

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

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NUTRICIONAL E METABÓLITOS SECUNDÁRIOS
EM CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS

ROSE MARY HELENA QUINT SILOCHI

CASCADEL – PR
FEVEREIRO – 2015

ROSE MARY HELENA QUINT SILOCHI

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NUTRICIONAL E METABÓLITOS SECUNDÁRIOS
EM CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS**

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

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Renata Machado Coelho

CASCADEL – PR

FEVEREIRO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S577c

Silochi, Rose Mary Helena Quint

Caracterização tecnológica nutricional e metabólitos secundários em cultivares de feijão carioca armazenados./Rose Mary Helena Quint Silochi. Cascavel, 2015.

131 p.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola

1. Feijão. 2. Parâmetros de cor. 3. Textura. 4. Minerais. 5. Tempo de cocção.6. Análise multivariada . I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
II. Título.

CDD 21.ed. 635.652


Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 9^a/965

ROSE MARY HELENA QUINT SILOCHI

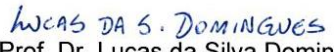
"Caracterização tecnológica, nutricional e metabólitos secundários em cultivares de grãos de feijão carioca durante o armazenamento"


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação "*Stricto Sensu*" em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:


Orientador: Prof.ª Dra. Silvia Renata Machado Coelho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* de Cascavel


Prof.ª Dra. Marcia Arocha Gularte
Universidade Federal de Pelotas


Prof.ª Dra. Cleusa Ines Weber
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão


Prof. Dr. Lucas da Silva Domingues
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Dois Vizinhos


Prof.ª Dra. Ellen Toews Doll Hojo
Faculdade Assis Gurgacz


Prof. Dr. Jerry Adriani Johann
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* de Cascavel

Cascavel, 20 de fevereiro de 2015.

BIOGRAFIA

ROSE MARY HELENA QUINT SILOCHI, brasileira, casada, filha de Eli José Quint e Heloisa Helena Alves Quint, nasceu em Joinville, Estado de Santa Catarina, em 28 de fevereiro de 1957. Casada com Paulo Roberto Silochi, desde 1 de junho de 1985.

Em dezembro de 1992, graduou-se em Economia Doméstica pela Fundação Faculdade de Ciências Humanas – FACIBEL.

Em 1993, iniciou o curso de Pós-Graduação (Especialização) em Controle de Qualidade em Alimentos, pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel, conclusão em 1994.

Em 1998, iniciou Pós-graduação (Mestrado) em Controle de Qualidade em Alimentos, com créditos concluídos em 2000 – UFPel.

No ano de 2005, iniciou Pós-graduação (Mestrado) em Ciência de Alimentos com área de concentração em Tecnologia Agroindustrial, linha de pesquisa de pós-colheita de frutas e hortaliças, conclusão em 2007.

Atuou como professora universitária de 1994 a 2000, na Fundação Faculdade de Ciências Humanas de Francisco Beltrão – FACIBEL.

A partir do ano de 2001, professora universitária concursada, pela Universidade Estadual do Oeste de Paraná – UNIOESTE.

Em 2011, inicia o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* Cascavel.

Dedico esta,
assim como as demais conquistas
ao meu esposo, Paulo Roberto Silochi
e aos meus pais,
Eli José Quint e Heloisa Helena Alves Quint

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta as mudanças”.

Charles Darwin

AGRADECIMENTOS

Ao final desta trajetória de estudos gostaria de agradecer a todas as pessoas e instituições que, em diferentes momentos, tiveram uma participação importante na conquista deste doutorado, deixo aqui registrado o meu muito obrigada. No entanto, correndo o risco de omissões, gostaria de agradecer em especial:

A Deus, por todas as oportunidades da vida e por me fazer buscar as melhores atitudes a cada dia;

Ao meu esposo Paulo Roberto, pelo amor e o apoio incondicional, demonstrados em todos os momentos, essencialmente naqueles em que tive que enfrentar a minha ausência;

À professora Silvia Renata Coelho Machado, minha orientadora, pela sabedoria, competência e ensinamentos em todos estes anos de pesquisa;

À minha família, meu pai Eli José, minha mãe Heloisa e meus irmãos que compreenderam a minha ausência em momentos difíceis da vida familiar e que sempre me apoiaram pessoal e profissionalmente;

À Mila minha gata de estimação que sempre esteve por perto nos momentos de concentração, obrigada minha estrela;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola PGEAGRI/UNIOESTE, pela oportunidade e pelos ensinamentos;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Arroz e Feijão, de Santo Antônio de Goiás – GO, e à EMBRAPA de Ponta Grossa – PR, pela valiosa contribuição através do fornecimento dos cultivares de feijão, os quais possibilitaram esta pesquisa;

À pesquisadora Priscila Zaczuk Bassinello, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão da EMBRAPA, unidade de Santo Antônio de Goiás, pela excelente contribuição em todos os momentos da pesquisa;

Ao Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas – LACON, por oportunizar e incentivar a pesquisa, possibilitando a utilização de sua estrutura;

Aos estagiários graduandos do curso de Engenharia Agrícola da Unioeste, *campus* de Cascavel: Daniele Mohr de Oliveira, Carlos Alexandre Wunsch, Diandra Ganascini e Vanessa Cassol;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, por possibilitar a minha qualificação;

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *campus* de Francisco Beltrão pelo uso da sua estrutura nas análises de textura e por sempre me receber de forma tão especial;

Às amigas Naimara Vieira do Prado, Vanderléia Schoeninger, Tábata Zingano Bischoff e Flávia Danieli Rech Cassol pelo apoio, trabalho, ensinamentos e, em especial, pelos momentos que convivemos juntas e por saber que poderei sempre contar com vocês, amigas para sempre.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NUTRICIONAL E METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS

RESUMO

A pesquisa teve por objetivo caracterizar a qualidade tecnológica nutricional, componentes de parede celular e metabólitos secundários de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca armazenados em condições ambientais, correlacionando esses dados com métodos de análise de fácil medição. Os parâmetros tecnológicos analisados foram: teor de umidade dos grãos, percentual de absorção de água, cor, luminosidade (L^*), tempo de cocção, condutividade elétrica, pH, acidez e textura. A qualidade nutricional foi analisada a partir dos teores de proteínas, ferro, manganês, zinco e fósforo, assim como os compostos de interferência no tegumento dos grãos (fibras e lignina), taninos e ácido fítico dos cultivares carioca BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal armazenados em cinco diferentes tempos (0; 60; 90; 135 e 180 dias). Os resultados apontaram: interação para o teor de água, cultivar e tempo de armazenamento, indicando um comportamento diferenciado para esta variável ao longo do tempo de armazenamento; quanto maior o período de armazenamento, mais perceptível foi a diferença de cor entre as amostras em relação ao grão recém-colhido (controle); houve interação entre cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de absorção de água (AA%) que apresentou percentuais acima de 80%, indicando comportamento diferente em função dos fatores (cultivar e tempo); os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal de maneira geral apresentaram aumento no tempo de cocção (TC) a medida que se aumentou o período de armazenamento. Houve diferença estatística para o TC entre cultivar e tempo ao nível de 5% de significância, ou seja, os cultivares se comportaram diferentes de acordo com o tempo de análise; para o parâmetro de condutividade elétrica (CE) ocorreu degradação da parede celular dos grãos, com a liberação de íons minerais conforme se aumentou os dias de armazenamento; obteve-se valores médios próximos da neutralidade para os três genótipos (pH = 6,69) e acidez (9,75%) ao longo do tempo de armazenamento, fator este a ser requerido na qualidade tecnológica, nutricional e microbiológica de grãos de feijão. A medida de dureza dos grãos se apresentou significativamente diferente (p-valor < 0,05), ao nível do cultivar, do tempo e da interação entre eles para a variável de força ($N.grão^{-1}$) aplicada aos grãos crus sem maceração e macerados, com o aumento do grau de dureza ao longo do tempo de armazenamento. O cultivar BRS Pontal apresentou os menores valores em minutos para o tempo de cocção dos grãos e para a medida de dureza. O teor de proteínas não apresentou diferença estatística entre os cultivares para os tempos 60 e 90 dias de armazenamento (p-valor > 0,05). Houve aumento do teor de Fe dos cultivares ao longo do período de armazenamento. Para os teores de fósforo se observou diferenças significativas (p-valor < 0,05) entre os cultivares e o tempo. O teor de taninos na média entre os genótipos para cada tempo de armazenamento foi de $225 mg.100g^{-1}$ aos 60 dias, $288 mg.100g^{-1}$ aos 90 dias, $289 mg.100g^{-1}$ aos 135 dias e $342 mg.100g^{-1}$, indicando elevação deste composto fenólico ao final do período de armazenamento. Para os períodos analisados a variável pH apresentou correlação de -0,89 com a variável tempo (0, 60, 90, 135 e 180 dias de armazenamento), a qual apontou para uma relação inversa com o tempo de armazenamento.

Palavras chave: parâmetros de cor; textura; tempo de cocção; minerais; análise multivariada.

