °C/45%	(1) 108	60,03	6,70	12,14	13,87
	(1) 27 °C/75%	(1) 108	53,61	8,41	10,11	13,15

Lopes (2011), ao analisar grãos de feijão controle do tipo carioca, de diferentes safras, encontrou um valor médio de  $L^*$  de 51,21, nos grãos cultivados na época das águas. Como os grãos de feijão carioca estudados neste trabalho apresentaram valor de  $L^*$  superior aos obtidos por esse autor, pode-se dizer que estes grãos são mais claros.

O maior valor encontrado para o parâmetro cromaticidade  $a^*$  foi na variedade BRS Estilo (9,12) aos 36 dias de armazenamento, sob as condições de 27 °C e 75% de umidade relativa; o menor valor para esse parâmetro foi obtido aos 36 dias, na condição de 15 °C e 45% de umidade relativa, para a variedade BRS Madrepérola (3,93). Lopes (2011), ao estudar grãos do tipo carioca cultivados na época das águas, obteve a média de 6,85 para o valor de cromaticidade  $a^*$ , semelhante aos valores encontrados para esse parâmetro de cor neste estudo.

Para o parâmetro de cor croma, a variedade BRS Pontal foi responsável pelo maior e pelo menor valor encontrados. Aos 72 dias de armazenamento, na condição de 21 °C e 60% de umidade relativa ela apresentou o maior valor de croma (17,20); aos 108 dias de armazenamento, sob as condições de 17 °C e 75% de umidade relativa, apresentou o menor valor para o parâmetro croma (13,15). Segundo Granato e Masson (2010), quanto maior o valor de  $C^*$ , mais perceptível será o produto à visão humana.

Silochi (2015), ao trabalhar com o armazenamento de grãos de feijão das variedades BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal, constatou que o menor valor de  $C^*$  foi relativo ao menor tempo de armazenamento, confirmando que a intensidade da cor aumentou com o envelhecimento do grão, exceto para o período de 180 dias, nos genótipos BRS Madrepérola e BRS Pontal. O mesmo não ocorreu neste trabalho, os valores do índice de croma não tiveram grandes mudanças durante o armazenamento.

Os grãos que apresentaram maior valor para o cromaticidade  $b^*$  foram os do cultivar Madrepérola (15,65) aos 36 dias de armazenamento, sob as condições 27° C e 75% de umidade relativa; o menor valor (10,11) foi apresentado pelos grãos do cultivar BRS Pontal aos 108 dias de armazenamento, sob as condições de 27° C e 75% de umidade relativa. Alguns dos valores do cromaticidade  $b^*$  em grãos do tipo carioca, encontrados na literatura, ficam na média de:  $b^*$  12,92 (SILVA; ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2009) e  $b^*$  14,36 (SCHOENINGER, 2012), próximos aos obtidos neste estudo.

A Tabela 4 contém os valores médios dos ensaios para os parâmetros cor  $h^*$  e  $\Delta E$  e para o tempo de cozimento, para as quatro variedades estudadas. Para o ângulo Hue ( $h^*$ ) a variedade que apresentou maior valor foi a BRS Madrepérola (72,92) aos 36 dias de armazenamento, sob as condições de 15 °C e 45% de umidade relativa. O menor valor apresentado para o  $h^*$  foi aos 108 dias de armazenamento, sob as condições de 27 °C e 75% de umidade relativa.

Silochi (2015) encontrou para o ângulo Hue, no tempo inicial, a média de 72,20, para a variedade BRS Madrepérola, um indicativo de tonalidade mais próxima do ângulo 90°, com

predominância da cor amarela, ou seja, grão com a tonalidade de cor mais clara. O mesmo ocorreu neste experimento: quando a variedade BRS Madrepérola foi armazenada sob a condição de 15 °C e 45% de umidade relativa, não apresentou grandes alterações no ângulo de coloração, durante o armazenamento, apresentando 72,93° aos 36 dias e 72,78° aos 108 dias de armazenamento.

**Tabela 4** Média dos ensaios para os parâmetros tecnológicos  $h^*$ ,  $\Delta E$  e tempo de cozimento, para as quatro variedades estudadas

CULTIVAR	CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO (DIAS)	PARÂMETRO		
			$h^*$	$\Delta E$	Tempo Cozimento (min)
Madrepérola	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	72,93	8,02	19,0
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	68,77	5,49	25,5
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	70,18	6,18	20,5
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	72,78	7,19	19,5
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	59,51	6,43	191,0
BRS Estilo	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	63,33	4,1	15,5
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	56,62	4,41	31,5
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	59,72	3,73	18,0
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	62,15	3,62	16,5
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	50,78	7,05	146,0
CNFC 10467	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	68,26	4,85	21,0
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	64,76	5,39	41,5
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	67,79	5,45	26,0
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	69,77	5,62	23,0
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	58,14	6,36	173,0
BRS Pontal	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	61,00	3,33	21,5
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	57,17	4,71	27,0
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	58,61	4,06	25,5
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	61,13	2,85	30,5
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	50,24	7,74	240,5

A maior diferença de cor foi notada aos 36 dias de armazenamento no cultivar BRS Madrepérola (8,02), sob as condições de 15° C e 45% de umidade, em que os valores do parâmetro de cor luminosidade ( $L^*$ ), por terem sido altos, podem ter interferido no valor da diferença de cor. A menor diferença de cor (2,65) ocorreu aos 108 dias, nos grãos da variedade BRS Pontal, sob as condições de 15° C e 45% de umidade. Schoeninger *et al.* (2014), ao estudarem a diferença de cor ( $\Delta E$ ) em feijão do grupo carioca envelhecido e pré-processado, obtiveram resultados entre 2,24 e 14,54, portanto, os valores encontrados neste trabalho estão entre os encontrados por esses autores. Oomah *et al.* (2011), em pesquisa com diferentes genótipos de feijão, obtiveram, para a diferença de cor, valores de  $\Delta e^*$  variando entre 58,01 e 75,16, portanto, para este parâmetro, os valores encontrados neste estudo não foram tão relevantes quanto aos obtidos por esses autores.

### 5.2.2 Tempo de cozimento

De acordo com a Tabela 4, o menor tempo de cozimento (15,5 min.) foi observado nos grãos da variedade BRS Estilo aos 36 dias de armazenamento, sob as condições de 15 °C e 45% de umidade. Já o maior tempo de cozimento (240,5 min.) foi observado na variedade BRS Pontal aos 108 dias de armazenamento, sob as condições 27 °C e 75% de umidade. Siqueira *et al.* (2014) estudaram o tempo de cozimento dos genótipos BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal e registraram tempos de 18, 19 e 22 minutos, respectivamente. Para os primeiros períodos de armazenamento os valores de tempo de cozimento obtidos neste estudo foram similares aos encontrados por esses autores.

Coelho *et al.* (2009), ao trabalharem com feijão carioca e preto, novo e envelhecido, armazenados em condições naturais, verificaram um acréscimo no tempo de cozimento em ambos os tipos de feijão após o armazenamento, devido ao efeito *hard-to-cook*. Igualmente ao obtido neste estudo, em que os grãos armazenados por mais tempo (108 dias), nas condições de temperatura e umidade extremas (27 °C e 75% de umidade relativa), tiveram um acréscimo significativo no tempo de cozimento, em relação às demais condições de armazenamento, indicando que sofreram o efeito *hard-to-cook*.

### 5.2.3 Parâmetros químicos

Na Tabela 5 estão presentes os valores médios dos ensaios para os parâmetros químicos das quatro variedades estudadas. Pode-se observar que a variedade Madrepérola apresentou o maior teor de fitato (266,41 mg.100g de amostra<sup>-1</sup>) aos 72 dias de armazenamento, sob as condições de 21°C e 60% de umidade; a variedade que apresentou o menor teor de fitatos (18,35 mg.100g de amostra<sup>-1</sup>) foi a BRS Estilo, também, aos 72 dias de armazenamento, sob as condições de 21°C e 60% de umidade. É possível observar que não ocorreram grandes mudanças no teor de fitatos durante o armazenamento para todas as variedades estudadas (Tabela 5).

