



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

THAÍSA MARA MARCELLO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TECNOLÓGICA E  
SENSORIAL DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)  
ENVELHECIDO**

---

Londrina  
2017

THAÍSA MARA MARCELLO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TECNOLÓGICA E  
SENSORIAL DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)  
ENVELHECIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Helena Prudencio

Londrina  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Marcello, Thaísa Mara.

Caracterização físico-química, tecnológica e sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) envelhecido / Thaísa Mara Marcello. - Londrina, 2017.

146 f. : il.

Orientador: Sandra Helena Prudencio.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, , 2017.

Inclui bibliografia.

1. Alimentos - Envelhecimento - Tese. 2. Feijão - Tempo de cozimento - Tese. 3. Alimentos - Perfil Sensorial Descritivo - Tese. 4. Alimentos - Aceitação Sensorial - Tese. I. Prudencio, Sandra Helena . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. . III. Título.

THAÍSA MARA MARCELLO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TECNOLÓGICA E  
SENSORIAL DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris L.*)  
ENVELHECIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Helena  
Prudencio  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Dra. Maria Brígida dos Santos Scholz  
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

---

Profa. Dra. Thais de Souza Rocha  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 04 de outubro de 2017.

Dedico

A Deus, por me conduzir conforme  
seus planos. Aos meus pais e irmão,  
pela força e incentivo.

MARCELLO, Thaísa Mara. **Caracterização físico-química, tecnológica e sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) envelhecido**. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do envelhecimento natural de duas cultivares (BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo) de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre os parâmetros físico-químicos, tecnológicos e sensoriais. Os grãos das duas cultivares foram armazenados em temperatura e umidade relativa ambiente por 103 e 206 dias, e uma amostra controle foi mantida a -18 °C. Foram determinadas a composição centesimal, cor, dureza e absorção de água para os grãos crus. Foi determinado o tempo de cozimento instrumental, por meio do cozedor de Mattson, e sensorial (tempo de cozimento ótimo) dos grãos controles e envelhecidos. Os grãos cozidos no tempo fixo (uma hora) e ótimo foram avaliados quanto à cor, perfil de textura, porcentagem de grãos inteiros, absorção de água no cozimento, e o meio de cocção foi avaliado quanto à cor e teor de sólidos. Os grãos cozidos no tempo ótimo também foram submetidos às análises sensoriais descritiva (Perfil Sensorial Descritivo) e de aceitação. Os dados foram tratados por ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey, análise de correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (ACP), sendo o nível de significância de 5%. O envelhecimento promoveu alterações nos parâmetros de cor dos grãos crus, contudo, a BRS MG Madrepérola não escureceu, sendo menos suscetível à variação total de cor ( $\Delta E^* = 5,66$ ). Os grãos envelhecidos apresentaram menor teor de umidade e maior absorção de água durante a maceração, não havendo aumento na dureza. O tempo de cozimento dos grãos envelhecidos da BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo aumentou em 2,42 e 2,23 vezes, respectivamente, com relação aos grãos controles. O envelhecimento resultou em semelhantes alterações dos parâmetros de cor dos grãos para os dois métodos de cozimento, contudo, houve o escurecimento apenas da BRS MG Estilo, com maior  $\Delta E^*$  (12,17) quando cozida por uma hora, ao passo que no tempo ótimo sensorial, apenas a BRS MG Madrepérola escureceu, apresentando maior  $\Delta E^*$  (10,73). Quando cozidos por uma hora, os grãos envelhecidos absorveram menor quantidade de água, apresentaram maior porcentagem de grãos inteiros e houve o aumento dos parâmetros de textura. Os grãos envelhecidos, cozidos no tempo ótimo sensorial, absorveram maior quantidade de água e apresentaram menor porcentagem de grãos inteiros, ressaltando que estes cozinharam por maiores tempos e assim não houve variação dos parâmetros de textura. O envelhecimento não promoveu o escurecimento do meio de cocção das duas cultivares, para ambos os métodos de cozimento, no entanto houve o aumento nos demais parâmetros de cor, sendo a BRS MG Madrepérola a que apresentou maior  $\Delta E^*$ , em relação à BRS MG Estilo. Ainda quando cozidos no tempo ótimo, verificou-se no perfil sensorial descritivo, a dureza similar dos grãos controles e envelhecidos, porém os últimos apresentaram maior intensidade dos atributos cor marrom do grão e arenosidade. Não houve diferença de aceitação dos grãos de feijão controles e envelhecidos, quando cozidos no tempo ótimo.

**Palavras-chave:** *Hard-to-cook*. Tempo de cozimento. Escurecimento. Textura. Perfil sensorial descritivo. Aceitação.

MARCELLO, Thaísa Mara. **Characterization physicochemical, technological, and sensorial of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) aged.** 2017. 147 p. Dissertation (Master's Degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the natural aging effect of two cultivars (BRS MG Madrepérola and BRS MG Estilo) of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), analyzing the physicochemical, technological and sensorial parameters. The grains of the two cultivars were stored at room temperature and relative humidity for 103 and 206 days, and a control sample was maintained at -18 °C. Centesimal composition, color, hardness and water absorption were determined for the raw grains. The instrumental cooking time, obtained by the Mattson cooker, such as their sensorial cooking time (optimal cooking time) of the control and aged grains, were determined. The grains cooked at optimum and fixed time (one hour) were evaluated by color, texture profile, percentage of whole grains, water absorption in cooking, and the cooking broth was evaluated by color and solids content. Grains cooked in optimal time were also submitted to descriptive sensory analysis (Descriptive Sensorial Profile) and acceptance. The data were treated by ANOVA, Tukey averages comparison test, Pearson correlation analysis and Principal Component Analysis (PCA). The significance level was 5%. Aging promoted changes in the color parameters of the raw grains, however, BRS MG Madrepérola didn't become dark, being less susceptible to total color variation ( $\Delta E^* = 5.66$ ). Aged grains presented lower moisture content and higher water absorption during maceration, with no hardness increase. The cooking time of the aged grains of BRS MG Madrepérola and BRS MG Estilo increased by 2.42 and 2.23 times, respectively, related to control grains. Aging resulted in similar changes in grain color parameters for both cooking methods, however, there was only darkening of BRS MG Estilo, with higher  $\Delta E^*$  (12.17) when cooked for one hour, while in the optimal sensorial time, only BRS MG Madrepérola darkened, presenting higher  $\Delta E^*$  (10.73). When cooked by one hour, the aged grains absorbed less water, had a higher percentage of whole grains and there was an increase on texture parameters. The aged grains, cooked in the sensory optimum time, absorbed a greater amount of water and presented lower percentage of whole grains, emphasizing that they cooked for longer times and thus did not change the texture parameters. Aging did not promote darkening in the cooking broth of the two cultivars in both cooking methods, however, the other color parameters increased, being BRS MG Madrepérola the highest  $\Delta E^*$ , related to BRS MG Estilo. When cooked in the optimum time, the similar hardness of the control and aged grains was verified in the descriptive sensorial profile, but the latter presented greater brown color intensity of the grain and sandy attributes. There was no difference in acceptance of the control grains and aged ones, when cooked at optimum time.

**Keywords:** Hard-to-cook. Cooking time. Darkening. Texture. Descriptive sensory profile. Acceptance.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me conduzido em cada etapa deste trabalho, por ter me capacitado e me dado a oportunidade de recomeçar e aprender a cada novo dia, e à Nossa Senhora Aparecida, com a certeza de sua intercessão durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudencio, por ter aceitado me orientar, e por toda paciência, confiança e conhecimento compartilhado.

À minha família, especialmente aos meus pais, Iria e Hélio, ao meu irmão, Thiago, e ao meu companheiro, pelo incessante apoio em cada etapa deste trabalho.

À minha tia Lídia, pelo auxílio na confecção dos saquinhos de filó para armazenamento dos grãos de feijão.

Aos colegas e amigos, pelo importante auxílio prestado durante a elaboração deste trabalho, e por deixarem um pouco de sua essência nesta caminhada.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL), por todo conhecimento compartilhado.

À Embrapa Arroz e Feijão – GO, em especial à Dr<sup>a</sup>. Priscila Zaczuk Bassinello, por fornecer as amostras de feijão para a realização desta pesquisa.

Ao IAPAR, em especial à Dr<sup>a</sup>. Maria Brígida, à Sr<sup>a</sup> Isabel e ao Sr. Ovídeo, pelo auxílio durante as análises.

À Dr<sup>a</sup>. Ana Paula, pelo auxílio na utilização do Texturômetro.

Aos membros das equipes sensoriais (descritiva e afetiva) pela grande colaboração neste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Modelo do mecanismo multicanal no desenvolvimento do defeito HTC. .25	25
<b>Figura 2</b> - Ação da polifenol oxidase sobre compostos fenólicos. ....27	27
<b>Figura 3</b> - Ação da peroxidase sobre compostos fenólicos. ....27	27
<b>Figura 4</b> - Esquema do aparelho cozedor de Mattson.....30	30
<b>Figura 5</b> - Variação (A e B) e distribuição normal (C e D) da temperatura ambiente ao longo dos 103 e 206 dias de armazenamento.....40	40
<b>Figura 6</b> - Variação (A e B) e distribuição normal (C e D) da umidade relativa ambiente ao longo dos 103 (A e C) e 206 (B e D) dias de armazenamento.....41	41
<b>Figura 7</b> - Ficha de avaliação para determinação do tempo de cozimento ótimo.....47	47
<b>Figura 8</b> - Ficha de avaliação do teste de reconhecimento dos gostos básicos, utilizada para seleção de avaliadores.....50	50
<b>Figura 9</b> - Ficha de avaliação do teste de reconhecimento dos odores básicos, utilizada para seleção de avaliadores.....51	51
<b>Figura 10</b> - Ficha de avaliação sensorial do teste de ordenação de intensidade de dureza, utilizada para seleção de avaliadores.....52	52
<b>Figura 11</b> - Ficha utilizada no levantamento da terminologia descritiva. ....53	53
<b>Figura 12</b> - Ficha sensorial elaborada pelos avaliadores da ADQ durante a etapa de desenvolvimento da terminologia descritiva. (Continua).....56	56
<b>Figura 13</b> - Ficha de avaliação para o teste de aceitação global.....59	59
<b>Figura 14</b> - Grãos de feijão cru da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.....61	61
<b>Figura 15</b> - Grãos de feijão cru da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....61	61
<b>Figura 16</b> - Grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições. ....72	72
<b>Figura 17</b> - Grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....73	73
<b>Figura 18</b> - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições. ....80	80

<b>Figura 19</b> - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	80
<b>Figura 20</b> - Regressão linear entre a textura sensorial e o tempo de cozimento (minutos) dos grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições. ....	88
<b>Figura 21</b> - Regressão linear entre a textura sensorial e o tempo de cozimento (minutos) dos grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	89
<b>Figura 22</b> - Grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições. ....	91
<b>Figura 23</b> - Grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	92
<b>Figura 24</b> - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições. ....	97
<b>Figura 25</b> - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	98
<b>Figura 26</b> - Gráfico aranha do perfil sensorial descritivo dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	104
<b>Figura 27</b> - Projeção dos atributos sensoriais (A) e das amostras de feijão (B) sobre o plano fatorial CPI x CPII. ....	105
<b>Figura 28</b> - Projeção dos atributos sensoriais (A) e das amostras de feijão (B) sobre o plano fatorial CPI x CPIII. ....	106

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Definição física e sensorial dos parâmetros de textura. ....	32
<b>Quadro 2</b> - Termos descritores com a respectiva definição e materiais de referência. .....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produção, importação, exportação e estoque final do feijão (mil toneladas).....	21
<b>Tabela 2</b> - Tempos de cozimento das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em difentes condições. ....	47
<b>Tabela 3</b> - Dureza (N) das amostras utilizadas no teste de ordenação. ....	52
<b>Tabela 4</b> - Amostras utilizadas para a seleção final de avaliadores para ADQ.....	58
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cru das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ..	62
<b>Tabela 6</b> - Dureza (N) dos grãos de feijão crus das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	66
<b>Tabela 7</b> – Composição centesimal dos grãos de feijão cru das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ..	68
<b>Tabela 8</b> - Absorção de água durante a maceração das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ..	70
<b>Tabela 9</b> - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	74
<b>Tabela 10</b> - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições e resfriados a 25 °C.....	77
<b>Tabela 11</b> - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições e resfriados a 60 °C.....	78
<b>Tabela 12</b> - Parâmetros de cor do meio de cocção dos feijões cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	81
<b>Tabela 13</b> - Absorção de água durante a cocção dos grãos por uma hora e porcentagem de grãos inteiros das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	83
<b>Tabela 14</b> - Sólidos solúveis totais do meio de cocção dos grãos cozidos por uma hora das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenadas em diferentes condições.....	84

<b>Tabela 15</b> - Tempo de cozimento instrumental (Mattson) de grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	86
<b>Tabela 16</b> - Tempo de cocção (minutos) dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições, seguido da nota sensorial de textura <sup>1,2</sup> .....	90
<b>Tabela 17</b> - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	93
<b>Tabela 18</b> - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos no tempo sensorial ótimo, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições e resfriadas a 25 °C.....	95
<b>Tabela 19</b> - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos no tempo sensorial ótimo, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições e resfriadas a 60 °C.....	96
<b>Tabela 20</b> - Parâmetros de cor do meio de cocção dos grãos cozidos no tempo ótimo das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	99
<b>Tabela 21</b> - Absorção de água durante a cocção dos grãos de feijão no tempo ótimo sensorial, e porcentagem de grãos inteiros das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	101
<b>Tabela 22</b> - Sólidos solúveis totais, sólidos insolúveis e sólidos solúveis do meio de cocção das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenadas em diferentes condições. ....	102
<b>Tabela 23</b> - Valores de correlação de cada atributo, ou autovetor, com relação ao CP. ....	107
<b>Tabela 24</b> - Correlação de Pearson entre os atributos sensoriais dos grãos de feijão cozido da cultivar BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	109
<b>Tabela 25</b> - Intensidade média dos atributos sensoriais dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e MRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.....	111
<b>Tabela 26</b> - Aceitação média dos grãos de feijão cozidos das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições. ....	114

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
3.1	FEIJÃO COMUM ( <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.).....	20
3.2	COMPONENTES NUTRICIONAIS.....	21
3.3	CONSEQUÊNCIAS DO ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA.....	23
3.4	MÉTODOS DE MEDIDA DO TEMPO DE COZIMENTO .....	28
3.5	PARÂMETROS DE TEXTURA.....	31
3.6	ANÁLISE SENSORIAL .....	33
3.6.1	Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) .....	34
3.6.2	Teste de Aceitação .....	36
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
4.1	MATÉRIA PRIMA .....	38
4.1.1	Envelhecimento natural dos grãos.....	38
4.2	ANÁLISES DOS GRÃOS DE FEIJÃO CRU .....	42
4.2.1	Composição centesimal.....	42
4.2.2	Avaliação instrumental da cor.....	42
4.2.3	Dureza instrumental.....	43
4.2.4	Absorção de água durante a maceração.....	43
4.3	PARÂMETROS DE COZIMENTO POR TEMPO FIXO (UMA HORA).....	43
4.3.1	Absorção de água durante o cozimento .....	44
4.3.2	Porcentagem de grãos inteiros.....	44
4.3.3	Avaliação instrumental da cor dos grãos inteiros .....	44
4.3.4	Análise do perfil de textura instrumental dos grãos .....	44
4.3.5	Avaliação instrumental da cor do meio de cocção.....	45
4.3.6	Sólidos solúveis totais do meio de cocção .....	45
4.4	DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE COZIMENTO DOS GRÃOS DE FEIJÃO.....	45

4.4.1	Determinação instrumental do tempo de cozimento.....	45
4.4.2	Determinação sensorial do tempo de cozimento ótimo (TCO) .....	45
4.5	ANÁLISES DOS GRÃOS DE FEIJÃO COZIDOS NO TEMPO DE COZIMENTO ÓTIMO (TCO) SENSORIAL .....	48
4.5.1	Avaliação instrumental da cor dos grãos .....	48
4.5.2	Análise do perfil de textura instrumental dos grãos .....	48
4.5.3	Absorção de água durante cozimento .....	48
4.5.4	Porcentagem de grãos cozidos inteiros.....	48
4.5.5	Cor instrumental do meio de cocção .....	49
4.5.6	Sólidos totais, sólidos solúveis e sólidos insolúveis do meio de cocção.....	49
4.5.7	Perfil Sensorial Descritivo Quantitativo .....	49
4.5.7.1	<i>Recrutamento e pré-seleção de avaliadores.....</i>	<i>49</i>
4.5.7.2	<i>Desenvolvimento da terminologia descritiva .....</i>	<i>53</i>
4.5.7.3	<i>Treinamento da equipe sensorial.....</i>	<i>58</i>
4.5.7.4	<i>Seleção final da equipe de avaliadores .....</i>	<i>58</i>
4.5.7.5	<i>Avaliação final das amostras de feijão.....</i>	<i>59</i>
4.5.8	Avaliação de Aceitação .....	59
4.6	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	60
4.7	PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS .....	60
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS DE FEIJÃO CRU .....	61
5.1.1	Avaliação instrumental da cor dos grãos crus .....	61
5.1.2	Medida instrumental da dureza dos grãos de feijão cru .....	65
5.1.3	Composição centesimal dos grãos crus .....	67
5.1.4	Absorção de água durante a maceração.....	70
5.2	ANÁLISES DOS GRÃOS DE FEIJÃO COZIDO EM TEMPO FIXO (UMA HORA) .....	72
5.2.1	Avaliação instrumental da cor do grão cozido .....	72
5.2.2	Perfil de textura instrumental dos grãos cozidos .....	76
5.2.3	Avaliação instrumental da cor do meio de cocção.....	80
5.2.4	Absorção de água durante o cozimento por uma hora, porcentagem de grãos inteiros e sólidos solúveis totais do meio de cocção.....	83

5.3	DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE COZIMENTO .....	85
5.3.1	Determinação instrumental do tempo de cozimento.....	85
5.3.2	Determinação sensorial do tempo de cozimento ótimo .....	87
5.4	ANÁLISES DO FEIJÃO COZIDO NO TEMPO ÓTIMO SENSORIAL .....	91
5.4.1	Avaliação instrumental da cor dos grãos cozidos .....	91
5.4.2	Perfil de textura instrumental dos grãos cozidos .....	94
5.4.3	Avaliação instrumental da cor do meio de cocção.....	97
5.4.4	Absorção de água durante o cozimento, porcentagem de grãos inteiros e sólidos solúveis totais, solúveis e insolúveis do meio de cocção .....	100
5.5	PERFIL SENSORIAL DESCRITIVO.....	103
5.5.1	Perfil sensorial das amostras.....	103
5.5.2	Aceitação global .....	113
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>131</b>
	ANEXO A .....	132
	ANEXO B .....	134
	ANEXO C .....	136
	ANEXO D .....	138
	ANEXO E .....	140
	ANEXO F .....	142
	ANEXO G .....	144

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais alimentos produzidos no Brasil e no mundo é o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Este possui fundamental importância na segurança alimentar e nutricional, sobretudo para a população mais carente, garantindo o acesso ao alimento de qualidade em quantidade suficiente, representando, portanto, um dos pilares da dieta brasileira (BARBOSA; GONZAGA, 2012) além de ser uma importante fonte proteica na dieta dos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais (YOKOYAMA; STONE, 2000).

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO, o Brasil ocupa a terceira posição no *ranking* dos maiores produtores de feijão do mundo (FAO, 2014). Além disso, a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB realizou um levantamento com relação à produção de feijão no Brasil, e destacou o estado do Paraná como o maior produtor de feijão do país, seguido do estado de Minas Gerais (CONAB, 2017).

Devido à grande quantidade de feijão produzida no país, faz-se necessária a estocagem em depósitos e armazéns até serem transportados aos locais de destino, onde também permanecem estocados. Durante o armazenamento ocorrem alterações indesejáveis nas características físicas do feijão, as quais resultam em grãos com elevada resistência à cocção, além de alterações nas características sensoriais e nutricionais, tornando-o pouco atrativo ao consumidor (ROMANO, 2006). Os principais fatores físicos que podem agravar as alterações durante o armazenamento são a elevada temperatura e umidade relativa do ar (UR), uma vez que grande parte das reações químicas é acelerada com o aumento da temperatura. Os problemas relacionados ao armazenamento são objetivos permanentes de estudos, visando o prolongamento da qualidade de produtos armazenados, pois um dos fatores que afeta a economia das regiões em desenvolvimento é a perda na pós-colheita (BRAGANTINI, 2005).

Dessa forma, o conhecimento sobre as relações existentes entre o feijão comum, a temperatura e a umidade de armazenamento é importante para desenvolver iniciativas de estudos a fim de controlar ou amenizar estas possíveis alterações (OLIVEIRA et al., 2011; RESENDE et al. 2006). As alterações observadas no feijão podem ocorrer a partir de reações complexas desencadeadas no interior dos grãos, como a peroxidação lipídica, formação de radicais livres e ácidos, deterioração da

membrana e desnaturação protéica durante o armazenamento. O agravamento dessas alterações pode ocasionar o fenômeno de endurecimento conhecido como *hard-to-cook* (HTC). Este fenômeno está associado às diversas alterações que ocorrem principalmente no cotilédone, ocasionando a resistência ao cozimento (LIU, 1995; LIU et al., 1992) e comprometendo a qualidade sensorial desejada pelo consumidor.

A qualidade dos alimentos se baseia em três aspectos essenciais: nutricional (composição do alimento), sensorial (aparência, aroma, sabor e textura) e microbiológico (microrganismos patogênicos ao homem) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dentre estes, o sensorial é o aspecto que possui maior relação com a escolha do produto pelo consumidor (DUTCOSKY, 2011). A qualidade sensorial é o resultado da interação entre o produto e o homem, e envolve estímulos provenientes do próprio alimento, das condições fisiológicas e sociológicas do consumidor, além do ambiente no qual estão localizados o alimento e o consumidor (COSTELL; DURAN, 1981; LUCIA et al., 2013). Sendo assim, a qualidade dos grãos pode ser verificada por meio dos atributos sensoriais e da aceitabilidade do consumidor, os quais são influenciados principalmente pelas características tecnológicas de absorção de água antes e após a cocção, tempo de cocção, bem como a coloração do tegumento e do caldo (RESENDE et al., 2008; REYES-MORENO; PAREDES-LÓPES, 1993).

Além disso, os consumidores associam os grãos de feijão de tegumento escuro ao maior tempo de hidratação e cozimento, sendo, portanto, a alta claridade da cor creme do tegumento uma característica desejável, associada à qualidade culinária (JACINTO-HERNÁNDEZ et al., 2011), a qual refere-se às características como tempo de cozimento, aparência, sabor e textura, além da viscosidade do caldo (LAURENT; JEAN-BLAISE; CARL, 2008).

As características sensoriais de um produto, tais como aparência, aroma, sabor e textura, são essenciais para obter a aceitação positiva do consumidor (JAEGER, 2006). Para realizar a análise sensorial, vários métodos específicos foram desenvolvidos, tais como o teste sensorial afetivo, o qual avalia a resposta dos avaliadores com relação à aceitação de um determinado produto, e a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), que descreve de forma completa as propriedades sensoriais do mesmo, sendo este um dos métodos mais completos e sofisticados para caracterizar atributos sensoriais importantes (STONE; SIDEL, 2004).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo a avaliação do efeito do envelhecimento natural, por 103 e 206 dias, de duas cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre os parâmetros físico-químicos, tecnológicos e sensoriais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do envelhecimento natural por 103 e 206 dias, de duas cultivares (BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo) de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre os parâmetros físico-químicos, tecnológicos e sensoriais.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a composição centesimal, cor, dureza, e absorção de água dos grãos crus, controles e envelhecidos.
- Medir o efeito do envelhecimento das duas cultivares de feijão sobre os parâmetros de cor e teor de sólidos solúveis no meio de cocção, e absorção de água, integridade e cor dos grãos quando cozidos em tempo fixo (uma hora).
- Avaliar o efeito do envelhecimento das duas cultivares de feijão sobre o tempo de cozimento dos grãos, empregando-se o método do cozedor de Mattson e por meio de análise sensorial.
- Determinar o efeito do envelhecimento das duas cultivares de feijão sobre a absorção de água, cor, perfil de textura, integridade, perfil sensorial das cultivares e aceitação dos grãos, cor e sólidos solúveis, insolúveis e totais do meio de cocção, quando cozidos no tempo sensorial ótimo, ou doméstico.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é classificado como uma planta herbácea, da família *Fabaceae*, sub-família *Faboideae*, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (SANTOS; GALVILANES, 2006). Esta corresponde à espécie de maior importância, pois é a mais antiga e a mais cultivada nos cinco continentes, representando cerca de 95% da produção mundial do gênero (CEPEF, 2001). O feijão comum teve sua origem na América (FREITAS et al., 2006), e posteriormente difundiu-se para os demais continentes (SOUSA, et al., 2014).

A época de plantio do feijão no Brasil se dá de acordo com a região e se resume em três safras. A primeira, chamada safra das águas, ocorre entre os meses de agosto e novembro, principalmente nas regiões sul e sudeste, a segunda, denominada safra da seca ou ciclo verão-outono, ocorre entre dezembro e março em todos os estados brasileiros, e por fim, a terceira safra conhecida como feijão de inverno ou feijão irrigado, ocorre de abril a setembro e concentra-se nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Distrito Federal e oeste da Bahia. Sendo assim, as três safras garantem a produção de feijão durante todo o ano (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002).

O feijoeiro possui expressiva importância socioeconômica e nutricional, e existem cultivares recomendadas para cada região de plantio. No mercado interno, o feijão carioca é o mais comercializado, e o emprego de novas cultivares pode se tornar uma opção diferenciada de renda para os agricultores (ALVES et al., 2009).

Segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, o consumo de feijão *per capita* no Brasil foi de 16,1 kg/hab em 2015, com estimativa de 15,7 kg/hab em 2026, com redução de 2% em relação ao ano de 2015. Com relação à demanda doméstica, estimou-se o aumento de 23%, considerando o período de 2015/16 (2,9 milhões de toneladas) a 2025/26 (3,5 milhões de toneladas) (FIESP, 2016).

A Conab, em seu 11º Levantamento referente à Safra 2016/2017, realizou um comparativo de produção, oferta e demanda de alguns produtos como algodão, arroz, feijão, milho, soja em grãos, soja em farelo, óleo de soja e trigo. Com relação ao feijão (Tabela 1), nos últimos anos, observa-se a maior produção na safra

de 2013/14 (3.453,7 mil toneladas), voltando a crescer novamente na safra de 2016/17 (3.354,1 mil toneladas). Na safra de 2016/17, é possível verificar a queda nos valores de importação em 46,15% com relação à safra anterior, e aumento da exportação em 41,67%. O estoque final foi de 220,1 mil toneladas, o maior nos últimos três anos (CONAB, 2017).

**Tabela 1** - Produção, importação, exportação e estoque final do feijão (mil toneladas).

Safra	Produção	Importação	Exportação	Estoque Final
2011/12	2.918,4	312,3	43,3	373,8
2012/13	2.806,3	304,4	35,3	129,2
2013/14	3.453,7	135,9	65,0	303,8
2014/15	3.210,2	156,7	122,6	198,1
2015/16	2.512,9	325,0	50,0	186,0
2016/17	3.354,1	150,0	120,0	220,1

Fonte: Conab (2017).

Dentre os estados brasileiros, com relação à safra 2016/17, das 3.354,1 mil toneladas produzidas, o Paraná destacou-se com a maior produção de feijão total no Brasil, estimada em 714,9 mil toneladas, seguido por Minas Gerais, com 520,0 mil toneladas. Ainda de acordo com a Conab, o feijão carioca possui a maior estimativa de produção na primeira, segunda e terceira safra 2016/17 (CONAB, 2017).

O *ranking* disponibilizado pela FAO, sobre os países com a maior produção de feijão, mostra o Brasil na terceira posição com 3.114,3 mil toneladas produzidas, atrás apenas da Índia com 4.134,0 mil toneladas e Mianmar com 4.066,9 mil toneladas, ocupando a primeira e segunda posição, respectivamente (FAO, 2014).

### 3.2 Componentes nutricionais

O feijão comum fornece nutrientes essenciais, tais como proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas. Seu cultivo se estende a quase todos os países e possui grande importância, uma vez que é considerado um alimento de boa qualidade nutricional e de baixo custo (OLIVEIRA et al., 2011).

O teor proteico do feijão está entre 20 e 25% (CAMPOS-VEGA; LOARCA-PIÑA; OOMAH, 2010). Contudo, a qualidade da proteína do feijão é inferior a de produtos de origem animal, pois possui teores de aminoácidos sulfurados reduzidos, além de possuir resistência à ação de enzimas por consequência da

natureza dos grãos, o que pode diminuir a biodisponibilidade das proteínas (DURANTI, 2006). De maneira geral, o feijão, rico em lisina, é consumido juntamente com cereais, ricos em aminoácidos sulfurados, e a partir dessa combinação, é possível obter uma alimentação de qualidade proteica relevante (DILIS; TRICHOPOULOU, 2009).

O conteúdo de carboidratos está entre 60 e 65%, sendo o amido o componente majoritário, além de pequenas frações de monossacarídeos e dissacarídeos. Os carboidratos na forma de fibra representam cerca de 17 a 23% (SHIGA; CORDENUNSI; LAJOLO, 2009). O amido do feijão apresenta baixo índice glicêmico, pois é digerido lentamente (WINHAM; HUTCHINS; MELDE, 2007), e as fibras apresentam efeitos fisiológicos benéficos, como melhorias na função do intestino grosso e controle de níveis de glicemia (MUDGIL; BARAK, 2013).

Em sua pesquisa, Barros e Prudencio (2016) avaliaram a composição centesimal de sete variedades de feijão comum, sendo elas carioca, IAPAR 81, IPR Saracura, IPR JURITI, Pérola, IPR Colibri e IAPAR 31. Os valores encontrados para proteínas ficaram entre 22,03 e 24,86 g.100g<sup>-1</sup>, e para carboidratos, entre 69,89 e 72,47 g.100g<sup>-1</sup>. De forma semelhante, Ribeiro, Prudencio-Ferreira e Miyagui (2005) avaliaram amostras de feijão comum preto, cultivar IAPAR 44, controle e envelhecido, e encontraram valores de proteínas de 23,87 e 24,32 g.100g<sup>-1</sup>, e de carboidratos entre 69,69 e 69,18 g.100g<sup>-1</sup>, para os grãos controle e envelhecidos, respectivamente.

O feijão além de ser uma importante fonte de proteínas e carboidratos, também fornece teores de minerais, vitaminas do complexo B e ácidos graxos insaturados, como o ácido linoleico (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). Devido ao elevado conteúdo de minerais essenciais, como ferro (8 mg.100g<sup>-1</sup>), zinco (2 mg.100g<sup>-1</sup>), fósforo (385 mg.100g<sup>-1</sup>) e cálcio (123 mg.100g<sup>-1</sup>), conforme descrito na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), o feijão pode contribuir no combate à anemia ferropriva, causada pela deficiência em ferro, além de outras doenças relacionadas à micronutrientes, que afetam pessoas de diversas regiões do mundo (BOUIS, 2003; DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010).

Mesquita et al. (2007) encontraram em 21 linhagens de feijão comum, teores entre 7,13 a 12,6 mg.100g<sup>-1</sup> de ferro, de 3,66 a 5,46 mg.100g<sup>-1</sup> de zinco, de 450 a 730 mg.100g<sup>-1</sup> de fósforo e de 60 a 280 mg.100g<sup>-1</sup> de cálcio. Barros e Prudencio (2016) encontraram valores médios de 6,78 mg.100g<sup>-1</sup> para ferro, 2,83 mg.100g<sup>-1</sup> para

zinco e 448 e 145 mg.100g<sup>-1</sup> para fósforo e cálcio, respectivamente, em grãos de feijão comum.

### 3.3 Consequências do armazenamento pós-colheita

O feijão possui reduzida atividade metabólica quando comparado aos frutos e hortaliças frescas, contudo, também está sujeito ao processo de deterioração durante a estocagem (ZHANG et al., 1995). A necessidade de prolongar a vida útil e agregar valor comercial aos produtos, tornou importante o entendimento das alterações bioquímicas pós-colheita, pois é necessário controlar os processos de deterioração consequentes do transporte e armazenamento inadequados (SHIGA, 2003).

Durante o transporte e o armazenamento, a falta de controle de temperatura e umidade relativa do ambiente pode resultar em alterações biológicas, químicas e físicas nos grãos, denominadas envelhecimento. Estes grãos são um tecido vivo que respira durante o armazenamento, e a taxa de respiração pode aumentar a medida que a temperatura e a umidade relativa ambiente aumentam, acelerando o envelhecimento e promovendo a perda de qualidade (LIU, 1997).

Grãos de leguminosas quando submetidos a longos períodos de estocagem em alta temperatura, maior que 25 °C, e umidade relativa, maior que 65%, podem apresentar perdas nutricionais e texturais (KINYANJUI et al., 2014; NJOROGE et al., 2015).

Temperatura e umidade relativa ambiente elevadas são comuns em países tropicais como o Brasil (MARTÍN-CABREJAS et al., 1997). Estas condições favorecem o desenvolvimento dos fenômenos de endurecimento e escurecimento em grãos de feijão (COELHO et al., 2009).

Tem sido verificado que após seis meses de armazenamento em condições ambientais adversas, grãos de feijão comum podem desenvolver o defeito *hard-to-cook*, ou difícil de cozinhar (HTC) (NYAKUNI et al., 2008). Este fenômeno afeta a qualidade e aceitabilidade de grãos de leguminosas devido ao endurecimento e aumento no tempo de cocção, gerando maior gasto de energia e redução da palatabilidade e qualidade nutricional (REYES-MORENO, PAREDES-LOPEZ, 1993). Grãos de feijão HTC não se tornam macios após o cozimento e apresentam caldo pouco viscoso (RUPOLLO et al. 2011).

Outro defeito observado em grãos de leguminosas é denominado *hardshell* (HS). De acordo com Castellanos (1995), este defeito pode ser consequência da adaptação das sementes ao clima semi-árido durante o plantio. Devido à absorção de água insuficiente de grãos HS, é necessário prolongar o tempo de cocção para proporcionar o amaciamento aos grãos. Contudo, nesse caso, a remoção do tegumento seria suficiente para que o cotilédone absorva água adequadamente. Este defeito ocorre principalmente quando os grãos são armazenados em armazéns aquecidos e sob baixa umidade relativa (30%) (HENTGES et al., 1991).