NUTRITIONAL TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION AND SECONDARY METABOLITES IN STORED CARIOCA BEAN CULTIVARS

ABSTRACT

This research aimed at characterizing the nutritional technological quality, cell wall components and secondary metabolites of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of the carioca group stored in environmental conditions, correlating this kind of data with the methods of easy measurement analysis. The technological parameters used were: moisture content of the grains, percentage of water absorption, color, brightness (L^*), cooking time, electrical conductivity, pH, acidity and texture. The nutritional quality was analyzed on the basis of the protein, iron, manganese, zinc and phosphorus content, as well as the interference compounds in the integument of the grains (fibers and lignin), tannins and phytic acid of the BRS Estilo, BRS Madrepérola and BRS Pontal carioca cultivars, stored within five different periods of time (0; 60; 90; 135 and 180 days). The results showed: interaction in the water content, cultivar and storage time, indicating a different behavior for this variable throughout the storage period; the longer the storage period, the more one could notice the difference in color between samples in relation to newly harvested grain (control sample); there was interaction between cultivar and storage time (0, 60, 90, 135 and 180 days) for the water absorption variable (WA%), which presented percentages above 80%, indicating different behavior due to the factors (cultivar and period of time); the BRS Estilo, BRS Madrepérola and BRS Pontal carioca cultivars, in general, showed an increase in cooking time (CT) in so far as the storage period increased too. There was a statistically significant difference for the CT between cultivar and period of time at a significance level of 5 %, i.e. , the cultivars behaved differently according to the period of analysis; as for the electrical conductivity parameter (CE) there was grain cell wall degradation, with the release of mineral ions in so far as the number of storage days increased too; one could observe average values near neutrality for the three genotypes (pH = 6.69) and acidity (9.75 %) during the storage time, a factor required in the technological, nutritional and microbiological quality of beans. The hardness measurement of the grains was significantly different (p -value < 0.05) on the basis of the cultivar, the time and the interaction between each other for the strength variable (N . grain⁻¹) applied to raw beans without maceration and the ones macerated, with the increase of the hardness degree throughout the storage period. The cultivar BRS Pontal presented lower values in minutes for the cooking of time of the beans and for the hardness measurement. The protein content did not show any statistical difference between cultivars for the 60- and 90-day storage period (p -value > 0.05). There was an increase in the content of Iron of the cultivars throughout the storage period. As for the levels of phosphorus one could observe significant differences (p -value < 0.05) between the cultivars and the time. The tannin content on average between the genotypes for each storage period was 225 mg.100g⁻¹ in 60 days, 288 mg.100g⁻¹ in 90 days, 289 mg.100g⁻¹ in 135 days and 342 mg.100g⁻¹, indicating an increase of this phenolic compound at the end of the storage period. In the analyzed periods, the pH variable showed a correlation of -0.89 with the time variable (0, 60, 90, 135 and 180 days of storage), which indicated an inverse relation with the storage time.

Key-words: color parameters; texture; cooking time; minerals; multivariate analysis.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 Geral.....	4
2.2 Específicos.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Definição, estrutura e origem do feijoeiro comum.....	5
3.2 Estatísticas agrícolas, épocas de semeadura, produção e consumo <i>per capita</i> do feijão comum.....	6
3.3 Características do feijão.....	8
3.3.1 BRS Estilo.....	9
3.3.2 BRS Pontal	9
3.3.3 BRS MG Madrepérola	9
3.4 Armazenamento do feijão	10
3.5 Parâmetros de qualidade tecnológica	13
3.5.1 Cor em grãos de feijão	13
3.5.2 Teor de água.....	17
3.5.3 Condutividade elétrica.....	19
3.5.4 pH e acidez em grãos de feijão	19
3.5.5 Absorção de água	21
3.5.6 Cocção de feijões.....	22
3.5.7 Propriedades mecânicas em grãos de feijão.....	25
3.6 Caracterização química, valor nutricional e alterações em cultivares de feijão.....	27
3.6.1 Proteínas.....	28
3.6.2 Minerais	30
3.6.3 Fibras e lignina.....	32
3.6.4 Metabólitos secundários.....	35

4	MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1	Local da realização da pesquisa	39
4.2	Amostras.....	39
4.2.1	Armazenamento.....	39
4.3	Análises tecnológicas dos grãos	40
4.3.1	Teor de água.....	40
4.3.2	Parâmetros de cor do tegumento	40
4.3.3	Absorção de água e tempo de cocção de grãos de feijão	41
4.3.4	Condutividade elétrica dos grãos de feijão	43
4.3.5	Potencial hidrogeniônico dos grãos de feijão	43
4.3.6	Acidez dos grãos de feijão	44
4.3.7	Propriedades mecânicas dos grãos de feijão	44
4.4	Análises químicas dos grãos de feijão	46
4.4.1	Proteínas.....	46
4.4.2	Determinações de minerais: ferro, manganês e zinco	47
4.4.3	Fibras e lignina.....	47
4.4.4	Metabólitos secundários (ácido fítico e taninos)	48
4.5	Análise estatística	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	Caracterização física de cultivares de feijão carioca recém-colhidos e armazenados	51
5.1.1	Teor de água.....	52
5.1.2	Parâmetros de cor.....	53
5.1.3	Absorção de água	60
5.1.4	Tempo de cocção.....	62
5.1.5	Condutividade elétrica.....	65
5.1.6	pH e acidez	66
5.1.7	Propriedades mecânicas.....	69
5.2	Caracterização química dos genótipos de feijão carioca recém-colhidos e armazenados	71
5.2.1	Proteínas.....	73
5.2.2	Minerais: ferro, manganês, zinco e fósforo.....	74
5.2.3	Fibras e Lignina.....	76
5.2.4	Metabólitos secundários: taninos e ácido fítico	79
5.3	Análise multivariada dos parâmetros tecnológicos e químicos em cultivares de feijão carioca armazenados	81
5.3.1	Correlação do potencial hidrogeniônico – pH x cultivar	81

5.3.2	Correlação do potencial hidrogeniônico – pH x tempo de armazenamento	82
5.3.3	Condutividade elétrica x cultivar	84
5.3.4	Condutividade elétrica x tempo de armazenamento	85
5.3.5	Análise de agrupamento	88
6	CONCLUSÕES.....	90
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
	REFERÊNCIAS.....	93
	APÊNDICES.....	107
APÊNDICE A	Curva de calibração do ácido fítico.....	108
APÊNDICE B	Curvas de calibração dos minerais (Fe, Mn, Zn e P).....	109
APÊNDICE C	Correlações da análise multivariada nos tempo zero a 180 dias	112
APÊNDICE D	Correlações da análise multivariada dos cultivares	117
APÊNDICE E	Análise de variância (anova) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento para as variáveis analisadas	120
	ANEXOS	127
ANEXO A	DADOS DO CLIMA – SIMEPAR (PR).....	128
ANEXO B	O CULTIVO DE FEIJÃO EM PONTA GROSSA - PR	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados médios da caracterização da qualidade tecnológica dos cultivares de feijão carioca recém-colhidos (controle) em suas respectivas unidades de medida.....	51
Tabela 2	Valores médios do teor de água umidade (%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias.....	53
Tabela 3	Valores médios de cromaticidade a^* , cromaticidade b^* e ângulo de coloração H^0 , para os fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias	56
Tabela 4	Diferenças dos parâmetros de cor (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , Δe^*) dos cultivares BRS Estilo (E); BRS Madrepérola (M); BRS Pontal (P) nos seus respectivos períodos de armazenamento (60, 90, 135, 180 dias)	59
Tabela 5	Percentuais médios entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135, 180 dias) para a variável de absorção de água.....	61
Tabela 6	Valores médios de absorção de água (AA%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias.....	62
Tabela 7	Valores médios do tempo de cocção dos grãos de feijão em minutos para os fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias	63
Tabela 8	Valores médios de condutividade elétrica dos grãos de feijão em $\mu S.cm^{-1}$ entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180) em dias .	65
Tabela 9	Valores médios das análises de potencial hidrogeniônico (pH) e acidez dos genótipos BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal em cada do tempo de armazenamento inicial (controle) 60, 90, 135 e 180 dias	67
Tabela 10	Resultados médios das análises de textura em Newton ($N.grão^{-1}$) dos cultivares BRS Estilo (BRS E), BRS Madrepérola (BRS M) e BRS Pontal (BRS P) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135, 180) em dias	69
Tabela 11	Estatística descritiva dos teores médios de proteínas, minerais (Ferro, Manganês, Zinco e Fósforo), fibras (FDN e FDA), Lignina (LDA), ácido fítico e taninos avaliados em cultivares de feijão carioca (controle).....	72

Tabela 12	Teores médios de proteínas (%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias.....	73
Tabela 13	Médias para os teores de quatro minerais (Fe, Mn, Zn, P) avaliados em grãos crus de feijão nos cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal para os tempos de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias).....	75
Tabela 14	Conteúdo em porcentagem de componentes estruturais da parede celular quantificados em relação à fibra total (FT) nos cultivares de feijão carioca armazenados.....	78
Tabela 15	Resultados médios da estatística descritiva para a determinação de taninos (mg.kg^{-1}) e ácido fítico ($\mu\text{g.}\mu\text{g}^{-1}$) nos cultivares de feijão carioca armazenados.	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema para medição de cores CIELAB 1976, L* (claro-escuro), a* (verde-vermelho) e b* (azul-amarelo).....	14
Figura 2	Geometria do modelo de cor CIELAB 1976, L* (claro-escuro), h* (ângulo de coloração), C* (índice de croma), a* (verde-vermelho), b* (azul-amarelo).	15
Figura 3	Configuração química da molécula de lignina.....	34
Figura 4	Configuração química da molécula de ácido fítico.....	37
Figura 5	Cozedor de Mattson utilizado na pesquisa para medir o tempo de cocção de grãos de feijão.....	43
Figura 6	Texturômetro com corpo de prova tipo agulha, utilizado na pesquisa para avaliar a textura dos grãos de feijão.....	45
Figura 7	Gráfico da comparação de médias para luminosidade L*: (a) em cada genótipo (BRS Estilo (E), BRS Madrepérola (M) e BRS Pontal (P) e (b) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias).....	55
Figura 8	Gráfico de comparação de médias para C*: (a) entre os genótipos BRS Estilo (E); BRS Madrepérola (M) e BRS Pontal (P); (b) ao longo do tempo: controle, 60, 90, 135 e 180 dias.	58
Figura 9	Gráfico de comparação múltipla de médias para o percentual de acidez ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias).....	68
Figura 10	Gráfico de correlação do pH dos grãos com a variável tempo de armazenamento.....	83
Figura 11	Gráfico de correlação da condutividade elétrica ($\mu\text{.cm}^{-1}$) com a variável tempo de armazenamento.....	86
Figura 12	Dendograma de <i>cluster</i> do comportamento referente aos parâmetros tecnológicos analisados nos genótipos de feijão carioca (Estilo = E, Madrepérola = M, Pontal = P), grãos controle e seus respectivos tempos de armazenamento (0, 60, 90,135 e 180 dias).....	88
Figura 13	Dendograma de <i>cluster</i> do comportamento referente aos parâmetros nutricionais analisados nos cultivares de feijão carioca (Estilo = E, Madrepérola = M, Pontal = P), grãos controle e seus respectivos tempos de armazenamento (0,60,90,135 e 180 dias).....	89