Observou-se que a variedade que apresentou maior valor de P (6,84 g.Kg<sup>-1</sup>) foi a CNFC 10467 aos 72 dias de armazenamento, sob as condições de 21°C e 60% de umidade; a variedade BRS Pontal foi a que apresentou o menor valor de P (1,28 g.Kg<sup>-1</sup>) aos 108 dias de armazenamento, sob as condições de 15°C e 45% de umidade. Mesquita *et al.* (2007), ao analisarem 21 linhagens de feijão, fizeram testes de digestibilidade e minerais e encontraram valores de P entre 4,5 e 7,2 g.kg<sup>-1</sup>. Neste estudo, os valores obtidos para o teor de P, nos quatro cultivares estudados, ficaram abaixo do maior valor obtido por esses autores.

**Tabela 5** Média dos ensaios para os parâmetros químicos fitato, P, Ca Mn e Mg, para as quatro variedades estudadas

CULTIVAR	CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO DIAS	PARÂMETRO				
			Fitato (mg/100g)	P (g/Kg)	Ca (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)
Madrepérola	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	153,64	4,63	1097,96	3,80	401,12
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	115,78	4,62	920,86	13,35	381,43
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	266,41	4,88	1344,96	20,24	400,38
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	142,70	3,77	1058,01	19,26	403,56
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	134,54	3,80	1228,84	22,79	402,92
BRS Estilo	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	195,32	4,90	818,03	6,98	400,71
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	157,05	5,39	953,12	16,90	399,87
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	18,35	5,25	915,68	18,90	400,84
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	162,32	4,09	1106,40	20,95	407,40
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	198,45	4,32	1261,69	17,96	406,91
CNFC 10467	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	198,60	6,24	1108,92	12,68	406,33
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	202,19	5,09	1060,83	19,72	382,59
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	242,46	6,84	1013,58	20,80	406,38
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	207,23	4,95	1263,59	21,56	411,05
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	207,98	2,91	1075,90	19,26	408,99
BRS Pontal	(-1) 15 °C/45%	(-1) 36	153,59	3,14	1185,25	19,20	408,33
	( 1 ) 27 °C/75%	(-1) 36	82,49	4,55	1073,85	20,46	405,09
	( 0 ) 21 °C/60%	( 0 ) 72	255,71	2,40	1188,22	18,26	445,30
	(-1) 15 °C/45%	( 1 ) 108	123,41	1,28	1185,73	22,56	408,25
	( 1 ) 27 °C/75%	( 1 ) 108	164,57	3,21	1506,43	19,26	444,51

A variedade BRS Pontal foi a que apresentou o maior valor para o teor de Ca ( $1506,43 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ), para os grãos armazenados por 108 dias, sob as condições de  $27^{\circ}\text{C}$  e 75% de umidade. Já o menor valor para o teor de Ca ( $818,03 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) foi observado na variedade BRS Estilo aos 36 dias de armazenamento, sob as condições de  $15^{\circ}\text{C}$  e 45% de umidade. Mesquita *et al.* (2007) encontraram valores para o Ca entre 0,03 a  $0,28 \text{ g}/100\text{g}$  de massa seca. Os valores de Ca encontrados nas quatro variedades de feijão estudadas ficaram dentro da faixa de valor encontrada por esses autores.

O maior valor observado para o teor de Mn ( $22,79 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) foi para a variedade Madrepérola aos 108 dias de armazenamento, sob as condições de  $27^{\circ}\text{C}$  e 75% de umidade. E o menor valor ( $3,80 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) também foi observado na mesma variedade, porém, foi nos grãos com 36 dias de armazenamento, sob as condições de  $15^{\circ}\text{C}$  e 45% de umidade. Os autores Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) encontraram as médias de 17,18 e  $17,70 \text{ mg.kg}^{-1}$  de teor de Mn em grãos de feijão (Pontal e comercial) analisados crus e cozidos, respectivamente. Os valores para o teor de Mn encontrados neste estudo em sua maioria ficaram próximos aos encontrados por esses autores.

Para o teor de Mg, o maior valor observado ( $445,30 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) foi para a variedade BRS Pontal aos 72 dias de armazenamento, sob as condições de  $21^{\circ}\text{C}$  e 60% de umidade;

o menor valor para o teor de Mg ( $381,43 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) foi observado na variedade Madrepérola com 36 dias de armazenamento, sob as condições de  $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e 75% de umidade. Esteves (2000), ao estudar diferentes variedades de feijão, relatou que os níveis de Mg variam de 1,8 a  $3,4 \text{ mg.Kg}^{-1}$ . Os valores para o teor de Mg encontrados nesta pesquisa foram superiores ao encontrado pelo autor citado.

### 5.3 Análise dos efeitos principais dos parâmetros de cor $L^*$ , $a^*$ e $b^*$

Na Tabela 6 são apresentados os efeitos lineares principais dos fatores estudados, em relação às variáveis dependentes: luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade  $a^*$  e cromaticidade  $b^*$ , para as combinações entre todos os cultivares estudados nesta pesquisa.

**Tabela 6** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição ( $15^{\circ}/45\%$ ,  $21^{\circ}/60\%$  e  $27^{\circ}/75\%$ ) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros de cor: luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade  $a^*$  e cromaticidade  $b^*$

Continua...

Madrepérola x BRS Estilo						
Fator	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-4,872	0,003*	2,140	0,067*	-1,375	0,227
Condição (L)	-5,167	0,002*	2,860	0,033*	0,895	0,397
T. Armazenamento (L)	-2,522	0,020*	0,630	0,470	-1,055	0,329
Cultivar x Condição	-0,167	0,784	-0,575	0,506	-1,525	0,191
Cultivar x T. Armaz.	0,217	0,724	-0,685	0,436	-0,575	0,571
Condição x T. Armaz.	-1,827	0,047*	0,495	0,563	-0,955	0,370
Madrepérola x CNFC 10467						
Fator	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-1,802	0,207	0,787	0,032*	-0,727	0,732
Condição (L)	-4,392	0,029*	3,342	0,000*	2,352	0,048*
T. Armazenamento (L)	-2,392	0,123	0,962	0,019*	-0,522	0,524
Cultivar x Condição	0,607	0,626	-0,092	0,688	-0,067	0,931
Cultivar x T. Armaz.	0,347	0,777	-0,352	0,191	-0,042	0,957
Condição x T. Armaz.	-2,412	0,121	1,142	0,012*	-0,507	0,535
Madrepérola x BRS Pontal						
Fator	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-6,332	0,009*	2,037	0,167	-1,920	0,200
Condição (L)	-4,902	0,019*	2,727	0,093*	1,185	0,387
T. Armazenamento (L)	-2,372	0,114	0,517	0,676	-1,180	0,389
Cultivar x Condição	0,097	0,933	-0,707	0,573	-1,235	0,370
Cultivar x T. Armaz.	0,367	0,754	-0,797	0,529	-0,700	0,593
Condição x T. Armaz.	-1,782	0,195	0,492	0,691	-1,205	0,380

**Tabela 6** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15°/45%, 21°/ 60% e 27°/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros de cor: luminosidade (L\*), cromaticidade a\* e cromaticidade b\*

... conclusão

BRS Estilo x CNFC 10467						
Fator	L*		a*		b*	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	3,070	0,100	-1,350	0,109	1,102	0,237
Condição (L)	-4,560	0,039*	2,770	0,018*	0,827	0,349
T. Armazenamento (L)	-2,175	0,195	0,280	0,671	-1,097	0,238
Cultivar x Condição	0,775	0,595	0,480	0,480	1,457	0,146
Cultivar x T. Armaz.	0,130	0,927	0,330	0,619	0,532	0,528
Condição x T. Armaz.	-2,290	0,174	0,340	0,609	-1,032	0,261
BRS Estilo x BRS Pontal						
Fator	L*		a*		b*	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-1,460	0,178	-0,100	0,845	-0,547	0,599
Condição (L)	-5,070	0,008*	2,155	0,019*	-0,337	0,742
T. Armazenamento (L)	-2,155	0,081*	-0,165	0,749	-1,752	0,157
Cultivar x Condição	0,265	0,771	-0,135	0,792	0,292	0,775
Cultivar x T. Armaz.	0,150	0,868	-0,115	0,822	-0,122	0,904
Condição x T. Armaz.	-1,660	0,140	-0,310	0,557	-1,732	0,161
CNFC 10467 x BRS Pontal						
Fator	L*		a*		b*	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-4,530	0,087*	1,250	0,272	-1,650	0,224
Condição (L)	-4,295	0,098*	2,635	0,066*	1,120	0,376
T. Armazenamento (L)	-2,025	0,344	0,165	0,870	-1,220	0,341
Cultivar x Condição	-0,510	0,796	-0,615	0,556	-1,165	0,360
Cultivar x T. Armaz.	0,020	0,991	-0,445	0,665	-0,655	0,587
Condição x T. Armaz.	-2,245	0,303	0,340	0,739	-1,285	0,320

**Nota:** \*Coeficientes estatisticamente significativos ( $p < 0,10$ ), considerando o erro padrão e t (10 graus de liberdade).