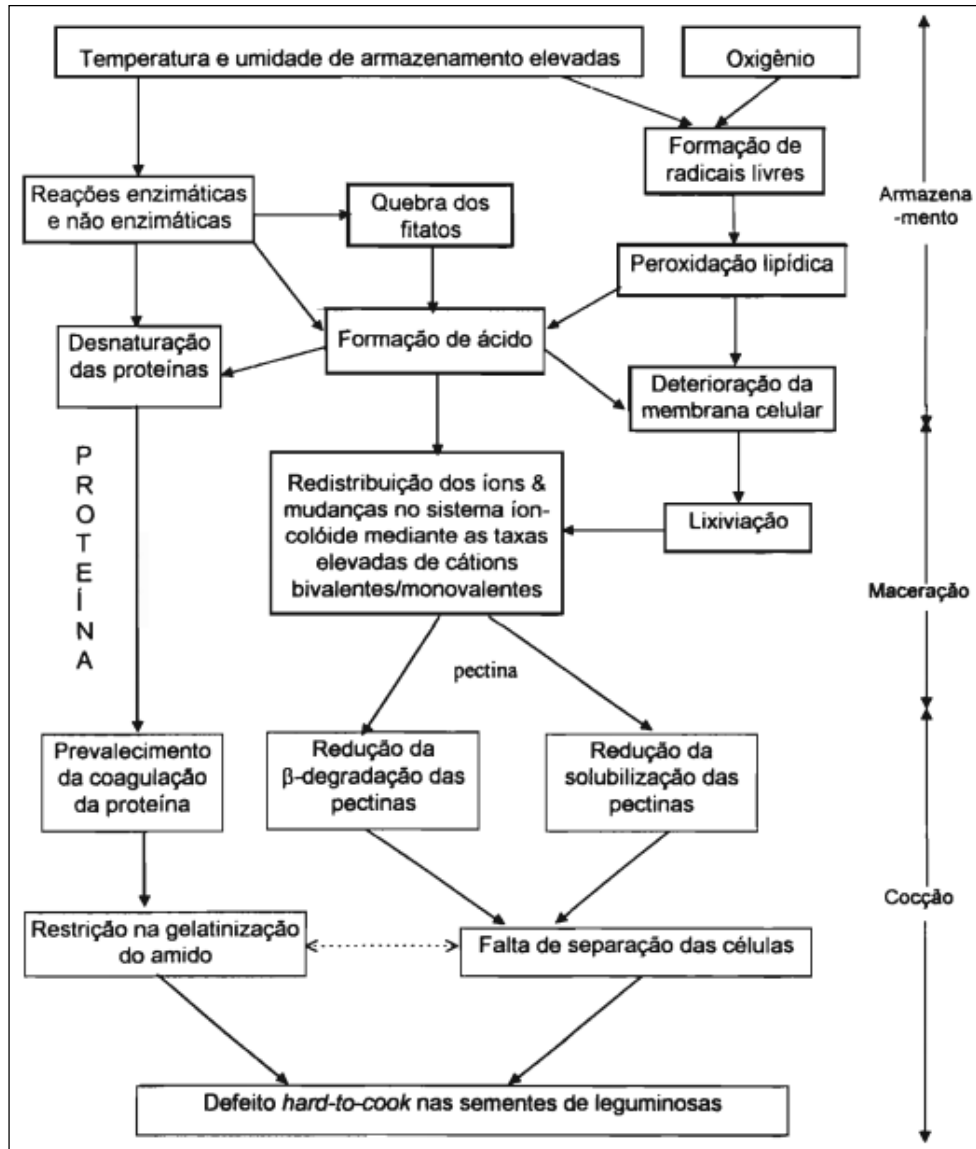
Diante dos fenômenos observados, Liu (1995) elaborou um modelo de múltiplos canais envolvendo reações enzimáticas e não enzimáticas, a fim de explicar o desenvolvimento de grãos HTC (Figura 1). No modelo proposto, a formação de radicais livres, peroxidação lipídica, formação de ácidos, deterioração da membrana, desnaturação proteica, lixiviação e redistribuição de íons, estariam relacionados ao armazenamento e maceração, enquanto que a redução da degradação da pectina, coagulação das proteínas e gelatinização restrita do amido relacionam-se com o cozimento.

Liu (1995) explica que em grãos recém-colhidos, o pH do tecido encontra-se em torno de 6,4, o qual favorece a desnaturação proteica e degradação da pectina por meio da  $\beta$  eliminação durante o cozimento. Dessa forma, ocorre a separação das células, os grânulos de amido gelatinizam e os grãos tornam-se macios. No grão envelhecido, o pH encontra-se na faixa ácida, em torno de 5,5, diminuindo a solubilidade e estabilidade térmica das proteínas. Portanto, a desnaturação ocorreria já durante o armazenamento e a coagulação predominaria no cozimento.

A prevalência da coagulação das proteínas no cozimento ocorre devido à diminuição da sua temperatura de transição térmica ( $T_m$ ) de 100 °C para 56 °C, enquanto a temperatura de gelatinização do amido permanece constante, na faixa de 64 a 73 °C. A temperatura na qual a proteína começa a coagular torna-se menor que a temperatura de gelatinização do amido, com isso, a coagulação prévia da proteína resultaria na formação de uma barreira, a qual impede a passagem de água e a gelatinização dos grânulos de amido. Dessa forma, grãos HTC cozidos caracterizam-se pela limitada separação celular e restrita gelatinização do amido, pois a coagulação

da proteína prevalece sobre a gelatinização do amido, uma vez que ambos os processos competem pela água (LIU, 1995).

**Figura 1** - Modelo do mecanismo multicanal no desenvolvimento do defeito HTC.



Fonte: Shiga (2003); Adaptado de Liu (1995).

O endurecimento dos grãos também pode estar relacionado com a presença de radicais livres altamente reativos, os quais têm efeito negativo nos sistemas biológicos devido à peroxidação dos lipídeos da membrana celular (BARREIROS; DAVID, 2006). A perda da integridade da membrana pode promover alterações de permeabilidade seletiva e lixiviação dos solutos (JONES; BOUTLER, 1983; RICHARDSON; STANLEY, 1991; LIU 1995; VARRIANO-MARSTON; JACKSON, 1981).

O envolvimento de enzimas no processo de endurecimento está principalmente relacionado à teoria da lignificação. Esta teoria relaciona o endurecimento com a polimerização dos compostos fenólicos, oriundos principalmente das cascas, que possuem teores consideráveis destes compostos, e são estimadas através da formação de ligações cruzadas entre os compostos fenólicos e proteínas da parede celular dos cotilédones (NASAR-ABBAS et al., 2008).

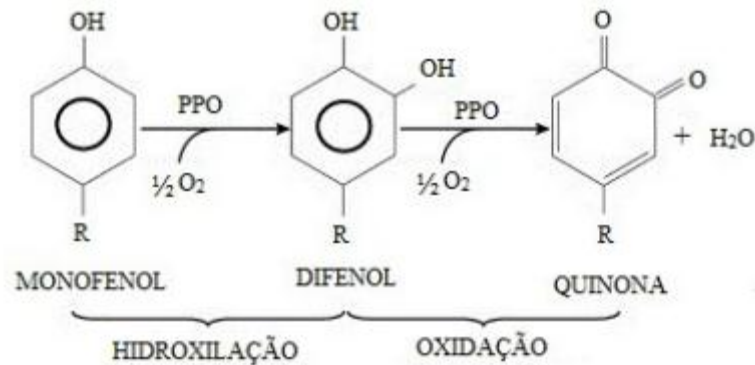
Cita-se também a teoria pectina-cátion-fitato, onde a ativação da fitase contribuiria principalmente para o desenvolvimento de pectato de cálcio insolúvel (JONES; BOUTLER, 1983). A fitase teria ação sobre os fitatos presentes nos corpos proteicos, degradando-os e por consequência, os cátions bivalentes,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , passariam facilmente através da membrana celular danificada (VARRIANO-MARSTON; JACKSON, 1981). Segundo Liu (1995), a liberação do cálcio teria influência na ação da pectinmetilesterase (PME), ativando-a e promovendo a desesterificação das pectinas e o aumento de carboxilas livres, contribuindo com o aumento do pectato de cálcio.

Siqueira (2013) estudou o efeito do teor de lignina em grãos de feijão carioca após um mês de armazenamento (média de 25,06 °C e 53,48% de UR). Verificou-se que a dureza do grão aumentou, porém o teor de lignina reduziu ou se manteve estável, concluindo que a dureza dos grãos nem sempre pode ser relacionada ao processo de lignificação. Por outro lado, Nasar-Abbas et al. (2008) verificaram o aumento do teor de lignina em feijões fava, quando estes foram mantidos em elevadas temperaturas e longos períodos de armazenamento.

Além disso, os eventos de escurecimento e endurecimento dos grãos, podem estar relacionados com a oxidação de compostos fenólicos através das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), ocasionando a formação de pigmentos escuros e possível endurecimento dos grãos. Este processo é considerado gradativo, acumulativo e irreversível (WHITEHEAD; SWARDT, 1982).

A PPO catalisa duas reações envolvendo oxigênio, a hidroxilação de monofenóis com formação de orto-difenóis, e a oxidação de orto-difenóis à orto-quinona (Figura 2). As quinonas formam pigmentos escuros, denominados melaninas (MAYER, 2006).

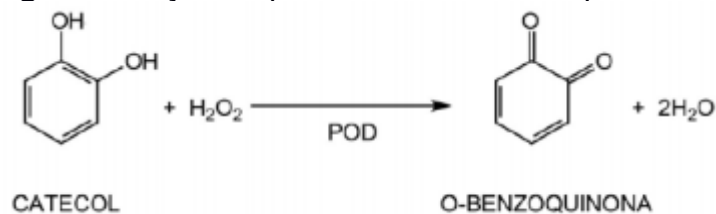
**Figura 2** - Ação da polifenol oxidase sobre compostos fenólicos.



Fonte: TOIVONEN; BRUMMELL (2008).

A POD promove a oxidação de compostos fenólicos quando na presença de peróxido de hidrogênio, também mediando a formação de quinonas ao final da reação (Figura 3) (CHITARRA, 2002). Dessa forma, tanto a PPO quanto a POD têm ação sobre uma grande variedade de substratos fenólicos, onde o tipo e a concentração destes influenciarão o processo de escurecimento enzimático (MARTÍN-BELLOSO; SOLIVA-FORTUNY, 2006).

**Figura 3** - Ação da peroxidase sobre compostos fenólicos.



Fonte: CHITARRA (2002).

Siqueira et al. (2016a) verificaram a atividade da PPO e o conteúdo de fenólicos em grãos de feijão armazenados a 40 °C e 75% de UR por quatro meses. Observou-se o aumento da atividade da PPO com o tempo de armazenamento, sugerindo que a ação desta enzima pode ter influenciado no escurecimento dos grãos. Além disso, o conteúdo de fenólicos foi menor para as cultivares de tegumento claro.

As alterações de cor pós-colheita podem apresentar diferenças de intensidade de acordo com o fenótipo do grão, podendo então apresentar escurecimento lento e escurecimento regular, ou rápido (ELSADR et al., 2011). A cultivar BRS Estilo, do tipo carioca, é um exemplo de cultivar de escurecimento regular, ou rápido (SILVA, 2012), enquanto a BRS MG Madrepérola, também do tipo

carioca, tende a conservar a coloração clara do tegumento por um período maior de armazenamento, apresentando portanto, fenótipo de escurecimento lento (ABREU et al., 2011).

Os grãos com escurecimento regular, devido à aparência mais velha comparada aos demais fenótipos, tendem a apresentar menor padrão de qualidade. Dessa forma, ao longo do armazenamento, a velocidade de escurecimento dos grãos de feijão determina o preço de mercado, onde o menor valor será atribuído aos grãos de escurecimento regular (ELSADR et al., 2011).

### **3.4 Métodos de medida do tempo de cozimento**

O tempo de cozimento pode ser medido por meio de métodos sensoriais e instrumentais. Um dos métodos sensoriais é a escala do ideal de 7 pontos, sendo que 1 corresponde a “cru/duro”, 4 a “textura ótima” e 7 a “muito cozido/desintegrando”, a qual é empregada a uma equipe familiarizada com o produto. Dessa forma, o tempo de cozimento de um determinado produto necessário para alcançar a textura ótima é definido como o tempo ótimo de cozimento (HARADA et al., 1985; HARADA; PAULUS, 1986; BELEIA et al., 2004).

Barros (2006) avaliou o tempo de cozimento de grãos de feijão comum, por meio da análise sensorial. As amostras foram cozidas em diferentes tempos e avaliadas por meio da escala de categoria de 7 pontos. O tempo de cozimento sensorial foi obtido por meio da análise de regressão linear, onde a nota 4 correspondeu ao tempo de cozimento necessário para atingir a textura ótima.

Outro método sensorial, denominado Método Tátil, desenvolvido por Vindiola, Seib e Hosney (1986), define o tempo de cozimento a partir da força manual exercida sobre os grãos cozidos, utilizando os dedos polegar e indicador. Nesse caso, para o grão ser considerado cozido, este deve facilmente ser comprimido entre os dedos.

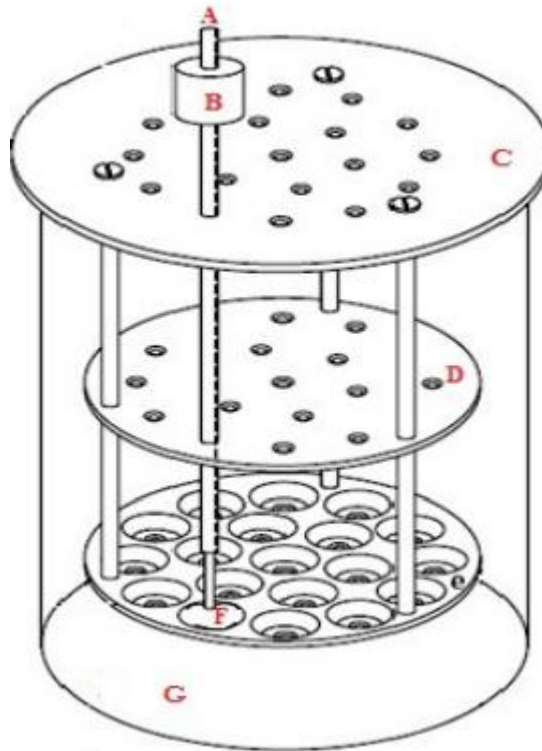
O método instrumental se baseia no aparelho cozedor de Mattson, considerado o mais objetivo para determinar o tempo de cozimento de grãos. Este método é reconhecido mundialmente, e é recomendado pelo Registro Nacional de Cultivares (RNC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para a inscrição de novas cultivares no Brasil (BRASIL, 2006). Sendo assim, grande

parte dos laboratórios utiliza a metodologia do cozedor de Mattson para avaliar a tendência do grão ao defeito HTC (ROMERO DEL CASTILLO et al., 2012).

O cozedor de Mattson inicialmente foi desenvolvido por Mattson (1946) e utilizado por Morris (1964). O aparelho continha 100 hastes, as quais apoiavam-se sobre os grãos de feijão. Posteriormente, Burr (1976) adaptou o método, onde o tempo de queda das hastes passaram a ser gravadas de forma automática. Jackson e Varriano-Marston (1981) e Chhinnan (1985) descreveram o método com 25 hastes juntamente com um dispositivo eletrônico para monitorá-las.

Portanto, a adaptação do aparelho cozedor de Mattson utilizada por Proctor e Watts (1987) é composta de 25 hastes verticais com 90 g cada e extremidade de 2 mm de diâmetro (Figura 4). Inicialmente, os grãos são embebidos em água e posteriormente colocados sobre a placa suporte do aparelho, de maneira que cada haste se apoie em um grão. O aparelho é colocado no interior de um béquer ou de uma panela com água sob aquecimento, mantendo-a fervente até o término da avaliação. Os grãos, quando se tornam suficientemente macios, são perfurados pelas hastes verticais, e o tempo de cocção é então determinado de acordo com o número de hastes que perfuraram o grão (WANG; DAUN, 2005).

**Figura 4** - Esquema do aparelho cozedor de Mattson



(a) Haste; (b) peso; (c) plataforma superior; (d) plataforma intermediária; (e) plataforma inferior; (f) reservatórios; (g) béquer de 2L.

**Fonte:** SIQUEIRA (2013); Adaptado de DOWNIE et al. (1997).

Originalmente, para Proctor e Watts (1987), inicia-se a contagem do tempo de cozimento dos grãos em água fervente até a “queda” da 23ª haste do aparelho, representando 92% de grãos cozidos. No entanto, Jacinto et al. (1999) consideram a “queda” de 20 das 25 hastes do aparelho, representando 80% de grãos cozidos. Outras adaptações foram utilizadas por Ribeiro et al. (2007) e Rodrigues et al. (2005), os quais consideraram o tempo médio acumulado até a “queda” da 13ª haste para caracterizar o cozimento dos grãos.

No entanto, o cozedor de Mattson mede-se apenas a resistência do grão ao cozimento, com a possibilidade de uma parcela das células permanecerem agrupadas, proporcionando sensação de arenosidade ou sensação de grãos crus (YEUNG et al., 2009). Além disso, quando não automatizado, este método necessita da atenção permanente do analista para verificar a “queda” das hastes durante o cozimento, o que o torna inviável ao se tratar de grãos armazenados em condições não controladas, pois o tempo de cocção possivelmente será maior. A precisão da contagem realizada pelo analista também é prejudicada quando a “queda” das hastes ocorrem de forma simultânea (WANG; DAUN, 2005).

Schoeninger et al. (2013) avaliaram o tempo de cozimento para o feijão novo e envelhecido a 40°C e 76% de UR e observaram o aumento do tempo de cozimento. Ribeiro et al. (2009) também observaram a relação entre o armazenamento sob alta temperatura e umidade relativa e o endurecimentos dos grãos, promovendo o aumento do tempo de cozimento.

Lima (2013) avaliou a influência do uso de embalagem a vácuo no endurecimento do tegumento de feijão carioca, mantido à temperatura ambiente durante oito meses. Tanto a embalagem quanto o período de armazenamento influenciaram o tempo de cocção dos grãos, o qual aumentou linearmente até o oitavo mês de armazenamento. Coelho et al. (2009) avaliaram as alterações no tempo de cozimento e dureza de grãos de feijão preto e carioca, envelhecidos à temperatura ambiente, e de forma acelerada e observaram o aumento no tempo de cozimento e dureza (N) dos grãos a medida que o período de armazenamento aumentava, tanto para o método natural quanto para o acelerado.

Donadel e Prudêncio-Ferreira (1999) avaliaram o tempo de cozimento de feijão comum, armazenados a 41°C por 20, 30 e 40 dias. Verificou-se o aumento no tempo de cozimento para as amostras armazenadas, evidenciando o endurecimento dos grãos. Parmar et al. (2017) analisaram o tempo de cozimento de grãos *easy to cook* (ETC) (fácil de cozinhar) e HTC e encontraram tempos de cozimento maiores para os grãos HTC.

### **3.5 Parâmetros de textura**

A textura é definida como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estrutural, mecânica e de superfície dos alimentos, as quais são percebidas pelos sentidos do tato, visão, audição e cinestesia (SZCZESNIAK, 2002). Porém, segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), ao tocar o alimento com a mão ou com a boca, a textura pode ser facilmente avaliada pelo consumidor quando comparada à avaliação visual ou auditiva.

Szczesniak (2002) traz a classificação detalhada dos parâmetros mecânicos, geométricos e de outras características como a composição. Dentre os mecânicos está a dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade, denominados parâmetros primários, e fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade como secundários. As características geométricas incluem a granulometria,

fibrosidade e cristalinidade, e por fim, as características de composição incluem o conteúdo de umidade e gordura. Civille e Szczesniak (1973) definem cada parâmetro mecânico de textura quanto aos aspectos físico e sensorial (Quadro 1).

**Quadro 1** - Definição física e sensorial dos parâmetros de textura.

Parâmetros de textura	Físico	Sensorial
Dureza	Força necessária para alcançar uma deformação	Força necessária para comprimir uma substância entre os dentes molares (sólida) ou entre a língua e o palato (semi-sólida)
Coesividade	Extensão em que o material se deforma antes da ruptura	Grau em que a substância é comprimida entre os dentes antes de sua quebra
Viscosidade	Taxa de fluxo por unidade de força	Força necessária para tirar um líquido de uma colher sobre a língua
Elasticidade	Taxa em que o material deformado volta à condição inicial	Grau em que a substância retorna à forma original
Adesividade	Energia necessária para superar forças atrativas entre a superfície do alimento e a superfície sob contato	Força necessária para remover a substância que se adere ao palato
Fraturabilidade	Força na qual o material fratura	Força na qual a substância quebra
Mastigabilidade	Energia necessária para mastigar um material sólido até deglutição	Tempo necessário para mastigar uma substância a uma velocidade constante até que esta apresente consistência adequada para deglutição
Gomosidade	Energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido até deglutição	Energia necessária para desintegrar uma substância semi-sólida até deglutição

Durante o transporte e armazenamento, os alimentos estão suscetíveis às alterações de sabor, cor e textura. Em grãos, o escurecimento do tegumento, além dos defeitos texturais decorrentes do armazenamento inadequado, são considerados depreciativos (SHIGA, 2003). Com isso, a análise de textura é usualmente aplicada para verificar a qualidade culinária de grãos (YEUNG et al., 2009).

Coelho et al. (2009), além de determinar as alterações no tempo de cozimento, avaliaram a textura dos grãos de feijão comum das variedades preto e carioca, armazenados durante 12 meses em temperatura ambiente. Os autores observaram o aumento linear da dureza dos grãos com relação ao tempo de armazenamento, tanto medida em grãos cozidos e mantidos a 25°C quanto para os mantidos a 60°C.

Siqueira et al. (2013) avaliaram a dureza de grãos de feijão carioca, cultivar Pérola, recém-colhidos e armazenados a temperatura ambiente por sete meses e cozidos por diferentes métodos. A dureza dos grãos diminuiu conforme aumentava-se o tempo de cozimento, independente do método, tanto para os grãos recém-colhidos, quanto para os armazenados.

### **3.6 Análise sensorial**

A disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar as características sensoriais dos alimentos, as quais podem ser percebidas através dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição, é denominada análise sensorial. Nesta ciência, o homem é a principal ferramenta utilizada para análise, e a percepção obtida é o reflexo da realidade (MANFUGÁS, 2007; STONE; SIDEL, 2004).

Para a realização da análise sensorial foram desenvolvidos métodos específicos de acordo com cada situação, sendo estes classificados em três categorias: os métodos discriminativos, descritivos e afetivos. O primeiro é descrito como o método que estabelece diferenças e/ou semelhanças entre as amostras, como exemplo, citam-se os testes de comparação pareada, comparação múltipla, duo-trio e triangular, ou testes de sensibilidade, o qual inclui testes de estímulo constante, limites e diluição. Os métodos descritivos são baseados na descrição qualitativa e quantitativa dos atributos sensoriais das amostras, dentre eles está o teste de perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa (ADQ). Por fim, os métodos afetivos expressam a opinião pessoal através de testes de preferência e aceitação

(DUTCOSKY, 2011; LAWLESS, HEYMANN, 1998; PIGOTT et al., 1998; STONE, SIDEL, 1993;).

A análise sensorial pode ser aplicada para avaliar a matéria prima no desenvolvimento de um novo produto, o efeito de processamento, a qualidade textural e sabor, além da estabilidade de armazenamento. Dessa forma, a qualidade sensorial e a manutenção do alimento, garantem a fidelidade do consumidor frente ao produto (TEIXEIRA, 2009).

### 3.6.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi desenvolvida por Stone et al. (1974), sendo utilizada principalmente para traçar o perfil sensorial de um produto da forma mais completa possível, uma vez que a metodologia avalia os atributos relacionados à aparência, aroma, sabor e textura. Nesta análise, são identificados os atributos e quantificados em ordem de ocorrência. A ADQ é um método útil para determinar a base de conhecimento das características de qualidade que determinam o produto. A aplicação desta metodologia é ampla, e os resultados obtidos podem ser relacionados, por exemplo, com análises físico-químicas, microbiológicas, formulação de um produto, assim como a preferência dos consumidores (STONE; SIDEL, 1998).

A ADQ possui algumas vantagens com relação aos demais métodos da análise sensorial, tais como: a confiança nas respostas de uma equipe sensorial composta de avaliadores treinados, o desenvolvimento de uma linguagem descritiva, que seja mais próxima possível da linguagem do consumidor, a definição consensual da terminologia descritiva para ser utilizada no teste, proporcionando maior coerência entre as respostas dos avaliadores, além das amostras serem avaliadas em repetições por todos os avaliadores e de forma aleatória, e por fim, é realizada a análise estatística (STONE; SIDEL, 1993).

Durante a aplicação da ADQ, os atributos são primeiramente gerados pela equipe sensorial e os termos descritores são definidos. Estes termos recebem seus respectivos significados e são atribuídos materiais de referência que melhor expressem suas definições de intensidade. Para realizar estes procedimentos, usualmente emprega-se o método de rede desenvolvido por Moskowitz (1983), onde o avaliador observa as diferenças e semelhanças entre amostras avaliadas aos pares. Sendo assim, a equipe sensorial lista de forma consensual os termos gerados, e os

mais citados deverão compor a ficha de avaliação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008, p. 311).

Normalmente os dados são estatisticamente avaliados a partir da análise de variância (ANOVA), e utiliza-se o coeficiente de correlação para determinar a relação entre as escalas de medida (STONE et al., 1974). A forma de apresentação dos resultados é tipicamente realizada através do “gráfico aranha”, assim como a Análise de Componentes Principais (ACP), uma vez que a primeira indica as semelhanças e diferenças entre as amostras e a segunda sugere as relações entre elas, destacando as que mais as caracterizam (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008, p. 311). Além disso, Manly (2008) relata que a ACP é uma das técnicas multivariadas mais simples e possui o objetivo de analisar um conjunto de variáveis observando possíveis combinações destas, a fim de gerar componentes que não estejam correlacionados entre si na ordem de sua importância, mas que consigam explicar a variabilidade dos resultados. A ideia central consiste em minimizar o número de variáveis através da combinação linear entre os atributos, de forma que a variação dos resultados possa ser explicada por uma quantidade reduzida de componentes, limitando também o número de variáveis analisadas.

Com relação às escalas, no método da ADQ utilizam-se escalas não estruturadas, sendo compostas de linhas de 15 cm de comprimento, ancoradas a 1,5 cm de cada extremidade com seus respectivos termos, e a direção pela qual se deve observar é definida da esquerda para a direita, o que corresponde ao aumento de intensidade do atributo (STONE; SIDEL, 2004). No entanto, a escala usualmente utilizada no Brasil é composta por uma linha de 9 cm, ancorada a 0,5 cm de cada extremidade com suas respectivas intensidades (DUTCOSKY, 2011; ABNT, 1993).

Não foi encontrada na literatura a ADQ em grãos de feijão armazenados, porém alguns autores aplicaram este método para a descrição sensorial de diferentes cultivares de feijão (BARROS, 2006; CARNEIRO et al. 2005; OLIVEIRA et al. 2013). Garruti e Bourne (1985) avaliaram o perfil de textura sensorial de grãos de feijão vermelho armazenados por um, três e cinco meses a 30 e 40 °C com UR de 80%, e encontraram maior dureza e mastigabilidade para os grãos armazenados por maiores tempos.

### 3.6.2 Teste de Aceitação

O objetivo dos testes afetivos é medir o quanto uma população gostou de um determinado produto, avaliando a preferência ou a aceitabilidade dos mesmos (DUTCOSKY, 2011). Os avaliadores são selecionados ao acaso, sendo estes membros da população de consumidores habituais do produto (REIS; MINIM, 2013). Estes testes são considerados ferramentas importantes, pois expressam diretamente a opinião do consumidor diante do produto analisado, e por isso, também podem ser denominados como teste do consumidor (MINIM, 2006).

A definição de preferência está relacionada com a expressão da intensidade do gostar, com o ato de escolher uma amostra com relação a outra, e com a percepção do agradável até o desagradável, através dos quais se baseia a escolha. Por outro lado, a aceitabilidade pode ser denominada como uma experiência caracterizada por uma ação positiva ou pelo hábito atual de consumo do produto em estudo (DUTCOSKY, 2011; SANTANA et al., 2006). Com relação à apresentação das amostras, é desejável que seja realizada de forma monádica, ou seja, uma por vez, ou sequencial, uma seguida da outra. É recomendável que todos os avaliadores provem todas as amostras, através do delineamento e blocos completos ou incompletos balanceados (REIS; MINIM, 2013).

O método sensorial aplicado por meio de uma escala hedônica é o mais empregado na análise de aceitação, onde o provador expressa o grau em que gostou ou desgostou do produto (CARNEIRO et al., 2005). O consumidor escolhe o alimento de acordo com a sua coloração, forma, embalagem, aroma, sabor e textura (PEDRÃO; CORÓ, 1999), e com relação ao feijão, a avaliação sensorial destes atributos torna-se imprescindível antes do lançamento de uma nova cultivar (OLIVEIRA et al., 2013).

Dentre os tipos comerciais de feijão, o carioca possui maior preferência pelos consumidores (76%) (WANDER et al., 2006) e é aceito em praticamente todas as regiões do Brasil (GUEVARA, 1990). No país, pesquisadores do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro têm levado em consideração as características físicas e sensoriais na aceitação de cultivares de feijão pelo consumidor (CARNEIRO et al., 2005).

Não foram encontrados trabalhos relacionados à aceitação sensorial de grãos de feijão envelhecidos, porém alguns autores aplicaram este método em diferentes cultivares de feijão e encontraram boa aceitação (BASSINELLO et al. 2003;

CARNEIRO et al. 2005). Soares Junior et al. (2012) aplicaram o teste sensorial de aceitação em cultivares de feijão, tais como Pérola, Cavalo e crioulo Roxinho Tradicional, obtendo boa aceitação sensorial, por outro lado, as cultivares Preto 60 dias e Azul foram pouco aceitas.

Foi encontrado estudo com ervilhas (*Pisum sativum*) armazenadas durante 34 anos em temperatura ambiente, onde a aceitação da amostra, com relação à aceitação global, aparência, aroma, sabor e textura, decresceu conforme o tempo de armazenamento (CHAPMAN; JEFFERIES; PIKE, 2010).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria prima

As cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) estudadas, BRS MG Madrepérola de lento escurecimento e BRS MG Estilo de escurecimento regular ou rápido, foram cultivadas na Fazenda Capivara/EMBRAPA Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás – GO (16°29'01''S, 49°18'40''W), sendo a semeadura em 27 de maio e a colheita em 01 de setembro de 2014. Logo após a colheita, os feijões foram secos a campo até a umidade dos grãos aproximarem-se de 13%, e então expurgados com pastilhas de fosfina em galpão.