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) está entre os alimentos mais importantes da dieta brasileira, por ser, reconhecidamente, uma excelente fonte de nutrientes essenciais, com significativos teores de proteínas, carboidratos (principalmente amido), fibras, vitaminas e minerais (BORÉM; CARNEIRO, 2011). Para garantir e preservar as suas qualidades nutricionais é condição primária e essencial salvaguardar a qualidade tecnológica dos grãos de feijão, leguminosa que representa o alimento básico da população brasileira, tanto de áreas rurais quanto urbanas (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

O Brasil ocupa o primeiro e o terceiro lugar no consumo e produção mundial de feijão comum, respectivamente. Entre os diversos grupos comerciais, merecem destaque os grãos do grupo carioca que são os preferidos e representam cerca de 70% do mercado consumidor nacional. Por consequência, recebem maior atenção dos programas de melhoramento genético nos quais as características relacionadas à composição química (em função das condições de armazenamento a que são submetidos no país), como teor de fibras, minerais e metabólitos secundários vêm ganhando importância nas pesquisas por serem determinantes da qualidade nutricional dessas leguminosas.

Cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical o feijão assume enorme importância na alimentação humana, especialmente por representar um substituto alimentar de baixo custo em relação à proteína de origem animal, quando combinado com cereais, na qual o arroz é o seu principal representante devido possuir a capacidade de potencializar o valor nutricional das proteínas presentes no grão, por se completar em aminoácidos essenciais ao organismo (MESQUITA *et al.*, 2007; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

A qualidade dos grãos de feijão é determinada por dois fatores: primeiro, por suas características tecnológicas que determinam a aceitabilidade e o consumo por parte dos consumidores e pelo seu valor nutritivo. As características tecnológicas incluem grande variedade de atributos físicos, tais como o tamanho do grão, a forma, a cor, a aparência, a estabilidade nas condições de armazenamento e as propriedades de cocção relacionadas ao tempo de cozimento dos grãos, sua textura e sabor (REYES-MORENO, PAREDES-LÓPEZ, 1993).

A qualidade culinária ou tecnológica envolve especialmente a sua capacidade de rápida hidratação, a qual contribui para um reduzido tempo de cocção, caldo espesso, bom sabor e textura, além de grãos moderadamente rachados, casca delgada e boa estabilidade de cor (BASSINELLO, 2014). Porém, o armazenamento sob elevada temperatura (30-40 °C)

e umidade relativa (> 75%), condições comuns em países tropicais como o Brasil, contribuem para a perda gradual da qualidade tecnológica e nutricional (NASAR-ABBAS *et al.*, 2008, TOLEDO *et al.* 2009).

Dependendo da variedade a cor do tegumento do grão é um atributo de grande influência no momento da aquisição pelo consumidor final, como por exemplo, o cultivar carioca, que possui cor bege claro com rajas marrom, sendo o seu escurecimento indicativo de maior tempo de armazenamento, o que contribui para o aumento do tempo de cocção.

As variedades coloridas, como os feijões amarelos, rosados, vermelhos e pretos têm tegumento rico em antocianinas e outros compostos fenólicos que conferem aos grãos propriedades antioxidantes (MCGEE, 2014), que estão associadas a qualidade nutricional desejável pelos consumidores.

Além destes compostos o feijão comum é fonte de minerais, em especial ferro, zinco e certas vitaminas, razão pela qual tem importância econômica, nutricional e social para os países em desenvolvimento (BROUGHTON *et al.*, 2003).

A avaliação de genótipos e ou cultivares de feijão em diferentes locais de produção, anos e épocas de semeadura é essencial no Brasil, devido à diversidade ambiental em que são cultivados (LEMOS *et al.*, 2004; CARBONELL *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2009), pois estes fatores influenciam sobremaneira na qualidade dos grãos.

Essa variabilidade tem importância notável para dietas baseadas em tabelas de composição química de alimentos, que normalmente não apresentam valores específicos para diferentes cultivares de feijão, nem suas possíveis mudanças no curso dos anos de colheita. Além disso, grãos de feijão de melhor qualidade nutricional e com características específicas poderiam ser fornecidos para populações em todo o mundo e, assim, atender às suas necessidades de consumo (PROLLA *et al.*, 2010).

A qualidade tecnológica e nutricional de diferentes cultivares de feijão, armazenados sob condições ambientais, tem sido pouco estudada, sendo importante avaliar o efeito deste fator (cultivar) ao longo do armazenamento em condições ambientais sobre as propriedades físicas, tecnológicas e nutricionais.

Outro fator de relevância referente à qualidade de grãos de feijão diz respeito às suas características químicas, como a presença de compostos antinutricionais, o que pode comprometer sobremaneira a eficiência com que nutrientes essenciais são absorvidos pelo organismo.

Dentre os compostos presentes no feijão que interferem negativamente na absorção de nutrientes está ácido fítico, presente em muitos cereais encontra-se na forma de fitato como sais de potássio e magnésio e que devido a sua capacidade de formar complexos solúveis com minerais essenciais, como o cálcio, zinco, magnésio e também com as proteínas é considerado um composto antinutricional, pois reduz a biodisponibilidade destes nutrientes.

Sob o ponto de vista dos consumidores, os aspectos relacionados às características físicas dos grãos, como cor, tamanho, forma e qualidade culinária que envolve a rápida hidratação, baixo tempo de cozimento, caldo espesso, sabor e textura são os mais requeridos. Porém, o armazenamento inadequado leva à alterações indesejáveis do produto final.

A presente proposta tem como finalidade a caracterização dos efeitos do armazenamento de três cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca, em sua forma crua e apontar a relação com os parâmetros de qualidade tecnológica envolvidos com o escurecimento e endurecimento dos grãos (cor, textura, fibras e lignina), a composição química (proteínas, ferro, manganês, zinco e fósforo) e a presença de metabólitos secundários (ácido fítico e taninos).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Caracterizar a qualidade tecnológica, nutricional, componentes de parede celular e metabólitos secundários de grãos de feijão do grupo carioca armazenados em condições ambientais, correlacionando esses dados com métodos de análise de fácil medição.

2.2 Específicos

- Analisar em diferentes cultivares de feijão carioca, o efeito das condições de armazenamento, em tempos definidos, sobre o percentual de umidade, os parâmetros de cor: índice de luminosidade - L^* , cromaticidade a^* e b^* e croma - C^* , que expressam a intensidade de cor e o ângulo de coloração Hue - H^* ;

- Verificar o percentual de absorção de água, tempo de cocção; valores de pH e acidez dos grãos;

- Investigar o efeito em diferentes cultivares de feijão, em seus respectivos tempos de armazenamento, sobre o grau de danificação do grão através do teste de condutividade elétrica;

- Comparar as alterações na dureza instrumental de grãos de diferentes cultivares armazenados em condições ambientais ao longo do tempo;

- Analisar o teor de proteínas presentes em genótipos de feijão carioca cru, armazenado em condições ambientais;

- Caracterizar o teor de minerais: ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e fósforo (P) em grãos de diferentes cultivares de feijão carioca cru, armazenados em condições ambientais;

- Verificar os teores de fibras e lignina em grãos de diferentes cultivares de feijão carioca cru, armazenados em condições ambientais;

- Correlacionar parâmetros de fácil medição com características tecnológicas e nutricionais dos grãos de feijão armazenados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definição, estrutura e origem do feijoeiro comum

O feijão é cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical e assume enorme importância na alimentação humana, fundamentalmente por ser um alimento rico em nutrientes essenciais como proteínas, carboidratos e minerais.

A espécie mais importante do gênero *Phaseolus* é a *P. vulgaris* ou feijão comum. Seu ancestral era natural do sudoeste do México e a América Latina ainda responde pelo maior consumo deste grão no mundo. Nativo das Américas, o feijão desenvolveu-se em centenas de variedades, com diferentes tamanhos, formatos, cores, graus de brilho e sabores (MCGEE, 2014).

Segundo a espécie a que pertence, o feijão é classificado em dois grupos: grupo I, feijão comum proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L.; grupo II, feijão-caupi (Feijão-de-corda ou feijão-macassar), quando proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp, conforme estabelecido pela Instrução Normativa Nº 12/ 2008, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2008).

Esta mesma Instrução também classifica o feijão em relação à coloração da película, e os dois grupos são classificados em quatro classes distintas: branco com 97% de grãos de coloração branca; preto com 97% de grãos de coloração preta; cores constituído de 97% de grãos coloridos, admitindo-se até 10% de outros cultivares da classe cores, contrastes na cor ou no tamanho dos grãos. O feijão misturado é o produto que não atende às especificações de nenhuma das classes anteriores.

No mercado brasileiro, essa diversidade é bem evidente, sendo cultivados feijões dos tipos preto, carioca, roxo, mulatinho, rosinha, vermelho, entre outros. Embora exista preferência regional por determinada coloração do tegumento dos grãos, feijões do grupo carioca são os mais cultivados e consumidos no Brasil (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Ainda que ocorram diferenças quanto à cor dos grãos de feijão consumidos no Brasil, a preferência prevalece sobre o grão do tipo carioca. Este tipo de feijão foi identificado por um produtor, na cidade de Palmital, no Estado de São Paulo e posteriormente enviado ao Instituto Agrônomo - IAC, onde foi submetido a estudos e avaliações, sendo recomendado como cultivar em 1969 (ALMEIDA; LEITÃO FILHO; MIYASAKA, 1971), consolidando-se como cultivar comercial somente após 1975 (RAMALHO, ABREU, 2006).