### 5.3.1 Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo

Para a combinação dos cultivares BRS Madrepérola x BRS Estilo, observou-se que houve efeito de valor negativo (-4,872), significativo ao nível de 10% de significância, ao passar do cultivar BRS Madrepérola para o BRS Estilo, para o parâmetro de cor luminosidade, o que indica que o cultivar Madrepérola é superior no parâmetro de cor luminosidade, ao ser comparada com o cultivar BRS Estilo. O fator condição também apresentou efeito de valor negativo (-5,167), ao nível de 5% de significância, para o parâmetro de cor luminosidade, ou seja, ao passar da condição de armazenamento de 15 °C e 45% de umidade para a condição de 27 °C e 75% de umidade houve uma redução de 5,167 no valor da luminosidade.

O fator tempo de armazenamento também gerou um efeito de valor negativo (-2,522), para o parâmetro luminosidade para esta combinação de variedades, ou seja, ao

passar de 36 dias de armazenamento para 108, houve uma redução de 2,522 no valor da luminosidade, este efeito foi significativo ao nível de 10% de significância. A interação entre os fatores condição e tempo de armazenamento foi significativa nesta combinação de cultivares para a resposta luminosidade, ou seja, esses fatores apresentaram um efeito combinado de redução 1,827 no valor da luminosidade.

O fator cultivar exerceu efeito significativo positivo para o parâmetro de cor cromaticidade  $a^*$ , nesta combinação (2,140), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Estilo, houve um aumento de 2,140 no valor da cromaticidade  $a^*$ . O fator condição também foi significativo, ao nível de 10% de significância para este parâmetro, apresentando efeito positivo (2,860). Desse modo, ao passar da condição 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27 °C e 75% de umidades relativa, houve um acréscimo de 2,86 no valor da cromaticidade  $a^*$  para esta combinação.

Para o parâmetro de cor cromaticidade  $b^*$  não houve efeito significativo, ao nível de 10% de significância, para esta combinação de variedades.

### **5.3.2 Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467**

Para a combinação das variedades BRS Madrepérola e CNFC 10467, o fator condição apresentou efeito de valor negativo para o parâmetro luminosidade (-4,492) e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27 °C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 4,392 no valor da luminosidade, que foi significativo ao nível de 10% de significância.

Para o parâmetro de cor: cromaticidade  $a^*$ , nesta combinação, os fatores cultivar e condição de armazenamento foram significativos ao nível de 10% de significância. O fator cultivar apresentou efeito de valor negativo (-0,787), portanto, quando passou da variedade BRS Madrepérola para a variedade CNFC 10467, houve uma redução de 0,787 no valor da cromaticidade  $a^*$ . Já o fator condição de armazenamento teve um efeito positivo (3,342) no valor da cromaticidade  $a^*$ , quando passou da condição de 15 °C e 45% de umidade relativa para 27 °C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 3,342 no valor da cromaticidade  $a^*$ . A interação entre os fatores condição e tempo de armazenamento obteve efeito positivo (1,142), ou seja, esses fatores exercem efeito combinado de acréscimo de 1,142 no valor da cromaticidade  $a^*$ .

Para o parâmetro  $b^*$  para esta combinação de variedades, apenas o fator condição de armazenamento foi significativo, ao nível de 10% de significância, apresentando efeito positivo (2,352) no valor da cromaticidade  $b^*$ , ou seja, ao passar da condição 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição de 27 °C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,352 no valor da cromaticidade  $b^*$ .



### 5.3.3 Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal

Para a combinação das variedades BRS Madrepérola com BRS Pontal, o fator cultivar causou um efeito de valor negativo (-6,332) no valor do parâmetro luminosidade, ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Pontal, houve uma redução de 6,332 no valor da luminosidade, este efeito foi significativo, ao nível de 10% de significância. O fator condição também apresentou efeito de valor negativo para o parâmetro luminosidade (-4,902), significativo ao nível de 10% de significância e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27 °C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 4,902 no valor da luminosidade.

Para o parâmetro de cor: cromaticidade  $a^*$ , apenas o fator condição foi significativo, exercendo efeito positivo (2,727) sob o parâmetro, deste modo, ao passar da condição de armazenamento de 15 °C e 45% de umidade relativa para 27 °C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,727 no valor da cromaticidade  $a^*$ .

O parâmetro de cor cromaticidade  $b^*$  não apresentou fatores com efeito significativo, ao nível de 10% de significância.

### 5.3.4 Combinação BRS Estilo com CNFC 10467

Ao combinar as variedades BRS Estilo e CNFC 10467, o fator condição de armazenamento foi significativo, ao nível de 10% de significância, em relação ao valor de luminosidade, apresentando um efeito negativo (-4,560), ou seja, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 4,560 no valor da luminosidade.

Para o parâmetro de cor: cromaticidade  $a^*$ , como no caso anterior, apenas o fator condição teve efeito significativo sob o valor do parâmetro e exerce um efeito positivo (2,770), deste modo, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,77 no valor da cromaticidade  $a^*$ .

Não houve efeitos significativos sob o parâmetro de cor cromaticidade  $b^*$ , ao nível de 10% de significância.

### 5.3.5 Combinação BRS Estilo com BRS Pontal

Quando combinadas as variedades BRS Estilo e BRS Pontal, o fator condição de armazenamento é significativo, ao nível de 10% de significância, em relação ao valor de luminosidade, apresentando um efeito negativo (-5,070), ou seja, ao passar da condição de

armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 5,07 no valor da luminosidade.

Para o parâmetro de cor cromaticidade  $a^*$  como no caso anterior apenas o fator condição teve efeito significativo sob o valor do parâmetro, e exerce um efeito positivo (2,155), deste modo, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,155 no valor da cromaticidade  $a^*$ .

Não ocorreram efeitos significativos sob o parâmetro de cor cromaticidade  $b^*$ , ao nível de 10% de significância, nesta combinação de variedades.

### **5.3.6 Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades CNFC 10467 e BRS Pontal, houve efeito significativo de valor negativo (-4,530) no valor de luminosidade, ou seja, ao passar da variedade CNFC 10467 para a variedade BRS Pontal, houve um decréscimo de 4,53 no valor do parâmetro luminosidade. O fator condição também exerceu efeito significativo no valor da luminosidade nesta combinação de variedades, este efeito foi de valor negativo (-4,295) ou seja, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição de 27 °C e 75% de umidade relativa, houve decréscimo de 4,295 no valor da luminosidade das variedades combinadas.

Para o parâmetro de cor cromaticidade  $a^*$ , apenas o fator condição exerceu efeito positivo significativo (2,635). O parâmetro de cor cromaticidade  $b^*$  não apresentou fatores com efeitos significativos, ao nível de 10% de significância.

## **5.4 Análise dos efeitos principais dos parâmetros de cor $C^*$ , $h^*$ e $\Delta E$**

Na Tabela 7 são apresentados os efeitos lineares principais dos fatores estudados, em relação às variáveis dependentes: índice de croma (C), ângulo Hue ( $h^*$ ) e diferença de cor ( $\Delta E$ ).