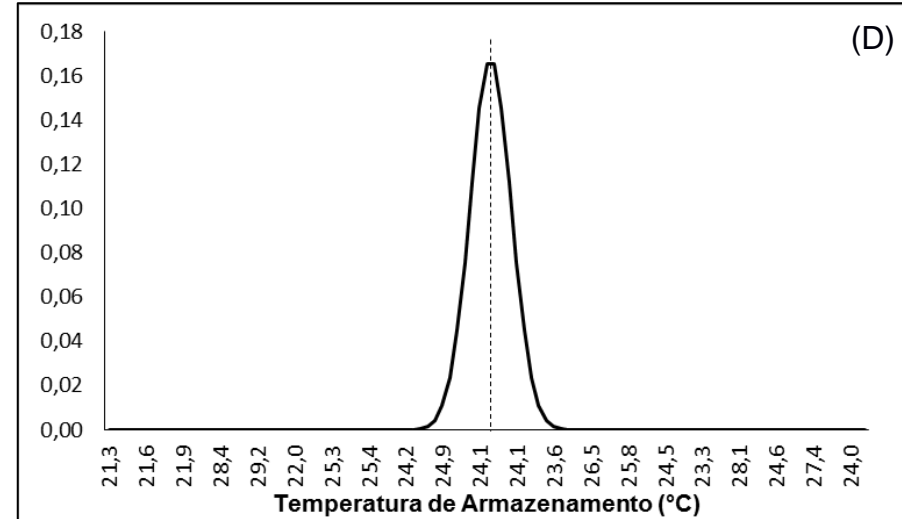
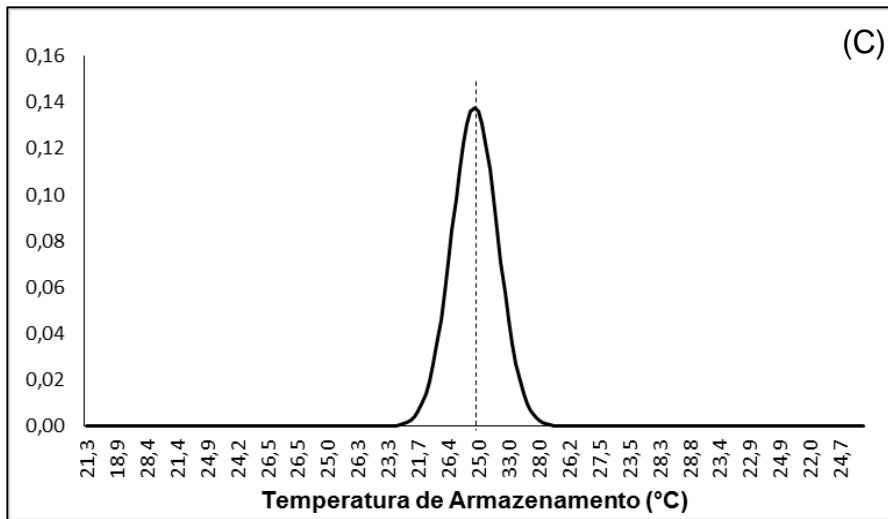
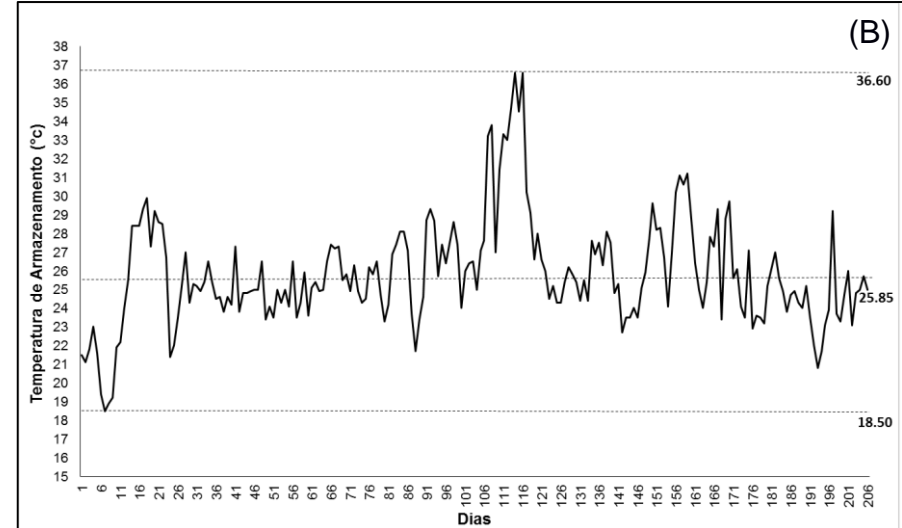
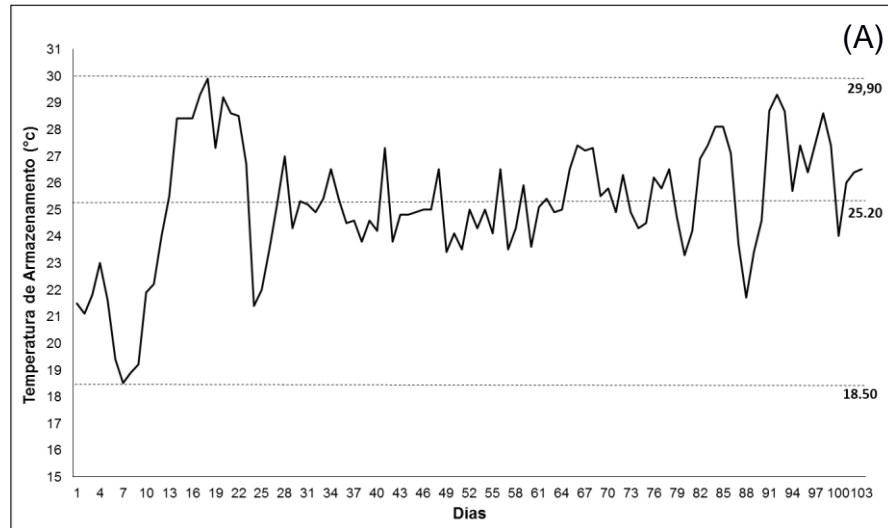
#### 4.1.1 Envelhecimento natural dos grãos

Os grãos recém colhidos, secos e expurgados, de cada cultivar (50 kg) foram divididos em três porções denominadas como grãos controle, 103 e 206, conforme as condições de armazenamento, totalizando 6 tratamentos (2 cultivares x 3 condições de armazenamento). Os grãos controle (considerado tempo zero) foram mantidos em *freezer* (-18 °C) até as análises. Os grãos 103 e 206 foram submetidos ao envelhecimento natural por meio do armazenamento em condições ambientais no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (DCTA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) (23°19'31,09''S, 51°11'59,92''W), por 103 dias e 206 dias, respectivamente. Para o armazenamento, cada tratamento foi dividido em porções de  $\pm 1$  kg e embalados em saquinho de filó. Após completados os tempos de envelhecimento, os grãos foram transferidos para um *freezer* até análise. O experimento foi feito em duas repetições.

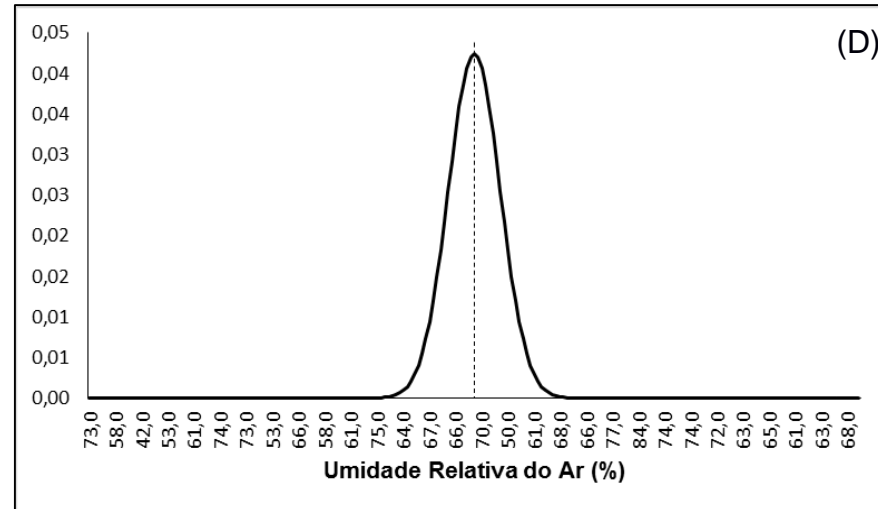
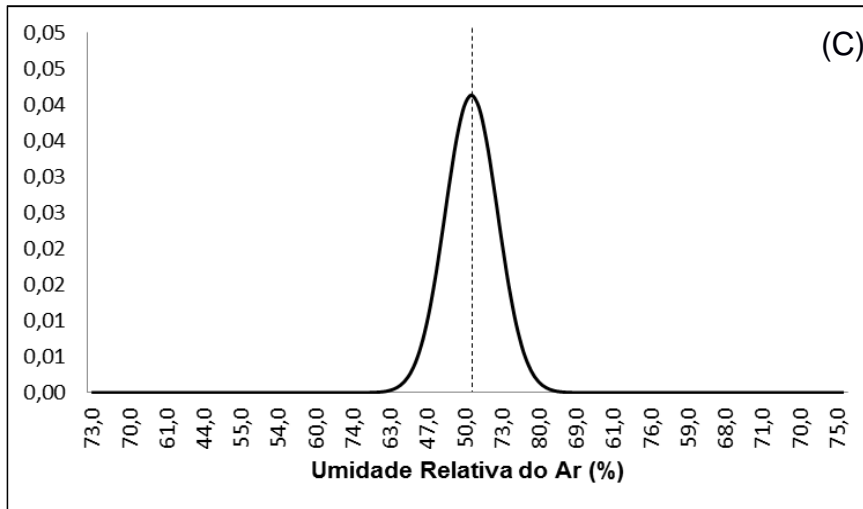
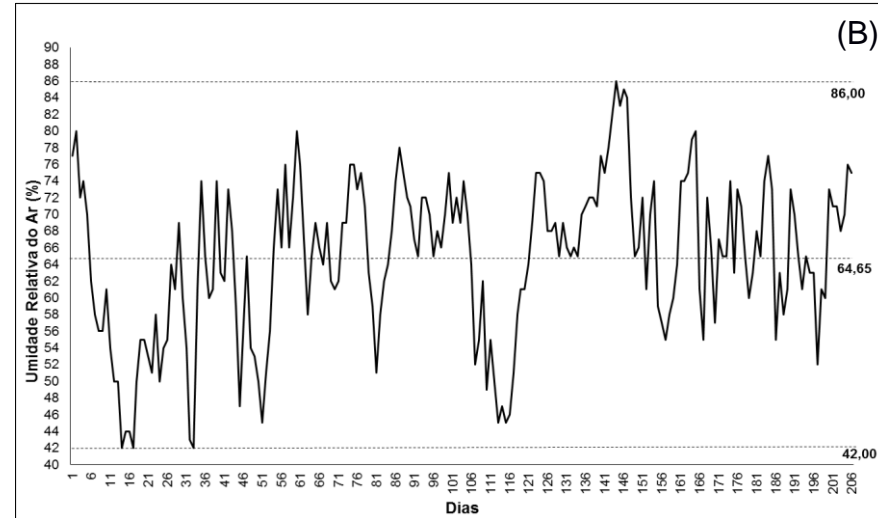
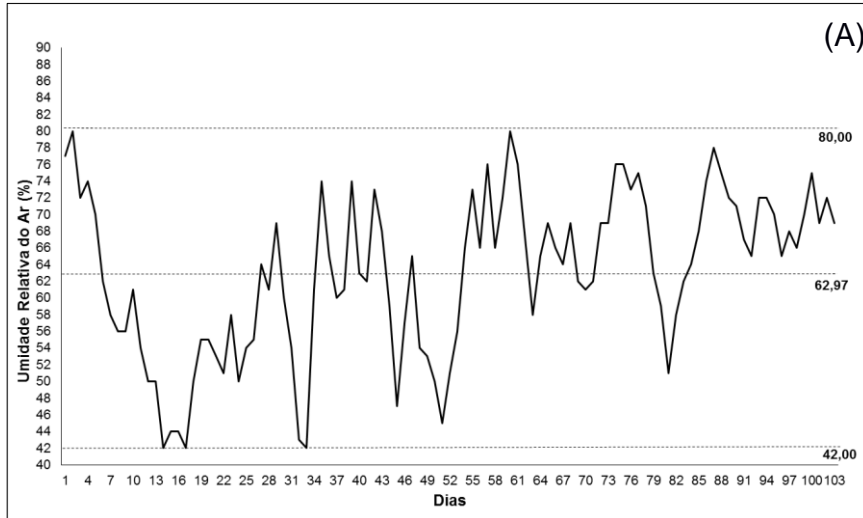
A variação de temperatura e umidade relativa do ambiente no período de armazenamento foi monitorada. Até os 103 dias de armazenamento, a temperatura mínima atingida foi de 18,50 °C e máxima de 29,90 °C (Figura 5A), enquanto que no período de 206 dias, a temperatura mínima foi a mesma do período de 103 dias, e a máxima foi de 36,60 °C (Figura 5B). A temperatura de maior incidência nos períodos de 103 e 206 dias foi de 25,00 °C (Figura 5C) e 24,10 (Figura 5D), respectivamente.

A umidade relativa mínima no período de 103 dias foi de 42,00%, e máxima de 80,00% (Figura 6A), no período de 206 dias, a mínima foi a mesma no período de 103 dias, e a umidade máxima foi de 86,00% (Figura 6B). A umidade relativa do ar com maior incidência nos períodos de 103 e 206 dias foi de aproximadamente 50,00% (Figura 5C) e 70,00% (Figura 6D), respectivamente.

**Figura 5** - Variação (A e B) e distribuição normal (C e D) da temperatura ambiente ao longo dos 103 e 206 dias de armazenamento.



**Figura 6** - Variação (A e B) e distribuição normal (C e D) da umidade relativa ambiente ao longo dos 103 (A e C) e 206 (B e D) dias de armazenamento.



## 4.2 Análises dos grãos de feijão cru

### 4.2.1 Composição centesimal

Os teores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas foram determinados nos grãos de feijão cru, de acordo com os métodos estabelecidos pela AOAC (1995), sendo os carboidratos calculados por diferença. Os resultados ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de amostra) foram expressos em base seca (b. s.), exceto a umidade.

### 4.2.2 Avaliação instrumental da cor

Os grãos de feijão cru foram avaliados quanto aos parâmetros de cor  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (componente vermelho-verde) e  $b^*$  (componente amarelo-azul), utilizando colorímetro (marca Konica Minolta, modelo CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japão). Foram empregadas as seguintes especificações: iluminante CIE  $D_{65}$ , observador padrão CIE  $10^\circ$ , iluminação em ângulo  $45^\circ$ , ângulo de observação de  $0^\circ$ . Para a calibração foi utilizada as coordenadas do sistema tri-estímulos:  $Y = 85,9$ ,  $x = 0,3186$  e  $y = 0,3362$ . Os grãos foram colocados em placa de petri e medidos em sete pontos diferentes da placa, para cada repetição do experimento. Os valores de tonalidade cromática ( $h^\circ$ ) foram determinados pela equação 1, onde  $0 =$  vermelho puro,  $90^\circ =$  amarelo puro,  $180^\circ =$  verde puro e  $270^\circ =$  azul puro. O croma ou saturação ( $C^*$ ) foi determinado pela equação 2 e a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) pela equação 3, sendo o  $\Delta E^*$  calculado para 103 dias e para 206 dias em relação ao controle, e entre 206 e 103 dias.

$$h^\circ = [\text{arc tang } (b^*/a^*)] \quad (\text{Equação 1})$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$\Delta L^* = L^*_{103 \text{ ou } 206}$  ( $L^*$  dos grãos armazenados a 103 ou 206 dias) -  $L^*_{C \text{ ou } 103}$  ( $L^*$  dos grãos controles ou armazenados a 103 dias).

$\Delta a^* = a^*_{103 \text{ ou } 206}$  ( $a^*$  dos grãos armazenados a 103 ou 206 dias) -  $a^*_{C \text{ ou } 103}$  ( $a^*$  dos grãos controles ou armazenados a 103 dias).

$\Delta b^* = b^*_{103 \text{ ou } 206}$  ( $b^*$  dos grãos armazenados a 103 ou 206 dias) -  $b^*_{C \text{ ou } 103}$  ( $b^*$  dos grãos controles ou armazenados a 103 dias).

#### 4.2.3 Dureza instrumental

Os grãos de feijão cru foram avaliados quanto à sua dureza instrumental, por meio de texturômetro (marca *Stable Micro Systems*, modelo TA-XT *plus*, Surrey, UK), com 12 determinações (12 grãos inteiros selecionados de forma aleatória) para cada repetição do experimento. Os grãos foram submetidos à força de compressão uniaxial, com velocidade pré-teste de 2 mm.s<sup>-1</sup>, velocidade pós-teste de 5,0 mm.s<sup>-1</sup>, velocidade pós-teste de 1,0 mm.s<sup>-1</sup> e comprimidos a 0,7 mm a uma força de 0,05 N. Utilizou-se o sensor cilíndrico de alumínio P25. Os resultados foram expressos em Newton (N).

#### 4.2.4 Absorção de água durante a maceração

Para medir a absorção de água durante a maceração dos grãos, 10 g de feijão foram macerados em 100 mL de água por 16 horas, em recipientes de vidro com tampa rosqueável. Em seguida, os grãos foram drenados e pesados em balança (marca Marte, modelo AS 2000C, Marte, São Paulo, Brasil) e considerou-se como absorção de água a diferença de massa (BARROS; PRUDENCIO, 2016; GARCIA-VELA; STANLEY, 1989; PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989). Os resultados foram expressos em g.100g<sup>-1</sup> de amostra crua.

### 4.3 Parâmetros de cozimento por tempo fixo (uma hora)

Os grãos de feijão foram previamente macerados conforme o item 4.2.4, então adicionaram-se mais 100 mL de água fervente aos recipientes de vidro contendo os grãos. Procedeu-se o cozimento durante uma hora em banho-maria (Marca Fanem, modelo 186, Fanem, São Paulo, Brasil), contendo água em ebulição (PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989; GARCIA-VELA; STANLEY, 1989; BARROS; PRUDENCIO, 2016)

#### 4.3.1 Absorção de água durante o cozimento

Para medir a absorção de água durante o cozimento avaliou-se a diferença de peso entre os grãos cozidos e macerados, em balança (marca Marte, modelo AS 2000C, Marte, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em massa (g) de água absorvida por 100 gramas de amostra macerada.

#### 4.3.2 Porcentagem de grãos inteiros

Os grãos cozidos foram drenados e contados o número daqueles que permaneceram íntegros. Os resultados foram expressos em porcentagem.

#### 4.3.3 Avaliação instrumental da cor dos grãos inteiros

Os grãos de feijão cozidos foram avaliados quanto aos parâmetros de cor de acordo com o item 4.2.2.

#### 4.3.4 Análise do perfil de textura instrumental dos grãos

A análise do perfil de textura dos grãos cozidos foi conduzida em texturômetro (marca *Stable Micro Systems*, modelo TA-XT *plus*, Surrey, UK), com 12 determinações (12 grãos inteiros selecionados de forma aleatória) para cada repetição do experimento. Utilizou-se o sensor cilíndrico de alumínio P25 de 2,5 cm de diâmetro (BARROS, 2016). As condições foram: força de compressão de 0,05 N, velocidade pré-teste de 2,0 mm.s<sup>-1</sup>, velocidade do teste de 1,0 mm.s<sup>-1</sup> e velocidade pós-teste de 1,0 mm.s<sup>-1</sup>. Os grãos controle e envelhecidos foram selecionados ao acaso, cozidos por uma hora, resfriados a 25 e 60 °C e submetidos à dupla compressão, sendo medidos os atributos de textura: dureza (N), adesividade (N.sec), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (N.sec), os quais foram gerados pelo *software* do próprio equipamento.

#### 4.3.5 Avaliação instrumental da cor do meio de cocção

Após o cozimento dos grãos, o meio de cocção foi coletado e os parâmetros de cor avaliados conforme o item 4.2.2.

#### 4.3.6 Sólidos solúveis totais do meio de cocção

Após o cozimento, 20 mL do meio de cocção foram dispensados em pesa filtros de alumínio previamente tarados, os quais foram mantidos em dessecador, e posteriormente levados à estufa (marca Fanem, modelo 315-SE, Fanem, São Paulo, Brasil) por 24 horas a temperatura de 70-80°C. Após o resfriamento procedeu-se a pesagem em balança (marca Marte, modelo AS 2000C, Marte, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em massa (g) de sólidos solúveis totais em 100 mL do meio de cocção.

### **4.4 Determinação do tempo de cozimento dos grãos de feijão**

#### 4.4.1 Determinação instrumental do tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi estimado por meio do aparelho cozedor de Mattson adaptado. Após 16 horas de maceração foram selecionados 25 grãos de feijão inteiros, e estes foram dispostos sob cada uma das 25 hastes do cozedor. Em seguida, o aparelho cozedor foi mantido em um recipiente inox contendo água fervente, em chapa aquecedora (marca Fisatom, modelo 502, Fisatom, São Paulo, Brasil), para cozimento. O tempo de cozimento foi considerado quando 13 hastes perfuraram os grãos (JACKSON; VARRIANO-MARSTON, 1981). Os resultados foram expressos em minutos.

#### 4.4.2 Determinação sensorial do tempo de cozimento ótimo (TCO)

Foram recrutados, via contato pessoal, voluntários, dentre professores, alunos e funcionários do CCA/UEL. Após o consentimento (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE) (Anexo A), os voluntários preencheram um questionário (Anexo B) para coletar informações quanto à disponibilidade de tempo para realizar

os testes, saúde, afinidade com o produto em estudo e facilidade de expressão, e somente então foi aplicado o teste sensorial.

Aplicou-se um teste para cada cultivar em cada condição de armazenamento (duas cultivares e as três condições de armazenamento: controle, 103 e 206 dias), dessa forma foram realizadas seis sessões (testes). Cada sessão contou com a participação de 30 avaliadores de ambos os sexos, habituados ao consumo de feijão. Cada amostra foi cozida em 5 diferentes tempos (Tabela 2), tendo como base os resultados obtidos por meio do aparelho cozedor de Mattson (item 4.4.1). Os grãos foram macerados na proporção de 50:100 (grão:mL) durante 16 horas (PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989; SIQUEIRA, 2013), e cozidos em água em ebulição na proporção 1:12 (grama:mL) (BARROS, 2006).

Os testes foram conduzidos no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UEL em cabines individuais, sob luz do dia D<sub>65</sub>. As amostras (30 g) à temperatura aproximada de 60 °C foram servidas em ordem aleatória, em copos brancos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos. Os avaliadores utilizaram água potável à temperatura ambiente para limpar a boca antes e entre as provas.

A textura dos feijões cozidos nos diferentes tempos foi avaliada por meio da escala do ideal de 7 pontos (1 = muito duro, 4 = textura ótima, e 7 = muito macio) (HARADA et al., 1985; HARADA; PAULUS, 1986; BARROS, 2006), conforme a ficha de avaliação (Figura 7).

**Tabela 2** - Tempos de cozimento das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em difentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola				
	Tempo de cozimento (minutos)				
Controle	10	15	20	25	30
103	25	30	35	40	45
206	35	42	49	56	63
	BRS MG Estilo				
	Tempo de cozimento (minutos)				
Controle	15	20	25	30	35
103	20	25	30	35	40
206	40	45	50	55	60

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR);

**Figura 7** - Ficha de avaliação para determinação do tempo de cozimento ótimo.

<b>AVALIAÇÃO DE FEIJÃO</b>	
<b>Nome:</b> _____	<b>Data:</b> ___/___/___.
Avalie a amostra codificada e utilize a escala abaixo para indicar a sua textura.	
Instrução: morda uma vez a amostra de feijão (2 feijões) com os dentes molares e avalie a textura a partir da força requerida para os dentes penetrarem na amostra.	
1 – Muito duro	
2 –	
3 –	
4 – Textura ótima	
5 –	
6 –	
7 – Muito macio	
Amostra: _____	
Nota: _____	
<b>Comentários:</b> .....	

## **4.5 Análises dos grãos de feijão cozidos no tempo de cozimento ótimo (TCO) sensorial**

As análises físicas e sensoriais foram realizadas nos grãos cozidos no TCO sensorial com o objetivo de simular o cozimento doméstico (sem panela de pressão), uma vez que a tendência do consumidor é proceder o cozimento pelo tempo necessário para o alimento atingir a textura sensorial desejada.

### **4.5.1 Avaliação instrumental da cor dos grãos**

Os grãos, após o cozimento no tempo ótimo sensorial foram avaliados quanto aos parâmetros de cor de acordo com o item 4.2.2.

### **4.5.2 Análise do perfil de textura instrumental dos grãos**

Após o cozimento dos grãos no tempo ótimo, mediu-se os atributos de textura conforme item 4.3.4.

### **4.5.3 Absorção de água durante cozimento**

Os grãos macerados em água purificada (marca Europa, modelo EuroTimer, Europa, São Paulo, Brasil) foram pesados antes e depois do cozimento dos grãos no tempo ótimo sensorial. A diferença de peso foi expressa em massa (g) de água absorvida por 100 g de amostra macerada (LU et al., 1996).

### **4.5.4 Porcentagem de grãos cozidos inteiros**

Após o cozimento foi verificada a quantidade de grãos que permaneceram íntegros. O resultado foi expresso em porcentagem de grãos inteiros.

#### 4.5.5 Cor instrumental do meio de cocção

Após cozimento dos grãos de feijão no tempo de cozimento ótimo sensorial, o meio de cocção foi coletado para determinação da cor instrumental, conforme item 4.2.2.

#### 4.5.6 Sólidos totais, sólidos solúveis e sólidos insolúveis do meio de cocção

Para determinar o teor de sólidos totais foram transferidos a um pesa filtro de alumínio previamente tarado, 5 mL do meio de cocção, o qual foi evaporado em banho-maria (marca Marconi, modelo MA 127, Marconi, Piracicaba, São Paulo) por aproximadamente uma hora, seco em estufa a 105°C por seis horas, e posteriormente pesado em balança (marca Bel, modelo 250A, Bel Engineering, Monza, Itália). Para quantificar os sólidos insolúveis, 5 mL do meio de cocção foram centrifugados a 100 G por 20 minutos (marca Eppendorf, modelo centrifuge 5804R, Eppendorf, Hamburgo, Alemanha), e o resíduo transferido a um pesa filtro de alumínio previamente tarado, mantido em banho-maria por aproximadamente uma hora, seco em estufa a 105 °C por duas horas e então pesado (PEREIRA, 2000; BARROS, 2006). O teor de sólidos solúveis foi determinado pela diferença entre os teores de sólidos solúveis totais e sólidos insolúveis. Os resultados foram expressos em massa (g) de sólidos por 100 mL do meio de cocção.

#### 4.5.7 Perfil Sensorial Descritivo Quantitativo

O perfil sensorial foi obtido tendo como base a Análise Descritiva Quantitativa, desenvolvida por Stone et al. (1974) e Stone e Sidel (1993). As condições dos testes foram as mesmas empregadas na avaliação sensorial do TCO (Item 4.4.2).

##### 4.5.7.1 *Recrutamento e pré-seleção de avaliadores*

Foram recrutados, via contato pessoal, 20 voluntários dentre professores, alunos e funcionários do CCA/UEL, que após o consentimento (TCLE, Anexo C) responderam um questionário (Anexo D) de informações pessoais.

Os voluntários foram submetidos a três testes básicos de pré-seleção: o teste de reconhecimento dos gostos básicos, odores básicos, e de ordenação de intensidade de dureza (MEILGAARD et al., 1998).

Para reconhecimento dos gostos básicos, os voluntários receberam 30 mL de cada uma das seguintes soluções aquosas: sacarose 2%, ácido cítrico 0,07%, cloreto de sódio 0,2%, cafeína 0,07% e monoglutamato de sódio 0,035%. As soluções codificadas foram apresentadas aos avaliadores em ordem aleatória, juntamente com a ficha de avaliação (Figura 8). Os candidatos que identificaram as soluções corretamente, seguiram para o próximo teste.

**Figura 8** - Ficha de avaliação do teste de reconhecimento dos gostos básicos, utilizada para seleção de avaliadores.

<b>RECONHECIMENTO DOS GOSTOS BÁSICOS</b>	
<b>Nome:</b> _____	<b>Data:</b> _____.
<p>Por favor, prove da esquerda para direita cada uma das soluções. As soluções podem ter gosto doce, ácido, salgado, amargo, umami ou neutro. Indique o gosto das soluções de cada copinho codificado. Enxágue a boca com água antes de provar e também entre uma amostra e outra.</p>	
CÓDIGO	GOSTO
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

No teste de reconhecimento de odores básicos, foi solicitado aos voluntários que identificassem ou descrevessem 18 odores diferentes. As substâncias odorantes foram dispostas sobre um algodão contido no fundo de um frasco erlenmeyer codificado, recoberto com papel alumínio perfurado, e o voluntário avaliou a qualidade do odor de cada substância, utilizando a ficha de avaliação exemplificada na Figura 9. A porcentagem de acerto foi calculada da seguinte forma: 3 pontos para o termo correto, 2 para o termo descritivo ou associativo, 1 ponto para o termo errado e 0 quando não houve resposta. Foi exigido pelo menos 60% de acerto para aprovação.

**Figura 9** - Ficha de avaliação do teste de reconhecimento dos odores básicos, utilizada para seleção de avaliadores.

<b>RECONHECIMENTO DOS ODORES BÁSICOS</b>	
<b>Nome:</b> _____	<b>Data:</b> _____.
<p>Os frascos cobertos contêm substâncias odoríferas que se encontram normalmente em casa ou no local de trabalho. Aproxime o frasco ao seu nariz, tire a tampa, aspire 3 vezes brevemente e tente identificar o odor. Se não lhe vier à memória o nome exato da substância, tente relacionar alguma coisa com a qual você associe a esse odor. Para aspirar a próxima amostra, aguarde alguns segundos.</p>	
CÓDIGO	ODOR
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
...	

Em relação à capacidade de discriminar a intensidade de dureza foi aplicado aos voluntários um teste de ordenação. Foi solicitado aos indivíduos que ordenassem três alimentos (castanha de caju, cenoura crua e bala dura),

apresentados em ordem aleatória, quanto à intensidade da dureza, utilizando a ficha de avaliação exemplificada na Figura 10. Foram selecionados os voluntários com 100% de acerto.

**Figura 10** - Ficha de avaliação sensorial do teste de ordenação de intensidade de dureza, utilizada para seleção de avaliadores.

<b>TESTE DE ORDENAÇÃO DE INTENSIDADE DE DUREZA</b>	
<b>Nome:</b> _____	<b>Data:</b> _____.
<p>Por favor, ordene as amostras de acordo com a dureza (força necessária para romper o alimento entre os dentes molares). Ordene a amostra menos dura como a primeira e a amostra mais dura como a última.</p>	
<p>Primeira: _____</p>	
<p>Segunda: _____</p>	
<p>Terceira: _____</p>	

Para confirmação da ordem, a dureza desses alimentos foi previamente medida em texturômetro a 25 °C, sendo comprimidos em 25% da altura inicial, a uma força de 0,05 N, em compressão uniaxial à velocidade constante de 1 mm/seg e sensor cilíndrico P25 (Tabela 3) (BARROS, 2006).

**Tabela 3** - Dureza (N) das amostras utilizadas no teste de ordenação.

Produto	Tipo	Marca	Tamanho	Dureza (N) <sup>1</sup>
Castanha de caju	Torrada	Daki	1 unidade	32,29 ± 2,42
Cenoura	Crua	“In natura”	1 cm <sup>3</sup>	171,15 ± 41,17
Bala	Dura	Dori	1 unidade	>550 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Média de 4 repetições ± desvio padrão.

<sup>2</sup>O equipamento não mensurou o valor de dureza devido à elevada força necessária para comprimir a amostra.

A partir dos três testes aplicados foram pré-selecionados 11 avaliadores que seguiram para as demais fases do teste.

#### 4.5.7.2 Desenvolvimento da terminologia descritiva

A terminologia descritiva foi desenvolvida por meio do método de rede (MOSKOWITZ, 1983), pela equipe sensorial pré-selecionada. Amostras de feijão cozido tempo ótimo sensorial foram avaliadas aos pares (Controle<sub>Estilo</sub> x Controle<sub>Madrepérola</sub>, Controle<sub>Madrepérola</sub> x 103 dias<sub>Madrepérola</sub>, Controle<sub>Estilo</sub> x 206 dias<sub>Estilo</sub>, 103 dias<sub>Madrepérola</sub> x 206 dias<sub>Estilo</sub>) pelos avaliadores em cabines individuais. Foi solicitado que descrevessem as semelhanças e diferenças com relação à aparência, aroma, sabor e textura, conforme Figura 11.

**Figura 11** - Ficha utilizada no levantamento da terminologia descritiva.

<b>FICHA PARA LEVANTAMENTO DE TERMINOLOGIA DESCRITIVA (MÉTODO DE REDE)</b>	
<b>Nome:</b> _____	<b>Data:</b> _____.
<p>Por favor, prove as duas amostras e compare-as quanto à aparência, aroma, sabor e textura e indique em que elas são semelhantes e em que são diferentes.            Amostras: _____ e _____</p>	
	<b>Semelhanças</b>
	<b>Diferenças</b>
Aparência:	
Aroma:	
Sabor:	
Textura:	

Após a avaliação individual de cada par de amostras, os avaliadores se reuniram e discutiram os termos levantados sobre a supervisão de um líder. De forma consensual foram selecionados os termos descritores (atributos) mais citados e os semelhantes foram agrupados sob uma denominação comum. Cada termo descrito

selecionado para compor a ficha de avaliação das amostras foi definido de forma consensual (Quadro 2). Além disso, produtos/amostras de referência foram sugeridos pela equipe para treinamento, quanto ao aspecto qualitativo e quantitativo dos atributos. A equipe sensorial optou por não avaliar o caldo do feijão, pois este apresentou-se muito flúido, não caracterizando o caldo habitualmente obtido após o cozimento dos grãos.

**Quadro 2** - Termos descritores com a respectiva definição e materiais de referência. (Continua)

<b>Termo Descritor</b>	<b>Definição</b>	<b>Referência</b>
<b>Aparência</b>		
Cor marrom do grão	Intensidade da cor marrom do grão cozido	<u>Ausente</u> : grãos de feijão branco, cozidos por 24 minutos. <u>Intensa</u> : grãos de feijão carioca, cozidos sob pressão, por 25 minutos.
Cor cinza do grão	Intensidade da cor cinza do grão cozido	<u>Ausente</u> : grãos de feijão branco, cozidos por 24 minutos. <u>Intensa</u> : grãos de feijão de corda, cozidos por 24 minutos.
Integridade do grão	Corresponde a não ruptura e fragmentação do grão cozido	<u>Ausente</u> : porção com todos os grãos quebrados. <u>Muita</u> : porção sem grãos quebrados.
Tamanho do grão	Refere-se à dimensão do grão cozido	<u>Pequeno</u> : grãos de feijão rosinha, cozidos por 05 minutos. <u>Grande</u> : grãos de feijão carnaval, cozidos por 24 minutos.
Presença de listras	Refere-se à presença de listras ao longo da superfície do grão cozido	<u>Pouca</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo Controle, cozidos por 50 minutos. <u>Muita</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola Controle, cozidos por 24 minutos.

(Conclusão)

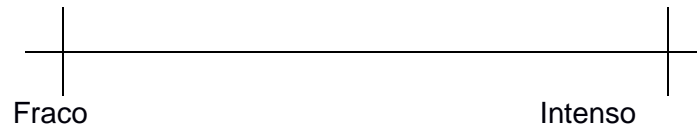
<b>Aroma</b>		
Aroma típico de feijão cozido	Aroma proveniente de compostos voláteis característico de feijão cozido	<u>Fraco</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo, armazenados por 206 dias e cozidos por 56 minutos. <u>Intenso</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola Controle, cozidos por 27 minutos.
<b>Sabor</b>		
Sabor típico de feijão cozido	Sabor característico de feijão cozido	<u>Fraco</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo, armazenados por 206 dias e cozidos por 56 minutos. <u>Intenso</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola Controle, cozidos por 27 minutos.
Sabor adocicado	Sensação doce proveniente dos açúcares do feijão	<u>Nenhum</u> : água purificada. <u>Intenso</u> : solução de sacarose 1%
Sabor amargo residual	Sensação de amargo residual após deglutição do feijão cozido	<u>Nenhum</u> : água purificada. <u>Intenso</u> : solução de cafeína 0,05%
<b>Textura</b>		
Dureza do grão	Resistência à fragmentação do cotilédone pelos dentes molares	<u>Pouca</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo Controle, cozidos por 40 minutos. <u>Muita</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola, armazenados por 206 dias e cozidos por 20 minutos.
Arenosidade	Presença de partículas perceptíveis à mastigação	<u>Pouca</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo Controle, cozidos por 40 minutos. <u>Muita</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola, armazenados por 206 dias e cozidos por 20 minutos.
Dureza do tegumento	Resistência percebida durante a mastigação do tegumento, como fase residual	<u>Pouca</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo Controle, cozidos por 40 minutos. <u>Muita</u> : grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola, armazenados por 206 dias e cozidos por 20 minutos.