A preferência nacional de consumo pelo grão do tipo carioca é de, aproximadamente, 79% (EMBRAPA, 2009), fator que tem submetido os programas de melhoramento a pesquisar grãos os mais claros possíveis, denominados tipo “leite”, sobretudo aqueles cuja cor clara se mantenha pelo maior tempo possível, uma vez que, durante o envelhecimento, os grãos escurecem e são identificados como grãos velhos e de difícil cocção (LOPES, 2011).

O consumo de feijão está diretamente voltado a aspectos sensoriais e nutricionais dos grãos, nos quais a cor é determinante na escolha do consumidor, dependendo da região, o tamanho e a qualidade culinária, como a rápida hidratação, o reduzido tempo de cocção, caldo espesso, sabor e textura macia são características de qualidade requeridas.

Segundo Vieira, Paula-Júnior e Borém (2011), há uma grande diversidade de feijões relacionada à coloração dos grãos. A preferência por determinada classe (vermelho, preto, carioca) varia conforme a região produtora - Minas Gerais (Zona da mata). Na região da Parnaíba e Triângulo Mineiro há também preferências pelos feijões roxos e amarelos, sendo o tipo carioca o que ocupa a maior parcela do mercado consumidor.

As variedades coloridas, de cor creme com rajadas marrom (carioca), preto e vermelho entre outros, têm um tegumento rico em antocianinas e outros compostos fenólicos, o que lhes confere propriedades antioxidantes, contêm também quantidades significativas de proteínas (16 a 23%) e carboidratos (60 a 65%), sendo o amido o principal carboidrato armazenado, além destes compostos o teor de água é de, aproximadamente, 14% e 2% de óleo (MCGEE, 2014).

O grão de feijão é constituído em sua estrutura externa do tegumento, e internamente do embrião que é composto por dois cotilédones e pelo eixo embrionário (DEBOUCK; HIDALGO, 1986; SATHE; VENKATACHALAM, 2004).

3.2 Estatísticas agrícolas, épocas de semeadura, produção e consumo *per capita* do feijão comum

O Brasil, na safra anual de 2012/2013 perdeu espaço para os países asiáticos, deixando de ser o principal produtor mundial de feijão e passou a ocupar o ranking de terceiro maior produtor com uma produção de 2,8 milhões de toneladas, ficando atrás de Myanmar (3,7 milhões de toneladas) e Índia com 3,6 milhões de toneladas (FAO, 2013).

Estudo realizado por Wander (2007) apontou que, nos últimos vinte anos, a cultura do feijão comum no Brasil passou por intensas modificações, destacando-se o aumento de produtividade, principalmente na terceira safra, e a concentração da produção em regiões

mais favorecidas, culminando num processo de polarização da produção de feijão em quatro regiões: Paraná e sul de São Paulo; entorno do Distrito Federal e na Bahia.

Os principais estados produtores do grão têm sido o Paraná, que na safra de 2013/2014 produziu 430 mil toneladas (19,2%); Ceará com 220 mil toneladas; Minas Gerais com 220 mil toneladas; Bahia com 180 mil toneladas; São Paulo e Goiás com, aproximadamente, 130 mil toneladas (IBGE, 2014).

Levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) no ano de 2013/2014 apontou para um total de área plantada de feijão comum na safra 2013/2014 em torno de 3.350,4 mil hectares. Na safra 2014/2015, há uma provável redução dessa área para 3.197,1 mil hectares, conforme estimativa apresentada em dezembro de 2014 (CONAB, 2014, IBGE, 2014).

Segundo dados da FAO (2013), o Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de feijão, sendo o maior consumidor mundial do grão, com um consumo *per capita*, em 2011, de 19 Kg/ano. Em 2013, o consumo nacional foi de 3,5 milhões de toneladas e o país colheu 2,8 milhões de toneladas, tendo, portanto, que importar o grão (BRASIL, 2012; FAO, 2013).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em pesquisa sobre o consumo alimentar médio *per capita* (em gramas) da população brasileira apontou o feijão como o segundo alimento mais ingerido no país, com um consumo diário médio de 182,9 g (IBGE, 2012).

Existem três regiões superavitárias na oferta de feijão no Brasil: a primeira no Sul, formada pelos Estados do Paraná e Santa Catarina; a segunda no Brasil Central, pelos Estados de Rondônia, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso; e a terceira no Nordeste, constituída pelos Estados do Piauí, Ceará e Paraíba. Na primeira é produzido o feijão comum; na segunda, o feijão comum e o caupi no Nordeste e Norte; na terceira, o feijão comum irrigado. Por outro lado, há duas regiões deficitárias em feijão comum: uma no Rio Grande do Sul e a outra no Centro-Sul (Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo).

A denominação utilizada para a época da semeadura do feijão é determinada pela condição climática esperada no momento da colheita, ou seja, denomina-se “época das águas”, porque existe elevada probabilidade da colheita coincidir com período chuvoso (agosto a novembro), nos estados do centro-sul e na região de Irecê na Bahia. Denominada “época da seca” (dezembro a março), em praticamente todos os municípios do país, e época de inverno ou “terceira época” (abril a setembro), concentrada no Centro-Oeste e Nordeste do país (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2007; OLIVEIRA, 2010).

O aumento da produtividade do feijoeiro está diretamente relacionado com os fatores ambientais e também com os cultivares, ou seja, altas produtividades serão possíveis se a

escolha criteriosa do cultivar estiver associada ao uso adequado das diversas práticas de manejo.

3.3 Características do feijão

O feijão é um produto que perde rapidamente o seu valor comercial, especialmente pela redução da capacidade de reidratação e consequente aumento do tempo de cocção e escurecimento do tegumento (RIBEIRO *et al.*, 2007) problemas que afetam diretamente o seu consumo.

Em relação ao consumo, o feijão é definido conforme os aspectos sensoriais do grão, como cor, tamanho, forma e qualidade culinária como: rápida hidratação, reduzido tempo de cocção, caldo espesso, bom sabor e textura, grãos moderadamente rachados, casca delgada e boa estabilidade de cor (BASSINELLO, 2008).

O interesse é pelo desenvolvimento de genótipos de feijão com qualidade tecnológica superior, que preservem a cor característica durante todo o período de armazenamento como, por exemplo, a cor original do grão carioca, associado a um percentual adequado de absorção de água pelo tegumento e, por consequência, um rápido tempo de cocção, com a preservação qualidade nutricional.

A qualidade nutricional e tecnológica é determinada pelo genótipo e influenciada por fatores ambientais que ocorrem nos períodos de crescimento da planta e desenvolvimento da semente (MORAIS *et al.*, 2010).

O feijão carioca possui cor creme com rajas marrons e o peso de 100 grãos varia de 23 a 25 g. Nos últimos anos, os programas de melhoramento obtiveram inúmeros cultivares com esse tipo de grão, a maioria com vantagens em termos de produtividade e resistência às doenças, quando comparados ao cultivar carioca original (VIEIRA; PAULA-JÚNIOR; BORÉM, 2011).

Para esses mesmos autores, a cor creme do feijão carioca representa sua principal característica, pois é a cor de fundo mais predominante e com o tempo de armazenamento ela escurece, favorecendo a rejeição, tanto pelos produtores como pelos consumidores, tendo em vista que este fator está associado a grão velho, de difícil cocção.

O conhecimento das características de qualidade tecnológica e industrial, assim como a resistência a doenças, arquitetura e acamamento são parâmetros importantes na escolha de cultivares do tipo carioca, avaliadas neste estudo (BRS Estilo; BRS Pontal e BRS MG Madrepérola), que têm produção indicada em diferentes estados brasileiros em diferentes épocas do ano.

3.3.1 BRS Estilo

O BRS Estilo é um cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura da planta ereta, associada a alto potencial produtivo, com estabilidade de produção. Possui uniformidade de coloração (cor clara) e de tamanho dos grãos, com massa média de 100 grãos de 26 gramas e tempo de cocção de, aproximadamente, 26 minutos. Apresenta resistência a doenças, como ao mosaico-comum e aos patótipos 23, 55, 71, 89, 89 – AS, 95, 127 e 453 de *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose (EMBRAPA, 2009).

Esse cultivar possui ciclo normal de 85-95 dias, com produtividade perto de 4.011 Kg/ha, com produção nas três safras do ano, sendo nos estados de: 1ª safra – DF, ES, GO, MG, PE, PR, RS, SC, SE e SP; 2ª safra – DF, ES, GO, MG, MS, MT, PR, RO e SC; 3ª safra – DF, GO, MG, MT, TO.

3.3.2 BRS Pontal

O BRS Pontal é um cultivar de grão tipo comercial carioca, apresenta porte de planta semiprostrado na maioria dos sistemas de produção, possui uniformidade de coloração de grãos, com massa média de 100 grãos de 26,1 gramas e excelentes qualidades culinárias, com tempo de cocção (26 min.) sendo similar ao cultivar Estilo. Sob inoculação artificial é resistente ao mosaico-comum e apresenta reações resistente, intermediária e suscetível a, respectivamente, 11, 6 e 7 patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*. Demonstra reação intermediária à ferrugem e ao crestamento-bacteriano-comum, é suscetível à mancha angular e ao mosaico dourado (EMBRAPA, 2006).

Possui ciclo normal, com produtividade perto de 4.271 kg/ha, com produção nas três safras do ano, sendo nos estados de: 1ª safra - AL, BA, DF, ES, GO, MG, PE, PR, RS, SC, SE e SP; 2ª safra – DF, ES, GO, MG, MS, PR, RO, SC e SP; 3ª safra – DF, GO, MG, MT, SP e TO (EMBRAPA, 2014).

3.3.3 BRS MG Madrepérola

O BRS MG Madrepérola é um cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura da planta prostrada. Apresenta massa média de 100 grãos de 24,5 gramas. A reação a doenças como: antracnose é intermediária; é suscetível ao crestamento-bacteriano, apresenta resistência apenas ao mosaico-comum.