**Tabela 7** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15º/45%, 21º/ 60% e 27º/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros de cor: índice de croma (C), ângulo Hue (h\*) e diferença de cor ( $\Delta E$ )

Madrepérola x BRS Estilo						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-0,277	0,722	-10,280	0,048*	-1,987	0,101
Condição (L)	2,132	0,058*	-8,880	0,069*	0,112	0,903
T. Armazenamento (L)	-0,612	0,453	-4,105	0,289	0,567	0,552
Cultivar x Condição	-1,447	0,135	-0,165	0,962	1,757	0,130
Cultivar x T. Armaz.	-0,752	0,368	0,600	0,863	0,512	0,589
Condição x T. Armaz.	-0,582	0,473	-3,440	0,360	1,222	0,246
Madrepérola x CNFC 10467						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	0,040	0,966	-3,265	0,087*	-1,227	0,041*
Condição (L)	3,535	0,028*	-8,140	0,008*	-0,502	0,256
T. Armazenamento (L)	-0,030	0,975	-3,630	0,068*	0,462	0,288
Cultivar x Condição	-0,045	0,962	0,575	0,688	1,142	0,050*
Cultivar x T. Armaz.	-0,170	0,859	1,075	0,469	0,407	0,339
Condição x T. Armaz.	0,065	0,946	-4,310	0,045*	0,492	0,264
Madrepérola x BRS Pontal						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-0,805	0,559	-11,112	0,048*	-2,125	0,062*
Condição (L)	2,325	0,155	-8,037	0,101	0,745	0,382
T. Armazenamento (L)	-0,770	0,576	-4,052	0,323	0,665	0,429
Cultivar x Condição	-1,255	0,383	0,677	0,856	2,390	0,046*
Cultivar x T. Armaz.	-0,910	0,513	0,652	0,861	0,610	0,464
Condição x T. Armaz.	-0,800	0,562	-4,042	0,324	1,320	0,168
BRS Estilo x CNFC 10467						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	0,317	0,751	7,015	0,074*	0,760	0,367
Condição (L)	2,087	0,106	-8,305	0,049*	1,255	0,178
T. Armazenamento (L)	-0,782	0,454	-3,030	0,328	0,975	0,267
Cultivar x Condição	1,402	0,222	0,740	0,794	-0,615	0,454
Cultivar x T. Armaz.	0,582	0,569	0,475	0,866	-0,105	0,892
Condição x T. Armaz.	-0,707	0,495	-3,195	0,307	0,830	0,331
BRS Estilo x BRS Pontal						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-0,527	0,636	-0,832	0,398	-0,137	0,776
Condição (L)	0,877	0,447	-8,202	0,002*	2,502	0,011*
T. Armazenamento (L)	-1,522	0,227	-3,452	0,026*	1,177	0,076*
Cultivar x Condição	0,192	0,860	0,842	0,393	0,632	0,248
Cultivar x T. Armaz.	-0,157	0,885	0,052	0,954	0,097	0,840
Condição x T. Armaz.	-1,572	0,215	-2,927	0,040*	1,657	0,033*
CNFC 10467 x BRS Pontal						
Fator	C		h*		$\Delta E$	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-0,845	0,574	-7,847	0,069*	-0,897	0,261
Condição (L)	2,280	0,189	-7,462	0,077*	1,887	0,062*
T. Armazenamento (L)	-0,940	0,535	-2,977	0,369	1,072	0,197
Cultivar x Condição	-1,210	0,435	0,102	0,973	1,247	0,150
Cultivar x T. Armaz.	-0,740	0,620	-0,422	0,890	0,202	0,775
Condição x T. Armaz.	-0,925	0,541	-3,797	0,271	0,927	0,248

**Nota:** \*Coeficientes estatisticamente significativos ( $p < 0,10$ ), considerando o erro padrão e t (10 graus de liberdade).

#### **5.4.1 Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo**

Nesta combinação de variedades, o fator corama sofreu efeito significativo positivo do fator condição (2,132), ou seja, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,132 no valor do corama.

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Estilo, houve efeito significativo de valor negativo (-10,280), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Estilo, houve um decréscimo de 10,20° no valor do ângulo Hue (h\*). O fator condição também exerceu efeito significativo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 8,88° no valor de h\*.

Não ocorreram efeitos significativos para o parâmetro diferença de cor, ao nível de 10% de significância.

#### **5.4.2 Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467**

Quando combinadas as variedades BRS Madrepérola e CNFC 10467, o fator corama sofreu efeito significativo positivo do fator condição (3,535), ou seja, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 3,535 no valor do corama.

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Estilo, houve efeito significativo de valor negativo (-3,265), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Estilo, houve um decréscimo de 3,265° no valor do ângulo Hue (h\*). O fator condição exerceu efeito significativo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 8,14° no valor de h\*. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito de valor negativo significativo sob o valor do ângulo Hue e, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve uma redução de 3,63° no valor de h\* das variedades.

A interação entre os fatores condição de armazenamento e tempo de armazenamento exerceu efeito combinado significativo para o valor de h\*, reduzindo em 4,31° o valor do ângulo Hue.

Esta combinação de variedades causou efeito significativo de valor negativo no valor da diferença de cor e, ao passar da variedade BRS Madrepérola para CNFC 10467, houve uma redução de 1,227 no valor da diferença de cor. A interação entre os fatores cultivar e

condição de armazenamento exerceu efeito combinado significativo positivo no valor da diferença de cor, causando um acréscimo de 1,142 no valor.

#### **5.4.3 Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal**

Não ocorreram efeitos significativos do valor de croma para esta combinação de variedades. Para o valor do ângulo Hue, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Pontal, houve um efeito positivo significativo de 11,112° no valor de  $h^*$ .

Houve efeito de valor negativo (-2,125) significativo ao passar do cultivar Madrepérola para o cultivar BRS Pontal no valor de diferença de cor, o que indica que o cultivar Madrepérola apresenta maior diferença de cor em relação ao cultivar BRS Pontal.

A interação entre os fatores cultivar e condição apresentou efeito positivo (2,390) para o parâmetro diferença de cor, ou seja, esses fatores apresentaram um efeito combinado de acréscimo de 2,390 no valor do parâmetro diferença de cor, significativo ao nível de 10% de significância.

#### **5.4.4 Combinação BRS Estilo com CNFC 10467**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e CNFC 10467, houve efeito significativo positivo (7,015), ou seja, ao passar da variedade BRS Estilo para a CNFC 10467, houve acréscimo de 7,015° no valor do ângulo Hue ( $h^*$ ). O fator condição também exerceu efeito de valor negativo significativo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 8,305° no valor de  $h^*$ .

Os parâmetros croma e diferença de cor não apresentaram efeitos significativos sob seus valores, ao nível de 10% de significância.

#### **5.4.5 Combinação BRS Estilo com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e BRS Pontal, houve efeito significativo de valor negativo (-8,202), ou seja, ao passar da variedade BRS Estilo para a BRS Pontal, houve um decréscimo de 8,202° no valor do ângulo Hue ( $h^*$ ). O fator condição exerceu efeito significativo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 3,452° no valor de  $h^*$ . O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito de valor negativo significativo sob o valor do ângulo Hue e, ao

passar do período de armazenamento de 36 para 108 dias, houve uma redução de 2,927° no valor de  $h^*$  das variedades.

Quando combinadas as variedades BRS Estilo e BRS Pontal, houve efeito significativo positivo (2,502), ou seja, ao passar da variedade BRS Estilo para a BRS Pontal, houve um acréscimo de 2,502 no valor da diferença de cor. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 1,177 no valor da diferença de cor. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito positivo significativo sob o valor da diferença de cor e, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 1,657 no valor da diferença de cor das variedades.

#### **5.4.6 Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades CNFC 10467 e BRS Pontal, houve efeito significativo de valor negativo (-7,847), ou seja, ao passar da variedade CNFC 10467 para a BRS Pontal, houve um decréscimo de 7,847° no valor do ângulo Hue ( $h^*$ ). O fator condição exerceu efeito significativo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve uma redução de 7,462° no valor de  $h^*$ .

O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades, sob o parâmetro diferença de cor e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 1,887 no valor da diferença de cor.