(Conclusão)

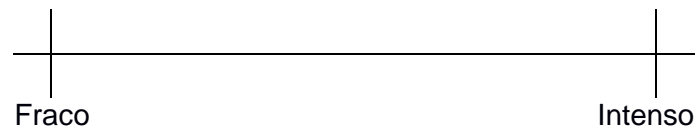
## AROMA

Aroma típico de feijão cozido

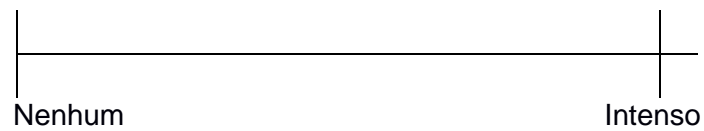


## SABOR

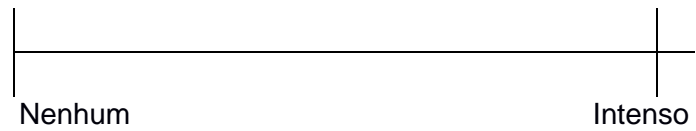
Sabor típico de feijão cozido



Sabor adocicado

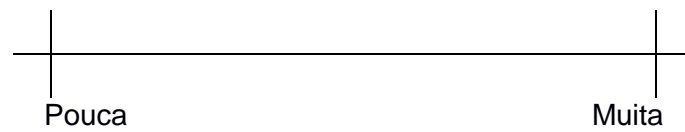


Sabor amargo residual

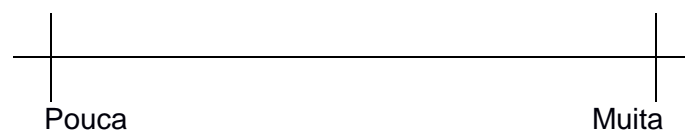


## TEXTURA

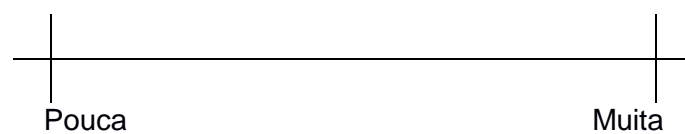
Dureza do grão



Arenosidade



Dureza do tegumento



Comentários: .....

#### 4.5.7.3 Treinamento da equipe sensorial

O treinamento da equipe foi realizado com as amostras de referência quanto ao aspecto qualitativo (significado dos atributos) e quantitativo (representavam os extremos de intensidade de cada atributo), juntamente com a definição de cada um. Após sete sessões de treinamento de 40 minutos, os avaliadores seguiram para a avaliação de desempenho (seleção final dos avaliadores). A definição de cada atributo ficou à disposição dos avaliadores durante as sessões de treinamento (STONE; SIDEL, 2004).

#### 4.5.7.4 Seleção final da equipe de avaliadores

Após as sessões de treinamento foi realizada a seleção final de avaliadores, os quais avaliaram simultaneamente três amostras de feijão cozido (Tabela 4), em três repetições, empregando a ficha de avaliação desenvolvida (Figura 12).

Os dados de cada avaliador para cada atributo foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste F. Os critérios para a seleção dos avaliadores foram: poder discriminativo ( $p$  de  $F_{amostra} \leq 0,5$ ), reprodutibilidade ( $p$  de  $F_{repetição} \geq 0,05$ ), e consenso entre os avaliadores (verificada por meio da comparação das médias individuais com a média da equipe) (DAMÁSIO; COSTELL, 1991). Os 11 avaliadores foram considerados aptos e seguiram para a avaliação final das amostras de feijão.

**Tabela 4** - Amostras utilizadas para a seleção final de avaliadores para ADQ.

<b>Amostras</b>	<b>Tempo de Armazenamento (dias)</b>	<b>Tempo de Cozimento (minutos)</b>
BRS MG Estilo	Controle	24
BRS MG Estilo	206	56
BRS MG Madrepérola	206	58

Controle: amostra mantida em *freezer* a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Média de temperatura e umidade até 103 dias:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$ ;

Média de temperatura e umidade dos 104 aos 206 dias:  $26,50 \pm 3,21\text{ }^{\circ}\text{C}/66,33 \pm 8,93$ ;

#### 4.5.7.5 Avaliação final das amostras de feijão

As seis amostras (tratamentos) de feijão cozido no tempo ótimo e resfriadas a 60 °C foram avaliadas, em três repetições, pela equipe sensorial treinada, empregando-se a ficha de avaliação desenvolvida (Figura 12).

#### 4.5.8 Aceitação global

As condições do teste foram as mesmas empregadas na avaliação sensorial do TCO e descritiva. Durante o cozimento dos grãos de feijão, adicionou-se sal de cozinha na proporção de 1,5:100 (gramas de sal:gramas de feijão). Participaram do teste de aceitação 75 consumidores, que após assinarem o TCLE (Anexo E), responderam um questionário com informações pessoais e disponibilidade para realizar o teste (Anexo F).

As seis amostras cozidas no tempo ótimo foram avaliadas quanto à aceitação global por meio de uma escala hedônica híbrida de 10 cm (0 = “desgostei extremamente”; 5 = nem gostei/nem desgostei; 10 = “gostei extremamente”) (Figura 13) (VILLANUEVA; PETENAT; DA SILVA, 2005).

**Figura 13** - Ficha de avaliação para o teste de aceitação global.

<b>Teste de Aceitação</b>		
Nome: _____		Data: ___/___/___
Por favor, prove a amostra e indique com um traço vertical, em qualquer ponto da escala (inclusive entre os pontos), onde melhor representa o quanto você gostou ou desgostou da amostra com respeito à:		
Amostra: _____		
<b>ACEITAÇÃO GLOBAL:</b>		
0	5	10
Desgostei extremamente	Não gostei nem desgostei	Gostei extremamente
Comentários: .....		

#### **4.6 Delineamento experimental e análises estatísticas**

Os experimentos físicos e químicos seguiram o delineamento inteiramente casualizado repetido duas vezes. Em cada repetição do experimento foram feitas duas, sete ou doze determinações conforme o teste ( $n = 4$  ou  $14$  ou  $24$ ). O esquema de tratamento foi em parcelas subdivididas, onde o tempo de armazenamento foi o tratamento principal e a cultivar, o tratamento secundário. Os dados foram tratados por ANOVA e teste de comparação de médias de Tukey.

A determinação do tempo de cozimento ótimo sensorial para cada cultivar em cada tempo de armazenamento foi conduzido conforme delineamento de blocos completos casualizados, sendo o tratamento o tempo de cozimento, e bloco, os avaliadores. Os valores médios da equipe sensorial foram submetidos à análise de regressão linear em função do tempo de cozimento, e a partir da equação de regressão obteve-se o tempo de cozimento ótimo (TCO).

O teste de aceitação e ADQ seguiram o delineamento de blocos completos casualizados, onde as amostras de feijão (duas cultivares nos tempos de armazenamento) foram os tratamentos, e os avaliadores, os blocos. A ADQ foi repetida três vezes. Os dados foram submetidos à ANOVA, sendo que para a ADQ também considerou-se a interação amostra x avaliador como fonte de variação, e teste de comparação de médias de Tukey. Tendo em vista que esta interação foi significativa, empregaram-se os testes F e Tukey ajustados para comparar as amostras (STONE; SIDEL, 1993). Para a ADQ também foi elaborado o gráfico aranha e aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP).

O nível de significância ( $p$ ) foi de 5%. Para as análises estatísticas empregaram-se os programas SAS (SAS INSTITUTE, 1999), Statistica 7.0 (STATSOFT, 2006), e Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

#### **4.7 Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos**

A pesquisa envolveu seres humanos como avaliadores nas análises sensoriais realizadas, assim o projeto foi submetido ao Comitê de Ética Envolvendo Seres Humanos da UEL. O projeto recebeu o CAEE: 46227915.3.0000.5231 e foi aprovado sob o parecer nº 1.124.655/2015 (Anexo G).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização dos grãos de feijão cru

#### 5.1.1 Avaliação instrumental da cor dos grãos crus

Nas Figuras 14 e 15 estão as fotografias dos feijões conforme as condições de estocagem. Visualmente é possível notar o escurecimento dos grãos ao longo do tempo, sendo mais acentuado na cultivar BRS MG Estilo.

**Figura 14** - Grãos de feijão cru da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ °C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ °C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período:  $25,85\text{ °C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Figura 15** - Grãos de feijão cru da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ °C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ °C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período:  $25,85\text{ °C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Na Tabela 5 estão descritos os resultados para os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$ ,  $C^*$ ) das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições.

**Tabela 5** - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cru das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	$L^*$	
Controle	56,73 ± 4,76 <sup>Aa</sup>	59,52 ± 3,61 <sup>Aa</sup>
103	57,06 ± 4,62 <sup>Aa</sup>	53,43 ± 2,76 <sup>Ba</sup>
206	54,51 ± 4,07 <sup>Aa</sup>	49,91 ± 5,43 <sup>Bb</sup>
$a^*$		
Controle	5,88 ± 0,42 <sup>Bb</sup>	7,21 ± 0,68 <sup>Ca</sup>
103	6,93 ± 0,48 <sup>Bb</sup>	10,17 ± 0,68 <sup>Ba</sup>
206	8,09 ± 0,87 <sup>Ab</sup>	11,91 ± 0,75 <sup>Aa</sup>
$b^*$		
Controle	17,53 ± 1,54 <sup>Ca</sup>	16,98 ± 1,16 <sup>Ca</sup>
103	19,38 ± 0,85 <sup>Ba</sup>	18,71 ± 0,73 <sup>Ba</sup>
206	22,24 ± 2,43 <sup>Aa</sup>	20,48 ± 0,77 <sup>Ab</sup>
<b>Tonalidade Cromática (<math>h^\circ</math>)</b>		
Controle	71,47 ± 1,34 <sup>Aa</sup>	67,03 ± 1,82 <sup>Ab</sup>
103	70,38 ± 1,39 <sup>ABa</sup>	61,55 ± 1,53 <sup>Bb</sup>
206	69,15 ± 1,71 <sup>Ba</sup>	59,95 ± 2,48 <sup>Bb</sup>
<b>Croma (<math>C^*</math>)</b>		
Controle	18,49 ± 1,07 <sup>Ba</sup>	18,53 ± 0,89 <sup>Ca</sup>
103	21,17 ± 1,34 <sup>Aa</sup>	21,29 ± 0,95 <sup>Ba</sup>
206	22,88 ± 2,84 <sup>Ab</sup>	23,69 ± 0,85 <sup>Aa</sup>
$\Delta E^*_{103-c}$	2,15	6,99
$\Delta E^*_{206-103}$	4,00	4,03
$\Delta E^*_{206-c}$	5,66	11,26

Valores médios de duas repetições com sete determinações cada ( $n = 14$ ) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Controles: amostra mantida a  $-18^\circ\text{C}$ ;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35^\circ\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período:  $25,85^\circ\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR);

$L^*$ : luminosidade (0: preto; 100: branco);  $a^*$  (verde-vermelho);  $b^*$  (azul-amarelo);  $h^\circ$ : tonalidade cromática ( $0^\circ$ : vermelho puro;  $90^\circ$ : amarelo puro;  $180^\circ$ : verde puro;  $270^\circ$ : azul puro);  $C^*$ : saturação ou croma;  $\Delta E^*$ : diferença total de cor.

As duas cultivares nos tempo controle e 103 dias mostram luminosidade ( $L^*$ ) semelhante, porém aos 206 dias, a BRS MG Estilo apresentou luminosidade

8,44% menor que a BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). Na cultivar BRS MG Madrepérola o valor de  $L^*$  não variou durante o armazenamento e apresentou média de 56,10, enquanto que na BRS MG Estilo o valor diminuiu em 16,15% aos 103 dias e manteve-se até os 206 dias.

Siqueira et al. (2016a) avaliaram a cor de grãos de feijão armazenados a 40 °C e 75% de UR, durante quatro meses. Os autores observaram diminuição gradual da luminosidade dos grãos em torno de 12%, e dentre as cultivares encontraram redução de 7,4% para a cultivar BRS MG Madrepérola após o armazenamento, sendo sua luminosidade inicial de 55,3, próximo ao observado no presente estudo.

Os valores de  $L^*$  maiores que 55 possuem alto valor comercial, porém uma pontuação maior que 53 como padrão de luminosidade já pode ser aceita (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008). Sendo assim, no presente estudo, a cultivar BRS MG Madrepérola conservou a claridade do tegumento mesmo após o período de armazenamento, mantendo luminosidade média (56,10) próxima ao desejado comercialmente, enquanto a BRS MG Estilo (206 dias) situou-se abaixo da pontuação proposta (49,91), sugerindo o escurecimento.

Comparando-se as cultivares, a BRS MG Estilo apresentou os maiores valores do parâmetro  $a^*$  (verde-vermelho) tanto para as amostras controles, quanto para as envelhecidas ( $p \leq 0,05$ ). Somente aos 206 dias de armazenamento, a BRS MG Madrepérola apresentou aumento de 27,32% em relação ao controle, enquanto a BRS MG Estilo aumentou em 29,11% e 14,61% aos 103 e 206 dias, respectivamente. Dessa forma, a BRS MG Estilo foi mais suscetível ao desenvolvimento da coloração vermelha, apresentando valor 1,47 vezes maior com relação à BRS MG Madrepérola, aos 206 dias.

É possível verificar que maiores valores de  $a^*$  foram encontrados para os grãos com menores valores de  $L^*$ . Este mesmo comportamento foi observado por Siqueira et al. (2016a), ressaltando que ambos os parâmetros influenciam na característica visual de escurecimento. Nasar-Abbas et al. (2009) ao observarem este comportamento, indicaram que o processo de escurecimento dos grãos de feijão resulta primeiramente na alteração da cor para castanho-avermelhado, com posterior perda de luminosidade.

Em relação ao parâmetro  $b^*$  (azul-amarelo), as cultivares controle e no tempo 103 foram semelhantes entre si, no entanto, aos 206 dias de envelhecimento,

a BRS MG Madrepérola apresentou o maior valor deste parâmetro ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar apresentou aumento de 9,55% aos 103 dias e de 12,86% aos 206 dias, enquanto a BRS MG Estilo aumentou em 9,25% e 8,64% aos 103 e 206 dias, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com Siqueira et al. (2016a), os quais encontraram maiores valores de  $b^*$  para os genótipos CNFC10467, BRS MG Madrepérola, BRS Pontal e Pérola armazenados.

Entre as cultivares, a BRS MG Madrepérola apresentou a maior tonalidade cromática ( $h^\circ$ ), próxima a  $90^\circ$ , ângulo correspondente à cor amarela pura, tanto para a amostra controle, quanto para as envelhecidas ( $p \leq 0,05$ ). Aos 206 dias de armazenamento, esta cultivar apresentou decréscimo de 3,25% com relação à amostra controle. Para a BRS MG Estilo, houve decréscimo de 10,56% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

Os valores de croma, ou saturação ( $C^*$ ) foram semelhantes entre as amostras controles e envelhecidas por 103 dias, porém aos 206 dias, a BRS MG Estilo apresentou o maior valor ( $p \leq 0,05$ ). A BRS MG Madrepérola aumentou em 19,19% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias. Enquanto isso, a BRS MG Estilo aumentou 12,96% aos 103 dias, com relação à amostra controle, e 10,13% aos 206 dias, com relação à amostra 103. Siqueira et al. (2016a) observaram o aumento do croma em amostras de feijão armazenadas, semelhante ao observado no presente estudo.

No tempo 103, observou-se maior diferença total de cor com relação ao controle ( $\Delta E^*$ ) nos grãos da cultivar BRS MG Estilo. Entre os tempos 103 e 206, a diferença a diferença total de cor foi semelhante para as duas cultivares, e por fim, entre os tempos 206 e controle, observou-se maior diferença total de cor para a BRS MG Estilo, sendo 1,99 vezes maior comparada à BRS MG Madrepérola. Portanto, a BRS MG Madrepérola foi menos suscetível às alterações dos parâmetros de cor durante o armazenamento.

Estes resultados estão consistentes aos de Siqueira et al. (2016a), os quais verificaram que a cultivar BRS MG Madrepérola possui uma das menores variações de cor durante a estocagem, estimada em  $\Delta E^* = 5,3$ . Esta cultivar tem sido caracterizada pelo tegumento de cor clara, a qual persiste enquanto armazenada (ARAÚJO et al., 2012).

As alterações de cor observadas podem estar associadas ao escurecimento enzimático e não enzimático. Os compostos fenólicos de baixo peso molecular (taninos solúveis) podem se polimerizar, promovendo a formação de

taninos condensados de alto peso molecular e altamente coloridos (NOZZOLILLO; BEZADA, 1984 *apud* REYES-MORENO; PAREDES LÓPEZ, 1993).

Caldas e Blair (2009) destacam os fenóis como os principais compostos envolvidos na coloração do tegumento de grãos de feijão. Dentre os compostos fenólicos, como já citado, os taninos são os de maior destaque, e estão presentes em diferentes conteúdos, podendo influenciar a qualidade dos grãos ao promover o escurecimento destes (BLAIR; IRIARTE; BEGEE, 2006).

Segundo Pourcel et al. (2006), a medida que os grãos se tornam envelhecidos, a barreira física responsável por separar enzimas e substratos é perdida, consequência de danos celulares, permitindo então, a oxidação de compostos fenólicos por meio de oxirredutases, como a polifenoloxidase. O estresse do grão devido às condições ambientais de temperatura e UR adversas, pode aumentar a atividade das oxirredutases como uma resposta de defesa (SOARES; MACHADO, 2007). Dessa forma, a oxidação enzimática pode promover alterações de cor no tegumento por meio da formação de compostos denominados quinonas (RIOS; ABREU; CORREA, 2002; MARLES et al., 2008).

Siqueira et al. (2016a) verificaram que a atividade da PPO tende a aumentar durante o armazenamento de grãos de feijão comum. Os autores também observaram menor conteúdo de fenólicos para as cultivares de tegumento claro, como a BRS MG Madrepérola.

Dessa forma, o ambiente no qual o grão se encontra armazenado, exerce influência sobre seu comportamento fisiológico. A genética do grão também pode auxiliar na manutenção de suas características, como a cor, retardando seu processo de escurecimento pós-colheita (SILVA et al., 2008).

O presente estudo foi coerente com a classificação fenotípica das cultivares, onde a BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, preservou a cor clara do tegumento ao longo do armazenamento, enquanto a BRS MG Estilo, de rápido escurecimento, foi suscetível ao escurecimento.

#### 5.1.2 Medida instrumental da dureza dos grãos de feijão cru

Os valores da dureza instrumental dos grãos inteiros de feijão cru, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições, estão descritos na Tabela 6.

**Tabela 6** - Dureza (N) dos grãos de feijão crus das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Cultivar	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	112,40 ± 14,90 <sup>Ab</sup>	121,80 ± 13,92 <sup>ABa</sup>
103	106,84 ± 8,01 <sup>Aa</sup>	112,37 ± 15,60 <sup>Ba</sup>
206	115,33 ± 16,34 <sup>Ab</sup>	124,23 ± 20,28 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com doze determinações cada (n = 24) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ );

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Entre as cultivares, nos tempos controle e 206, a BRS MG Estilo apresentou-se mais dura que a BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). Barros e Prudencio (2016) mediram a dureza de grãos de feijão comum cru, não armazenados, e encontraram valores entre 95,79 e 175,25 N, próximos aos encontrados para as amostras controles e armazenadas no presente estudo.

O tempo de envelhecimento não influenciou a dureza dos grãos crus da cultivar BRS MG Madrepérola, apresentando média de 115,52 N. Para a cultivar BRS MG Estilo, houve diferença somente entre os tempos 103 e 206, com aumento de 9,55%. No entanto, nestes dois tempos, a dureza foi semelhante à amostra controle.

Tem sido verificado que grãos de leguminosas estão sujeitos à diversas mudanças fisiológicas e reações químicas durante o armazenamento, tais como formação de radicais livres, peroxidação lipídica, formação de ácidos, deterioração da membrana e desnaturação proteica, contribuindo com o fenômeno de endurecimento que se manifesta quando os grãos são cozidos (LIU, 1995).

Alguns estudos têm demonstrado, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a redução da espessura da camada paliçádica da casca de grãos de soja crus envelhecidos (42 °C e 100% UR por 96 horas), sugerindo o colápsio, ou dano físico, das células que as compõe (SILVA; VIEIRA; SANTOS, 2008), e redução da espessura da camada paliçádica da casca de grãos de feijão envelhecidos (35 °C e 76% UR por 120 dias) (CÁRABEZ-TREJO et al., 1989). Outro estudo verificou o enrugamento e murchamento das células paliçádicas dos cotilédones, podendo ser resultado da perda de água e eletrólitos pelos grãos devido às reações como a peroxidação lipídica, levando ao rompimento das membranas celulares (KAMIZAKE;

YAMASHITA; PRUDENCIO, 2014). No entanto, no presente estudo, caso essas alterações tenham ocorrido, não afetaram a dureza dos grãos crus.

### 5.1.3 Composição centesimal dos grãos crus

A composição centesimal dos grãos de feijão cru, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições, está descrita na Tabela 7.

A umidade da BRS MG Madrepérola foi maior tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar apresentou decréscimo de 10,46% no teor de umidade após 103 dias de armazenamento, mantendo-se até os 206 dias. Para a cultivar BRS MG Estilo, a redução foi de 10,14% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

Donadel e Prudencio-Ferreira (1999) analisaram a composição química de feijão carioca armazenado por 40 dias a 41°C, sem controle de umidade, sendo esta condição de armazenamento diferente das condições do presente estudo. Os autores observaram a diminuição no teor de umidade de 36,68% no período final de armazenamento, com valor final de umidade de 11,60 g/100g<sup>-1</sup>, próximo ao encontrado no presente estudo.

Este decréscimo no conteúdo de umidade pode estar relacionado à higroscopicidade dos grãos de feijão, os quais têm a capacidade de absorver ou ceder água ao ambiente, uma vez que a umidade dos grãos é influenciada pela temperatura e umidade ambiente (SILVA et al., 2014). Os teores de umidade observados estão de acordo com a legislação brasileira de conservação de feijão, a qual recomenda teor de umidade de 13% para o armazenamento, conforme Instrução Normativa nº 29, de 8 de junho de 2011 (BRASIL, 2011).

A cultivar BRS MG Madrepérola apresentou a maior concentração de proteínas tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). Ao longo do armazenamento esta cultivar manteve o teor proteico, com valor médio de 22,25 g.100g<sup>-1</sup>. Marquezi et al. (2016) encontraram teor proteico entre 17,72 e 20,27 g.100g<sup>-1</sup> em diferentes cultivares de feijão comum não armazenado, sendo próximos aos encontrados no presente estudo.

**Tabela 7** – Composição centesimal dos grãos de feijão cru das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	Umidade	
Controle	14,06 ± 0,18 <sup>Aa</sup>	13,31 ± 0,28 <sup>Ab</sup>
103	12,59 ± 0,15 <sup>Ba</sup>	11,96 ± 0,21 <sup>Bb</sup>
206	12,70 ± 0,07 <sup>Ba</sup>	12,00 ± 0,08 <sup>Bb</sup>
<b>Proteínas</b>		
Controle	22,27 ± 0,25 <sup>Aa</sup>	18,85 ± 0,61 <sup>Ab</sup>
103	22,37 ± 0,21 <sup>Aa</sup>	19,03 ± 0,68 <sup>Ab</sup>
206	22,09 ± 0,21 <sup>Aa</sup>	17,78 ± 0,43 <sup>Bb</sup>
<b>Cinzas</b>		
Controle	3,85 ± 0,07 <sup>Ab</sup>	4,02 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
103	3,92 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	3,95 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
206	3,89 ± 0,11 <sup>Aa</sup>	3,96 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
<b>Lipídeos</b>		
Controle	1,63 ± 0,18 <sup>Bb</sup>	2,53 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
103	1,85 ± 0,17 <sup>Bb</sup>	2,42 ± 0,13 <sup>Aa</sup>
206	2,15 ± 0,30 <sup>Ab</sup>	2,37 ± 0,20 <sup>Aa</sup>
<b>Carboidratos</b>		
Controle	58,18 ± 0,11 <sup>Bb</sup>	61,28 ± 0,30 <sup>Ca</sup>
103	59,27 ± 0,43 <sup>Ab</sup>	62,63 ± 0,59 <sup>Ba</sup>
206	59,17 ± 0,27 <sup>Ab</sup>	63,88 ± 0,60 <sup>Aa</sup>

Resultados expressos em base seca, em g.100g<sup>-1</sup> de amostra, exceto para umidade.

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada (n = 4) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Já para BRS MG Estilo foi observado decréscimo do teor proteico em 6,57% aos 206 dias de armazenamento, o que pode ser objetivo de estudo em pesquisas futuras. Donadel e Prudencio-Ferreira (1999) observaram a diminuição da concentração proteica em grãos de feijão carioca armazenados (de 22,73 para 19,00 g.100g<sup>-1</sup>, b.s.). Shiga, Cordenunsi e Lajolo (2009) avaliaram a composição centesimal de grãos de feijão comum armazenados a 30 °C e UR de 75% por oito meses e observaram diminuição no teor proteico de 7% após o armazenamento. Marquezi et al. (2016) também encontraram menor teor proteico para a cultivar BRS MG Estilo não armazenada (17,72 g.100g<sup>-1</sup> b.s.), com relação às demais cultivares de feijão comum

estudadas. Dessa forma, o menor teor proteico observado na cultivar BRS MG Estilo, está relacionado à sua característica própria.

O conteúdo de cinzas foi maior para a cultivar BRS MG Estilo apenas entre as amostras controles ( $p \leq 0,05$ ). Com 103 e 206 dias de armazenamento, estes valores tornaram-se semelhantes entre elas. Além disso, ao longo do período de armazenamento, o conteúdo de cinzas manteve-se estável em cada cultivar, com média de  $3,87 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  para a BRS MG Madrepérola, e de  $3,98 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  para a BRS MG Estilo.

Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009) encontraram teores de cinzas superiores aos observados no presente estudo (entre  $4,65$  e  $4,95 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  em b.s.) para cultivares de feijão comum não armazenadas. Donadel e Prudencio-Ferreira (1999) não verificaram alterações no conteúdo de cinzas de amostras de feijão carioca armazenadas, encontrando valores entre  $3,62$  e  $5,00 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , estando coerente com a presente pesquisa. Por outro lado, Shiga, Cordenunsi e Lajolo (2009) observaram diminuição de 15% no conteúdo de cinzas em grãos de feijão comum armazenados.

O teor de lipídeos foi maior para a cultivar BRS MG Estilo tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). A BRS MG Madrepérola apresentou aumento no teor de lipídeos de 24,19% após 206 dias de armazenamento, enquanto a BRS MG Estilo não variou, apresentando média de  $2,44 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ .

Para grãos não armazenados, Marquezi et al. (2016) encontraram teor lipídico entre  $1,10$  e  $1,56 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , sendo o maior teor encontrado também para a BRS Estilo, com relação às demais cultivares estudadas. Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) encontraram teor lipídico entre  $1,77$  e  $1,92 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (b.s.) para cultivares de feijão comum, próximo aos valores observados no presente estudo.

Ao contrário do observado neste estudo, Mori (2001) verificou o decréscimo no teor de lipídeos (b.s.) em feijão comum armazenado a 40 dias a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  e UR de 76%. Segundo Reyes-Moreno e Paredes-López (1993), o decréscimo no teor lipídico estaria relacionado à oxidação lipídica, reações enzimática e não-enzimáticas, levando à formação de hidroperóxidos, com posterior decomposição em aldeídos, cetonas e outros compostos. Por outro lado, Donadel e Prudencio-Ferreira (1999) não verificaram alterações no teor lipídico de grãos de feijão comum armazenados, encontrando valores entre  $2,75$  e  $4,00 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Shiga, Cordenunsi e Lajolo (2009) também não encontraram variações no teor lipídico de feijões armazenados, obtendo média de  $2,0 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , próximo ao verificado nesta pesquisa.

Entre as cultivares, a BRS MG Madrepérola apresentou o menor conteúdo de carboidratos, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas, o que pode estar relacionado ao maior teor proteico encontrado ( $p \leq 0,05$ ). Silva, Rocha e Canniati Brazaca (2009) avaliaram o conteúdo de carboidratos de grãos de feijão comum não armazenados, e encontraram valor médio de 48,49 g.100g<sup>-1</sup>, inferiores ao observado no presente estudo.

Na cultivar BRS MG Madrepérola, o conteúdo de carboidratos aumentou em 1,84% aos 103 dias de armazenamento, mantendo-se aos 206 dias, enquanto na BRS MG Estilo o aumento foi de 4,07% aos 206 dias, com relação à amostra controle. Mori (2001) observou o aumento no conteúdo de carboidratos para os grãos de feijão armazenados, o que pode estar relacionado com a diminuição no teor lipídico observada pelo autor.

#### 5.1.4 Absorção de água durante a maceração

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados de absorção de água dos grãos de feijão durante a maceração, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo em diferentes condições de armazenamento.

**Tabela 8** - Absorção de água durante a maceração das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Cultivar	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	92,08 ± 1,02 <sup>Ba</sup>	88,85 ± 1,18 <sup>Bb</sup>
103	96,43 ± 0,89 <sup>Aa</sup>	95,09 ± 1,33 <sup>Aa</sup>
206	94,19 ± 1,45 <sup>ABa</sup>	94,44 ± 0,71 <sup>Aa</sup>

Resultados expressos em g de água/100 gramas de amostra.

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada ( $n = 4$ ) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Entre as amostras controles, a cultivar BRS MG Madrepérola apresentou maior absorção de água ( $p \leq 0,05$ ). Com 103 e 206 dias de armazenamento, as cultivares tornaram-se semelhantes entre si. A BRS MG Madrepérola, com 103 dias de armazenamento, mostrou aumento de 4,51% na absorção com relação à amostra

controle, e aos 206 dias não apresentou diferença em relação às amostras controle e 103. A BRS MG Estilo aumentou a absorção de água em 6,56% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias. A menor absorção de água da amostra controle para esta cultivar pode ser consequência de danos na membrana celular devido à formação de cristais de gelo durante o congelamento e descongelamento (LIU et al, 1995), uma vez que esta amostra permaneceu acondicionada em *freezer* (-18 °C) até completar o período de armazenamento das demais amostras.

Comportamento semelhante foi observado por Silochi et al. (2016). Os autores avaliaram a capacidade de absorção de água em grãos de feijão das cultivares BRS Estilo, BRS Pontal e BRS Madrepérola, armazenadas por 180 dias em temperatura ambiente. Para as duas primeiras cultivares, a absorção de água foi maior nos grãos armazenados, enquanto para a BRS Madrepérola não houve variação. Contudo, outros autores verificaram que após o armazenamento, os grãos de feijão apresentaram menor absorção de água (DELFINO; CANIATTI-BRAZACA 2010; OLIVEIRA et al. 2011; RIOS; ABREU; CORREA 2003).

Kamizake, Yamashita e Prudencio (2014) ao estudarem a absorção de água em grãos de soja envelhecidos (envelhecimento acelerado: 30 °C e 84% de UR por 9 meses, e natural: temperatura e UR ambiente), verificaram o aumento da absorção ao longo do armazenamento, comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo. Segundo os autores, tal fenômeno pode ser consequência de alterações físicas da membrana celular dos cotilédones, as quais apresentariam-se enrugadas e murchas nos grãos envelhecidos, podendo-se inferir que a célula murcha tende a absorver água mais rapidamente quando comparada à uma célula hidratada, ou de grãos recém-colhidos.

Além disso, Kamizake, Yamashita e Prudencio (2014) também verificaram que grãos de soja envelhecidos apresentaram menor umidade de equilíbrio, indicando maior agregação entre as moléculas. Esta agregação diminui a disponibilidade de sítios para ligarem-se à água, dificultando a retenção da mesma.

Segundo Delfino e Caniatti-Brazaca (2010), a absorção de água está relacionada com a qualidade do grão. Portanto, grãos com maior grau de absorção de água possuem a tendência de cozinhar mais facilmente, sendo uma importante característica para a comercialização. No entanto, no presente estudo, os grãos da BRS MG Estilo, armazenados por 103 e 206 dias, apresentaram maior absorção de água e maior tempo de cozimento, em relação à amostra controle. A porcentagem de

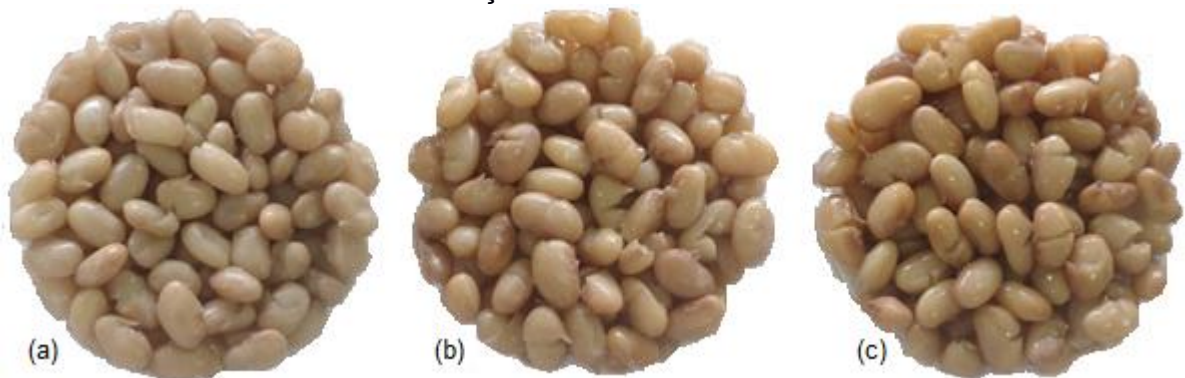
absorção de água também pode ser influenciada pela variedade do feijão, nível de umidade e idade do grão (RIOS; ABREU; CORREA, 2003).

## 5.2 Análises dos grãos de feijão cozido em tempo fixo (uma hora)

### 5.2.1 Avaliação instrumental da cor do grão cozido

Nas Figuras 16 e 17 estão as fotografias das cultivares após cozimento, conforme as condições de estocagem. É possível notar, visualmente, que os grãos armazenados a 206 dias apresentaram coloração mais escura, assim como observado para os grãos crus. Portanto, a diferença visual de cor observada no grão cru, persistiu após o cozimento.