A sua característica culinária referente ao tempo de cocção está entre 26-32 min. (EPAMIG, 2012).

Possui ciclo semiprecoce, com potencial produtivo menor (3.870 Kg/ha) que a BRS Estilo e BRS Pontal. O estado brasileiro mais indicado ao plantio desse cultivar é o de Minas Gerais, com produção nas três safras anuais (EPAMIG, 2012).

3.4 Armazenamento do feijão

A qualidade final do feijão é influenciada pelas condições iniciais e de armazenagem dos grãos. Os cuidados devem vir desde a lavoura até a comercialização. Providências contra danos mecânicos, ataques de insetos, reumedecimento e germinação na vagem são essenciais e incluem a pré-secagem do produto ainda na rama, assim como a limpeza dos equipamentos de trilha, transporte e o local de armazenamento (VIEIRA; PAULA-JÚNIOR; BORÉM, 2011).

O armazenamento do feijão é feito, geralmente, em alta temperatura (30 a 40 °C) e umidade do ambiente ou UR (>75%), condições comuns em países tropicais como o Brasil, apresentando perda gradual da qualidade nutricional e sensorial (NASAR-ABBAS *et al.*, 2008).

Durante o período de armazenamento compostos presentes no tegumento podem sofrer oxidação ou outras mudanças químicas que levam a novos compostos e alteram a cor dos grãos entre outras características tecnológicas e químicas (Martin-Cabrejas *et al.* 1997). O feijão do grupo carioca, por exemplo, ao longo do armazenamento altera a sua coloração bege claro para bege escuro, sofrendo um escurecimento do tegumento, que pode contribuir sobremaneira para o endurecimento do grão.

A utilização adequada de técnicas de armazenamento pode contribuir para prolongar a conservação da qualidade dos grãos. Neste sentido, os programas de melhoramento que visam à introdução de novos genótipos devem considerar na seleção, grãos com características culinárias adequadas aos consumidores, incluindo a preservação da cor e a cocção rápida (MORAIS *et al.*, 2010).

O pós escurecimento do tegumento do grão carioca armazenado é um dos principais problemas tecnológicos a ser enfrentado. As causas exatas deste pós-escurecimento não são bem conhecidas, mas elas parecem ter em conta uma combinação de ambiente, genética e alterações químicas que ocorrem dentro do tegumento. O escurecimento do tegumento do grão de feijão é acelerado pela exposição à luz, alta temperatura e umidade durante o período de armazenamento (MARTIN-CABREJAS *et al.*, 1997).

No período da armazenagem dos grãos, ocorre a deterioração do produto, que é gradativa, irreversível e cumulativa. A velocidade de deterioração depende das condições ambientais e dos próprios componentes químicos e físicos dos grãos no momento inicial da

estocagem. Essa perda de qualidade caracteriza-se por mudanças no sabor, escurecimento do tegumento dos grãos em alguns cultivares e o aumento no grau de dureza, com elevação do tempo de cocção (RIBEIRO *et al.*, 2007).

O período de armazenamento provoca mudanças fisiológicas, principalmente nos cotilédones. Um dos principais efeitos destas alterações é o *hard-to-cook* - HTC, resultado de mudanças físicas e químicas que ocorrem nos cotilédones e a níveis intercelulares, durante o armazenamento. Esse fenômeno provoca o aumento da estabilidade da lamela média (KIGEL, 1999), ou seja, mudanças na estrutura celular com a organização dos polissacarídeos de parede e podem ser considerados os principais fatores associados ao HTC (SHIGA; LAJOLO; FILISETTI, 2004).

O HTC contribui para dificultar a absorção de água pelos grãos e aumentar o tempo de cocção do produto. Outro fenômeno relacionado ao aumento no tempo de cocção dos grãos é o desenvolvimento de uma casca dura *hardshell*, provocada também durante o período de armazenamento (BERTOLDO *et al.*, 2009).

Coelho *et al.* (2009), em estudo sobre as alterações no tempo de cocção e dureza dos grãos de feijão armazenados e submetidos ao envelhecimento natural (condições ambientais) e envelhecimento acelerado, inferiram que tanto o envelhecimento acelerado quanto o natural das variedades preto e carioca provocaram maior dureza e aumento no tempo de cozimento. Os grãos apresentaram o defeito HTC “difícil de cozinhar”, sendo a variedade carioca a mais susceptível ao fenômeno.

O armazenamento influencia sobremaneira a qualidade culinária do feijão, sendo sua consequência direta. Há perda de qualidade, manifestada pelo aumento do grau de dureza do grão, acréscimo do tempo de cocção com mudanças no sabor, na cor de determinados cultivares e perda da qualidade nutricional (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003; COELHO *et al.*, 2009).

O defeito HTC é um dos principais problemas relacionados à aceitabilidade de grãos do gênero *Phaseolus* pelo mercado consumidor. O armazenamento prolongado com altas temperaturas e umidade relativa (UR) acelera o aparecimento do defeito, que leva ao endurecimento dos grãos, contribuindo para expressiva perda pós-colheita (JACKSON, VARRIANO-MARSTON, 1981; GARCIA, LAJOLO, 1999).

Em outro estudo, sobre os efeitos de diferentes condições de tempo e temperatura de armazenamento com dois genótipos de feijão e a relação com o tempo de cocção, Morais *et al.* (2012) concluíram que: genótipos de tegumento preto e carioca tiveram comportamento semelhante para o tempo de cocção; o tempo de cocção de grãos de feijão armazenados em condições de câmara fria não aumentou com o decorrer do período de armazenamento e o tempo de cocção aumentou com o tempo de armazenamento em temperatura ambiente, sendo menor com os grãos armazenados em condições herméticas.

Outros fatores também podem contribuir para comprometer a qualidade dos feijões: o clima, as práticas de cultivo e o beneficiamento pós-colheita que induzem à interação entre genótipo e ambiente (SCHOLZ; FONSECA JÚNIOR, 1999a, 1999b, CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003, DALLA CORTE *et al.*, 2003, LEMOS *et al.*, 2004, RODRIGUES *et al.*, 2005, RIBEIRO *et al.*, 2007, SILVA; NOGUEIRA; ROBERTO, 2011).

A temperatura, por exemplo, é um dos fatores físicos mais relevantes na conservação dos grãos armazenados, pois a maioria das reações químicas acontecem sob condições de temperatura elevada. Destaca-se ainda que a baixa temperatura reduz a atividade de água e inibe o desenvolvimento de micro-organismos e de insetos nos grãos de feijão (BRAGANTINE, 2005).

O processo de resfriamento de grãos no período de armazenagem é uma técnica eficaz e econômica na manutenção da qualidade, pois diminui a atividade da água e reduz a taxa respiratória dos grãos, retardando o desenvolvimento de insetos e da microflora presente, independentemente das condições climáticas da região (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009).

Em estudo sobre a influência do período e das condições de armazenamento de diferentes genótipos de feijão, sobre o tempo de cocção, Morais *et al.* (2010) apontaram para a importância da utilização de baixas temperaturas no armazenamento de feijões, pois os grãos armazenados em ambiente controlado de câmara fria, com temperatura e umidade baixas e diferentes tipos de embalagem (polietileno e papel) mantiveram sua qualidade fisiológica e tecnológica preservadas, mantendo-se o tempo de cocção e as características por até 360 dias.

No entanto, os mesmos genótipos submetidos a condições de armazenagem sob temperatura ambiente sofreram influência no tempo de cocção que aumentou conforme o aumento do período de armazenamento. Assim, confirma-se que a utilização de técnicas de armazenamento adequadas prolonga a qualidade dos grãos de feijão (MORAIS *et al.*, 2010).

Um armazenamento seguro com a preservação da aparência natural do grão e da sua qualidade como alimento ou viabilidade como semente, o feijão deve ser seco (VIEIRA; PAULA-JÚNIOR; BORÉM, 2011). O feijão do tipo carioca apresenta redução de mais de 50% do valor comercial após três meses de colheita devido ao seu escurecimento. Portanto, o seu armazenamento acima deste período não é recomendado (OLIVEIRA, 2009).

O feijão do grupo carioca é fortemente afetado pela perda de qualidade durante o período de armazenamento. O conhecimento e a utilização de técnicas adequadas nesta etapa é o fator principal que pode contribuir para manter as suas características naturais e, por consequência direta, aumentar o seu consumo.

As determinações de peso seco e/ou peso volumétrico, composição química, umidade, temperatura dos grãos, contaminação microbiológica, presença e ataque de insetos, características higrométricas do ar, teor de micotoxinas, valor nutricional, e

avaliação sensorial dos grãos armazenados constituem importantes parâmetros no controle da conservabilidade do grão, durante o armazenamento.

3.5 Parâmetros de qualidade tecnológica

3.5.1 Cor em grãos de feijão

A cor, o aroma, a textura e o valor nutritivo dos alimentos determinam a aquisição e consumo de alimentos, pois influenciam a preferência do consumidor. Dentre estes, destaca-se a cor por sua importância na avaliação sensorial do consumidor.

As características de cor, tamanho e o brilho do grão de feijão podem determinar o seu consumo. Alguns consumidores demonstram preferência por grãos menores e opacos, outros desejam grãos maiores que apresentem brilho. A preferência do consumidor determina a seleção e a obtenção de novos cultivares, exigindo destas não apenas boas características agrônômicas, mas também aspectos de cor que agreguem valor econômico no varejo (EMBRAPA, 2003).

MacDougall (1984) descreveu métodos para avaliar a cor e a aparência dos alimentos. Os pigmentos naturais presentes nos alimentos conferem as características de cor e são destruídos durante a armazenagem por oxidação, pelo processamento térmico e também alterados quimicamente devido a mudanças no potencial hidrogeniônico – pH (FELLOWS, 2006).

A variedade de cores das frutas, hortaliças e leguminosas exerce significativa atração nos consumidores, no entanto elas estão sujeitas a mudanças durante o processo de cocção (CASTRO; AZEREDO, 2007). Além do processo de cocção, esses alimentos também sofrem alterações em seus pigmentos, por diversos fatores, dos quais se destacam as condições de armazenamento.