### **5.5 Análise dos efeitos principais dos parâmetros fitatos, fósforo e tempo de cozimento**

Na Tabela 8 são apresentados os efeitos lineares principais dos fatores estudados, em relação às variáveis dependentes fitatos, fósforo (P) e tempo de cozimento (TC).

**Tabela 8** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15°/45%, 21°/60% e 27°/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros fitatos, fósforo e tempo de cozimento

Madrepérola x BRS Estilo						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	41,620	0,605	0,467	0,266	-11,375	0,631
Condição (L)	-12,042	0,878	0,182	0,632	80,875	0,032*
T. Armaz. (L)	4,055	0,958	-0,892	0,080*	70,375	0,046*
Cultivar x Condição	10,971	0,889	0,172	0,650	-8,125	0,729
Cultivar x T. Armaz.	0,146	0,998	-0,052	0,888	-12,625	0,596
Condição x T. Armaz.	26,020	0,742	-0,057	0,877	69,625	0,047*

Madrepérola x CNFC 10467						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	67,331	0,225	0,590	0,563	0,875	0,970
Condição (L)	-10,421	0,828	-0,795	0,447	87,125	0,028*
T. Armaz. (L)	5,558	0,907	-1,285	0,253	74,675	0,041*
Cultivar x Condição	12,592	0,794	-0,805	0,442	-1,875	0,936
Cultivar x T. Armaz.	1,642	0,972	-0,445	0,658	-8,125	0,734
Condição x T. Armaz.	6,711	0,889	-0,210	0,832	73,625	0,043*

Madrepérola x BRS Pontal						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-5,650	0,937	-1,160	0,205	16,125	0,577
Condição (L)	-18,990	0,794	0,840	0,327	98,375	0,031*
T. Armaz. (L)	14,927	0,837	-1,220	0,188	97,125	0,033*
Cultivar x Condição	4,023	0,955	0,830	0,332	9,375	0,741
Cultivar x T. Armaz.	11,017	0,879	-0,380	0,633	14,125	0,623
Condição x T. Armaz.	35,488	0,632	0,140	0,858	92,375	0,037*

BRS Estilo x CNFC 10467						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	25,711	0,747	0,120	0,893	12,250	0,567
Condição (L)	0,550	0,994	-0,615	0,508	79,000	0,025*
T. Armaz. (L)	5,704	0,942	-1,335	0,203	62,250	0,047*
Cultivar x Condição	1,621	0,983	-0,975	0,321	6,250	0,765
Cultivar x T. Armaz.	1,503	0,984	-0,395	0,663	4,500	0,829
Condição x T. Armaz.	17,886	0,821	-0,290	0,747	60,750	0,050*

BRS Estilo x BRS Pontal						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-47,270	0,544	-1,630	0,144	27,500	0,375
Condição (L)	-8,019	0,915	1,015	0,308	90,250	0,042*
T. Armaz. (L)	15,073	0,841	-1,270	0,223	84,500	0,049*
Cultivar x Condição	-6,948	0,926	0,655	0,487	17,500	0,556
Cultivar x T. Armaz.	10,871	0,885	-0,330	0,717	26,750	0,387
Condição x T. Armaz.	46,663	0,549	0,065	0,942	79,500	0,057*

CNFC 10467 x BRS Pontal						
Fator	Fitatos		Fósforo		Tempo de Cozimento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-72,981	0,206	-1,752	0,284	15,250	0,603
Condição (L)	-6,398	0,896	0,037	0,976	96,500	0,035*
T. Armaz. (L)	16,576	0,739	-1,667	0,303	89,000	0,043*
Cultivar x Condição	-8,569	0,862	1,637	0,311	11,250	0,698
Cultivar x T. Armaz.	9,368	0,849	0,072	0,960	22,250	0,460
Condição x T. Armaz.	27,352	0,589	-0,097	0,946	83,500	0,050

**Nota:** \*Coeficientes estatisticamente significativos ( $p < 0,10$ ), considerando o erro padrão e t (10 graus de liberdade).

### **5.5.1 Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo**

Nesta combinação de variedades houve efeito de valor negativo do fator tempo de armazenamento (-0,892) sob o valor do teor de fósforo, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias de armazenamento, houve uma redução de 0,892 g.Kg<sup>-1</sup> no teor de fosforo.

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Estilo, houve efeito significativo positivo (80,875), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Estilo, houve um acréscimo de 80,875 minutos no valor do tempo de cozimento. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 70,375 minutos no valor do tempo de cozimento. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (69,625 minutos) no valor do tempo de cozimento, para esta combinação de variedades.

### **5.5.2 Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467**

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e CNFC 10467, houve efeito significativo positivo (87,125), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a CNFC 10467, houve um acréscimo de 87,125 minutos no valor do tempo de cozimento. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 74,675 minutos no valor do tempo de cozimento. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (73,625 minutos) no valor do tempo de cozimento para esta combinação de variedades.

### **5.5.3 Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Pontal, houve efeito significativo positivo (98,375), ou seja, ao passar da variedade BRS Madrepérola para a BRS Pontal, houve um acréscimo de 98,375 min. no valor do tempo de cozimento. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 97,125 minutos no valor do tempo de



cozimento. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (92,375 minutos) no valor do tempo de cozimento para esta combinação de variedades.

#### **5.5.4 Combinação BRS Estilo com CNFC 10467**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e CNFC 10467, houve efeito significativo positivo (79,00), ou seja, ao passar da variedade BRS Estilo para a CNFC 10467, houve um acréscimo de 79,00 minutos no valor do tempo de cozimento. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 62,25 minutos no valor do tempo de cozimento. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (60,75 minutos) no valor do tempo de cozimento para esta combinação de variedades.

#### **5.5.5 Combinação BRS Estilo com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e BRS Pontal, houve efeito significativo positivo (90,250), ou seja, ao passar da variedade BRS Estilo para a BRS Pontal, houve um acréscimo de 90,25 minutos no valor do tempo de cozimento. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 84,50 minutos no valor do tempo de cozimento. Os fatores condição e tempo de armazenamento apresentaram efeito combinado de acréscimo (79,50 minutos) no valor do tempo de cozimento, para esta combinação de variedades.

#### **5.5.6 Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades CNFC 10467 e BRS Pontal, houve efeito significativo positivo (96,500), ou seja, ao passar da variedade CNFC 10467 para a BRS Pontal, houve um acréscimo de 96,50 minutos no valor do tempo de cozimento. O fator condição de armazenagem exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 89,00 minutos no valor do tempo de cozimento.

## 5.6 Análise dos efeitos principais dos minerais (Ca, Mg e Mn)

Na Tabela 9 são apresentados os efeitos lineares principais dos fatores estudados, em relação às variáveis dependentes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn).

**Tabela 9** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15%/45%, 21%/ 60% e 27%/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros Ca, Mg e Mn

Continua...