**Figura 16** - Grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



(a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

(b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);

(c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Figura 17** - Grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Na Tabela 9 estão descritos os parâmetros de cor após o cozimento das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições. Entre as cultivares, a luminosidade foi maior para a amostra controle da BRS MG Estilo, contudo, aos 103 dias de armazenamento os valores se igualaram, e aos 206 dias a luminosidade tornou-se 8,45% menor para esta cultivar ( $p \leq 0,05$ ). A BRS MG Madrepérola apresentou decréscimo de 10,14% aos 103 dias de armazenamento, e aos 206 dias não houve variação. Já a BRS MG Estilo apresentou decréscimo de 20,10% na luminosidade aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias. Oliveira et al. (2011) mediram a luminosidade de grãos de feijão cozidos e armazenados a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 50% de UR, e observaram decréscimo médio de 7,81% da luminosidade apenas para grupo comercial cores (Carioca, Pérola e LH 5), semelhante ao comportamento da BRS MG Estilo no presente estudo.

**Tabela 9** - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola		BRS MG Estilo	
	L*			
Controle	48,80 ± 3,29 <sup>Ab</sup>		52,34 ± 4,08 <sup>Aa</sup>	
103	43,85 ± 4,54 <sup>Ba</sup>		44,04 ± 4,47 <sup>Ba</sup>	
206	45,68 ± 5,49 <sup>ABa</sup>		41,82 ± 4,46 <sup>Bb</sup>	
<b>a*</b>				
Controle	4,71 ± 0,64 <sup>Bb</sup>		7,10 ± 0,80 <sup>Ba</sup>	
103	6,68 ± 0,83 <sup>Ab</sup>		9,60 ± 1,92 <sup>Aa</sup>	
206	6,85 ± 1,31 <sup>Ab</sup>		10,51 ± 0,94 <sup>Aa</sup>	
<b>b*</b>				
Controle	11,39 ± 0,71 <sup>Ca</sup>		12,55 ± 1,41 <sup>Ca</sup>	
103	13,92 ± 1,34 <sup>Bb</sup>		15,68 ± 2,10 <sup>Ba</sup>	
206	15,78 ± 1,43 <sup>Ab</sup>		17,62 ± 1,97 <sup>Aa</sup>	
<b>h°</b>				
Controle	67,23 ± 2,62 <sup>Aa</sup>		60,49 ± 1,61 <sup>Ab</sup>	
103	64,32 ± 2,54 <sup>Ba</sup>		58,73 ± 2,30 <sup>Ab</sup>	
206	66,63 ± 3,38 <sup>ABa</sup>		59,05 ± 2,69 <sup>Ab</sup>	
<b>C*</b>				
Controle	12,34 ± 0,83 <sup>Cb</sup>		14,43 ± 1,57 <sup>Ca</sup>	
103	15,43 ± 1,43 <sup>Bb</sup>		18,40 ± 2,74 <sup>Ba</sup>	
206	17,23 ± 1,63 <sup>Ab</sup>		20,53 ± 1,97 <sup>Aa</sup>	
$\Delta E^*_{103-c}$	5,90		9,22	
$\Delta E^*_{206-103}$	2,61		3,09	
$\Delta E^*_{206-c}$	5,80		12,17	

Valores médios de duas repetições com sete determinações cada (n = 14) ± desvio padrão. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR);

L\*: luminosidade (0: preto; 100: branco); a\* (verde-vermelho); b\* (azul-amarelo); h°: tonalidade cromática (0°: vermelho puro; 90°: amarelo puro; 180°: verde puro; 270°: azul puro); C\*: saturação ou croma;  $\Delta E^*$ : diferença total de cor.

O parâmetro de cor a\* foi maior para a BRS MG Estilo, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas (p ≤ 0,05). As duas cultivares desenvolveram a cor vermelha no tegumento, evidenciada pelo aumento no valor do parâmetro a\* em 31,24% para a BRS MG Madrepérola e de 32,45% para a BRS MG Estilo aos 103 dias, ambos mantendo-se até os 206 dias. Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) avaliaram o parâmetro a\* em grãos de feijão comum cozido não

armazenados, e encontraram valor médio de 4,48, inferior ao da BRS MG Estilo, porém próximo à BRS MG Madrepérola.

As amostras controles apresentaram semelhante valor de  $b^*$ , porém, aos 103 e 206 dias de armazenamento, este parâmetro tornou-se maior para a BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ). Para a BRS MG Madrepérola aos 103 e 206 dias de armazenamento, houve aumento de 18,18% e 11,79%, respectivamente, enquanto isso, para a BRS MG Estilo, este aumento foi de 19,96% e 11,01% aos 103 e 206 dias respectivamente. Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) encontraram valor inferior (média de 8,86) ao observado no presente estudo.

Entre as cultivares, a BRS MG Madrepérola apresentou maior tonalidade cromática tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar apresentou decréscimo de 4,33% aos 103 dias de armazenamento, e aos 206 dias não houve variação. A tonalidade cromática da BRS MG Estilo não variou, apresentando média de 59,42.

O croma, ou saturação, foi maior para a BRS MG Estilo, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). A BRS MG Madrepérola apresentou aumento de 20,03% e 10,45% aos 103 e 206 dias de armazenamento, respectivamente. Enquanto isso, a BRS MG Estilo aumentou 23,89% aos 103 dias e 10,38% aos 206 dias. Ao avaliar o croma de grãos de feijão cozido não armazenados, Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) encontraram valor inferior (média de 7,25) ao observado nesta pesquisa.

Após o cozimento, a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) dos grãos entre as cultivares foi maior para a BRS MG Estilo em todos os tempos de armazenamento, sendo que entre os tempos controle e 206, a BRS MG Estilo apresentou 2,20 vezes maior diferença total de cor comparada à BRS MG Madrepérola. Dessa forma, apesar de ocorrer a lixiviação de pigmentos para o caldo, as alterações de cor observadas nos grãos crus devido ao envelhecimento mantiveram-se após o cozimento por uma hora, sendo a BRS MG Madrepérola menos suscetível à variação de cor. Este comportamento era esperado, uma vez que a BRS MG Madrepérola apresenta fenótipo de escurecimento lento.

### 5.2.2 Perfil de textura instrumental dos grãos cozidos

O perfil de textura instrumental dos grãos de feijão, controles e envelhecidos, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, cozidos por uma hora, resfriados a 25 e 60 °C, encontra-se nas Tabelas 10 e 11. Não foram encontrados valores para a fraturabilidade.

A dureza foi maior para a BRS MG Madrepérola apenas aos 206 dias de armazenamento, em relação à BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 10). Esta cultivar foi 55,30% mais dura aos 206 dias, em relação às amostras controle e 103, enquanto que a BRS MG Madrepérola foi 43,06% mais dura aos 103 dias, em relação à amostra controle, e 46,02% mais dura aos 206 dias, em relação à amostra 103.

A BRS MG Estilo apresentou maior adesividade aos 103 e 206 dias de armazenamento, em relação à BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). A adesividade para esta cultivar não variou ao longo do armazenamento, enquanto que para a BRS MG Estilo observou-se o aumento de 40,00% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

Entre as cultivares, a BRS MG Estilo apresentou maior elasticidade aos 103 e 206 dias de armazenamento, em relação a BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar apresentou aumento de 18,75% na elasticidade, em relação às amostras controle e 103, ao passo que a BRS MG Estilo aumentou 11,86% aos 103 dias, em relação à amostra controle, e 23,38% aos 206 dias, em relação à amostra 103.

A coesividade não variou entre as duas cultivares ( $p > 0,05$ ). Ao longo do armazenamento, BRS MG Madrepérola não apresentou variação deste parâmetro, apresentando média de 0,40, enquanto que a BRS MG Estilo aumentou a coesividade em 13,95% aos 206 dias de armazenamento, em relação às amostra controle e 103 ( $p \leq 0,05$ ).

Não houve variação da mastigabilidade entre as duas cultivares ( $p > 0,05$ ). Aos 206 dias de armazenamento, a mastigabilidade aumentou 73,91% para a BRS MG Madrepérola e 74,29% para a BRS MG Estilo, em relação às amostras controles e 103.

**Tabela 10** - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições e resfriados a 25 °C.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	Dureza (N)	
Controle	2,01 ± 0,92 <sup>Ca</sup>	1,94 ± 0,77 <sup>Ba</sup>
103	3,53 ± 1,92 <sup>Ba</sup>	2,41 ± 1,08 <sup>Ba</sup>
206	6,54 ± 2,69 <sup>Aa</sup>	4,34 ± 2,31 <sup>Ab</sup>
<b>Adesividade (N.sec)</b>		
Controle	-0,06 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	-0,05 ± 0,02 <sup>Ba</sup>
103	-0,05 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
206	-0,04 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	-0,03 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>Elasticidade</b>		
Controle	0,55 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	0,52 ± 0,09 <sup>Ca</sup>
103	0,52 ± 0,09 <sup>Bb</sup>	0,59 ± 0,10 <sup>Ba</sup>
206	0,64 ± 0,09 <sup>Ab</sup>	0,77 ± 0,08 <sup>Aa</sup>
<b>Coesividade</b>		
Controle	0,39 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,37 ± 0,10 <sup>Ba</sup>
103	0,39 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	0,39 ± 0,06 <sup>Ba</sup>
206	0,41 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,43 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
<b>Mastigabilidade (N.sec)</b>		
Controle	0,42 ± 0,18 <sup>Ba</sup>	0,36 ± 0,17 <sup>Ba</sup>
103	0,70 ± 0,43 <sup>Ba</sup>	0,54 ± 0,28 <sup>Ba</sup>
206	1,61 ± 0,56 <sup>Aa</sup>	1,40 ± 0,73 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com doze determinações cada (n = 24) ± desvio padrão; Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05);

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

A coesividade não variou entre as cultivares e entre os tempos de armazenamento, quando os grãos foram cozidos por uma hora e resfriados a 60 °C (p > 0,05) (Tabela 11). A dureza foi maior para a BRS MG Madrepérola somente aos 206 dias de armazenamento, em relação à BRS MG Estilo. A dureza desta cultivar não variou ao longo do armazenamento, apresentando média de 2,67 N, enquanto que a BRS MG Estilo aos 206 dias de armazenamento foi 61,65% mais dura em relação às amostras controle e 103.

**Tabela 11** - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenados em diferentes condições e resfriados a 60 °C.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	Dureza (N)	
Controle	1,81 ± 0,52 <sup>Ba</sup>	2,10 ± 1,11 <sup>Aa</sup>
103	2,90 ± 1,64 <sup>Ba</sup>	2,62 ± 1,43 <sup>Aa</sup>
206	4,72 ± 2,93 <sup>Aa</sup>	3,34 ± 1,64 <sup>Ab</sup>
Adesividade (N.sec)		
Controle	-0,05 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,06 ± 0,03 <sup>Ba</sup>
103	-0,05 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
206	-0,06 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	-0,02 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
Elasticidade		
Controle	0,51 ± 0,07 <sup>Bb</sup>	0,59 ± 0,14 <sup>Ba</sup>
103	0,51 ± 0,09 <sup>Bb</sup>	0,59 ± 0,12 <sup>Ba</sup>
206	0,59 ± 0,09 <sup>Ab</sup>	0,72 ± 0,10 <sup>Aa</sup>
Coesividade		
Controle	0,39 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,41 ± 0,10 <sup>Aa</sup>
103	0,39 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,42 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
206	0,43 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,45 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
Mastigabilidade (N.sec)		
Controle	0,35 ± 0,10 <sup>Ba</sup>	0,50 ± 0,29 <sup>Ba</sup>
103	0,62 ± 0,53 <sup>Ba</sup>	0,62 ± 0,34 <sup>Ba</sup>
206	1,16 ± 0,79 <sup>Aa</sup>	1,01 ± 0,45 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com doze determinações cada (n = 24) ± desvio padrão. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05);

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

A BRS MG Estilo apresentou maior adesividade aos 103 e 206 dias de armazenamento, em relação à BRS MG Madrepérola (p ≤ 0,05). Esta cultivar apresentou adesividade média de -0,05 N.sec, não variando ao longo do armazenamento, ao passo que a BRS MG Estilo aumentou em 66,67% a adesividade aos 103 dias, mantendo-se aos 206.

A BRS MG Estilo apresentou maior elasticidade em todos os tempos de armazenamento estudados, em relação à BRS MG Madrepérola (p ≤ 0,05). Aos 206 dias de armazenamento, a BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo apresentaram elasticidade 13,56% e 18,06% maior, respectivamente, em relação às amostras controles e 103.

As duas cultivares foram semelhantes entre si, em relação à mastigabilidade ( $p > 0,05$ ). Aos 206 dias de armazenamento, a BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo apresentaram mastigabilidade 69,83% e 50,50% maior, respectivamente, em relação às amostras controles e 103 ( $p \leq 0,05$ ).

Mori (2001) mediu a dureza (N) de grãos de feijão comum cozidos por 90 minutos, resfriados a 25 e 60 °C, e observou o aumento da dureza de acordo com o tempo de armazenamento, tanto para os grãos resfriados a 25 °C quanto para os resfriados a 60 °C. Dessa forma, a temperatura de resfriamento não interferiu nas medidas e os grãos envelhecidos foram mais duros, assim como observado no presente estudo para a BRS MG Madrepérola, ao passo que a BRS MG Estilo apresentou aumento da dureza ao longo do armazenamento somente quando resfriada a 25 °C.

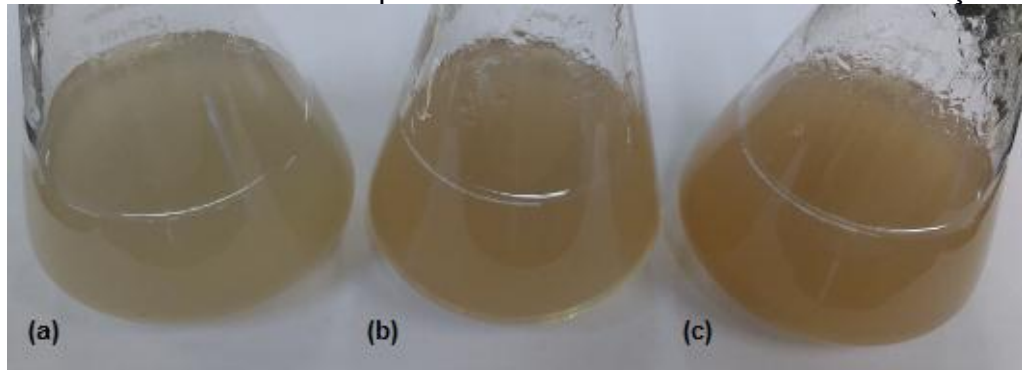
Para avaliar a dureza de feijão comum, das variedades carioca e preto, armazenados em três condições (ambientais, 5 °C por 12 meses e 40 °C e 76% UR por 75 dias), Coelho et al. (2009) cozinharam os grãos no tempo obtido para os controles (aproximadamente 20 minutos) e resfriaram a 25 e 60 °C. Os autores verificaram maior dureza tanto nos grãos armazenados e resfriados a 25 °C quanto nos armazenados e resfriados a 60 °C. Entre as temperaturas de resfriamento, a dureza dos grãos mantidos a 25 °C foi maior, podendo ser consequência da maior retrogradação do amido durante o resfriamento. Estes resultados estão de acordo com o presente estudo.

Diversos fatores têm sido relacionados ao defeito HTC em feijão, incluindo a formação de pectatos insolúveis devido à hidrólise do ácido fítico e liberação de cátion bivalentes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ), os quais associam-se aos grupamentos carboxilas livres da pectina da lamela média, tornando-a insolúvel. Por consequência, as células do cotilédone se agrupam, restringindo a absorção de água pela célula e a gelatinização do amido, o que promove a dureza e granulosidade dos grãos cozidos (YOUSIF; KATO; DEETH, 2007). Para Kamizake, Yamashita e Prudencio (2014), o endurecimento da soja envelhecida, relaciona-se, em parte, às mudanças químicas das proteínas e lipídeos durante o armazenamento, tais como a desnaturação proteica, oxidação lipídica, formação de peróxidos e ácidos graxos livres.

### 5.2.3 Avaliação instrumental da cor do meio de cocção

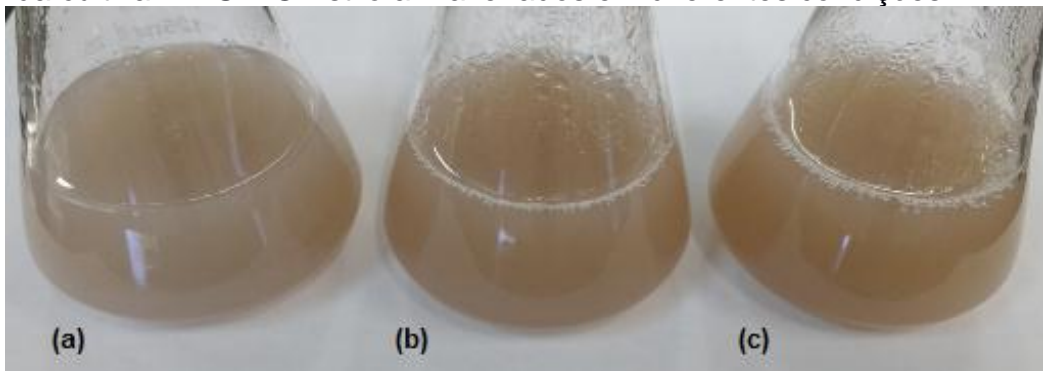
Nas Figuras 18 e 19 estão as fotografias do meio de cocção após cozimento dos grãos de feijão por uma hora, conforme condições de armazenamento. Foi possível observar visualmente o escurecimento do meio de cocção ao longo do tempo, além do tom amarelado mais intenso no caldo da cultivar BRS MG Madrepérola. Os parâmetros de cor do meio de cocção das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, em diferentes condições de armazenamento, estão descritos na Tabela 12.

**Figura 18** - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Figura 19** - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos por uma hora, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR);

O meio de cocção da cultivar BRS MG Madrepérola apresentou maior luminosidade tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). As cultivares não apresentaram variação da luminosidade ao longo do armazenamento, com média de 38,19 para a BRS MG Madrepérola, e de 32,20 para a BRS MG Estilo.

**Tabela 12** - Parâmetros de cor do meio de cocção dos feijões cozidos por uma hora, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	L*	
Controle	38,45 ± 1,47 <sup>Aa</sup>	32,41 ± 0,35 <sup>Ab</sup>
103	38,33 ± 0,42 <sup>Aa</sup>	32,47 ± 0,15 <sup>Ab</sup>
206	37,78 ± 0,63 <sup>Aa</sup>	31,72 ± 0,89 <sup>Ab</sup>
<b>a*</b>		
Controle	1,97 ± 0,27 <sup>Ba</sup>	1,53 ± 0,34 <sup>Bb</sup>
103	2,84 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	2,03 ± 0,28 <sup>Ab</sup>
206	3,12 ± 0,18 <sup>Aa</sup>	2,07 ± 0,13 <sup>Ab</sup>
<b>b*</b>		
Controle	5,74 ± 0,26 <sup>Ba</sup>	1,85 ± 0,63 <sup>Bb</sup>
103	7,70 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	2,76 ± 0,32 <sup>Ab</sup>
206	8,69 ± 0,27 <sup>Aa</sup>	3,28 ± 0,11 <sup>Ab</sup>
<b>(h°)</b>		
Controle	71,16 ± 1,65 <sup>Aa</sup>	49,78 ± 3,92 <sup>Bb</sup>
103	69,77 ± 0,46 <sup>Aa</sup>	53,67 ± 2,16 <sup>Abb</sup>
206	70,24 ± 1,56 <sup>Aa</sup>	57,78 ± 1,28 <sup>Ab</sup>
<b>(C*)</b>		
Controle	6,06 ± 0,35 <sup>Ca</sup>	2,41 ± 0,70 <sup>Bb</sup>
103	8,20 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	3,43 ± 0,41 <sup>Ab</sup>
206	9,23 ± 0,20 <sup>Aa</sup>	3,88 ± 0,14 <sup>Ab</sup>
$\Delta E^*_{103-c}$	2,15	1,08
$\Delta E^*_{206-103}$	1,17	0,91
$\Delta E^*_{206-c}$	3,24	1,68

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada ( $n = 4$ ) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR);

L\*: luminosidade (0: preto; 100: branco); a\* (verde-vermelho); b\* (azul-amarelo); h°: tonalidade cromática (0°: vermelho puro; 90°: amarelo puro; 180°: verde puro; 270°: azul puro); C\*: saturação ou croma;  $\Delta E^*$ : diferença total de cor.

João (2016) avaliou a luminosidade do meio de cocção de cinco cultivares de feijão, dentre elas a BRS MG Madrepérola e BRS Estilo, armazenadas a uma temperatura média de 25,3 °C e UR média de 69,6% por 210 dias e cozidas por diferentes métodos (tempo fixo de 20 minutos e aparelho cozedor de Mattson). Observou-se então, o escurecimento do caldo de todas as cultivares para os dois métodos avaliados. Aos 210 dias, o meio de cocção das cinco cultivares apresentaram semelhante luminosidade, diferentemente do meio de cocção do presente estudo, onde o meio de cocção da BRS MG Madrepérola apresentou-se mais claro tanto entre as amostras controles, quanto armazenadas.

Foi observado maior valor do parâmetro  $a^*$  para o meio de cocção da cultivar BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). Para esta cultivar, aos 103 dias de armazenamento, observou-se o aumento deste parâmetro em 36,86% e de 26,09% para a BRS MG Estilo, ambas mantendo-se aos 206 dias.

O parâmetro  $b^*$  também foi maior para o meio de cocção da BRS MG Madrepérola, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas, sugerindo tom amarelado mais intenso para esta cultivar, conforme observado nas Figuras 18 e 19 ( $p \leq 0,05$ ). Aos 103 dias de armazenamento, observou-se o aumento no valor deste parâmetro em 33,95% para esta cultivar, e de 43,60% para a BRS MG Estilo, ambas mantendo-se aos 206 dias.

O meio de cocção da BRS MG Madrepérola apresentou maior tonalidade cromática ( $p \leq 0,05$ ). Para esta cultivar, a tonalidade cromática manteve-se constante ao longo do armazenamento, com média de 70,39, enquanto a BRS MG Estilo aumentou em 13,85% aos 206 dias. Portanto, a tonalidade cromática do meio de cocção da BRS MG Madrepérola foi próxima a 90°, evidenciando maior intensidade da cor amarela.

O meio de cocção da BRS MG Madrepérola também apresentou maior croma, ou saturação, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). Para esta cultivar, observou-se o aumento de 26,10% neste parâmetro aos 103 dias de armazenamento, e de 11,16% aos 206 dias. Já para a BRS MG Estilo, este aumento foi de 37,89% aos 103 dias, e então manteve-se aos 206 dias.

Entre as cultivares, a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) do meio de cocção dos grãos após cozimento por uma hora foi mais intensa na BRS MG Madrepérola, em todos os tempos de armazenamento, ao contrário do observado nos grãos cozidos, onde esta cultivar apresentou a menor diferença total de cor, com relação à BRS MG

Estilo. Com relação aos tempos controle e 206, o meio de cocção da BRS MG Madrepérola apresentou diferença total de cor 1,93 vezes maior com relação à BRS MG Estilo.

Segundo João (2016), o escurecimento do caldo pode estar relacionado tanto com o escurecimento do tegumento, como aumento no tempo de cocção das amostras armazenadas. De acordo com Lamberts et al. (2006), em temperatura de hidratação elevadas, obtem-se a máxima absorção de água e maior lixiviação de constituintes, como os pigmentos.

#### 5.2.4 Absorção de água durante o cozimento por uma hora, porcentagem de grãos inteiros e sólidos solúveis totais do meio de cocção

Os valores de absorção de água dos grãos cozidos por uma hora e a porcentagem de grãos inteiros, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenadas em diferentes condições, estão descritos na Tabela 13.

**Tabela 13** - Absorção de água durante a cocção dos grãos por uma hora e porcentagem de grãos inteiros das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Absorção de água durante cozimento*	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	42,98 ± 1,27 <sup>Aa</sup>	49,17 ± 4,34 <sup>Aa</sup>
103	52,90 ± 5,41 <sup>Aa</sup>	50,98 ± 1,46 <sup>Aa</sup>
206	30,03 ± 3,02 <sup>Ba</sup>	25,30 ± 3,15 <sup>Ba</sup>
	Porcentagem de grãos inteiros	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	0,00 ± 0,00 <sup>Ca</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>Ca</sup>
103	3,31 ± 1,30 <sup>Ba</sup>	3,99 ± 1,49 <sup>Ba</sup>
206	39,47 ± 2,15 <sup>Aa</sup>	34,00 ± 0,86 <sup>Ab</sup>

\*Resultados expressos em gramas de água/100 gramas de amostra macerada.

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

As cultivares apresentaram semelhante absorção de água, tanto para as amostras controles, quanto para as armazenadas. Somente aos 206 dias de

armazenamento, a BRS MG Madrepérola e a BRS MG Estilo apresentaram absorção de água 43,23% e 48,55% menor em relação às amostras controles ( $p \leq 0,05$ ). A porcentagem de grãos inteiros após o cozimento foi semelhante entre as amostras controles e armazenadas por 103 dias, tornando-se maior para a BRS MG Madrepérola aos 206 dias de armazenamento (39,47%). Para as duas cultivares, os grãos envelhecidos por 206 dias apresentaram maior porcentagem de grãos inteiros, em relação às amostras controles e 103.

Segundo Yousif et al. (2007), o armazenamento em condições adversas de temperatura e umidade implica na redução da capacidade de absorção de água durante o cozimento, o que dificulta a separação celular e limita a gelatinização do amido. A pectina presente nos grãos de leguminosas está principalmente na forma solúvel, permitindo que os grãos absorvam água. No entanto, a presença de pectina insolúvel tem sido relacionada como um fator limitante na absorção de água (NDUNGU; EMMAMBUX; MINNAAR, 2011; YOUSIF; DEETH, 2003).

Na Tabela 14 está descrito o conteúdo de sólidos solúveis totais do meio de cocção das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições.

**Tabela 14** - Sólidos solúveis totais do meio de cocção dos grãos cozidos por uma hora das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenadas em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Cultivar	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	2,93 ± 0,17 <sup>Aa</sup>	2,97 ± 0,25 <sup>Aa</sup>
103	2,18 ± 0,17 <sup>Ba</sup>	2,33 ± 0,09 <sup>Ba</sup>
206	1,88 ± 0,03 <sup>Ca</sup>	1,73 ± 0,07 <sup>Ca</sup>

Resultados expressos em g de sólidos.100mL<sup>-1</sup> do meio de cocção.

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada ( $n = 4$ ) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

O conteúdo de sólidos solúveis totais foi semelhante entre as cultivares. Para a BRS MG Madrepérola aos 103 dias de armazenamento, observou-se o decréscimo de 25,60% e 13,76% aos 206 dias ( $p \leq 0,05$ ). Da mesma forma, a BRS

MG Estilo apresentou decréscimo de 21,55% e 25,75% após 103 e 206 dias de armazenamento, respectivamente, tornando o caldo menos espesso.

Romano (2006) estudou a influência do fluxo e temperatura do ar de secagem e o tempo de armazenamento (225 dias em condições ambientais de temperatura e UR) sobre o teor de sólidos solúveis do meio de cocção de feijão comum. Obsevou-se a diminuição no teor de sólidos após o armazenamento, apresentando valores entre 2,91 e 3,23 g.100 mL<sup>-1</sup>, próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Kamizake, Silva e Prudencio (2016) verificaram a redução no teor de sólitos totais de grãos de soja envelhecidos, comportamento semelhante ao observado no presente estudo. A estocagem em temperatura e UR elevadas causam danos no tegumento dos grãos além da ativação de enzimas envolvidas na respiração, resultando na peroxidação dos fosfolipídeos das membranas com perda da compartimentalização dos constituintes da célula (TRAWATHA et al., 1995, SANTOS et al., 2005), podendo desencadear diversas reações químicas como oxidação lipídica, aumento de acidez (THOMAS et al., 1989, KONG et al., 2008) e desnaturação das proteínas (HOU; CHANG, 2004a; HOU; CHANG, 2004b). Tais reações podem ser responsáveis pelo decréscimo no conteúdo de sólidos totais, principalmente proteínas, devido a sua parcial desnaturação (KAMIZAKE; VARÉA; PRUDENCIO et al., 2014).

Segundo Perina et al. (2010), o maior número de grãos partidos facilita a liberação de componentes do grão, como o amido, para o meio de cocção. Portanto, no presente estudo, a diminuição no conteúdo de sólidos solúveis totais no decorrer do armazenamento, pode estar relacionado com o aumento na porcentagem de grãos inteiros.

### **5.3 Determinação do tempo de cozimento**

#### **5.3.1 Determinação instrumental do tempo de cozimento**

Na Tabela 15 estão descritos os tempos de cozimento dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições, obtidos por meio do aparelho cozedor de Mattson

**Tabela 15** - Tempo de cozimento instrumental (Mattson) de grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Cultivar	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	18,00 ± 1,83 <sup>Ca</sup>	21,75 ± 0,96 <sup>Ca</sup>
103	29,75 ± 1,26 <sup>Ba</sup>	31,75 ± 2,06 <sup>Ba</sup>
206	43,50 ± 1,29 <sup>Aa</sup>	48,50 ± 1,29 <sup>Aa</sup>

Tempo de cocção em minutos, obtido por meio do aparelho cozedor de Mattson.

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada (n = 4) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

O tempo de cozimento foi semelhante entre as cultivares. A BRS MG Madrepérola armazenada apresentou aumento de 2,42 vezes no tempo de cozimento com relação à amostra controle, enquanto a BRS MG Estilo aumentou 2,23 vezes.

Donadel e Prudencio-Ferreira (1999) estudaram o efeito do envelhecimento sobre o tempo de cozimento de feijão carioca e verificaram o aumento de 6,25 vezes após o armazenamento a 41 °C por 40 dias, sem controle de umidade, sendo esta condição de armazenamento diferente das condições do presente estudo. Shiga, Cordenunsi e Lajolo (2011) encontraram tempo de cozimento 5 vezes maior para as amostras armazenadas a 30 °C e 75% de UR por oito meses. Parmar et al. (2017) avaliaram o tempo de cozimento de feijão *easy to cook* ETC (fácil de cozinhar) e HTC, encontrando tempos de cozimento aproximadamente 8,03 vezes maior para os grãos HTC, com relação aos ETC. Estes resultados foram superiores ao verificado no presente estudo.

Kaur e Singh (2007) encontraram tempo de cozimento 2,51 vezes maior para grãos de feijão armazenados (33-35 °C e 76% de UR por 120 dias) em relação ao grãos controles. Siqueira et al. (2016b) encontraram tempos de cozimento de 2 a 3 vezes maior para amostras envelhecidas (40 °C e 70% UR por quatro meses), com relação às controles. Tais resultados foram semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

Liu (1995) explica que grãos HTC, quando cozidos, apresentam limitada separação das células e restrita gelatinização do amido. Isso se deve, em parte, à competição pela água que ocorre entre a coagulação da proteína e a gelatinização do

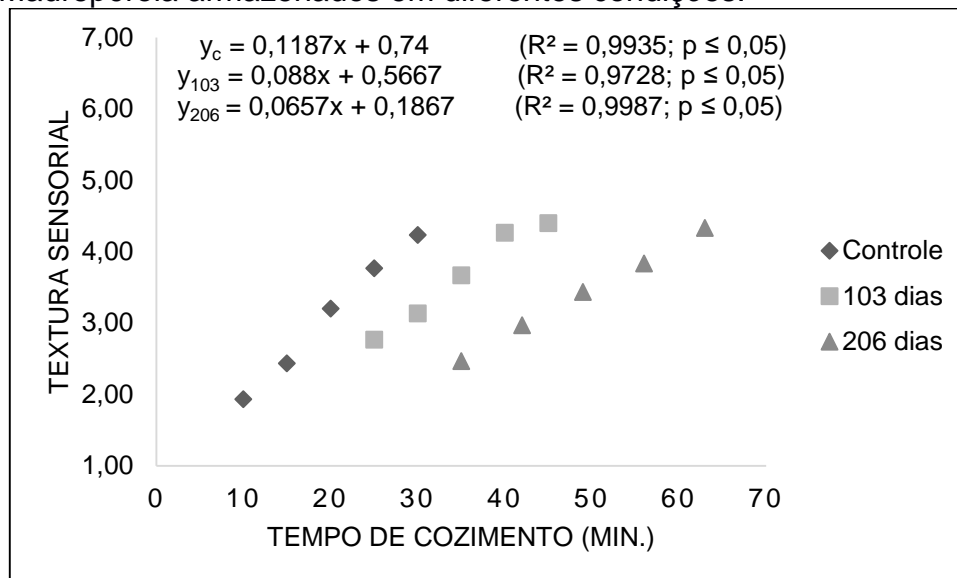
amido. Quando ocorre a coagulação das proteínas em grãos HTC, forma-se uma barreira física, a qual impossibilita a gelatinização do amido na etapa de cozimento, levando então, ao aumento no tempo de cocção.

### 5.3.2 Determinação sensorial do tempo de cozimento ótimo

A partir dos tempos de cozimento obtidos por meio do aparelho cozedor de Mattson, determinou-se sensorialmente o tempo de cozimento ótimo. Na Figura 20 observa-se a regressão linear para a BRS MG Madrepérola armazenada em diferentes condições, onde todas as amostras atingiram a textura sensorial ótima ( $y = 4$ ). O tempo de cozimento da amostra controle foi mensurado por meio da equação  $y = 0,1187 x + 0,74$  ( $R^2 = 0,9935$ ), sendo esta equação significativa ( $p \leq 0,05$ ), ou seja, existe relação linear entre a textura sensorial e o tempo de cozimento. Desse modo, o tempo de cozimento necessário para atingir a textura sensorial ótima ( $y = 4$ ) foi de 27 minutos.

Para a cultivar BRS Madrepérola, armazenada a 103 dias, o tempo de cozimento foi estimado pela equação  $y = 0,088 x + 0,5667$  ( $R^2 = 0,9728$ ) ( $p \leq 0,05$ ), resultando no tempo ótimo sensorial de 39 minutos. Para a mesma cultivar, após 206 dias de armazenamento, a equação estimada foi  $y = 0,0657 x + 0,1867$  com  $R^2 = 0,9987$  ( $p \leq 0,05$ ), necessitando portanto, de 58 minutos para atingir a textura sensorial ótima.