Os feijões, por exemplo, alteram suas características de cor devido ao período de armazenamento e as condições iniciais de cultivo. Feijões do grupo carioca apresentam como características físicas grãos de cor creme, com tamanho médio e listras marrons (SOUZA *et al.*, 2012).

A cor do feijão, especialmente o carioca é um atributo de qualidade tecnológica de grande influência no momento da compra e na aceitabilidade do consumidor, devido ao escurecimento do tegumento ao longo do armazenamento. O consumidor associa este fenômeno de escurecimento do grão ao seu envelhecimento e, portanto, ao endurecimento do grão, o que deprecia o valor comercial (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

O consumo de alimentos deve depender prioritariamente do seu valor nutritivo, sua cor, aroma e textura que, geralmente, são os fatores que influenciam a preferência no consumo. Desses, a cor é o mais importante, pois desperta a atenção do consumidor (CASTRO; AZEREDO, 2007). A cor de um alimento é a característica sensorial que possui a primazia perante todos os outros fatores, pois ela pode tanto induzir quanto negar o seu consumo, além de ser um indicativo da qualidade tecnológica e nutricional dos alimentos em geral.

As cores variam em três dimensões: luminosidade, que indica a relação entre a luz refletida e a luz absorvida; a coloração ou tonalidade cromática, que é o aspecto da cor que pode ser descrito; o croma, que expressa a intensidade de cor. As dimensões são arranjadas no espaço físico de acordo com os sistemas de cor, dentre estes: Cie, Hunter, Munsell e Cielab. Há destaque para o sistema $L^*a^*b^*$ ou CIELAB 1976 – Comissão Internacional de Iluminantes - (Figura 1), que apresenta maior aceitação entre os pesquisadores, em todos os campos de aplicação (ALONSO-SALCES *et al.*, 2005; GRANATO; MASSON, 2010).

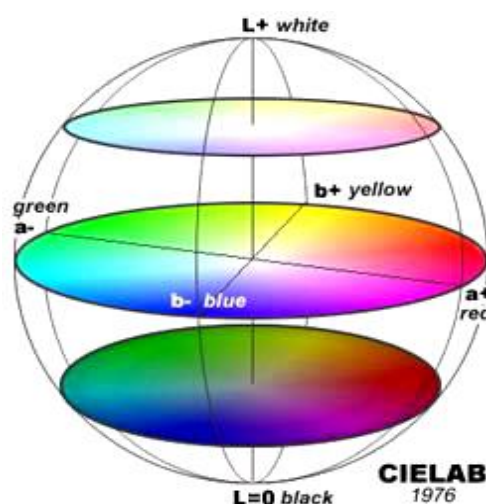


Figura 1 Esquema para medição de cores CIELAB 1976, L^* (claro-escuro), a^* (verde-vermelho) e b^* (azul-amarelo).

Fonte: Handprint (2013).

O espaço de cor CIELAB mede as coordenadas de cor a^* e b^* e também o índice de luminosidade – L^* . O parâmetro de cor a^* assume valores positivos para cores avermelhadas e valores negativos para as tonalidades esverdeadas (-60 a 60), enquanto que b^* assume valores positivos para cores em tom amarelo e negativos para tons em azul (-60 a 60) (GRANATO; MASSON, 2010). A luminosidade é o componente que descreve a cor em termos de tonalidade mais clara e mais escura e é expressa em uma escala de zero a 100, em que o zero representa o preto absoluto e 100 o branco absoluto.

Para outra forma de visualização, utiliza-se o espaço de cor com coordenadas cilíndricas. A maneira de converter as coordenadas retangulares para este outro meio é apresentada nas Equações 1 e 2. Primeiramente, tem-se o atributo de cor H^* (ângulo Hue ou de coloração) que é indicador de tonalidade ou de qualidade de cor usado para definir a diferença entre determinada cor, em relação à cor cinza (Figura 2). Está relacionado com as diferenças de absorbância, em diferentes comprimentos de onda:

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1)$$

em que:

- H^* = ângulo de coloração ou tonalidade cromática;
- a^* = componente de cor vermelho-verde;
- b^* = componente de cor amarelo-azul.

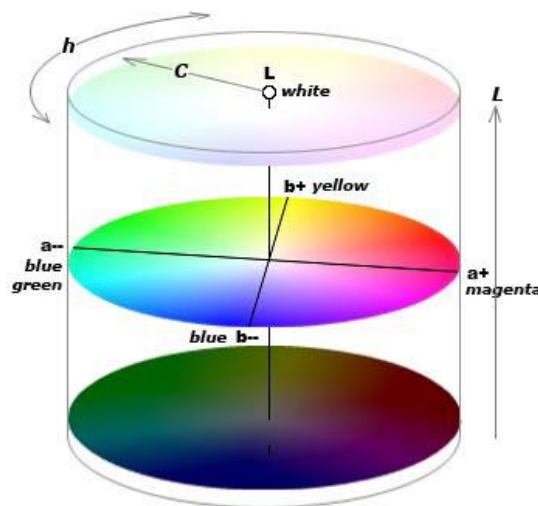


Figura 2 Geometria do modelo de cor CIELAB 1976, L^* (claro-escuro), h^* (ângulo de coloração), C^* (índice de cromaticidade), a^* (verde-vermelho), b^* (azul-amarelo).

Fonte: Handprint (2013).

O parâmetro cromaticidade (C^*), que indica a cromaticidade ou intensidade de cor da amostra, também é determinado a partir dos resultados dos atributos a^* e b^* (Figura 2). Quanto maiores os valores de cromaticidade, maior a intensidade de cor das amostras percebida pelos seres humanos (GRANATO; MASSON, 2010):

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

em que:

- C^* = cromaticidade;

b* = componente de cor vermelho-verde;

a* = componente de cor amarelo-azul.

Para a cromaticidade a*, cuja variação de cor vai do verde (-) para o vermelho (+), quanto maior o seu valor, mais próximo ele estará da cor vermelha, para o b*, o valor mais alto se aproxima do amarelo (+), sendo o menor valor para o azul (-).

As medidas de diferença de cor são importantes em processos da indústria de alimentos para verificar quais as alterações ocorridas, após os tratamentos aos quais o produto foi submetido. Também pode ser importante para medir a diferença de cor entre diferentes tratamentos utilizados nas etapas de pesquisa.

Parâmetros de cor de grãos de feijão de diferentes cultivares foram analisados quanto ao efeito do armazenamento, sob condições ambientais de refrigeração e sob atmosfera modificada. As condições de refrigeração e atmosfera modificada contribuíram para a manutenção da qualidade da cor durante o armazenamento do produto, ao contrário do grão armazenado ao ambiente que apresentou comprometimento deste fator (BRACKMANN *et al.*, 2002).

Armelin *et al.* (2007) avaliaram os parâmetros de cor em grãos de feijão, variedade carioca Tybatã, submetidos a diferentes dosagens de radiação gama, quanto às variações de cor, e verificaram que não houve diferença significativa na qualidade da cor dos grãos submetidos ao tratamento de irradiação.

Ao avaliarem os parâmetros (cromaticidade a* e b*, luminosidade – L*, croma – C* e o ângulo Hue - H⁰ de três cultivares de feijão, BRS – supremo (preto), BRS Pontal (marrom) e WAF 75 (branco) pesquisadores encontraram diferença significativa (1%) entre os cultivares, incluindo os períodos anterior e posterior à cocção (SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009).

Os parâmetros de cor de diferentes cultivares de feijão apresentam diferenças significativas na cor do tegumento, principalmente por suas características genéticas e ambientais. Carneiro, Soares e Costa (2000), ao apresentarem o “Ensaio Sul Brasileiro de Avaliação de Linhagens de Feijão”, ao final da década de 1990, consideraram um valor médio de luminosidade L* = 53,00, como padrão para feijões do grupo carioca.

A determinação do valor de luminosidade L* é uma medida que pode ser útil em um programa de melhoramento, por apresentar efeito genético e contribuir para a identificação de germoplasma pela claridade do tegumento dos grãos (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008). Segundo esses autores, cultivares com L* superior a 55,00 tem maior valor de mercado, mas são valores empíricos e subjetivos.

Ao analisarem grãos de feijão de três diferentes cultivares, Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009) encontraram os seguintes resultados para feijão cru BRS – pontal (carioca): luminosidade – L* de 44,84; cromaticidade a* 7,21 e b* 12,92.

Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009), em avaliação sobre a qualidade de feijão comum resfriado (5 ± 15 °C) pelo período de 120 dias, inferiram que o tempo de armazenamento desses grãos não interferiu significativamente nos valores encontrados para o croma e o ângulo Hue.

Ao avaliar grãos de feijão do grupo carioca recém-colhidos, Lopes (2011) encontrou como resultados para L^* 51,21; 53,15 e 52,99 em feijões cultivados na época das águas, seca e inverno, respectivamente. Observa-se que os grãos cultivados na época da seca e no inverno apresentaram maior valor de L^* , respectivamente.

Corrêa *et al.* (2012), ao avaliarem os parâmetros de cor de grãos de feijão BRS majestoso do grupo carioca armazenados e tratados com cera de carnaúba, verificaram diferenças ao nível de 1% de significância para o tempo e o tratamento desses grãos e encontraram valores médios para croma (17,41), H° (56,19), Δe^* (0,6951) e índice de escurecimento BI de 55,71.

Em estudo realizado por Schoeninger (2012), sobre os parâmetros de cor de grãos de feijão (controle) do grupo carioca, foram encontrados os seguintes valores médios: luminosidade L^* - 49,15, cromaticidade a^* - 8,20 e b^* - 14,36, croma - 16,53 e 60,27 para a intensidade de cor medida pelo ângulo H° .