Madrepérola x BRS Estilo						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	-41,69	0,78	-11,37	0,63	0,89	0,74
Condição (L)	71,02	0,64	80,87	0,03*	5,00	0,13
T. Armaz. (L)	216,23	0,21	70,37	0,04*	9,98	0,02*
Cultivar x Condição	74,16	0,62	-8,12	0,72	-1,53	0,57
Cultivar x T. Armaz.	82,22	0,59	-12,62	0,59	-2,47	0,39
Condição x T. Armaz.	92,03	0,55	69,62	0,04*	-4,73	0,15
Madrepérola x CNFC 10467						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	50,89	0,71	0,87	0,97	3,50	0,19
Condição (L)	-60,51	0,66	87,12	0,03*	4,45	0,12
T. Armaz. (L)	109,44	0,44	74,87	0,04*	8,33	0,02*
Cultivar x Condição	-57,37	0,67	-1,87	0,93	-2,08	0,39
Cultivar x T. Armaz.	-24,57	0,85	-8,12	0,73	-4,12	0,14
Condição x T. Armaz.	52,08	0,70	73,62	0,04*	-3,83	0,16
Madrepérola x BRS Pontal						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	81,84	0,66	16,12	0,57	5,56	0,01*
Condição (L)	-30,04	0,87	98,37	0,03*	2,75	0,07*
T. Armaz. (L)	95,71	0,61	97,12	0,03*	6,76	0,00*
Cultivar x Condição	-26,90	0,88	9,37	0,74	-3,78	0,03*
Cultivar x T. Armaz.	-38,29	0,83	14,12	0,62	-5,68	0,01*
Condição x T. Armaz.	114,21	0,54	92,37	0,03*	-2,64	0,08*
BRS Estilo x CNFC 10467						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	92,50	0,27	12,25	0,56	2,60	0,21
Condição (L)	13,64	0,85	79,00	0,02*	2,91	0,17
T. Armaz. (L)	191,66	0,07*	62,25	0,04*	5,86	0,03*
Cultivar x Condição	-131,53	0,15	6,25	0,76	-0,54	0,76
Cultivar x T. Armaz.	-106,79	0,22	4,50	0,82	-1,65	0,39
Condição x T. Armaz.	-29,85	0,69	60,75	0,05*	-5,56	0,04*
BRS Estilo x BRS Pontal						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	123,45	0,54	27,50	0,37	4,67	0,03*
Condição (L)	44,11	0,82	90,25	0,04*	1,22	0,40
T. Armaz. (L)	177,94	0,39	84,50	0,04*	4,29	0,04*
Cultivar x Condição	-101,06	0,61	17,50	0,55	-2,24	0,17
Cultivar x T. Armaz.	-120,52	0,55	26,75	0,38	-3,21	0,08*
Condição x T. Armaz.	32,27	0,86	79,50	0,05*	-4,36	0,03*

**Tabela 9** Efeitos lineares principais dos fatores tempo de armazenamento (dias), cultivar, condição (15<sup>o</sup>/45%, 21<sup>o</sup>/ 60% e 27<sup>o</sup>/75%) e interação para cada combinação de dois cultivares de feijão avaliados, para os parâmetros Ca, Mg e Mn

Conclusão...

CNFC 10467 x BRS Pontal						
Fator	Ca		Mg		Mn	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Cultivar (L)	30,95	0,85	15,25	0,60	2,06	0,13
Condição (L)	-87,41	0,62	96,50	0,03*	0,67	0,55
T. Armaz. (L)	71,14	0,68	89,00	0,04*	2,64	0,07*
Cultivar x Condição	30,47	0,86	11,25	0,69	-1,69	0,19
Cultivar x T. Armaz.	-13,72	0,93	22,25	0,46	-1,56	0,21
Condição x T. Armaz.	-7,67	0,96	83,50	0,05*	-3,47	0,04*

**Nota:** \*Coeficientes estatisticamente significativos ( $p < 0,10$ ), considerando o erro padrão e t (10 graus de liberdade).

### 5.6.1 Combinação BRS Madrepérola com BRS Estilo

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Estilo, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 80,87 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 70,37 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. Os fatores condição e tempo de armazenamento apresentaram efeito combinado de acréscimo (69,62 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 9,98 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mn.

### 5.6.2 Combinação BRS Madrepérola com CNFC 10467

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e CNFC 10467, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 87,12 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 74,87 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. E os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (73,62 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 8,33 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mn.

### **5.6.3 Combinação BRS Madrepérola com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades BRS Madrepérola e BRS Pontal, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 98,37 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 97,12 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. Os fatores condição e tempo de armazenamento apresentaram efeito combinado de acréscimo (92,37 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

Quando combinadas as variedades BRS Madrepérola e BRS Pontal, houve um efeito positivo (5,56), significativo ao nível de 10% de significância, sob o valor do teor de Mn, ou seja, ao passar do nível da variedade BRS Madrepérola para BRS Pontal, houve um acréscimo de 5,56 mg.Kg<sup>-1</sup> no teor de Mn. O fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 2,75 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mn. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 6,76 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg.

Os fatores cultivar e condição de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (3,78 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mn. Os fatores cultivar e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (5,68 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mn. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (2,64 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação destas variedades.

### **5.6.4 Combinação BRS Estilo com CNFC 10467**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e CNFC 10467, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 79,00 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de

Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 62,25 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (60,75 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 5,86 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mn. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (5,56 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mn para esta combinação de variedades.

#### **5.6.5 Combinação BRS Estilo com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades BRS Estilo e BRS Pontal, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 90,25 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 84,50 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. E os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo (79,50 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 4,29 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mn. Os fatores cultivar e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (3,21 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mn. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo (4,36 mg.Kg<sup>-1</sup>) no valor do teor de Mn para esta combinação de variedades.

#### **5.6.6 Combinação CNFC 10467 com BRS Pontal**

Ao combinar as variedades CNFC 10467 e BRS Pontal, observa-se que o fator condição exerceu efeito significativo positivo nesta combinação de variedades e, ao passar da condição de armazenamento 15 °C e 45% de umidade relativa para a condição 27°C e 75% de umidade relativa, houve um acréscimo de 96,50 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mg, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de 89,00 mg.Kg<sup>-1</sup> no valor do teor de Mg. Os fatores condição e tempo de

armazenamento tiveram efeito combinado de acréscimo ( $83,50 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) no valor do teor de Mg para esta combinação de variedades.

O fator tempo de armazenamento também exerceu efeito significativo positivo sob o valor de Mn, ou seja, ao passar do período de armazenamento de 36 dias para 108 dias, houve um acréscimo de  $2,64 \text{ mg.Kg}^{-1}$  no valor do teor de Mn. Os fatores condição e tempo de armazenamento tiveram efeito combinado de decréscimo ( $3,47 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) no valor do teor de Mn para esta combinação de variedades.

## 5.7 Correlação de Pearson

Na Tabela 10 pode-se observar a matriz de correlação de Pearson para as variáveis tecnológicas e químicas estudadas, para as quatro variedades de feijão carioca. É possível identificar que os parâmetros de cor avaliados para as variedades de grãos de feijão carioca tiveram correlação uns com os outros, o que era de se esperar, pois o ângulo Hue é derivado com componentes  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e a diferença de cor se origina de uma equação que utiliza os mesmo componentes. O croma indica a intensidade desses componentes.

**Tabela 10** Estimativas das correlações de Pearson entre as variáveis de qualidade tecnológicas e químicas das variedades de feijão carioca

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	C	$h^*$	$\Delta E$	TC	Fitatos	P	Ca	Mn	Mg
$L^*$	-											
$a^*$	<b>-0,970</b>	-										
$b^*$	<b>0,955</b>	<b>-0,988</b>	-									
C	<b>0,971</b>	<b>-0,972</b>	<b>0,990</b>	-								
$h^*$	<b>0,975</b>	<b>-0,999</b>	<b>0,992</b>	<b>0,981</b>	-							
$\Delta E$	0,910	<b>-0,978</b>	0,949	0,906	<b>0,969</b>	-						
TC	-0,337	0,157	-0,049	-0,112	-0,156	-0,119	-					
Fitatos	0,568	-0,491	0,598	0,680	0,526	0,315	0,133	-				
P	0,666	-0,464	0,438	0,543	0,486	0,322	-0,777	0,520	-			
Ca	-0,255	0,046	0,043	-0,042	-0,052	0,024	<b>0,979</b>	0,044	-0,812	-		
Mn	-0,493	0,441	-0,303	-0,286	-0,420	-0,504	0,816	0,354	-0,489	0,682	-	
Mg	-0,842	0,732	-0,653	-0,689	-0,732	-0,687	0,787	-0,236	-0,839	0,708	0,825	-

**Nota:** \* Foram significativos estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade através do Teste t.

O tempo de cozimento (TC) apresentou correlação positiva com o teor de cálcio (Ca) ( $r = 0,979$ ,  $p < 0,05$ ), porém, também foi possível observar outras correlações do tempo de cozimento com outros minerais, que não foram significativas ao nível de 5%, mas que são ditas como fortes (acima de 0,70), como o teor de Mg ( $r = 0,787$ ), o teor de Mn ( $r = 0,816$ ) e o teor de P ( $r = -0,777$ ).