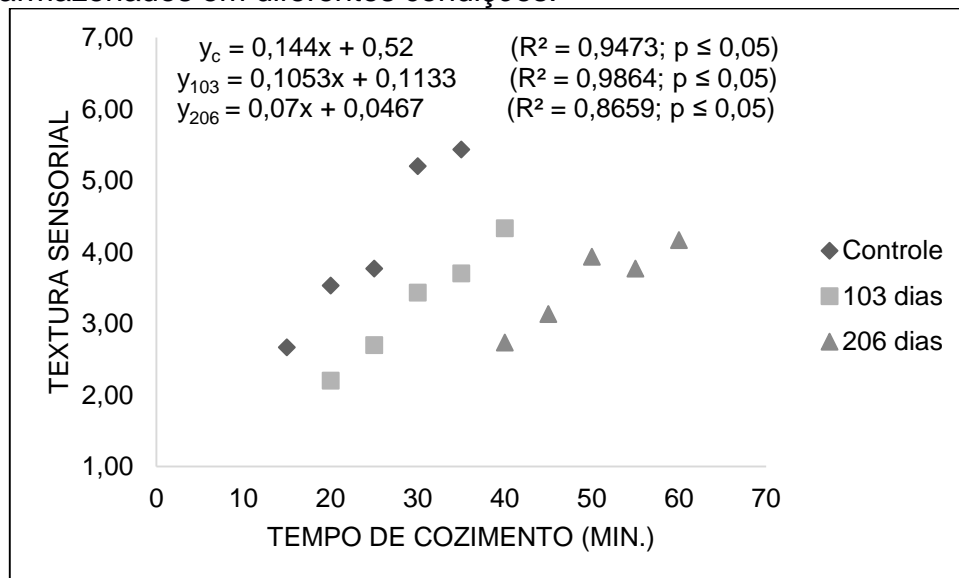
**Figura 20** - Regressão linear entre a textura sensorial e o tempo de cozimento (minutos) dos grãos de feijão da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



- ◆ Controle: amostra mantida a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Envelhecido 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^\circ\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);
- ▲ Envelhecido 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período:  $25,85\text{ }^\circ\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Na Figura 21 observa-se a regressão linear para a BRS MG Estilo armazenada em diferentes condições, onde todas as amostras atingiram a textura sensorial ótima ( $y = 4$ ). O tempo de cozimento da amostra controle foi estimado pela equação  $y = 0,144x + 0,52$  com  $R^2 = 0,9473$  ( $p \leq 0,05$ ), e o tempo de cozimento ótimo sensorial encontrado foi de 24 minutos. A amostra armazenada a 103 dias foi representada pela equação  $y = 0,1053x + 0,1133$  com  $R^2 = 0,9864$  ( $p \leq 0,05$ ), resultando em 37 minutos. Por fim, aos 206 dias, a equação estimada foi  $y = 0,07x + 0,0467$  com  $R^2 = 0,8659$  ( $p \leq 0,05$ ), resultando em 56 minutos de cozimento.

**Figura 21** - Regressão linear entre a textura sensorial e o tempo de cozimento (minutos) dos grãos de feijão da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



- ◆ Controle: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Envelhecido 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);
- ▲ Envelhecido 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Na Tabela 16 estão descritos os resultados de cada teste sensorial, totalizando seis testes ou sessões. Para cada diferente tempo de cozimento (minutos), apresenta-se a respectiva nota média sensorial de textura obtida. Também é apresentado o tempo de cozimento ótimo sensorial (TCO) encontrado a partir da equação da reta.

**Tabela 16** - Tempo de cocção (minutos) dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições, seguido da nota sensorial de textura<sup>1,2</sup>.

<b>BRS MG Madrepérola</b>					
<b>Controle</b>		<b>103 dias</b>		<b>206 dias</b>	
<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>	<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>	<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>
10	1,93 ± 0,83	25	2,77 ± 1,22	35	2,47 ± 0,94
15	2,43 ± 0,77	30	3,13 ± 1,01	42	2,97 ± 0,96
20	3,20 ± 0,92	35	3,67 ± 1,45	49	3,43 ± 1,25
25	3,77 ± 0,82	40	4,27 ± 1,41	56	3,83 ± 1,37
30	4,23 ± 1,14	45	4,40 ± 1,63	63	4,33 ± 1,45
TCO = 27	4,00	TCO = 39	4,00	TCO = 58	4,00
<b>BRS MG Estilo</b>					
<b>Controle</b>		<b>103 dias</b>		<b>206 dias</b>	
<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>	<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>	<b>Tempo de cocção</b>	<b>Textura sensorial</b>
15	2,67 ± 1,52	20	2,20 ± 0,85	40	2,73 ± 1,12
20	3,53 ± 1,31	25	2,70 ± 1,06	45	3,13 ± 0,92
25	3,77 ± 1,17	30	3,43 ± 1,28	50	3,93 ± 1,24
30	5,20 ± 1,67	35	3,70 ± 0,84	55	3,77 ± 1,36
35	5,43 ± 1,57	40	4,33 ± 1,37	60	4,17 ± 1,00
TCO = 24	4,00	TCO = 37	4,00	TCO = 56	4,00

<sup>1</sup>Média de 30 avaliadores ± desvio padrão;

<sup>2</sup>1 = muito duro; 4 = textura ótima; 7 = muito macio;

TCO: Tempo de cozimento ótimo, obtido a partir da equação da reta, na qual  $y = 4$ .

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

É possível verificar que o tempo de cozimento necessário para atingir a textura ótima sensorial foi maior que o tempo determinado pelo aparelho cozedor de Mattson (Tabela 15). Somente os feijões envelhecidos por 206 dias apresentaram TCO sensorial próximo ao valor empregado para cozimento em tempo fixo (uma hora) (Tabela 16). As amostras envelhecidas necessitaram de maior tempo de cozimento para atingirem a textura ideal, indicando que para os consumidores, a textura ideal é mais macia que aquela atingida quando o feijão foi cozido pelo tempo determinado por meio do equipamento de Mattson. Segundo Yeung et al. (2009), o cozimento por Mattson apenas indica a facilidade com que a haste perfura o grão, enquanto as células parenquimáticas podem permanecer aglomeradas, levando à sensação de arenosidade quando o grão é consumido.

Barros (2006) avaliou o tempo de cozimento instrumental e sensorial em variedades de feijão carioca não armazenadas, e também verificou que o tempo de

cozimento sensorial ótimo foi maior que o determinado instrumentalmente. De acordo com o autor, este resultado está associado à preferência dos consumidores por feijões muito macios.

#### 5.4 Análises do feijão cozido no tempo ótimo sensorial

##### 5.4.1 Avaliação instrumental da cor dos grãos cozidos

Nas Figuras 22 e 23 estão as fotografias dos grãos de feijão cozido, conforme condições de armazenamento. Visivelmente nota-se o escurecimento dos grãos aos longo do armazenamento. Os parâmetros de cor das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, de acordo com a condição de armazenamento, estão descritos na Tabela 17.

**Figura 22** – Grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



(a) Controles: amostra mantida a -18 °C;

(b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

(c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

**Figura 23** – Grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ °C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ °C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ °C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Entre as cultivares observou-se a menor luminosidade para a BRS MG Estilo armazenada a 103 dias ( $p \leq 0,05$ ). Notou-se o decréscimo da luminosidade da BRS MG Madrepérola em 15,94% aos 206 dias de armazenamento, ao passo que para a BRS MG Estilo não houve variação, apresentando média de 45,23.

O parâmetro  $a^*$  foi maior para a cultivar BRS MG Estilo, tanto para a amostra controle, quanto para as armazenadas ( $p \leq 0,05$ ). Para a BRS MG Madrepérola, houve um aumento de 20,47% e 17,10% aos 103 e 206 dias de armazenamento, respectivamente, ao passo que para a BRS MG Estilo, este aumento foi de 29,50% e 22,25% aos 103 e 206 dias, respectivamente.

Entre as cultivares, o parâmetro  $b^*$  foi semelhante para as amostras controle e armazenada a 103 dias, porém, aos 206 dias, este parâmetro tornou-se maior para a BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ). Para a BRS MG Madrepérola, observou-se o aumento deste parâmetro em 39,81% aos 103 dias de armazenamento, mantendo-se aos 206 dias. Para a BRS MG Estilo este aumento foi de 29,49% aos 103 dias e de 25,20% aos 206 dias.

**Tabela 17** - Parâmetros de cor dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	L*	
Controle	51,89 ± 4,95 <sup>Aa</sup>	48,66 ± 5,39 <sup>Aa</sup>
103	51,14 ± 4,61 <sup>Aa</sup>	43,33 ± 3,87 <sup>Ab</sup>
206	42,99 ± 6,41 <sup>Ba</sup>	43,36 ± 5,30 <sup>Aa</sup>
<b>a*</b>		
Controle	4,78 ± 0,42 <sup>Cb</sup>	5,64 ± 0,87 <sup>Ca</sup>
103	6,01 ± 1,15 <sup>Bb</sup>	8,00 ± 1,28 <sup>Ba</sup>
206	7,25 ± 0,82 <sup>Ab</sup>	10,29 ± 0,82 <sup>Aa</sup>
<b>b*</b>		
Controle	8,27 ± 1,38 <sup>Ba</sup>	8,75 ± 1,31 <sup>Ca</sup>
103	12,52 ± 1,92 <sup>Aa</sup>	12,41 ± 1,42 <sup>Ba</sup>
206	13,74 ± 0,93 <sup>Ab</sup>	16,59 ± 2,07 <sup>Aa</sup>
<b>h°</b>		
Controle	59,68 ± 4,42 <sup>Ba</sup>	57,15 ± 3,54 <sup>Aa</sup>
103	64,35 ± 3,12 <sup>Aa</sup>	57,28 ± 2,90 <sup>Ab</sup>
206	62,18 ± 3,24 <sup>ABa</sup>	58,02 ± 2,09 <sup>Ab</sup>
<b>C*</b>		
Controle	9,57 ± 1,26 <sup>Ba</sup>	10,50 ± 1,48 <sup>Ca</sup>
103	13,90 ± 2,11 <sup>Aa</sup>	14,81 ± 1,77 <sup>Ba</sup>
206	15,59 ± 0,84 <sup>Ab</sup>	19,43 ± 2,28 <sup>Aa</sup>
$\Delta E^*_{103-c}$	4,49	6,88
$\Delta E^*_{206-103}$	8,33	4,77
$\Delta E^*_{206-c}$	10,73	10,54

Valores médios de duas repetições com sete determinações cada (n = 14) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR);

L\*: luminosidade (0°: preto; 100: branco); a\* (verde-vermelho); b\* (azul-amarelo); h°: tonalidade cromática (0°: vermelho puro; 90°: amarelo puro; 180°: verde puro; 270°: azul puro); C\*: saturação ou croma;  $\Delta E^*$ : diferença total de cor.

A BRS MG Madrepérola apresentou maior tonalidade cromática (h°) aos 103 dias de armazenamento (p ≤ 0,05). Esta cultivar apresentou aumento de 7,29% aos 103 dias, e aos 206 dias não houve variação. A BRS MG Estilo não apresentou alterações na tonalidade cromática, com média de 57,48.

Entre as cultivares, o croma foi semelhantes para as amostras controles e armazenadas a 103 dias, porém aos 206 dias de armazenamento tornou-se maior para a BRS MG Estilo (p ≤ 0,05). Para a BRS MG Madrepérola observou-se o aumento

do croma em 38,61% aos 103 dias de armazenamento, mantendo-se aos 206 dias. Já para a BRS MG Estilo, houve aumento de 29,10% e 23,78% aos 103 e 206 dias, respectivamente.

Entre as cultivares, a diferença total da cor ( $\Delta E^*$ ) até os 103 dias de armazenamento foi maior nos grãos da cultivar BRS MG Estilo, sendo que dos 103 aos 206 dias, esta diferença foi maior na BRS MG Madrepérola. Contudo, entre as duas cultivares, a variação total da cor entre as cultivares nos tempos controle e 206 foi próxima.

As alterações observadas nos parâmetros de cor ao longo do armazenamento, quando os grãos são cozidos no tempo ótimo, foram similares às observadas quando os mesmos foram cozidos em tempo fixo (uma hora), apesar de neste último método os grãos controles e com 103 dias de armazenamento das duas cultivares terem sido submetidos a um cozimento excessivo. Quando as cultivares foram cozidas por uma hora, houve o escurecimento somente da BRS MG Estilo, enquanto que no tempo ótimo, houve o escurecimento somente da BRS MG Madrepérola. Além disso, esta cultivar apresentou menor variação total de cor quando cozida por uma hora.

#### 5.4.2 Perfil de textura instrumental dos grãos cozidos

O perfil de textura instrumental dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições, cozidos e resfriados a 25 °C e 60 °C, encontra-se nas Tabelas 18 e 19.

Não houve alteração dos parâmetros do perfil de textura dos feijões das duas cultivares ao longo do armazenamento, quando cozidos no tempo ótimo sensorial e resfriados a 25 °C (Tabela 18). Entre as duas cultivares, a BRS MG Estilo apresentou menor dureza somente aos 206 dias de armazenamento, menor adesividade aos 103 dias, e maior elasticidade para os três tempos estudados ( $p \leq 0,05$ ). As cultivares não se diferenciaram quanto à coesividade e mastigabilidade. Não foram encontrados valores de fraturabilidade.

**Tabela 18** - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições e resfriados a 25 °C.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	Dureza (N)	
Controle	4,34 ± 1,81 <sup>Aa</sup>	3,77 ± 0,96 <sup>Aa</sup>
103	4,85 ± 1,30 <sup>Aa</sup>	4,45 ± 0,92 <sup>Aa</sup>
206	4,98 ± 1,91 <sup>Aa</sup>	4,09 ± 0,96 <sup>Ab</sup>
<b>Adesividade (N.sec)</b>		
Controle	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
103	-0,04 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,02 ± 0,01 <sup>Ab</sup>
206	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,02 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>Elasticidade</b>		
Controle	0,70 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	0,77 ± 0,08 <sup>Aa</sup>
103	0,73 ± 0,09 <sup>Ab</sup>	0,77 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
206	0,69 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	0,77 ± 0,09 <sup>Aa</sup>
<b>Coesividade</b>		
Controle	0,52 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	0,51 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
103	0,51 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	0,53 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
206	0,49 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,51 ± 0,06 <sup>Aa</sup>
<b>Mastigabilidade (N.sec)</b>		
Controle	1,57 ± 0,69 <sup>Aa</sup>	1,46 ± 0,41 <sup>Aa</sup>
103	1,80 ± 0,54 <sup>Aa</sup>	1,81 ± 0,39 <sup>Aa</sup>
206	1,66 ± 0,56 <sup>Aa</sup>	1,60 ± 0,42 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com doze determinações cada (n = 24) ± desvio padrão. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Não houve alteração na adesividade, elasticidade e coesividade dos feijões das duas cultivares ao longo do armazenamento, quando cozidos no tempo ótimo sensorial e resfriados a 60 °C (Tabela 19). Com relação à dureza, a BRS MG Madrepérola apresentou-se mais dura aos 103 e 206 dias quando comparada à BRS MG Estilo (p ≤ 0,05). Ao longo do armazenamento, a BRS MG Madrepérola mostrou-se mais dura apenas aos 103 dias, enquanto a BRS MG Estilo foi 25,60% menos dura aos 206 dias, com relação à amostra controle (p ≤ 0,05).

Comparando-se as cultivares, a BRS MG Estilo apresentou maior adesividade e coesividade somente aos 206 dias, e maior elasticidade em todos os tempos estudados, em relação à BRS MG Madrepérola (p ≤ 0,05). Esta cultivar

apresentou maior mastigabilidade somente aos 103 dias, tanto em relação à BRS Estilo, quanto em relação aos tempos de armazenamento. Não foram encontrados valores para fraturabilidade.

**Tabela 19** - Perfil de textura dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições e resfriados a 60 °C.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	Dureza (N)	
Controle	3,41 ± 1,28 <sup>Ba</sup>	2,93 ± 1,29 <sup>Aa</sup>
103	5,04 ± 1,33 <sup>Aa</sup>	2,34 ± 0,74 <sup>Ab</sup>
206	3,21 ± 1,14 <sup>Ba</sup>	2,18 ± 1,06 <sup>Bb</sup>
<b>Adesividade (N.sec)</b>		
Controle	-0,02 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,02 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
103	-0,03 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	-0,02 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
206	-0,03 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	-0,01 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>Elasticidade</b>		
Controle	0,69 ± 0,10 <sup>Ab</sup>	0,76 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
103	0,68 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	0,78 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
206	0,69 ± 0,07 <sup>Ab</sup>	0,79 ± 0,09 <sup>Aa</sup>
<b>Coesividade</b>		
Controle	0,52 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,52 ± 0,06 <sup>Aa</sup>
103	0,51 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,53 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
206	0,50 ± 0,04 <sup>Ab</sup>	0,54 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
<b>Mastigabilidade (N.sec)</b>		
Controle	1,23 ± 0,53 <sup>Ba</sup>	1,13 ± 0,48 <sup>Aa</sup>
103	1,77 ± 0,48 <sup>Aa</sup>	0,98 ± 0,35 <sup>Ab</sup>
206	1,11 ± 0,39 <sup>Ba</sup>	0,91 ± 0,41 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com doze determinações cada (n = 24) ± desvio padrão. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Kaur e Singh (2007) avaliaram o perfil de textura de grãos de feijão recém-colhidos e armazenados, cozidos por 49 e 123 minutos, respectivamente, sendo o tempo de cozimento obtido por meio do método tátil. Observou-se o aumento da dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade nos grãos envelhecidos. Ávila et al. (2015) avaliaram a textura de grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) armazenados por um e 12 meses a 18 °C e 80% de UR, nos tempos de cozimento de

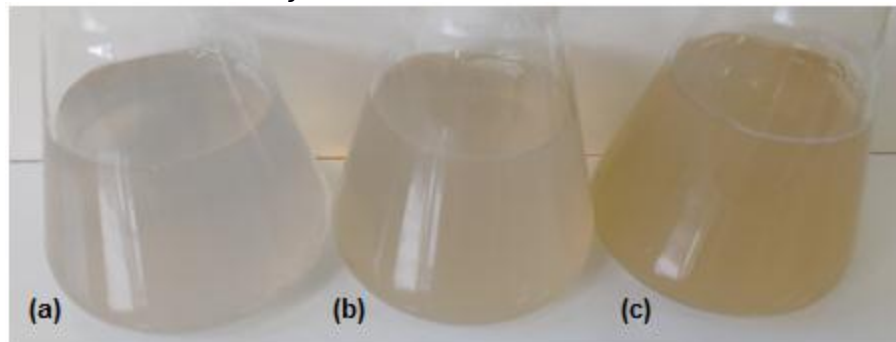
10,5 e 14,6 minutos, respectivamente, os quais foram obtidos por meio do cozedor de Mattson, e notaram o aumento da dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade para as amostras envelhecidas.

Dessa forma, tem sido observada alterações no perfil de textura de grãos de feijão envelhecidos em relação ao controle, quando estes são cozidos em tempo fixo, no tempo determinado pelo cozedor de Mattson e por meio do método tátil. No entanto, como observado no presente estudo, não há alteração no perfil de textura ao longo do armazenamento quando os grãos são cozidos no tempo ótimo sensorial.

#### 5.4.3 Avaliação instrumental da cor do meio de cocção

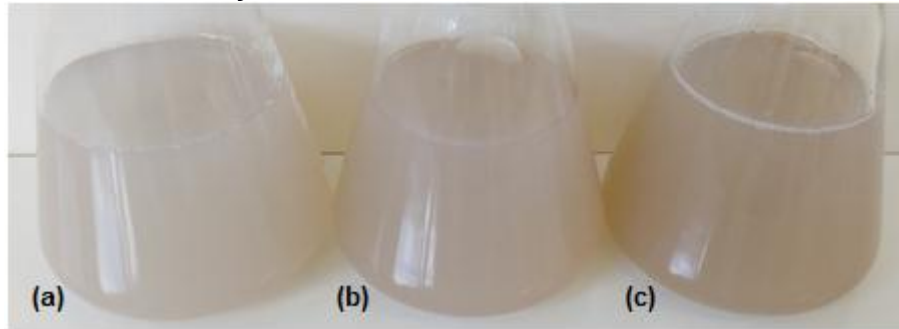
Nas Figuras 24 e 25 estão as fotografias do meio de cocção das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, conforme condições de armazenamento. Visualmente é possível notar o escurecimento do meio de cocção ao longo do armazenamento. Os parâmetros de cor do meio de cocção dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo, armazenadas em diferentes condições, estão descritos na Tabela 20.

**Figura 24** - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial da cultivar BRS MG Madrepérola armazenados em diferentes condições.



- (a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Figura 25** - Meio de cocção dos grãos de feijão cozidos no tempo ótimo sensorial da cultivar BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



(a) Controles: amostra mantida a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 (b) Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35\text{ }^{\circ}\text{C}/62,97 \pm 9,63$  de UR);  
 (c) Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

Entre as cultivares, verificou-se maior luminosidade para o meio de cocção da BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). O período de armazenamento não influenciou a luminosidade do meio de cocção, o qual apresentou valor médio de 50,26 para a BRS MG Madrepérola e de 39,93 para a BRS MG Estilo.

O parâmetro  $a^*$  foi maior para a cultivar BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ). A BRS MG Madrepérola apresentou aumento de 21,48% aos 206 dias de armazenamento, enquanto a BRS MG Estilo aumentou em 21,05% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

Entre as cultivares, a BRS MG Madrepérola apresentou o maior valor do parâmetro  $b^*$  nas amostras controle e armazenada a 206 dias ( $p \leq 0,05$ ). Para esta cultivar, houve um aumento de 16,45% aos 103 dias de armazenamento, e de 22,79% aos 206 dias. Já para a BRS MG Estilo observou-se o aumento deste parâmetro em 31,35% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

A BRS MG Madrepérola apresentou maior tonalidade cromática ( $p \leq 0,05$ ). Aos 103 dias de armazenamento, esta cultivar apresentou aumento de 2,40% na tonalidade cromática, a qual manteve-se aos 206 dias. De forma semelhante, a BRS MG Estilo aumentou em 4,49% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

O maior valor de croma foi observado na cultivar BRS MG Madrepérola nas amostras controle e armazenada a 206 dias ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar apresentou aumento de 16,00% no valor de croma após 103 dias de armazenamento, e de

22,79% aos 206 dias. Enquanto isso, a BRS MG Estilo aumentou em 30,14% aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

**Tabela 20** - Parâmetros de cor do meio de cocção dos grãos cozidos no tempo ótimo sensorial, das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	L*	
Controle	51,44 ± 1,43 <sup>Aa</sup>	40,98 ± 0,96 <sup>Ab</sup>
103	50,47 ± 1,72 <sup>Aa</sup>	40,68 ± 0,28 <sup>Ab</sup>
206	48,88 ± 1,86 <sup>Aa</sup>	38,12 ± 0,53 <sup>Ab</sup>
<b>a*</b>		
Controle	1,23 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	2,10 ± 0,06 <sup>Ba</sup>
103	1,17 ± 0,09 <sup>Bb</sup>	2,66 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
206	1,49 ± 0,08 <sup>Ab</sup>	2,51 ± 0,12 <sup>Aa</sup>
<b>b*</b>		
Controle	7,67 ± 0,18 <sup>Ca</sup>	6,00 ± 0,58 <sup>Bb</sup>
103	9,18 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	8,51 ± 0,11 <sup>Aa</sup>
206	11,89 ± 0,36 <sup>Aa</sup>	8,74 ± 0,19 <sup>Ab</sup>
<b>h°</b>		
Controle	80,87 ± 0,23 <sup>Ba</sup>	70,64 ± 1,62 <sup>Bb</sup>
103	82,75 ± 0,51 <sup>Aa</sup>	72,63 ± 0,19 <sup>Ab</sup>
206	82,86 ± 0,61 <sup>Aa</sup>	73,96 ± 0,78 <sup>Ab</sup>
<b>C*</b>		
Controle	7,77 ± 0,18 <sup>Ca</sup>	6,35 ± 0,56 <sup>Bb</sup>
103	9,25 ± 0,07 <sup>Ba</sup>	8,91 ± 0,11 <sup>Aa</sup>
206	11,98 ± 0,35 <sup>Aa</sup>	9,09 ± 0,18 <sup>Ab</sup>
$\Delta E^*_{103-c}$	1,80	2,60
$\Delta E^*_{206-103}$	3,16	2,57
$\Delta E^*_{206-c}$	4,94	3,98

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada (n = 4) ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR);

L\*: luminosidade (0: preto; 100: branco); a\* (verde-vermelho); b\* (azul-amarelo); h°: tonalidade cromática (0°: vermelho puro; 90°: amarelo puro; 180°: verde puro; 270°: azul puro); C\*: saturação ou croma;  $\Delta E^*$ : diferença total de cor.

Entre as amostras controle e 103, houve maior diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) para o meio de cocção da cultivar BRS MG Estilo, enquanto que entre 103 e 206, a maior variação foi observada no meio de cocção da BRS MG Madrepérola. A diferença

total de cor entre as amostras controles e 206 foi 1,24 vezes maior para o meio de cocção da cultivar BRS MG Madrepérola, comparado ao meio de cocção da BRS MG Estilo.

Os parâmetros de cor e diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) do meio de cocção dos grãos cozidos por uma hora e no tempo ótimo, para as duas cultivares, apresentou semelhante comportamento ao longo do armazenamento.

#### 5.4.4 Absorção de água durante o cozimento, porcentagem de grãos inteiros e sólidos solúveis totais, solúveis e insolúveis do meio de cocção

O índice de absorção de água durante o cozimento e a porcentagem de grãos inteiros estão descritos na Tabela 21. Entre as cultivares observou-se a menor absorção de água para a BRS MG Estilo, aos 206 dias de armazenamento ( $p \leq 0,05$ ). Ao longo do armazenamento, a BRS MG Madrepérola aumentou a absorção em 35,61% aos 206 dias, enquanto a BRS MG Estilo permaneceu estável, com média de 34,58 g.100g<sup>-1</sup>.

As amostras controles foram semelhantes entre si com relação à porcentagem de grãos inteiros, porém após 103 e 206 dias de armazenamento, a BRS MG Madrepérola apresentou maior porcentagem de grãos inteiros ( $p \leq 0,05$ ). Houve o decréscimo de grãos inteiros de 39,13% para a BRS MG Madrepérola e de 59,66% para a BRS MG Estilo, ambos aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias.

Quanto à integridade dos grãos controles e envelhecidos, notou-se um comportamento inverso de acordo com o tempo de cozimento. Para o procedimento em tempo fixo (Tabela 13), o conteúdo de grãos inteiros foi maior nos feijões armazenados por 206 dias, enquanto que quando o cozimento foi feito no tempo ótimo de cada amostra, o conteúdo foi maior para o controle. Quando os grãos são cozidos por tempo fixo (uma hora), o controle e o 103, que necessitam de menor tempo para atingir a textura sensorial ótima, passaram por cozimento excessivo, facilitando seu rompimento, isto pode justificar, em parte, o comportamento observado.

Nesse estudo, observou-se que os grãos armazenados a 103 e 206 dias necessitaram de maior tempo de cocção para atingirem a textura sensorial ótima (Tabela 16). Tal fato pode ter influenciado no aumento do índice de absorção de água durante o cozimento, pois a BRS MG Madrepérola, aos 206 dias de armazenamento,

apresentou o maior tempo de cozimento sensorial (58 minutos), podendo portanto, ter absorvido maior quantidade de água.

**Tabela 21** - Absorção de água durante a cocção dos grãos de feijão no tempo ótimo sensorial, e porcentagem de grãos inteiros das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento	Absorção de água durante cozimento*	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
Controle	30,57 ± 4,20 <sup>Ba</sup>	34,14 ± 3,78 <sup>Aa</sup>
103	36,79 ± 3,71 <sup>Ba</sup>	32,33 ± 2,48 <sup>Aa</sup>
206	47,48 ± 2,65 <sup>Aa</sup>	37,28 ± 3,47 <sup>Ab</sup>
Porcentagem de grãos inteiros		
Controle	43,80 ± 0,93 <sup>Aa</sup>	40,73 ± 4,84 <sup>Aa</sup>
103	32,57 ± 5,30 <sup>Ba</sup>	24,35 ± 2,04 <sup>Bb</sup>
206	26,66 ± 6,92 <sup>Ba</sup>	16,43 ± 2,20 <sup>Bb</sup>

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada (n = 4) ± desvio padrão. Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p ≤ 0,05).

\*Resultados expressos em g de água/100g de amostra.

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Os valores de sólidos solúveis totais, sólidos solúveis e sólidos insolúveis estão descritos na Tabela 22. Não houve variação no conteúdo de sólidos entre o meio de cocção das cultivares estudadas, exceto para o teor de sólidos insolúveis entre as amostras controles, o qual foi maior para a BRS MG Madrepérola. Para esta cultivar observou-se o aumento dos sólidos solúveis totais em 28,57% aos 206 dias de armazenamento, com relação à amostra controle, e aumento dos sólidos solúveis em 62,50% aos 103 dias de armazenamento, com relação à amostra controle, mantendo-se aos 206 dias. Para esta cultivar foi observado também o decréscimo do conteúdo de sólidos insolúveis em 44,44% aos 103 dias, mantendo-se até aos 206 dias. Já a BRS MG Estilo não variou o conteúdo de sólidos ao longo do armazenamento, exceto para o teor de sólidos insolúveis aos 103 dias, sendo menor com relação às amostras controle e 206.

**Tabela 22** - Sólidos solúveis totais, sólidos insolúveis e sólidos solúveis do meio de cocção dos grãos das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo cozidos no tempo ótimo sensorial e armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
	<b>Sólidos solúveis totais</b>	
Controle	0,15 ± 0,03 <sup>Ba</sup>	0,17 ± 0,02 <sup>Aa</sup>
103	0,19 ± 0,02 <sup>ABa</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
206	0,21 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>Sólidos insolúveis</b>		
Controle	0,09 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,06 ± 0,03 <sup>Ab</sup>
103	0,04 ± 0,01 <sup>Ba</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>Ba</sup>
206	0,05 ± 0,01 <sup>Ba</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>Sólidos solúveis</b>		
Controle	0,06 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0,10 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
103	0,15 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>Aa</sup>
206	0,16 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>Aa</sup>

Valores médios de duas repetições com duas determinações cada ± desvio padrão.

Médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma linha, ou maiúsculas na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Resultados expressos em g de sólidos/100 mL do meio de cocção.

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

Perina et al. (2010) avaliaram genótipos de feijoeiro comum quanto ao teor de sólidos solúveis totais, e observaram menor teor no caldo dos grãos cujo tempo de cozimento foi menor e a porcentagem de grãos inteiros maior, indicando então, a liberação mais difícil de sólidos para o caldo. O maior teor de sólidos foi observado para os grãos com maior tempo de cocção e menor porcentagem de grãos inteiros. Os mesmos autores explicam que o tempo de cozimento dos grãos e a porcentagem de grãos inteiros pode influenciar o teor de sólidos solúveis totais no caldo.

Portanto, no presente estudo observa-se que nos grãos envelhecidos da cultivar BRS MG Madrepérola, os quais apresentaram maior tempo de cozimento, houve diminuição da porcentagem de grãos inteiros e aumento no teor de sólidos, apresentando coerência com os resultados obtidos por Perina et al. (2010). A redução no tempo de cozimento pode diminuir a perda de sólidos e preservar as vitaminas, do ponto de vista nutricional, além de proporcionar economia de energia (COELHO et al., 2009)

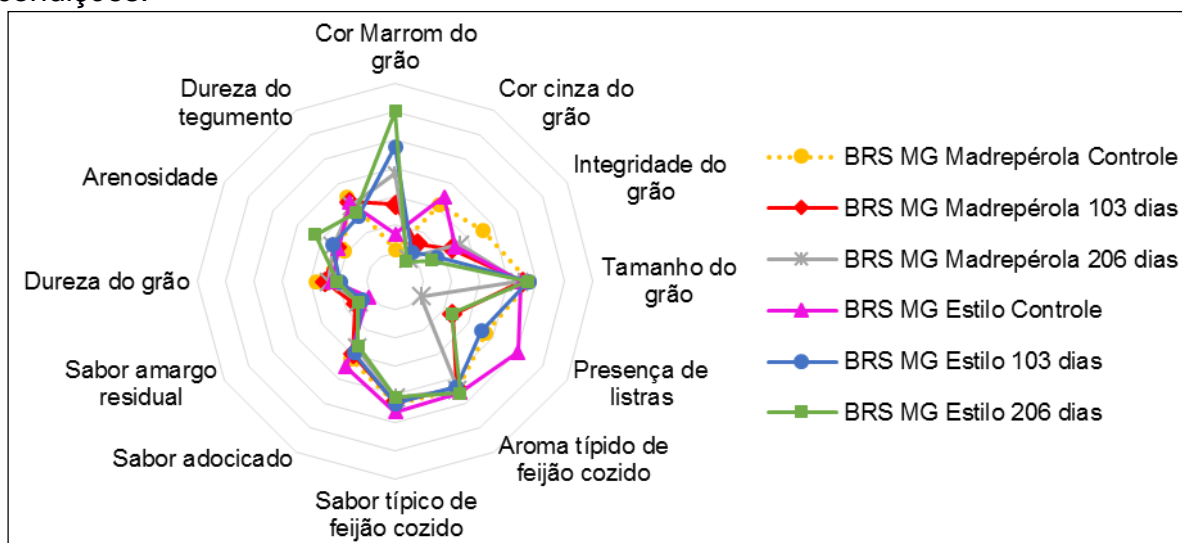
De acordo com o método de cozimento, observou-se comportamento diferente em relação à absorção de água, porcentagem de grãos inteiros, e teor de sólidos solúveis totais ao longo do armazenamento. No tempo de cozimento fixo, as amostras controles e 103 das duas cultivares cozinharam por tempos muito maiores que o tempo ótimo, promovendo maior quebra dos grãos e maior absorção de água durante o cozimento com relação aos grãos envelhecidos, ao contrário do tempo ótimo, onde os grãos controles cozinharam por menores tempos, apresentando menor absorção de água e maior porcentagem de grãos inteiros, em relação aos grãos envelhecidos. Da mesma forma, o meio de cocção dos grãos controles cozidos por uma hora, apresentaram maior teor de sólidos solúveis totais com relação aos grãos envelhecidos, enquanto que no tempo ótimo, o teor de sólidos foi menor nas amostras controles.