3.5.2 Teor de água

De acordo com Silva, Nogueira e Roberto (2011), água e matéria seca são consideradas, para efeito de secagem, armazenagem e processamento, importantes componentes do grão de feijão, sendo a sua relação o fator isolado que mais influencia a deterioração do produto armazenado. Ou seja, ao se manter baixa essa relação, os outros fatores, como contaminação por micro-organismos, insetos e respiração dos grãos, terão também seus efeitos reduzidos.

Na composição química de grãos armazenados existe a água livre que é facilmente removida pelo calor e a água de constituição que se encontra fixada nas células vegetais, pois os grãos têm a propriedade de absorver ou ceder água para o ambiente até atingir o seu equilíbrio higroscópico. Conhecer estes fatores é essencial para entender os mecanismos que controlam a qualidade dos produtos agrícolas, especialmente os feijões que são significativamente sensíveis às condições do local de armazenamento (BRAGANTINI, 2005).

Sob estes aspectos, a umidade ou teor de água é um dos parâmetros de qualidade avaliados nos alimentos em geral, pois possui grande importância econômica, por possibilitar o conhecimento do teor de sólidos de um produto alimentício e, por consequência, o seu grau de perecibilidade (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

Um teor de água inadequado resulta em significativas perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica, nas alterações fisiológicas (brotação) e na qualidade geral dos alimentos (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

A determinação do teor de água fundamenta-se na propriedade físico-química da água de se volatilizar à temperatura de 105 °C e representa a fração de água presente nos alimentos (GONÇALVES, 2006). Este é um método gravimétrico que se baseia na redução de peso da amostra, pela perda de água do alimento por evaporação e o resultado é descrito pela diferença entre o peso inicial da amostra e final.

Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO II o teor de água para feijão, carioca cru é de 14% (b.u.) de umidade (UNICAMP, 2008). Variações neste valor são possíveis, tendo-se em vista as diferenças entre as condições de cultivo, colheita e pós-colheita.

O teor de água de grãos crus de feijões do grupo carioca de dois cultivares diferentes BRS Pontal e grãos de feijão (carioca comercial), obtidos no segmento varejista foram avaliados e apresentaram diferença estatística (p -valor $\leq 0,05$) entre os cultivares cruas avaliadas sendo que o cultivar Pontal apresentou umidade igual a 15,60% e a comercial igual a 14,30% (SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013).

Segundo estudo realizado por Toledo *et al.* (2009), grãos de feijão pérola obtidos a partir de adubação nitrogenada e armazenados em câmara seca (25 °C e 40% UR) apresentaram os seguintes valores para o teor de água: grãos controle (início do armazenamento) variaram entre 7,80% a 8,50%, sendo que após quatro meses de armazenamento houve redução do teor de água para 6,90% (no máximo).

Uma faixa ótima para o teor de água final em grãos a serem armazenados sem comprometer a qualidade deve estar compreendida entre 11 e 13% (ANDRADE *et al.* 2010).

O teor de água encontrado, após 120 dias de armazenamento, foi de 17,62% (b.u.) para grãos inicialmente com 17,81% (b.u.); com perda percentual de 0,19%; de 13,34% (b.u.) para grãos com 15,67% (b.u.), com perda de 2,33%; e de 12,07% (b.u.) para grãos com 12,30% (b.u.), com perda de 0,23% (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009). Os autores não encontraram danos qualitativos nos grãos e inferiram sobre a possibilidade de armazenar feijões com 18% de umidade.

Schoeninger *et al.* (2013a), em estudo com grãos de feijão, do grupo carioca obtidos através do sistema de cultivo convencional e orgânico encontraram uma diferença significativa (5%) para o teor de água entre os cultivares. O grão que apresentou maior quantidade de água foi o cultivar convencional (14,75%), diferindo estatisticamente do orgânico (10,24%).

3.5.3 Condutividade elétrica

A qualidade de grãos de feijão também pode ser medida pelo teste de condutividade elétrica, juntamente com outros parâmetros ou de forma isolada. Esse teste tem por princípio avaliar indiretamente a concentração de eletrólitos liberados pelos grãos durante a sua embebição em água destilada. Baixos valores de condutividade indicam baixa lixiviação de íons minerais (presentes na água de embebição), podendo-se afirmar que os grãos apresentam alta qualidade, ao passo que valores elevados estão relacionados a grãos de qualidade inferior (MAGRO; CARDOSO; FERNANDES, 2009).

Para o parâmetro condutividade elétrica, Coelho *et al.* (2012) observaram 12 genótipos de feijões pertencentes aos grupos carioca e preto e encontraram médias estatisticamente iguais (5%) no período inicial de armazenamento (controle). Entretanto, ao final do armazenamento 100% dos genótipos avaliados apresentaram alterações significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$). A média geral das variedades no primeiro período citado foi de $24,12 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, chegando, no final da armazenagem, a $78,97 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$.

Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009) encontraram para condutividade elétrica de grãos de feijão, aos 120 dias de armazenamento com 15% (b.u.), valores maiores de condutividade: $85,95 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, enquanto que para 12 e 18% (b.u.), os valores observados foram: $85,64$ e $60,71 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente. Os grãos com 18% (b.u.) apresentaram menor lixiviação de íons e, por consequência, é provável, uma melhor qualidade destes.

A condutividade elétrica de grãos de feijão sob dois sistemas de armazenamento atmosfera modificada com nitrogênio e armazenamento convencional foi avaliada por Vanier *et al.* (2014), grãos de feijão controle foram mantidos sob refrigeração a 5°C ; os resultados apontaram para um aumento da condutividade dos tratamentos (atmosfera modificada com nitrogênio = $129 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) e (atmosfera normal = $150 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) em relação aos grãos de feijão controle mantidos sob a refrigeração ($106 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Os resultados acima representam o nível de deterioração dos grãos durante o período de armazenamento que, quanto maior, tem indicado valores elevados para a condutividade. Outro fator a ser observado se refere à utilização de baixa temperatura no armazenamento de grãos de feijão, o que aponta para uma relação positiva com a qualidade tecnológica associada à condutividade elétrica (VANIER *et al.*, 2014).

3.5.4 pH e acidez em grãos de feijão

A medida de pH de um alimento deve ser considerada na sua avaliação da qualidade, sob o ponto de vista microbiológico e químico. Na avaliação microbiológica, os alimentos se dividem em pH inferiores ou superiores a 4,5 que, de modo geral, indicam o

seu grau de deterioração, atestado pela acidez ou basicidade desenvolvida. Nos aspectos químicos, a maior parte das reações ocorre durante o armazenamento e processamento dos alimentos e são significativamente alteradas, devido à variação da concentração hidrogeniônica do meio (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

Uma taxa de pH ótima para grãos de feijão *in natura*, reportada por Gomes e Oliveira (2011), deve ficar em torno de 5,4 a 6,5.

A determinação da acidez em conjunto com a medida de pH em grãos de feijão são parâmetro que pode contribuir na avaliação da qualidade tecnológica, nutricional e microbiológica destes produtos.

As condições inadequadas de armazenamento podem levar à acidificação do tecido, conduzindo ao defeito de textura (LIU; MCWATTERS; PHILLIPS, 1993). A acidificação do tecido pode ser devida a processos biológicos como a hidrólise enzimática (lípsases) de lipídios em ácidos graxos, à oxidação desses ácidos em ácidos orgânicos, hidrólise da fitina por ação da fitase, formando fosfato inorgânico e devido à ação de micro-organismos (RIBEIRO; PRUDENCIO-FERRREIRA; MIYAGUI, 2005).

Os ácidos orgânicos presentes nos alimentos representam um índice importante na avaliação da qualidade e influenciam o sabor, odor, cor, textura e, especialmente, a segurança microbiológica, tendo-se em vista que a presença de micro-organismos patogênicos leva à produção de ácidos pelos caminhos metabólicos (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

O pH de grãos de feijão branco comercial, adquiridos no segmento varejista, sem controle de tempo de armazenamento, temperatura e umidade foi reportado por Silochi *et al.* (2013), com valores próximos da neutralidade que variaram de 6,53 a 6,61.

A acidez titulável variou de 5,73 a 7,63%, ou seja, o feijão apenas macerado e sem cocção apresentou maior acidez e, por consequência, apresentou redução no pH. Estudos sobre pH e acidez, em diversos tipos de feijões, considerando períodos de armazenamento, temperatura, umidade e diferentes tratamentos têm apresentado resultados semelhantes, relacionados ao pH/acidez (SILOCHI *et al.*, 2013).

Os valores de pH em grãos de feijão, reportados por Ribeiro, Prudêncio-Ferreira e Miyagui (2005), apontaram que feijões armazenados a 41 °C e 75% de umidade relativa pelo período de 30 e 60 dias também mantiveram índices próximos da neutralidade: 6,47, 6,30 e 6,23 para os feijões controle, 30 e 60 dias de armazenamento, respectivamente.

O período de armazenamento e a sua correlação com o pH foi estudado por (LIU, 1995). Esses autores inferiram sobre a possível influência do pH na textura de grãos, o *hard-to-cook* - HTC ou “difícil de cozinhar”, induzido pelo armazenamento refrigerado. O efeito HTC, é resultado de mudanças físicas e químicas que ocorrem nos cotilédones a níveis intercelulares durante o armazenamento, resultando num aumento da estabilidade da lamela média (KIGUEL, 1999).

A qualidade do feijão relacionada ao período de armazenamento refrigerado e ao pH foi observada por Rigueira, Lacerda-Filho e Volk (2009), que encontraram valores próximos da neutralidade (pH 6,36) ao final do período do armazenamento.

3.5.5 Absorção de água

A capacidade de absorção de água (AA) de grãos de feijão cru está diretamente relacionada ao tempo de cocção desses produtos e são determinantes na qualidade tecnológica e nutricional, pois a aceitação de um determinado cultivar pelo mercado depende das suas características culinárias de absorção de água, após a etapa de maceração.

A rápida absorção de água e o reduzido tempo de cocção conferem qualidade e são determinantes na aceitação de um cultivar para o consumo (RIBEIRO; POERSCH; ROSA, 2008). Segundo Perina (2008), a absorção de água pode contribuir para reduzir o tempo de cocção de grãos de feijão. No entanto, deve-se considerar as diferentes variáveis envolvidas, como a interação entre o genótipo e o ambiente que pode influenciar os mais diversos fatores.