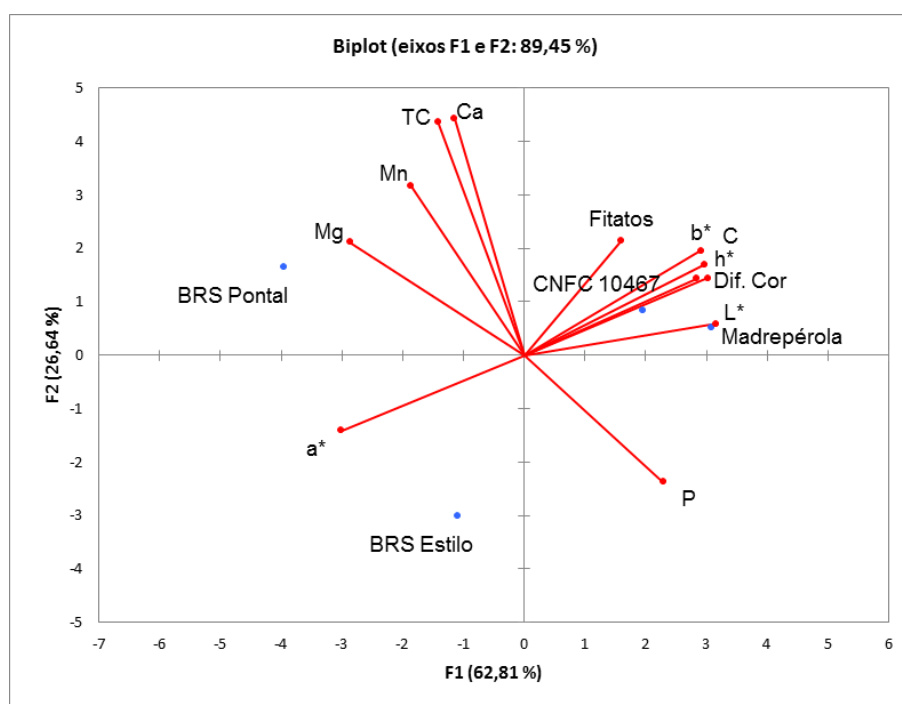
O parâmetro teor de magnésio (Mg) apresentou correlação forte com os parâmetros  $L^*$  ( $r = -0,842$ ),  $h^*$  ( $r = -0,732$ ), Ca ( $r = 0,708$ ,  $p > 0,05$ ) e Mn ( $r = 0,825$ ,  $p > 0,05$ ), mesmo que essas correlações não tenham sido significativas, ao nível de 5% de significância.

## 5.8 Análise multivariada

### 5.8.1 Biplot

Na Figura 5 apresentam-se os dois componentes principais dos dados da análise gerada a partir das 12 variáveis dependentes originais. Os componentes F1 e F2 explicam 89,45% da variância dos resultados dos parâmetros avaliados nos grãos das quatro variedades de feijão carioca.

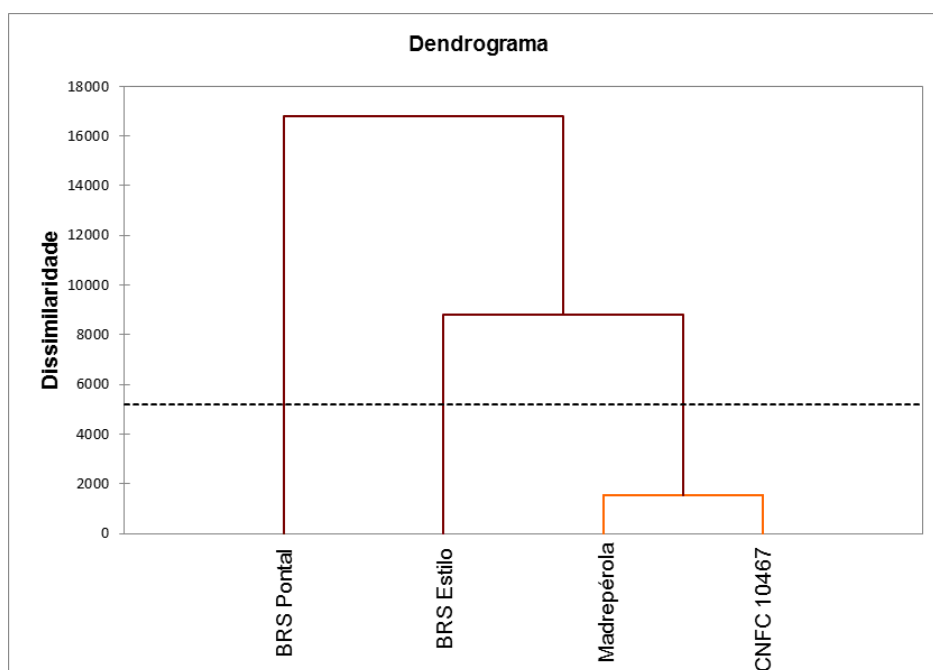
No Biplot (Figura 5) verifica-se a variação e a associação entre os parâmetros tecnológicos e químicos, assim como o desempenho relativo dos cultivares para cada um dos parâmetros avaliados. Para o componente principal (F1), verificou-se maior contribuição de apenas duas variáveis: cromaticidade  $a^*$  e teor de P. Para o componente F2 ocorreram maiores contribuições das variáveis manganês (Mn), magnésio (Mg), cálcio (Ca), teor de fitatos, parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $b^*$ ,  $h^*$  e diferença de cor) e tempo de cozimento. O Biplot apresenta três cultivares posicionadas positivamente para F2, com BRS Madrepérola e CNFC 10467 no mesmo quadrante, diferenciando-se apenas o BRS Pontal, por estar no quadrante superior esquerdo, por ter apresentado maiores valores para as variáveis manganês, magnésio, cálcio e tempo de cozimento. Apenas a variedade BRS Estilo ficou no quadrante inferior esquerdo, por apresentar maior valor para a variável cromaticida  $a^*$ .



**Figura 5** Biplot resultante da análise de componentes principais, para as 4 variedades de feijão carioca e 12 variáveis dependentes estudadas.

### 5.8.2 Análise de *cluster* aglomerativa hierárquica

Na Figura 6 está apresentado o resultado gráfico da análise de *cluster* aglomerativa hierárquica para os cultivares de feijão avaliados.



**Figura 6** Dendrograma resultante da análise de *cluster* aglomerativa hierárquica, para quatro cultivares de feijão carioca (BRS Madrepérola, BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Pontal).

A análise de *cluster* (Figura 6) apresentou uma separação de dois grupos distintos. O primeiro *cluster* é formado pelo cultivar BRS Pontal. Já o segundo é formado pelos cultivares BRS Estilo, CNFC 10467 e BRS Madrepérola, sendo os dois últimos mais similares quando comparados ao primeiro.



## 6 CONCLUSÕES

Considerando os objetivos propostos e diante dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- A variedade Madrepérola foi superior quanto ao parâmetro de cor luminosidade, ao ser comparada com as demais variedades estudadas.

- A condição de armazenamento foi o fator que mais influenciou a diferença de cor. Este fator desempenha o efeito de acréscimo no valor deste parâmetro.

- Os fatores condição de armazenamento e tempo de armazenamento influenciam no aumento do tempo de cozimento; a interação desses dois fatores exerce efeito combinado no aumento do tempo de cozimento, para todas as variedades estudadas.

- Os grãos armazenados na condição 27 °C e 75% de umidade apresentaram característica de efeito *hard-to-cook* aos 108 dias.

- Os fatores estudados não exerceram efeitos significativos sobre o valor do teor de fitatos. O fator tempo de armazenamento exerce efeito negativo sobre o teor de fósforo das variedades estudadas.

- A variedade BRS Pontal foi a que mais se diferenciou das demais variedades estudadas.

- As variedades CNFC 10467 e Madrepérola são mais similares, quanto aos parâmetros estudados.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos permitem, ainda:

- Sugiro para futuros trabalhos um período de armazenamento maior, pois alguns dos parâmetros analisados poderiam ter resultados mais expressivos.

- Utilizar mais combinações de temperatura e umidade relativa para o armazenamento, e mais parecidas com a realidade da região do estudo.