## **5.5 Perfil sensorial descritivo**

### **5.5.1 Perfil sensorial das amostras**

O perfil sensorial, em gráfico aranha, de cada amostra de feijão foi obtido por meio das médias de intensidade de cada atributo (Figura 26). Nota-se indícios de diferença entre as amostras quanto aos atributos cor marrom do grão, cor cinza do grão, integridade do grão, presença de listras e arenosidade.

**Figura 26** – Gráfico aranha do perfil sensorial descritivo dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.



Controles: amostra mantida a -18 °C;

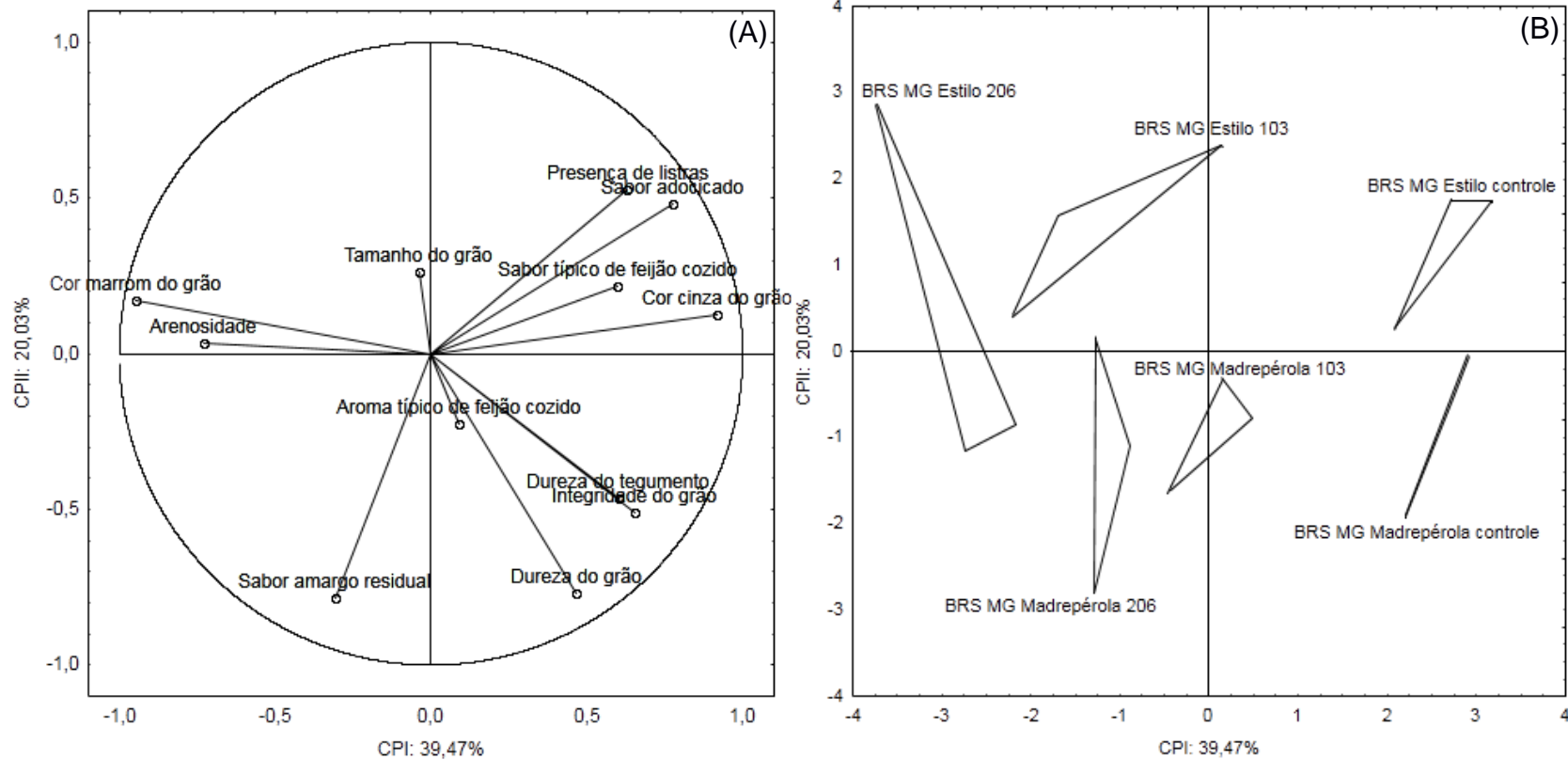
Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

A análise dos componentes principais (ACP) dos dados da Análise Sensorial Descritiva está demonstrada em gráficos com os componentes principais I, II e III, cujos autovalores foram superiores a 1, segundo o critério de Kaiser (KAISER, 1958; LAWLESS; HEYMANN, 2010), com explicação acumulada de 70,15% dos dados originais (Figuras 27 e 28).

Considerou-se relevante o atributo, ou vetor, com correlação superior a 0,60 (valor em módulo) com cada componente principal (CP) (Tabela 23). Dessa forma, contribuíram para a explicação do CPI (39,47%) os atributos cor marrom e arenosidade com correlação negativa, e cor cinza do grão, integridade do grão, presença de listras, sabor adocicado e dureza do tegumento com correlação positiva. Para CPII (20,03% de explicação), foram importantes os atributos sabor amargo residual e dureza do grão com correlação negativa. Para CPIII (10,64% de explicação), contribuiu o atributo aroma típico de feijão cozido com correlação negativa. O sabor típico de feijão cozido contribuiu com o CPI (correlação positiva) e com o CPIII (correlação negativa). O tamanho do grão apresentou baixa contribuição discriminativa para os três primeiros CP (< 0,26).

**Figura 27** - Projeção dos atributos sensoriais (A) e das amostras de feijão (B) sobre o plano fatorial CPI x CPII.

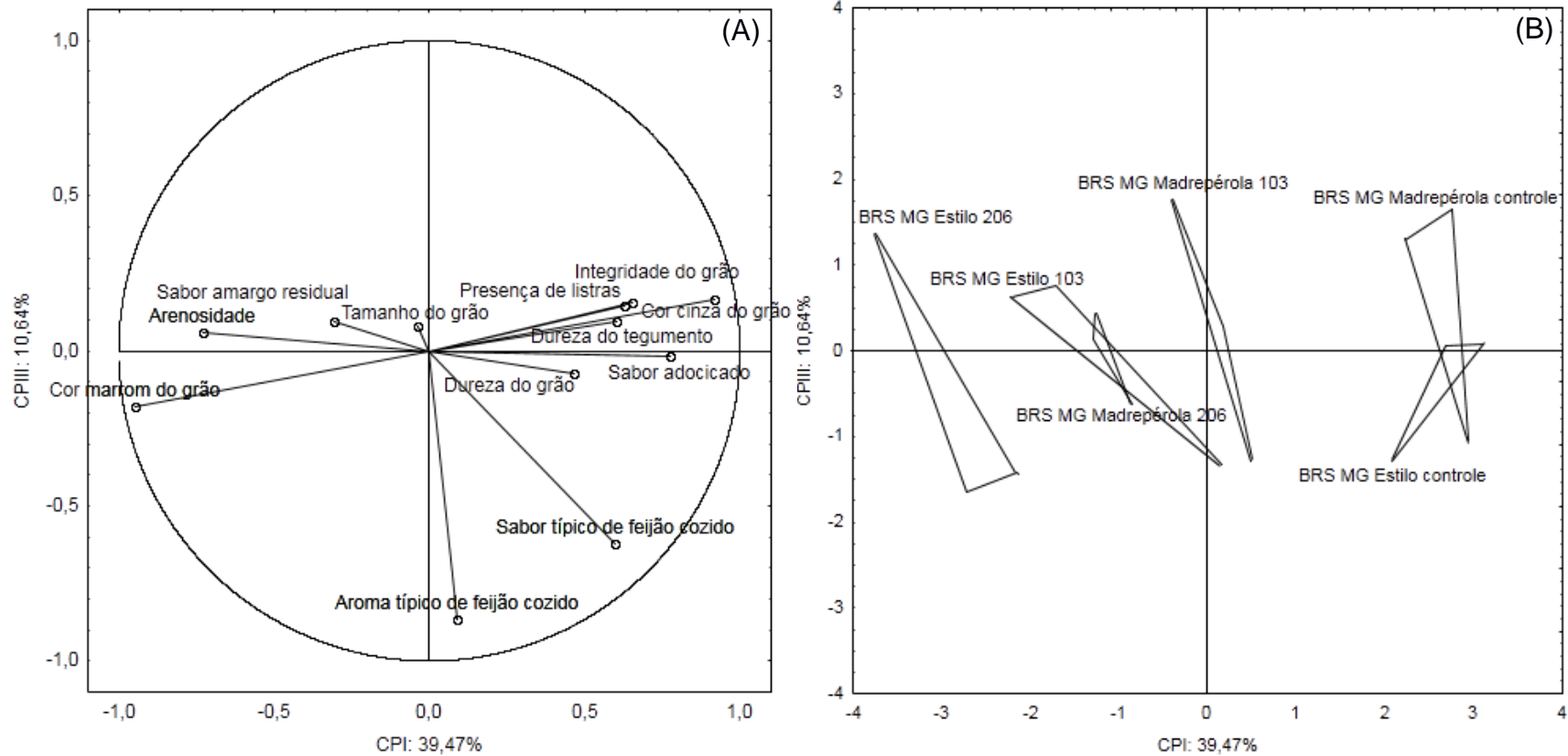


Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35$  °C/ $62,97 \pm 9,63$  de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85$  °C  $\pm$   $2,88/64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Figura 28** - Projeção dos atributos sensoriais (A) e das amostras de feijão (B) sobre o plano fatorial CPI x CPIII.



Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período:  $25,20 \pm 2,35$  °C/ $62,97 \pm 9,63$  de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média do período:  $25,85 \pm 2,88$ / $64,65 \pm 9,41$  de UR).

**Tabela 23** - Valores de correlação de cada atributo, ou autovetor, com relação ao CP.

<b>Atributos</b>	<b>CPI</b>	<b>CPII</b>	<b>CPIII</b>
Cor marrom do grão	-0,95	0,17	-0,18
Cor cinza do grão	0,92	0,12	0,17
Integridade do grão	0,65	-0,51	0,15
Tamanho do grão	-0,04	0,26	0,08
Presença de listras	0,63	0,53	0,15
Aroma típico de feijão cozido	0,09	-0,23	-0,87
Sabor típico de feijão cozido	0,60	0,22	-0,62
Sabor adocicado	0,77	0,48	-0,02
Sabor amargo residual	-0,31	-0,78	0,10
Dureza do grão	0,47	-0,77	-0,07
Arenosidade	-0,73	0,03	0,06
Dureza do tegumento	0,60	-0,46	0,09

A distância e a posição entre os atributos nas Figuras 27A e 28A indicam a correlação entre eles, mas para obter o nível de significância foi realizada a Análise de Correlação de Pearson (Tabela 24). Verificou-se que houve correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os atributos: cor marrom do grão e arenosidade (0,71); cor cinza do grão e integridade do grão (0,53), presença de listras (0,80), sabor adocicado (0,74), dureza do tegumento (0,51); integridade do grão e dureza do grão (0,61); presença de listras e sabor adocicado (0,66); sabor típico de feijão cozido e sabor adocicado (0,51); dureza do grão e dureza do tegumento (0,59). Houve correlação negativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os atributos: cor marrom do grão e cor cinza do grão (-0,87), integridade do grão (-0,70), presença de listras (-0,49), sabor adocicado (-0,64), dureza do grão (-0,54), dureza do tegumento (-0,70); arenosidade e cor cinza do grão (-0,53), integridade do grão (-0,58), sabor típico de feijão cozido (-0,60); sabor adocicado e sabor amargo residual (-0,69). Não houve correlação entre os demais atributos ( $p > 0,05$ ).

Cada amostra foi representada por um triângulo, onde cada vértice faz referência ao valor médio atribuído pela equipe em cada repetição da avaliação (Figura 27B e 28B). Quanto mais próximas as amostras, mais semelhantes elas são em relação aos atributos avaliados.

Considerando o plano CPI x CPII (Figura 27), as cultivares controles situaram-se do lado direito em relação ao CPI, mas em relação ao CPII, a BRS MG Estilo apresentou-se mais acima, enquanto a BRS MG Madrepérola, mais abaixo.

Dessa forma, os controles foram caracterizados pelos atributos que estão à direita do gráfico, sendo que os principais atributos da BRS MG Estilo foram presença de listras, sabor adocicado, sabor típico de feijão cozido e cor cinza do grão, enquanto que a BRS MG Madrepérola caracterizou-se principalmente pela dureza do tegumento, integridade do grão e dureza do grão.

Nota-se que as amostras armazenadas deslocaram-se para o lado esquerdo do gráfico (Figura 27B) na seguinte ordem: BRS MG Madrepérola 103 (ao centro), BRS MG Madrepérola 206, BRS MG Estilo 103 e BRS MG Estilo 206 (mais à esquerda de CPI). Com relação ao CPII, as cultivares mantiveram a localização, sendo a cultivar BRS MG Estilo localizada mais acima do gráfico, e a BRS MG Madrepérola, mais abaixo. Assim, essas amostras caracterizaram-se pelos atributos situados à esquerda do gráfico, sendo que a BRS MG Madrepérola 103, situada ao centro, apresentou características com intensidade intermediária em relação às demais amostras. A BRS MG Madrepérola 206 caracterizou-se mais pelo sabor amargo residual, enquanto a BRS MG Estilo 103 e 206 foram caracterizadas principalmente pela cor marrom do grão e arenosidade. O plano CPI x CPIII (Figura 28 A e B) indicou que o aroma e o sabor típico de feijão cozido são mais perceptíveis na BRS MG Madrepérola controle.

**Tabela 24** - Correlação de Pearson entre os atributos sensoriais dos grãos de feijão cozido da cultivar BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

	Cor marrom do grão	Cor cinza do grão	Integridade do grão	Tamanho do grão	Presença de listras	Aroma típico de feijão cozido	Sabor típico de feijão cozido	Sabor adocicado	Sabor amargo residual	Dureza do grão	Arenosidade	Dureza do tegumento
Cor marrom do grão	1,00	-0,87*	-0,70*	0,06	-0,49*	0,03	-0,40	-0,64*	0,17	-0,54*	0,71*	-0,70*
Cor cinza do grão		1,00	0,53*	0,04	0,80*	0,01	0,41	0,74*	-0,30	0,35	-0,53*	0,51*
Integridade do grão			1,00	-0,18	0,05	0,07	0,13	0,31	0,14	0,61*	-0,58*	0,43
Tamanho do grão				1,00	0,27	-0,05	0,04	-0,13	-0,05	-0,10	0,01	-0,09
Presença de listras					1,00	-0,09	0,39	0,66*	-0,38	-0,06	-0,28	0,16
Aroma típico de feijão cozido						1,00	0,37	0,00	0,06	0,26	0,04	0,13
Sabor típico de feijão cozido							1,00	0,51*	-0,31	0,17	-0,60*	0,18
Sabor adocicado								1,00	-0,69*	-0,03	-0,42	0,29
Sabor amargo residual									1,00	0,43	0,20	0,15
Dureza do grão										1,00	-0,31	0,59*
Arenosidade											1,00	-0,21
Dureza do tegumento												1,00

\*Correlação significativa:  $p \leq 0,05$

Na Tabela 25 estão as intensidades médias de cada atributo sensorial para cada amostra. As duas cultivares de feijão controles e envelhecidas foram semelhantes em relação aos atributos tamanho do grão, aroma e sabor típico de feijão cozido, sabor amargo residual e dureza do grão ( $p > 0,05$ ).

As cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo controles foram semelhantes em relação à cor marrom do grão, no entanto, aos 103 e 206 dias armazenamento, a BRS MG Estilo apresentou intensidade 1,75 e 1,57 vezes maior para este atributo, respectivamente. A BRS MG Madrepérola com 103 dias de armazenamento apresentou intensidade da cor marrom do grão 70,42% maior que a amostra controle, cor que se manteve até os 206 dias. Na BRS MG Estilo a cor marrom aumentou em 64,71% aos 103 dias de armazenamento, em relação ao controle, e 20,80% 206 dias, em relação à amostra 103.

As amostras controles das duas cultivares foram similares em relação a intensidade da cor cinza do grão, a qual decresceu de forma semelhante ao longo do armazenamento ( $p \leq 0,05$ ), sendo o decréscimo de 70,51% e 76,81% para a BRS MG Madrepérola e a BRS MG Estilo, respectivamente, aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias. Na análise instrumental da cor dos feijões cozidos no tempo ótimo (Tabela 17), notou-se que os valores de  $L^*$  dos grãos controles e envelhecidos foram intermediários, em torno de 50, indicando proximidade com a cor cinza. Devido ao grão controle apresentar menores valores de  $a^*$ ,  $b^*$  e cromaticidade ( $C^*$ ), foi possível notar maior intensidade da cor cinza, enquanto que para os grãos envelhecidos, estes parâmetros foram maiores, tornando as cores mais puras e perceptíveis, resultando então na maior intensidade da cor marrom.

A BRS MG Madrepérola controle e 206 apresentou maior integridade do grão que a BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ). Com o armazenamento, a BRS MG Madrepérola apresentou decréscimo de 35,38% na integridade do grão aos 103 dias, mantendo-se aos 206 dias, enquanto que a BRS MG Estilo decresceu em 40,00% aos 206 dias, em relação à amostra controle. Este resultado está coerente com a porcentagem de grãos inteiros apresentada na Tabela 21, onde os grãos envelhecidos, cozidos no tempo ótimo, foram menos íntegros.

**Tabela 25** - Intensidade média dos atributos sensoriais dos grãos de feijão das cultivares BRS MG Madrepérola e MRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Atributos	BRS MG Madrepérola			BRS MG Estilo Controle		
	Controle	103	206	Controle	103	206
<b>Aparência</b>						
Cor marrom do grão	1,13 <sup>e</sup>	2,72 <sup>cd</sup>	3,82 <sup>bc</sup>	1,68 <sup>de</sup>	4,76 <sup>b</sup>	6,01 <sup>a</sup>
Cor cinza do grão	3,12 <sup>a</sup>	1,54 <sup>b</sup>	0,92 <sup>b</sup>	3,45 <sup>a</sup>	1,18 <sup>b</sup>	0,80 <sup>b</sup>
Integridade do grão	3,59 <sup>a</sup>	2,32 <sup>bcd</sup>	2,62 <sup>b</sup>	2,45 <sup>bc</sup>	1,72 <sup>cd</sup>	1,47 <sup>d</sup>
Tamanho do grão	4,76 <sup>a</sup>	4,49 <sup>a</sup>	4,40 <sup>a</sup>	4,46 <sup>a</sup>	4,74 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>
Presença de listras	3,70 <sup>b</sup>	2,35 <sup>c</sup>	1,05 <sup>d</sup>	5,01 <sup>a</sup>	3,52 <sup>b</sup>	2,31 <sup>c</sup>
<b>Aroma</b>						
Aroma típico de feijão cozido	4,42 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	4,42 <sup>a</sup>	4,55 <sup>a</sup>	4,32 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>
<b>Sabor</b>						
Sabor típico de feijão cozido	4,32 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>
Sabor adocicado	3,18 <sup>ab</sup>	2,99 <sup>ab</sup>	2,72 <sup>ab</sup>	3,50 <sup>a</sup>	2,92 <sup>ab</sup>	2,64 <sup>b</sup>
Sabor amargo residual	1,38 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>
<b>Textura</b>						
Dureza do grão	2,78 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	1,94 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>
Arenosidade	2,10 <sup>b</sup>	2,40 <sup>b</sup>	2,54 <sup>ab</sup>	2,32 <sup>b</sup>	2,56 <sup>ab</sup>	3,28 <sup>a</sup>
Dureza do tegumento	3,42 <sup>a</sup>	3,23 <sup>ab</sup>	3,10 <sup>ab</sup>	3,22 <sup>ab</sup>	2,63 <sup>b</sup>	2,79 <sup>ab</sup>

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ );

Escala não estruturada de 9 cm, com termos de intensidade ancorados a 0 ou 0,5 cm da extremidade esquerda e 0,5 cm da extremidade direita com palavras indicando o aumento da intensidade da esquerda para a direita;

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

A presença de listras foi mais intensa na cultivar BRS MG Estilo, tanto para a amostra controle quanto para as envelhecidas, em relação à BRS MG Madrepérola ( $p \leq 0,05$ ). Houve o decréscimo deste atributo em 36,49% para a BRS MG Madrepérola aos 103 dias de armazenamento, em relação à amostra controle, e de 55,32% aos 206 dias, em relação à amostra 103, enquanto a BRS MG Estilo apresentou decréscimo de 29,74% e 34,38%, aos 103 e 206 dias, respectivamente. As amostras envelhecidas necessitaram de maior tempo de cozimento para atingir a textura ótima, o que pode ter colaborado com a perda das listras do tegumento.

Os atributos sabor adocicado e arenosidade foram semelhantes entre as cultivares, variando somente com o envelhecimento da BRS MG Estilo ( $p \leq 0,05$ ). Dessa forma, a BRS MG Madrepérola apresentou intensidade média de 2,96 para o atributo sabor adocicado e de 2,35 para a arenosidade. A BRS MG Estilo aos 206 dias de armazenamento apresentou-se 24,57% menos doce e 29,27% mais arenosa, com relação à amostra controle, portanto, os grãos com 206 dias de envelhecimento foram menos doces e mais arenosos comparados ao controle.

A dureza do tegumento não variou com o envelhecimento de cada cultivar ( $p > 0,05$ ). Contudo, notou-se que este atributo foi 23,10% mais intenso na BRS MG Madrepérola controle comparada à BRS MG Estilo com 103 dias de armazenamento.

Cabe ressaltar, que quando os grãos são cozidos em seus tempos ótimos, não há diferença entre a dureza dos grãos controle e envelhecidos, mas os grãos envelhecidos ainda se diferenciam dos controles por apresentarem maior intensidade de cor morrom e arenosidade, além de menor intensidade de cor cinza, integridade, presença de listras e de sabor adocicado. Não foram encontrados estudos que comparassem os atributos sensoriais de feijão controle e envelhecido, cozidos em seus tempos ótimos.

Segundo a revisão de Liu (1995), a lamela média das células de grãos de feijão novo é desintegrada no cozimento, enquanto que em grãos HTC ela permanece retida, havendo a falta de separação celular, restrita gelatinização do amido e prevalência da coagulação das proteínas durante o cozimento, a qual ocorre devido à alteração da temperatura de transição térmica da proteína. Baseado nestas alterações, tem sido verificado que o endurecimento dos grãos é parcialmente dependente da competição pela água que ocorre entre a gelatinização do amido e a

coagulação da proteína durante o cozimento. Uma vez prevalecendo a coagulação da proteína, esta torna-se uma barreira física que restringe a passagem da água e evita que o amido gelatinize, resultando em grãos HTC. Além disso, a formação de pectatos insolúveis podem promover o agrupamento das células do cotilédone, levando ao desenvolvimento da dureza e granulosidade dos grãos cozidos (YOUSIF; KATO; DEETH, 2007).

Garruti e Bourne (1985) ao avaliar o perfil de textura sensorial de grãos de feijão vermelho armazenados (cinco meses a 30 e 40 °C com UR de 80%) encontraram maior dureza para os grãos armazenados. No entanto, neste estudo não foi observado o desenvolvimento da dureza nos grãos envelhecidos, uma vez que o tempo de cozimento ótimo de cada cultivar em cada tempo de envelhecimento permitiu que os grãos atingissem a mesma dureza. Estes resultados estão coerentes com os apresentados nas Tabelas 18 e 19, onde não houve aumento dos parâmetros de textura ao longo do armazenamento, quando os grãos foram cozidos em seus respectivos tempos ótimos.

Além disso, tem sido verificado que grãos de feijão HTC apresentam maior proporção de grânulos de amido grandes (PARMAR, et al. 2017). Dessa forma, a maior arenosidade encontrada nos grãos envelhecidos da cultivar BRS MG Estilo com 206 dias de armazenamento, pode estar relacionada à maior proporção de grânulos de amido grandes em feijão HTC.

### 5.5.2 Aceitação global

A aceitação média dos feijões está apresentada na Tabela 26. Não houve diferença entre as cultivares e entre os tempos de armazenamento. Dessa forma, o envelhecimento não influenciou a aceitação global das amostras de feijão cozidas no tempo ótimo, apresentando nota média de 6,50, a qual situa-se na região de aceitabilidade, acima da nota 5 (“nem gostei, nem desgostei”).

Não foi encontrado na literatura trabalhos relacionados à aceitação sensorial de grãos de feijão envelhecidos. No entanto, Chapman, Jefferies e Pike (2010) avaliaram a aceitação sensorial de ervilhas armazenadas a temperatura ambiente durante 34 anos, e verificaram o decréscimo da aceitação com o aumento do tempo de armazenamento.

Carneiro et al. (2005) avaliaram a aceitabilidade de 10 cultivares de feijão comum não armazenadas, sendo estas bem aceitas pelos avaliadores, assim como as amostras controle e envelhecidas no presente estudo. Dessa forma, apesar da diferença entre as intensidades dos atributos sensoriais dos feijões controle e envelhecidos, não houve diferença de aceitação quando os mesmos foram cozidos no tempo ótimo.

**Tabela 26** - Aceitação média dos grãos de feijão cozidos das cultivares BRS MG Madrepérola e BRS MG Estilo armazenados em diferentes condições.

Tempo de Armazenamento (dias)	Cultivar	
	BRS MG Madrepérola	BRS MG Estilo
<b>Controle</b>	6,42 <sup>Aa</sup>	6,17 <sup>Aa</sup>
<b>103</b>	6,61 <sup>Aa</sup>	6,54 <sup>Aa</sup>
<b>206</b>	6,35 <sup>Aa</sup>	6,89 <sup>Aa</sup>

0: desgostei extremamente; 5: nem gostei, nem desgostei; 10: gostei extremamente.

Controles: amostra mantida a -18 °C;

Valores médios de 75 avaliadores;

Envelhecidos 103: amostra armazenada por 103 dias em condições ambientais (média no período: 25,20 ± 2,35 °C/62,97 ± 9,63 de UR);

Envelhecidos 206: amostra armazenada por 206 dias em condições ambientais (média no período: 25,85 °C ± 2,88/64,65 ± 9,41 de UR).

## 6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o envelhecimento dos grãos promove alterações significativas nos parâmetros de cor dos grãos crus das duas cultivares, no entanto a BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, foi menos suscetível às alterações de cor e não escureceu ao longo do armazenamento.

Não há o aumento da dureza nos grãos crus ao longo do armazenamento, no entanto, o envelhecimento promove o decréscimo da umidade e aumento da absorção de água durante a maceração.

Os grãos envelhecidos necessitam de maior tempo para o cozimento, sendo que o tempo de cozimento ótimo sensorial é maior que o tempo determinado instrumentalmente.

O envelhecimento dos grãos resulta no aumento dos parâmetros de textura, quando são cozidos em tempo fixo e resfriados a 25 e 60 °C. No entanto não observa-se o aumento destes parâmetros quando os grãos são cozidos no tempo ótimo sensorial.

Os grãos envelhecidos e cozidos por tempo fixo (uma hora) e no tempo ótimo resultam em semelhantes alterações de cor, exceto em relação à luminosidade, onde percebe-se o escurecimento dos grãos da cultivar BRS MG Madrepérola ao longo do armazenamento apenas quando cozidos no tempo ótimo, enquanto a BRS MG Estilo escurece apenas quando cozidos por uma hora. O cozimento dos grãos por uma hora promove maior diferença total de cor para a BRS MG Estilo, ao passo que o tempo ótimo de cozimento promove maior diferença total de cor para a BRS MG Madrepérola.

O envelhecimento dos grãos resulta no aumento dos parâmetros de cor do meio de cocção, exceto da luminosidade. O meio de cocção da cultivar BRS MG Madrepérola apresenta maior diferença total de cor para os dois métodos de cozimento avaliados. O teor de sólidos solúveis totais do meio de cocção ao longo do armazenamento diminui quando os grãos são cozidos por uma hora, e aumentam quando cozidos no tempo ótimo sensorial. Cabe ressaltar que, neste método, os grãos controles cozinham em menor tempo em relação aos envelhecidos.

A absorção de água durante o cozimento por uma hora e no tempo ótimo sensorial apresentam comportamento inverso, assim como a porcentagem de grãos

inteiros. Com isso, os grãos envelhecidos, cozidos por uma hora, absorvem menor quantidade de água e apresentam maior porcentagem de grãos inteiros, com relação aos controles, enquanto que no cozimento no tempo ótimo sensorial, os grãos envelhecidos absorvem maior quantidade de água e apresentam menor porcentagem de grãos inteiros, uma vez que estes grãos cozinham em maiores tempos.

No perfil sensorial descritivo, destaca-se que o cozimento dos feijões no tempo ótimo sensorial iguala a dureza das amostras controles e envelhecidas, no entanto os grãos envelhecidos apresentam diferentes intensidades em relação às amostras controles, sendo os atributos cor marrom do grão e arenosidade mais intensos nos grãos envelhecidos, e cor cinza do grão, integridade do grão, presença de listras e sabor adocicado, menos intensos.

Apesar dos grãos envelhecidos apresentarem diferenças de intensidade de alguns dos atributos descritivos, em relação aos grãos controles, não há diferença na aceitação dos mesmos quando são cozidos no tempo ótimo.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12806**: análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, fev. 1993.

ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S.; RAMALHO, M. A. P.; MELO, L. C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARTINS, M.; PEREIRA, H. S.; CARNEIRO, P. C. S.; DEL GEÚDICE, M. P.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; SANTOS, J. B.; COSTA, J. G. C.; MOREIRA, J. A. A.; WENDLAND, A. **BRS MG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo carioca com escurecimento tardio dos grãos. Comunicado técnico 200. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, 2011.

ALVES, A. F.; ANDRADE, M. J. B.; RODRIGUES, J. R. M.; VIEIRA, N. M. B. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

ARAÚJO, L. C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16. Ed. Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists International, 1995.

ÁVILA, B. P.; SANTOS, M. S.; NICOLETTI, A. M.; ALVES, G. D.; ELIAS, M. C.; MONKS, J.; GULARTE, M. A. Impact of Different Salts in Soaking Water on the Cooking Time, Texture and Physical Parameters of Cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 4, p. 463-669, 2015.

BARBOSA, F. R. GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA, 2012, 248p. (**Documentos 272**).

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BARROS, M. PRUDENCIO, S. H. Características físicas e químicas de diferentes variedades de feijão comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 751-762, 2016.

BARROS, M. **Qualidade de feijões de cor (Phaseolus vulgaris)**. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

BASSINELLO, P. Z.; COBUCCI, R. M. A.; ULHÔA, V. G.; MELO, L. C.; PELOSO, M. J. Del. **Aceitabilidade de três cultivares de feijoeiro comum**. Comunicado técnico 66. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2003.

BELEIA, A. PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. YAMASHITA F. SAKAMOTO, T. M. ITO, L. Sensory and instrumental texture analysis of cassava (*manihot esculenta*, crantz) roots. **Journal of Texture Studies**, v. 35, p. 542–553, 2004.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEGBE, S. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, 2006.

BOUIS, H. E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost. **Proceedings of the Nutritional Society**, v. 62, n. 2, p. 403–411, 2003.

BRAGANTINI, C. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão. São Paulo: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (**Documentos 187**).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25 de 23 de maio de 2006. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para inscrição no registro nacional de cultivares RNC. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-25-de-23-de-maio-de-2006-Crit%C3%A9rios-m%C3%ADnimos-VCU-de-feij%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 29 de 8 de junho de 2011. Requisitos Técnicos Obrigatórios ou Recomendados para Certificação de Unidades Armazenadoras em Ambiente Natural. **Diário Oficial da União**. 9 jun. 2011. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/agroecologia/legislacao/n29.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/agroecologia/legislacao/n29.pdf)> Acesso em: 18 abr. 2017.

BURR, H.K. Adapting an experimental bean cooker for automatic recording. **Journal of Food Science**, v. 41, n. 1, p. 218-219, 1976.

CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Inheritance of seed condensed tannins and their relationship with seed-coat color and pattern genes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 119, n. 1, p. 131-142, 2009.

CAMPOS-VEGA, R.; LOARCA-PIÑA, G.; OOMAH, B. D. Minor components of pulses and their potential impact on human health. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 461–482, 2010.

CÁRABEZ-TREJO, A.; PAREDES-LÓPEZ, O.; REYES-MORENO, C. Microstructure of cotyledon cells from hard-to-cook common beans. **Starch**, v. 41, n. 9, p. 335-339, 1989.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA JÚNIOR, M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 18-24, 2005.

CASTELLANOS, J. Z.; GUZMÁN-MALDONADO, H.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; KELLY, J. D. Effects of hardshell character on cooking time of common beans grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, n. 4, p. 437-443, 1995.

CEPEF – Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão. **Feijão: recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Erechim: São Cristóvão, 112p, 2001.

CHAPMAN, J. S.; JEFFERIES, L. K.; PIKE, O. A. Sensory and Nutritional Quality of Split Peas (*Pisum Sativum*) Stored up to 34 Y in Residential Storage. **JFS S: Sensory and Food Quality**, v. 75, n. 3, p. 162-166, 2010.

CHHINNAN, M. S. Development of a device for quantifying hard-to-cook phenomenon in cereal legumes. **Transactions of the ASAE**, v. 28, n. 1, p. 335-339. 1985.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 78 p.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, n. 2, p. 204–223, 1963.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e texturados grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_08\\_10\\_11\\_27\\_12\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf)> Acesso em: 13 ago. 2017.

COSTELL, E.; DURAN, L. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1981.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 165-178, 1991.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, v. 43, p. 595–601, 2010.

DILIS, V.; TRICHOPOULOU, A. Nutritional and health properties of pulses. **Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 1, p. 149-157, 2009.

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

DOWNIE, A. J.; GEORGET, D. M. R.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Application of dynamic mechanical thermal analysis to the investigation of hard-to-cook defect in legumes. **LWT – Food Science and Technology**, v. 30, p. 312-319, 1997.

DURANTI, M. Grain legume proteins and nutraceutical properties. **Fitoterapia**, v. 77, p. 67–82, 2006.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Universitária Champagnat, 2011. 426 p.

\_\_\_\_\_. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Universitária Champagnat, 2013. 531 p.

ELSADR, H. **Characterization of post harvest seed coat darkening and condensed tannins accumulation during seed coat development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – University of Saskatchewan, Saskatchewan, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Statistics Division 2014**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> > Acesso em: 13 ago. 2017.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. Feijão na economia nacional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 47 p. (**Documento 135**).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FIESP. Outlook Brasil 2026 – Projeções para o agronegócio brasileiro, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. São Paulo, 2016, 90 p.

FREITAS, F. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, 2006.

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

GARRUTI, R. S.; BOURNE, M. C. Effect of storage conditions of dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) on texture profile parameters after cooking. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 4, p. 1067-1071, 1985.

GUEVARA, L. L. V. **Comportamento físico-sensorial de novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados em condições ambientais**. 1990. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.

HARADA, T.; PAULUS, K. Analytical methods to characterize the cooking behaviour of potatoes. **Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie**, v. 19, p. 39-43, 1986.

HARADA, T.; TIRTOHUSODO, H.; PAULUS, K. Influence of temperature and time on cooking kinetics of potatoes. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 2, p. 459-462, 1985.

HENTGES, D. L.; WEAVER, C. M.; NIELSEN, S. S. Changes of selected physical and chemical components in the development of the hard-to-cook defect. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 2, p. 436-442, 1991.

HOU, H. J.; CHANG, S. K. C. Structural characteristics of purified glicinin from soybeans stored under various conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 12, p. 3792-3800, 2004a.

HOU, H. J.; CHANG, S. K. C. Structural characteristics of purified etaconglycinin from soybeans stored under four conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 26, p. 7931-7937, 2004b.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

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

JACINTO-HERNÁNDEZ, C.; RAMON, G.; DAGOBERTO, G.; IRMA, B. Grain quality of mexican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces with different response to diseases. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 54, p. 36-37, 2011.

JAEGER, S. R. Non-sensory factors in sensory science research. **Food Quality and Preference**, v. 17, n.1-2, p. 132-144, 2006.

JACKSON, G. M. VARRIANO-MARSTON, E. Hard-to-Cook Phenomenon beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 3, p. 799-803, 1981.

JOÃO, E. C. B. **Qualidade tecnológica de grãos de feijão carioca armazenados**, 2016. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

JONES, P. M. B.; BOUTLER, D. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 2, p. 623-626, 1983.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187- 200, 1958.

KAMIZAKE, N. K. K.; SILVA, L. C. P.; PRUDENCIO, S. H. Effect of soybean aging on the quality of soymilk, firmness of tofu and optimum coagulant concentration. **Food Chemistry**, v. 190, n. 1, p. 90–96, 2016.

KAMIZAKE, N. K. K.; VARÉA, G. S.; PRUDENCIO, S. H. Physico-chemical properties of aged soybean components. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 12, n. 2, p. 262–268, 2014.

KAMIZAKE, N. K. YAMASHITA, F. PRUDENCIO, S. H. Physical alterations of soybean during accelerate and natural aging. **Food Research International**, v. 55, p. 55-61, 2014.

KAUR, M.; SINGH, N. A. A Comparison between the properties of seed, starch, flour and protein separated from chemically hardened and conventional kidney beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 4, p. 729-737, 2007.

KINYANJUI, P. K.; NJOROGE, D. M.; MAKOKHA, A. O.; CHRISTIAENS, S.; NDAKA, D. S.; HENDRICKX, M. Hydration properties and texture fingerprints of easy-and hard-to-cook bean varieties. **Food Science & Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 39–47, 2014.

KONG, F. CHANG, S. K. C. LIU, Z. WILSON, L. A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 3, p. 134–144, 2008.

LAMBERTS, L.; BRIJS, K.; MOHAMED, R.; VERHELST, N.; DELCOUR, J. A. Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 54, n. 26, p. 9924-9929, 2006.

LAURENT, B.; JEAN-BLAISE, T.; CARL, M. F. M. PC-Based instrumentation system for the study of bean cooking kinetic. **Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 6, p. 1103-1107, 2008.

LAWLESS H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food principles and practices**. 1 ed. Missori: Food Science Texte Series, 1998.

\_\_\_\_\_. **Sensory evaluation of food principles and practices**. 2 ed. New York: Springer, 2010.

LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade**. 2013. 107 f. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

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

LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman and Hall, 1997. 532 p.

LIU, K.; McWATTERS, K.H.; PHILLIPS, R.D. Protein Insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n. 12, p. 2483-2487, 1992.

LU, W.; CHANG, K. C.; GRAFTON, K. F.; SCHWARZ, P. B. Correlations between physical properties and canning quality attributes of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 6, p. 788-790, 1996.

LUCIA, S. M. D.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV. 2013. p. 13-48.

MANFUGÁS, J. E. **Evaluación sensorial de los alimentos**. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria, 2007. 116 p.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 229 p.

MARLES, M. A. S.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. Polyphenoloxidase activity and differential accumulation of polyphenolics in seed coat of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) characterize postharvest color changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 16, p. 7049-7056, 2008.

MARQUEZI, M.; GERVIN, V.; M. WATANABE, L. B.; BASSINELLO, P. Z.; AMANTE, E. R. Physical and chemical properties of starch and flour from different common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 19, e2016005, 2016.

MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut fruits. **Stewart Postharvest Review**, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2006.

MARTÍN-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 of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 3223-3227, 1997.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas. **Acta. Agriculturae Suecana**, v. 2, p. 185-231, 1946.

MAYER, A. M. Polyphenol oxidases in plant and fungi: Going places. A review. **Phytochemistry**, v. 67, n. 21, p. 2318-2331, 2006.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3 ed. New York: CRC Press, 1998.

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

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa, MG: UFV, 2006.

MORRIS, H.J. Changes in cooking qualities of raw beans as influenced by moisture content and storage time. Proceedings of the 7th Dry Bean Conference. **USDA Agric. Res. Service**, v. 74, p. 37-44, 1964.

MORI, A. L. B. **Solubilidade das proteínas de feijão comum envelhecido**. 2001. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2001.

MOSKOWITZ, H. R. Product Testing and Sensory Evaluation of Foods. Marketing and R & D Approaches, **Food and Nutrition Press**, Inc. Westport. 1983. 605 p.

MUDGIL, D.; BARAK, S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.61, p.1-6, 2013.

NASAR-ABBAS, S. M.; SIDDIQUE, K. H. M.; PLUMMER, J. A.; WHITE, P. F.; HARRIS, D.; DODS, K. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. **LWT e Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1703-1711, 2009.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 7, p. 1260-1267, 2008.

NDUNGU, K. E.; EMMAMBUX, M. N.; MINNAAR, A. Micronisation and hot air roasting of cowpeas as pretreatments to control the development of hard-to-cook phenomenon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1194-1200, 2011.

NJOROGE, D. M.; KINYANJUI, P. K.; CHRISTIAENS, S.; SHPIGELMAN, A.; MAKOKHA, A. O.; SILA, D. N.; HENDRICKX, M. E. Effect of storage conditions on pectic polysaccharides in common beans (*Phaseolus vulgaris*) in relation to the hard-to-cook defect. **Food Research International**, v. 76, n. 1, p. 105–113. 2015.

- NOZZOLILLO, C.; DE BEZADA, J. M. Browning of lentil seeds, concomitant loss of viability and the possible role of soluble tannins in both phenomenon. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 64, p. 815-824, 1984.
- NYAKUNI, G. A.; KIKAFUNDA, J. K.; MUYONGA, J. H.; KYAMUHANGIRE, W. M.; NAKIMBUGWE, D.; UGEN, M. Chemical and nutritional changes associated with the development of the hard-to-cook defect in common beans. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 59, n. 7-8, p. 652-659, 2008.
- OLIVEIRA, V. R.; NERINÉIA, D. R.; MAZIERO, S. M.; FILHO, A. C.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.746-752, 2011.
- OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; COLPO, E.; POERSH, N. L. Perfil sensorial de feijão sob diferentes tempo de cozimento. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.
- PARMAR, N.; SINGH, N.; KAUR, A.; VIRDI, A. S.; SHEVKANI, K. Protein and microstructure evaluation of harder-to-cook and easy-to-cook grains from different kidney bean accessions. **LWT – Food Science and Technology**, v. 79, p. 487-495, 2017.
- PEDRÃO, M. R.; CORÓ, F. A. G. Análise sensorial e sua importância na pesquisa de alimentos. **Unopar Cient., Ciênc. Biol. Saúde**, v. 1, n. 1, p. 85-89, 1999.
- PEREIRA, L. T. P. **Fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.
- PIGOTT, J. R.; SIMPSON, S. J.; WILLIAMS, A. R. Sensory analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v.33, n. 1, p. 7-18, 1998.
- PLHAK, L. C.; CALDWELL, K. B.; STANLEY, D. W. Comparison of methods used to characterize water imbibitions in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 2, p. 326-329, 1989.
- POURCEL, L.; ROUTABOUL, J.; CHEYNIER, V.; LEPINIEC, L.; DEBEAUJON, I. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 1, p. 29-36, 2006.
- PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

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

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2013. p 65-81.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 626-631, 2006.

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

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

RIBEIRO, H. J. S. S.; PRUDÊNCIO, S. H.; MIYAGUI, D. T.; RIBEIRO, E. L. A. Caracterização de concentrado de feijão preto comum, cultivar lapar 44, novo e envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p 571-580, 2009.

RIBEIRO, H. J. S. S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar lapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 165-169, 2005.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; POERSCH, N. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2042-2045, 2008.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 335-346, 2007.

RICHARDSON, L. C.; STANLEY, D. W. Relationship of loss of membrane functionality and hard-to-cook defect in aged beans. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 2, p. 590-591, 1991.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M.; CORRÊA, A. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 550-558, 2002.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, supp 1.0, p. 39-45, 2003.

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

ROMANO, C. M. **Características físico-químicas e de cocção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Guapo brilhante decorrentes de secagem estacionária e de tempo de armazenamento convencional**. 2006. 98 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

ROMERO DEL CASTILLO, R.; COSTELL, E.; PLANS, M.; SIMÓ, J.; CASAÑAS, F. A standardized method of preparing common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for sensory analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, n. 3, p. 188-195, 2012.

RUPOLLO, G.; VANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. M.; PARAGINSKI, R. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 3, p. 1403-1409, 2011.

SANTANA, L. R. R.; SANTOS, L. C. S.; NATALICIO, M. A.; MONDRAGON-BERNALS, O. L.; ELIAS, EL .M.; SILVA. C. B.; ZEPKA, L. Q.; MARTINS, I. S. L.; VERNAZA, M. G.; CASTILLO-PIZARRO, C.; BOLINI, H. M. A. Perfil Sensorial de logurte Light, Sabor Pêssego. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2006.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n. 1, p. 104-114, 2005.

SANTOS, J. B. dos; GALVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SAS INSTITUTE INC. SAS users' guide: **Statistics**, version 8.0, Cary, 1999.

SCHOENINGER, V.; MACHADO, S. R.; COELHO, C. L.; PALOSCHI, N. V. P. Qualidade físico-química e tempo de cozimento de grãos de feijão novos e envelhecidos em condições de armazenamento refrigerado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n.2, p. 55-65, 2013.

SHIGA, T. M.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Effect of cooking on non-starch polysaccharides of hard-to-cook beans. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 1, p. 100-109, 2009.

SHIGA, T. M.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. The effect of storage on the solubilization pattern of bean hull non-starch polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 362-367, 2011.

SHIGA, T. M. **Participação dos polissacarídeos de parede celular no fenômeno de endurecimento de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) – cv Carioca-Pérola**. 2003.

158 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILOCHI, R. M. H. Q.; COELHO, S. R. M.; BISCHOFF, T. Z.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V.; BASSINELLO, P. Z. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 24, p. 2102-2111, 2016.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATI BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, F. C. **Potencial genético de populações segregantes de feijoeiro-comum para escurecimento e cocção dos grão**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2012.

SILVA, G. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SILVA, F. B. Genetic control of early grain darkening of carioca common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 4, p. 299-304, 2008.

SILVA, M. A. D.; VIEIRA, R. D.; SANTOS, J. A. Influência de envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, CV. MONSOY 8400<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 91-99, 2008.

SILVA, M. M. da; SOUZA, H. R. T. de; DAVID, A. M. S. de S.; SANTOS, L. M. dos; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Physiological quality and seed storage of common bean grown in the north of Minas Gerais. **Revista Agroambiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014.

SILVA, M. O. BRIGIDE, P. CANNIATI-BRAZACA, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentos e Nutrição - Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 339-346, 2013.

SIQUEIRA, B. S.; BASSINELLO, P. Z.; SANTOS, S. C.; MALGARESI, G.; FERRI, P. H.; RODRIGUEZ, A. G.; FERNANDES, K. F. Do enzymatic or non-enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tegument. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 593-600, 2016a.

SIQUEIRA, B. S. **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão Carioca: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SIQUEIRA, B. S.; BASSINELLO, P. Z.; MALGARESI, G.; PEREIRA, W. J.; FERNANDES, K. F. Analyses of technological and biochemical parameters related to the HTC phenomenon in carioca bean genotypes by the use of PCA. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 939–945, 2016b.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. *Tropica - Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SOARES JUNIOR, M. S. CALIARI, M.; BASSINELLO, P. Z.; FERNANDES, P. M.; BECKER, F. S. Características físicas, químicas e sensoriais de feijões crioulos orgânicos, cultivados na região de Goiânia-GO. *Revista Verde*, v. 7, n. 3, p. 109-118, 2012.

SOUSA, S. A.; OLIVEIRA, T. C.; GONÇALVES, G. M. O.; LOPES, B. S. L.; SANTOS, G. R.; FIDELIZ, R. R. Características agronômicas e resistência de genótipos de feijão comum à mela no sul do estado do Tocantins. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 5, n. 2, p. 130-139, 2014.

STATSOFT. **STATISTICA for Windows**: computer program manual. Versão 7.1. Tulsa: Software Inc., 2006.

STONE, H., et. al. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Quantitative descriptive analysis: developments, applications and the future. *Food Technology*, v. 52, n. 8, p. 48-52, 1998.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2 ed. London: Academic press, Inc., 1993.

\_\_\_\_\_. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. New York: Academic Press. 2004.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, v. 28, n. 4, p. 385–389, 1963.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, v. 13, p. 215-225, 2002.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas. NEPA-UNICAMP, 4. ed. 2011.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, v. 48, n. 1, p. 1-14, 2008.

TRAWATHA, S. E.; TEKRONY, D. M.; HILDEBRAND, D. F. Relationship of soybean seed quality to fatty acid and C6-aldehyde levels during storage. *Crop Science*, v. 35, n. 5, p. 1415–1422, 1995.

THOMAS, R.; DEMAN, J. M.; DEMAN, L. Soymilk and tofu properties as influenced by soybean storage conditions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 66, n. 6, p. 777–782, 1989.

VARRIANO-MARSTON, E.; JACKSON, G. M. Hard-to-cook phenomenon in beans: structural changes during storage and imbibition. **Journal Food Science**, v. 46, n. 5, p. 1379-1385, 1981.

VILLANUEVA, NILDA D. M. ; PETENATE, ADEMIR J.; DA SILVA, MARIA A. A. P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, v. 16, n. 8, p. 691-703, 2005.

VINDIOLA, O. L.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R.C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods World**, v. 31, p. 538–552, 1986.

WANDER, A. E.; BASINELLO, P.Z.; RICARDO, T. R. **Perfil dos consumidores de arroz e feijão na Região Metropolitana de Goiânia**. Comunicado técnico 127. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2006.

WANG, N.; DAUN, J. K. Determination of cooking times of pulses using an automated Mattson cooker apparatus. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 10, p. 1631-1635, 2005.

WHITEHEAD, C.S.; SWARDT, G.H. Extraction and activ of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, v. 1, n. 4, p. 127-130, 1982.

WINHAM, D. M.; HUTCHINS, A. M.; MELDE, C. L. Pinto bean, navy bean, and black-eyed pea onsumption do not significantly lower the glycemic treatment in normoglycemic adults. **Nutrition Research**, v. 27, n. 9, p. 535-541, 2007.

YEUNG, H.; EHLERS, J. D.; WANISKA, R. D.; ALVIOLA, J. N.; ROONEY, L. W. Rapid screening methods to evaluate cowpea cooking characteristics. **Field Crops Research**, v. 112, n. 2-3, p. 245-252, 2009.

YOUSIF, A. M.; DEETH, H. C. Effect of storage time and conditions on the cotyledon cell wall of the adzuki bean (*Vigna angularis*). **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 169-174, 2003.

YOUSIF, A. M.; KATO, J.; DEETH, H. C. Effect of storage on biochemical structure and processing quality of adzuki bean (*Vigna angularis*). **Food Reviews International**, v. 23, n. 1, p. 1-33, 2007.

ZHANG, M.; YOSHIYAMA, M.; NAGASHIMA, T.; NAKAGAWA, Y.; YOSHIOKA, T.; ESASHI, Y. Aging of soybean seeds in relation to metabolism at different relative humidities. **Plant and Cell Physiology**, v. 36, n. 7, p. 1189-1195, 1995.

**ANEXOS**

ANE.O A  
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
(Teste Sensorial: Tempo de cozimento ótimo)

“Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”, a ser realizada no “Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - DCTA”. Os objetivos da pesquisa são “(1) traçar o perfil sensorial do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) das cultivares BRS MG Estilo, de rápido escurecimento, e BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, em diferentes tempos de armazenamento e correlacioná-lo aos parâmetros físicos e químicos (2) Verificar o efeito do envelhecimento do feijão na sua aceitação”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: no teste sensorial do tempo de cozimento ótimo do feijão, o avaliador irá classificar cada amostra de acordo com sua textura usando a escala do ideal de 7 pontos (1 = “muito duro”, 4 = “textura ótima”, e 7 = “muito macio”), em sessões previamente agendadas. A sua participação no teste irá requerer 30 minutos em cada teste.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor (a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Esclarecemos ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são a contribuição com a elucidação das alterações decorrentes do armazenamento prolongado dos grãos de feijão, sob condições ambientais não controladas. Além disso, a pesquisa faz parte de uma dissertação de mestrado e o seu desenvolvimento contribuirá com a formação de recursos humanos qualificados. Os riscos associados à ingestão de feijão cozido são mínimos, pois se

\*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

trata de um alimento seguro. Poderá haver fadiga durante os testes, nesse caso, o avaliador será dispensado. Caso ocorra qualquer tipo de desconforto, o avaliador será prontamente atendido e amparado pelo pesquisador responsável.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br, endereço: DCTA/CCA/UEL/Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380, s/n), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

### **Pesquisador Responsável**

RG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (**NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA**), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Obs.: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, o texto deve estar voltado para os pais e deve ser incluído ainda, campo para assinatura do menor e do responsável.

ANE.O B  
Questionário de Recrutamento de Avaliadores  
(Teste Sensorial: Tempo de cozimento ótimo)

Desejamos formar uma equipe de avaliadores, a fim de avaliar o grau de cozimento ideal das amostras de feijão envelhecido. Ser um avaliador não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. Os testes sensoriais serão realizados no Laboratório de Análise Sensorial do DCTA, levará em torno de 30 minutos cada sessão e você poderá fazê-lo no horário em que tiver maior disponibilidade. Se você deseja participar do teste, por favor, preencha este formulário. Caso necessite de algum esclarecimento ou informações adicionais, não hesite em entrar em contato com a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br).

Nome: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

1) Faixa etária:

( ) 15-25

( ) 26-35

( ) 36-50

( ) Acima de 50 anos

2) Sexo:

( ) Feminino

( ) Masculino

3) Ocupação:

( ) Aluno

( ) Funcionário

( ) Professor

( ) Outro

4) Escolaridade:

( ) 1º Grau

( ) 2º Grau

( ) 3º Grau

( ) Outro

5) Indique o quanto você aprecia cada um desses produtos:

	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Não gosto
a) Batata cozida	( )	( )	( )
b) Ervilha	( )	( )	( )
c) Feijão	( )	( )	( )
d) Grão de bico	( )	( )	( )
e) Lentilha	( )	( )	( )
f) Soja	( )	( )	( )

6) Indique a frequência de consumo de feijão:

- 7 dias na semana
- 6 a 4 dias na semana
- 3 a 1 dias na semana
- 1 vez por mês ou menos
- Nunca
- Outro. Indique: \_\_\_\_\_

7) Cite 3 alimentos que sejam firmes.

8) Cite 3 alimentos que sejam macios.

9) Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. Explique por favor.

11) Identifique se você possui:

- Diabetes
- Doença bucal
- Dentadura/prótese dentária parcial ou total
- Hipertensão (pressão alta)
- Hipotensão (pressão baixa)
- Alguma alergia associada à ingestão de feijão
- Alguma alergia associada à ingestão de outros alimentos. Especifique:

\_\_\_\_\_.

12) Já participou de algum teste sensorial?  Sim  Não

Se sim, qual o tipo?

- Aceitação
- Discriminativo
- Descritivo

ANE.O C  
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
(Análise Descritiva Quantitativa)

“Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”, a ser realizada no “Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - DCTA”. Os objetivos da pesquisa são “(1) traçar o perfil sensorial do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) das cultivares BRS MG Estilo, de rápido escurecimento, e BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, em diferentes tempos de armazenamento e correlacioná-lo aos parâmetros físicos e químicos (2) Verificar o efeito do envelhecimento do feijão na sua aceitação”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: desejamos formar uma equipe de avaliadores treinada, capacitada para medir a intensidade das características sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura das amostras de feijão cozido. Para isso, antes da etapa de avaliação, os avaliadores serão selecionados e treinados. Todas as sessões de teste (seleção, treinamento e avaliações das amostras) serão previamente agendadas. Sua participação no teste irá requerer 30 minutos em cada sessão, a qual acontecerá 2 vezes por semana, por um período aproximado de 4 meses. Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor (a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são a contribuição com a elucidação das alterações decorrentes do armazenamento prolongado dos grãos de feijão, sob condições ambientais não controladas. Além disso, a pesquisa faz parte de uma dissertação de

\*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

mestrado e o seu desenvolvimento contribuirá com a formação de recursos humanos qualificados. Os riscos associados à ingestão de feijão cozido são mínimos, pois se trata de um alimento seguro. Poderá haver fadiga durante os testes e nesse caso, o avaliador será dispensado. Caso ocorra qualquer tipo de desconforto, o avaliador será prontamente atendido e amparado pelo pesquisador responsável.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br, endereço: DCTA/CCA/Uel/Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380, s/n), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

**Pesquisador Responsável**

RG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Obs.: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, o texto deve estar voltado para os pais e deve ser incluído ainda, campo para assinatura do menor e do responsável.

ANE.O D  
Questionário de Recrutamento de Avaliadores  
(Análise Descritiva Quantitativa)

Desejamos formar uma equipe de avaliadores treinados, a fim de avaliar as características sensoriais de duas cultivares de feijão comum envelhecido. Ser um avaliador não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A equipe de provadores se reunirá 2 vezes por semana por um período de 30 minutos, no Laboratório de Análise Sensorial do DCTA por um período aproximado de 4 meses. Se você deseja participar da equipe de avaliadores, por favor, preencha este formulário. Este trabalho faz parte do projeto "Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) envelhecido". Caso necessite de algum esclarecimento ou informações adicionais, não hesite em entrar em contato com a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br).

Nome: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

1) Faixa etária:

( ) 15-25

( ) 26-35

( ) 36-50

( ) Acima de 50 anos

2) Sexo:

( ) Feminino

( ) Masculino

3) Ocupação:

( ) Aluno

( ) Funcionário

( ) Professor

( ) Outro

4) Escolaridade:

( ) 1º Grau

( ) 2º Grau

( ) 3º Grau

( ) Outro

5) Indique o quanto você aprecia cada um desses produtos:

	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Não gosto
a) Batata cozida	( )	( )	( )
b) Ervilha	( )	( )	( )
c) Feijão	( )	( )	( )
d) Grão de bico	( )	( )	( )
e) Lentilha	( )	( )	( )
f) Soja	( )	( )	( )

6) Indique a frequência de consumo de feijão:

- 7 dias na semana
- 6 a 4 dias na semana
- 3 a 1 dias na semana
- 1 vez por mês ou menos
- Nunca
- Outro. Indique: \_\_\_\_\_

7) Cite 3 alimentos que sejam firmes.

8) Cite um alimento que grude no dente ao ser mastigado.

9) Cite um alimento que seja pegajoso ao ser mastigado.

10) Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. Explique por favor.

11) Identifique se você possui:

- Diabetes
- Doença bucal
- Dentadura/prótese dentária parcial ou total
- Hipertensão (pressão alta)
- Hipotensão (pressão baixa)
- Alguma alergia associada à ingestão de feijão
- Alguma alergia associada à ingestão de outros alimentos. Especifique:  
\_\_\_\_\_.

12) Já participou de algum teste sensorial?  Sim  Não

Se sim, qual o tipo?

- Aceitação
- Discriminativo
- Descritivo

ANE.O E  
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
(Teste de Aceitação de Atributos)

“Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “Perfil sensorial de feijão comum (*Phaseolus vulgairs* L.) envelhecido”, a ser realizada no “Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - DCTA”. Os objetivos da pesquisa são “(1) traçar o perfil sensorial do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) das cultivares BRS MG Estilo, de rápido escurecimento, e BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, em diferentes tempos de armazenamento e correlacioná-lo aos parâmetros físicos e químicos (2) Verificar o efeito do envelhecimento do feijão na sua aceitação”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: A função do avaliador para o teste de aceitação é avaliar qual a aceitação global de duas cultivares de feijão cozido, que serão fornecidos durante a sessão de avaliação previamente agendada. Sua participação no teste irá requerer 30 minutos.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor (a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Esclarecemos ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são a contribuição com a elucidação das alterações decorrentes do armazenamento prolongado dos grãos de feijão, sob condições ambientais não controladas. Além disso, a pesquisa faz parte de uma dissertação de mestrado e o seu desenvolvimento contribuirá com a formação de recursos humanos qualificados. Os riscos associados à ingestão de feijão cozido são mínimos, pois se trata de um alimento seguro. Poderá haver fadiga durante os testes e nesse caso, o \*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

avaliador será dispensado. Caso ocorra qualquer tipo de desconforto, o avaliador será prontamente atendido e amparado pelo pesquisador responsável. Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br, endereço: DCTA /CCA / UEL / Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380, s/n), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

**Pesquisador Responsável**

RG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (**NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA**), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Obs.: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, o texto deve estar voltado para os pais e deve ser incluído ainda, campo para assinatura do menor e do responsável.

ANE.O F  
Questionário de Recrutamento de Avaliadores  
(Teste de Aceitação de Atributos)

Desejamos formar uma equipe de avaliadores, a fim de avaliar o quanto você gostou de algumas características sensoriais de duas cultivares de feijão comum envelhecido. Ser um avaliador não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A prova será realizada no Laboratório de Análise Sensorial do DCTA, levará em torno de 30 minutos e você poderá fazê-la no horário em que tiver maior disponibilidade. Se você deseja participar do teste, por favor, preencha este formulário. Caso necessite de algum esclarecimento ou informações adicionais, não hesite em entrar em contato com a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Prudêncio (Tel.: 3371-4080, e-mail: sandrah@uel.br).

Nome: \_\_\_\_\_  
Telefone: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

1) Faixa etária:

- 15-25  
 26-35  
 36-50  
 Acima de 50 anos

2) Sexo:

- Feminino  
 Masculino

3) Ocupação:

- Aluno  
 Funcionário  
 Professor  
 Outro

4) Escolaridade:

- 1º Grau  
 2º Grau  
 3º Grau  
 Outro

5) Indique o quanto você aprecia cada um desses produtos:

	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Não gosto
a) Batata cozida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ervilha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Feijão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Grão de bico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Lentilha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Soja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6) Indique a frequência de consumo de feijão:

- 7 dias na semana
- 6 a 4 dias na semana
- 3 a 1 dias na semana
- 1 vez por mês ou menos
- Nunca
- Outro. Indique: \_\_\_\_\_

7) Identifique se você possui:

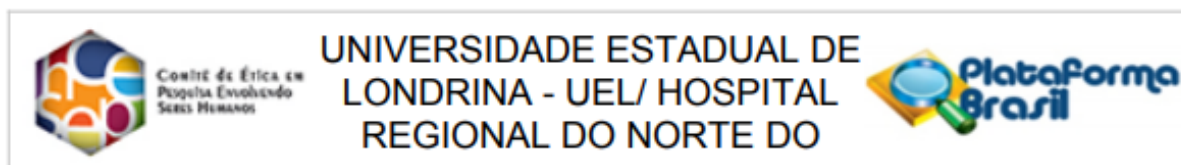
- Diabetes
- Doença bucal
- Dentadura/prótese dentária parcial ou total
- Hipertensão (pressão alta)
- Hipotensão (pressão baixa)
- Alguma alergia associada à ingestão de feijão
- Alguma alergia associada à ingestão de outros alimentos. Especifique:  
\_\_\_\_\_.

8) Já participou de algum teste sensorial?  Sim  Não

Se sim, qual o tipo?

- Aceitação
- Discriminativo
- Descritivo

## ANE.O G



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** PERFIL SENSORIAL DE FEIJÃO COMUM (PHASEOLUS VULGARIS L.)

**Pesquisador:** SANDRA HELENA PRUDENCIO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 46227915.3.0000.5231

**Instituição Proponente:** Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.124.655

**Data da Relatoria:** 22/06/2015

**Apresentação do Projeto:**

Projeto de pesquisa intitulado " PERFIL SENSORIAL DE FEIJÃO COMUM (PHASEOLUS VULGARIS L.) ENVELHECIDO" sob responsabilidade da pesquisadora SANDRA HELENA PRUDENCIO vinculada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos.

O objetivo deste estudo é caracterizar sensorialmente as cultivares de feijão BRS MG Estilo, de rápido escurecimento, e BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, armazenados à temperatura e umidade relativa ambiente por 103 (tempo 1) e 206 dias (tempo 2) e correlacioná-las aos parâmetros físicos e químicos.

Os grãos cozidos serão submetidos a três testes sensoriais: tempo de cozimento ótimo (50 julgadores), Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)(30 indivíduos treinados) e teste de aceitação de atributos (100 indivíduos). As análises sensoriais serão realizadas no laboratório de Análise Sensorial do DCTA/CCA/UEL em cabines individuais sob luz branca. Para cada teste sensorial serão recrutados, via contato pessoal, voluntários, dentre professores, alunos e funcionários do CCA/UEL.

**Critério de Inclusão:** Indivíduos voluntários, consumidores de feijão, maiores de 18 anos, saudáveis, consumidores de feijão e que demonstrem interesse e disposição em participar de testes sensoriais.

**Critério de Exclusão:** Indivíduos não consumidores de feijão Indivíduos alérgicos ao feijão ou a

**Endereço:** PROPPG - LABESC - Sala 3

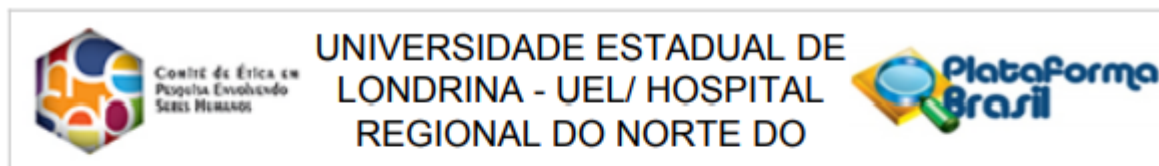
**Bairro:** Campus Universitário

**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR **Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 1.124.655

algum ingrediente alimentício utilizado na análise. Indivíduos com diabetes, doença bucal, com prótese dentária, hipertensão ou hipotensão, gripados ou resfriados.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

O Objetivo Primário da pesquisa é traçar o perfil sensorial do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) das cultivares BRS Estilo, de rápido escurecimento, e BRS MG Madrepérola, de lento escurecimento, em diferentes tempos de armazenamento e correlacioná-lo aos parâmetros físicos e químicos. Verificar o efeito do envelhecimento do feijão na sua aceitação.

E como objetivos secundários tem-se:

- Determinar a composição centesimal dos grãos crus, controles e envelhecidos.
- Medir instrumentalmente a coloração dos grãos crus e cozidos, controles e envelhecidos.
- Estimar o tempo de cocção dos grãos, controles e envelhecidos por meio do método instrumental do cozedor de Mattson e por meio da análise sensorial.
- Avaliar o perfil de textura dos grãos cozidos, controles e envelhecidos, por meio do texturômetro.
- Determinar a viscosidade, sólidos totais, solúveis e insolúveis do meio de cocção dos grãos controles e envelhecidos. Obter o perfil sensorial dos grãos de feijão controles e envelhecidos por meio da Análise Descritiva Quantitativa.
- Medir a aceitação sensorial dos feijões controles e envelhecidos.
- Correlacionar as características químicas, físicas e sensoriais dos feijões controles e envelhecidos.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A pesquisadora afirma que os riscos associados à ingestão de feijão cozido são mínimos, pois se trata de um alimento seguro contudo a mesma prevê que poderá haver fadiga durante os testes, que durarão 30 minutos, e nesse caso, o julgador será dispensado. Caso ocorra qualquer tipo de desconforto, o julgador será prontamente atendido e amparado pelo pesquisador responsável.

E como benefícios a pesquisa irá contribuir para a elucidação das alterações decorrentes do armazenamento prolongado dos grãos de feijão, sob condições ambientais não controladas.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa bem escrita e bem delineada.

Cronograma encontra-se adequado.

Pesquisa a ser realizada com financiamento próprio, com orçamento estimado em R\$ 2000,00, dos

Endereço: PROPPG - LABESC - Sala 3	CEP: 86.057-970
Bairro: Campus Universitário	
UF: PR	Município: LONDRINA
Telefone: (43)3371-5455	E-mail: cep268@uel.br



Conselho de Ética em  
Pesquisa Involucendo  
Seres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL/ HOSPITAL  
REGIONAL DO NORTE DO



Continuação do Parecer: 1.124.655

quais R\$300,00 serão destinados às análises sensoriais.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A pesquisadora apresentou os seguintes termos:

Folha de rosto devidamente preenchida e assinada pela coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, por se tratar de uma dissertação de mestrado.

TCLE está adequado, claro, em forma de convite aos participantes. E a pesquisadora apresentou dois TCLEs, um para os avaliadores da análise sensorial e outro para a formação da equipe de avaliadores treinados.

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Recomendo sua aprovação.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

LONDRINA, 25 de Junho de 2015

---

**Assinado por:**  
**Paula Mariza Zedu Alliprandini**  
**(Coordenador)**

Endereço: PROPPG - LABESC - Sala 3

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br