- Utilizar mais parâmetros tecnológicos para avaliar os grãos armazenados.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, J.S.; IDA, I.E. Efeito das condições de germinação de girassol na redução do teor de fitato e ativação de fitase e fosfatase ácida. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n.1, p. 61-70, jan./mar., 2006.
- BASSINELLO, P. Z. **Pós-produção: Qualidade dos grãos**. 2014. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_2\\_28102004161635.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html). Acesso em: jan. 2016.
- BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, M. G.; OLIVEIRA, L. L. R.; SOARES, D. M.; PELOSO, M. J.; SILVA C. C.; THUNG, M. Decoada e outros químicos para reduzir o tempo de cocção e seus efeitos na qualidade culinária de feijão. *In: Congresso nacional de pesquisa de feijão*, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v.2, p.691-694, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Perfil do feijão no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>. Acesso em: mar. 2015.
- BURATTO, J. S. **Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos**. 2012. 148 fls. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- CARBONELL, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.
- CEZAR, T. M.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, C.; SCHOENINGER, V.; ALMEIDA, A. J. B. Nutritional and antinutritional factors during the storage process of common bean. **International Journal of Food, Agriculture and Environment (Online)**, v. 11, p. 268-272, 2013.
- COELHO, C. M. M.; BELLATO, C. M.; GARCIA, A. K. M.; VITORELLO, V. A.; AZEVEDO, R. A. Variation in phytate accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) fruit explants. **Braz. arch. biol. Technol.**, v. 51 n. 1, p. 163-173, jan./feb. 2008.
- COELHO, C. M. M.; BELLATO, C. M.; SANTOS, J. C. P.; ORTEGA, E. M. M.; TSAI, S. M. Effect of phytate and storage conditions on the development of the hard to cook phenomenon in common beans. **J. Sci. Food Agric.**, in press., v .87, p. 1237-1243, 2007.
- COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. N.; NOBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**. [online], v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB . **Perspectivas para a agropecuária**. Safra 2015/2016. Brasília, v. 3, p. 1-130, set. 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 de jan. de 2016.
- CVITANICH, C.; PRZYBYLOWICZ, W. J.; URBANSKI, D. F.; JURKIEWICZ, M.; MESJASZ, P. J.; BLAIR, M. W.; ASTUDILLO, C.; JENSEN, E.; STOUGAARD, J. Iron and ferritin

accumulates in separate cellular locations in phaseolus seeds. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 10, n. 26, p. 1- 14, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do feijoeiro comum**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em: maio 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais**. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/index.htm>. Acesso em: maio de 2012.

ESTEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FIREMAN, A. K. B. A. T.; FIREMAN, F. A. T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 529-534, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Fao stat. 2013. *In*: PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de Economia Rural – DERAL. **Feijão: análise da conjuntura agropecuária - 2013**. Disponível em: [http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao\\_2013\\_14.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2013_14.pdf). Acesso em: 20 dez. 2014.

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

GIESE, J. Color measurements in foods as a quality parameter. **Food Technology**, v. 54, n. 2, p. 62-65; 2000.

GRANATTO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, out.-dez, 2010.

HANDPRINT. **Modern color models**. Disponível em: <http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html#CIELAB>>. Acesso em: jun. 2010.

HEINZL, W. Technical specificatios of natuphos. **BASF Technical Symposium. World Congress Center**. Atlanta. Georgia. Janeiro 23. 1996. p. 39-70.

HILL, P.S.M.; WELLS, P.H.; WELLS, H. Spontaneous flower constancy and learning in honey bees as a function of colour. **Anim. Behav.** v. 54, p. 615-627, 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. p. 98-99.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE**. Estatística de produção agrícola. Junho, 2012. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/ispa/estprodagr.2012.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/ispa/estprodagr.2012.pdf). Acesso em: 20 dez.2014.

JACKSON, M. G.; VARRIANO-MARSTON, E. Hard-to-cook phenomenon in beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, p. 799-803, 1981.

KASIM, A. B.; EDWARDS, W. M. The analysis for inositol phosphate forms in feed ingredients. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chicago, v. 76, p. 1-9, 1998.

KORNEGAY, E. T. Effect of phytase on the bioavailability of phosphorus, calcium, amino acids, and trace minerals in broilers and turkeys. **BASF Technical Symposium. World Congress Center**. Atlanta. Georgia. Janeiro 23, 1996. p. 39-70.

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

LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem à vácuo na manutenção da qualidade**. 2013. 105 f. Tese (Doutorado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LOPES, R. L. T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento**. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2011.

MAGA, J. A. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** [Internet]. n. 30, p. 1-9, 1982.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. Trad. Carmona, S. I. C. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTIN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p.1114-1121, jul./ago., 2007.

NASCIMENTO, J.B.; CARVALHO, G.D; CUNHA, E.Q.; FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; OLIVEIRA, J.P.; DIDONET, A.D. **Adubação verde como contribuição às características físicas do solo e a produção do feijoeiro comum**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 1 CD-ROM. (IAC. Documentos, 85).

NEWMAN, K. Phytase. The enzyme, its origin and characteristics: impact and potential for increasing phosphorus availability. In: Biotechnology in the feed industry. **Proceedings of Alltech's seventh annual symposium**. Edt. T. P. Lyons. Alltech Technical Publications, Nicholasville. Kentucky. 1991. p. 169-177.

OLIVEIRA, V. R. **Análise físico-química, microbiológica e sensorial de cultivares de feijão**. 2009. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem

armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, maio, 2011.

OOMAH, D. B.; LUC, G.; LEPRELLE, C.; DROVER, J. C. G.; HARRISON, J. E.; OLSON, M. Phenolics, phytic acid, and phytase in Canadian-grown low-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Canada, v. 59, p. 3763-3771, 2011.

PAN, Z.; ATUNGULU, G. G.; WEI, L.; HAFF, R. Development of impact acoustic detection and density separations methods for production of high quality processed beans. **Journal of Food Engineering**, Daves, v. 97, n. 1, p. 292-300, 2010.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, 2005.

PROLLA, I. R. D.; BARBOSA, R. G.; VEECK, A. P. L.; AUGUSTI, P. R.; SILVA, L. P.; RIBEIRO, N. D.; EMANUELLI, T. Cultivar, harvest year, and storage conditions affecting nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, supl. 1, p. 96-102, maio 2010.

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

REDDY, N. R.; PIERSON, M. D.; SATHE, S. K. AND SALUNKHE, D. K. **Phytates in cereals and legumes**. Boca Raton: CRC Press, 1989.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; FARONI, R. A.; CECON, P. R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, 2008.

RIBEIRO, N. D. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 335-346, 2007.

RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 936-941, 2006.

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

SCHOENINGER, V. **Caracterização de cultivares de feijão para pré-processamento de grãos desidratados de cozimento rápido e processamento industrial**. 2015. 76 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

SCHOENINGER, V. **Otimização de parâmetros de pré-processamento para obtenção de feijão seco com reduzido tempo de cozimento**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C. Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time. **Food Science and Technology**, Austrália, v. 56, p. 49-57, 2014.

SILOCHI, R. M. H. **Caracterização tecnológica nutricional e metabólitos secundários em cultivares de feijão carioca armazenados**. 2015. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade proteica e atividade antioxidante de feijão comum. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4. p. 591-598, 2009.

SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentação e Nutrição. Brazil Journal Food Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 339-346, jul./set. 2013.

SIQUEIRA, B. S.; PEREIRA, W. J.; BATISTA, K. A.; OOMAH, D. B.; FERNANDES, K. F.; BASSINELLO, P. Z. Influence of storage on darkening and hardening of slow – and regular – carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 2166-0369, 2014.

SOUZA, B. P.; GIORA, F. C.; PERINA, E. F.; LOPES, R. L. T.; CARVALHO, C. R. L.; CARBONELL, S. A. M. Determinação da composição da parede celular e suas implicações no tempo de cozimento de grãos de feijão (Nº 12118) In: **CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, n. 6., 2012, São Paulo. Anais... Jaguariúna: CIIC, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ZAMINDAR, N. ; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 50, n. 1, p. 108 -114, 2013.