O uso da capacidade de absorção de água pode ser referência na seleção precoce de genótipos para o menor tempo de cocção (TC), desde que o fator “menor tempo” para que o grão atinja o seu percentual máximo de absorção de água seja o indicativo do menor TC (BORDIN *et al.*, 2010).

A absorção de água, durante o processo de maceração, pode reduzir o tempo de cocção. Segundo Zimmermann *et al.* (2009), a capacidade de absorção de água nos feijões aumenta com o tempo de maceração e não apresenta diferenças significativas a partir da décima primeira hora, ou seja, uma maceração por um período de 12 a 24 horas é suficiente para a hidratação de grãos de feijão e a redução do tempo de cocção (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

O efeito da capacidade de hidratação prévia à cocção, em relação ao tempo de cocção de 22 genótipos de feijão (18 crioulos e 4 comerciais), provenientes de duas diferentes safras, foi avaliada por BORDIN *et al.* (2010), que concluíram que um tempo de 7 horas de embebição de grãos de feijão foi eficiente na caracterização dos genótipos para baixo tempo de cocção, atrelado ao percentual mínimo de 82,5% de hidratação.

Zamindar *et al.* (2011) observaram em oito linhagens de feijão comum, do grupo vermelho, variações de 55,90 a 88,60% de absorção de água. Tecnicamente, os grãos que apresentam maiores taxas de absorção de água são melhores e mais recomendados para a utilização industrial.

Resultados contrários foram relatados por Lopes (2011). Esse autor verificou que genótipos com maior porcentagem de absorção de água não foram os que apresentaram menor tempo de cocção. Resultados que corroboram com os obtidos por Carbonell; Carvalho e Pereira (2003), que relataram ser pouco significativa a seleção de genótipos em função de seu percentual de absorção de água.

Essas inferências também contradizem os resultados encontrados por Scholz e Fonseca Júnior (1999a), Dalla Corte *et al.* (2003) e Rodrigues *et al.* (2005), que apontaram uma relação entre absorção de água e tempo de cocção.

Ao analisarem diferentes grãos de feijão crioulo, obtidos pelo sistema de cultivo orgânico e genótipos de feijão provenientes do cultivo convencional, Schoeninger *et al.* (2013b) encontraram valores de absorção de água entre 96,34% e 83,38%, para os grãos orgânicos e percentuais mais elevados de 102,68% a 85,77%, com variação significativa entre os genótipos do cultivo convencional.

Schoeninger *et al.* (2014) obtiveram uma expressiva redução do tempo de cocção (TC), com média de 11 minutos em grãos de feijão comum do grupo carioca, cultivar IAPAR 81 pré-processados e submetidos previamente à hidratação (13,1 h) em concentração de bicarbonato de sódio (2,3 mL/100 g) e, posteriormente, secos (55 °C). Nos grãos não processados (controle) o tempo médio de cocção foi de 19 minutos, indicando desta forma uma redução no TC das amostras pré-processadas.

Cabe salientar que alguns estudiosos têm relatado variação significativa entre genótipos e os parâmetros de absorção de água e tempo de cocção (BORDIN *et al.* 2010; SIMIONI *et al.* 2014).

3.5.6 Cocção de feijões

A qualidade tecnológica de grãos de feijão é definida basicamente pelo seu comportamento frente à cocção, etapa comum tanto aos processos de industrialização quanto ao consumo doméstico (PERINA, 2008).

O tempo de cocção de grãos de feijão está entre os principais parâmetros de qualidade tecnológica e apresenta variações de acordo com o cultivar, o ambiente (temperatura e umidade relativas do ar), assim como as práticas de produção associadas às condições, tempo de armazenamento e às características genéticas (LEÃO; GUERRA; FREITAS, 1992; CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; TOLEDO *et al.*, 2009; ZAMINDAR *et al.*, 2011).

Durante o processo de cocção, os grãos de feijão absorvem água tornando-se macios, com o sabor acentuado e melhor digestibilidade. No feijão recém-colhido, o tegumento contribui com cerca de 55% do tempo de cocção do grão. Entretanto, para o

produto armazenado ele contribui com mais de 75% desse tempo, sendo o tegumento a primeira barreira do processo de cocção e o fator responsável pela dureza do grão e pelo aumento no tempo de preparo (BASSINELLO, 2008).

O tegumento do feijão perde a sua permeabilidade durante o armazenamento o que contribui para elevar no tempo de cocção. Quando o produto é armazenado em condições inadequadas aumenta-se significativamente essa problemática.

A identificação de linhagens com menor tempo de cocção, rápida capacidade de hidratação, tegumentos que não se partam durante a cocção e que apresentem elevada expansão volumétrica após o seu preparo é fundamental para a obtenção de grãos com qualidade tecnológica (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

A variabilidade genética e a sua relação com o tempo de cocção contribuem para apontar linhagens e cultivares adaptados às necessidades de consumo. Estudos têm apresentado resultados significativos com variáveis de grãos de feijão, com valores entre 25 a 42 minutos (DALLA CORTE *et al.*, 2003), 18 a 25 minutos (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003), 15 a 25 minutos (LEMOIS *et al.*, 2004), 21 a 40 minutos (RODRIGUES *et al.*, 2005), 15 a 20 minutos (RODRIGUES *et al.*, 2004), 36 a 81 minutos para grãos do grupo comercial preto - BRS supremo e 30 a 90 minutos para grãos do grupo carioca pérola (MORAIS *et al.*, 2010), e de 39 minutos de cocção, a média dos sessenta genótipos pesquisados por Lopes (2011).

A avaliação do tempo de cocção é condição estabelecida pela legislação nacional para a inscrição de novos cultivares de feijão junto ao Serviço de Agricultura e Produção Agropecuária (BRASIL, 2009). O método oficial requerido para a avaliação do tempo de cocção foi proposto primeiramente por Mattson (1946), alterado por Burr, Kon e Morris (1968) e recomendado por Proctor e Watts (1987), com a utilização do equipamento denominado cozedor de Mattson.

Estudo realizado por Coelho *et al.* (2009) demonstraram que, tanto em grãos de feijão envelhecidos naturalmente quanto em grãos submetidos ao envelhecimento acelerado, houve aumento do tempo de cocção durante o período de armazenagem, ocorrendo o defeito *hard-to-cook* (HTC), que implica a redução da qualidade tecnológica e culinária do produto.

Arruda *et al.* (2012) ao analisarem a variação genotípica de grãos de feijão, o período e as condições de armazenamento associados ao tempo de cocção, apontaram para um insignificante efeito do genótipo relacionado ao tempo de cocção em comparação às condições de armazenamento que demonstraram contribuir com o aumento do tempo de cocção. Neste sentido, os autores propõem que os futuros experimentos relacionados à redução do tempo de cocção devem concentrar-se nas condições de tempo e armazenamento.

O parâmetro tempo de cocção e genótipo em relação a diferentes condições e tempos de armazenamento foi avaliado por Morais *et al.* (2010) e os resultados demonstraram que os genótipos do grupo comercial preto e carioca tiveram comportamento semelhante em relação ao tempo de cocção. Na análise do tempo de cocção dos grãos armazenados sob refrigeração não houve aumento do tempo de cocção, no entanto, o tempo de cocção dos grãos de feijão aumentou com o tempo de armazenamento em condições ambientais.

A utilização de baixas temperaturas no armazenamento de grãos de feijão para o consumo pode ser recomendada, pois tem demonstrado contribuir com a preservação da qualidade desses grãos. Ao avaliarem grãos de feijão comum do cultivar vermelhinho, Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009) observaram que o armazenamento refrigerado é um método eficaz na manutenção da qualidade físico-química desses grãos, por um período de até 120 dias.

A temperatura é um dos fatores mais significativos na conservação de grãos armazenados. Tendo-se em vista que as reações químicas são aceleradas, devido à sua elevação, a utilização do resfriamento no período de armazenagem é uma técnica eficaz e econômica na manutenção da qualidade, pois diminui a atividade da água, reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento de insetos e da microflora presente, independente das condições climáticas da região (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009).

As safras anualmente sofrem perdas significativas quando os feijões são submetidos à estocagem em condições ambientais de altas temperaturas, alta umidade relativa do meio e tempo de armazenamento prolongado, tornando-os susceptíveis aos fenômenos de endurecimento, infestação de insetos, mudanças de textura, cor e sabor, degradação de fitatos e metionina, contribuindo para o aumento do tempo de cocção (ARMELIN *et al.*, 2007).

As condições locais de armazenamento estão entre os fatores de maior influência na qualidade de grãos de feijão, pois podem influenciar sobremaneira na segurança do produto, nas características sensoriais, especialmente a textura. O endurecimento do grão de feijão está entre os principais problemas tecnológicos, pois tem como característica o aumento do tempo de cocção e, por consequência, a rejeição do consumidor, reduzindo desta forma o seu consumo.

Identificar genótipos com menor tempo de cocção, adequada capacidade de hidratação, com tegumentos íntegros, baixo índice de condutividade elétrica e que apresentem elevada taxa de absorção de água anterior ao processo de cocção, associados a uma textura adequada é essencial para na obtenção de grãos de qualidade e com significativa aceitação pelo mercado consumidor.

3.5.7 Propriedades mecânicas em grãos de feijão

As propriedades mecânicas dos grãos de feijão estão representadas pela textura e podem indicar uma das características de qualidade sensoriais mais significativas na escolha do produto para o mercado consumidor.

A textura de um alimento é determinada essencialmente pelos teores de umidade e gordura, pelos tipos e quantidades de carboidratos estruturais (celulose, amidos e materiais pécticos) e pelas proteínas presentes; alterações na textura dos alimentos estão diretamente relacionadas com a perda, coagulação e ou hidrólise destes compostos (FELOWS, 2006).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2006), a textura de um alimento está relacionada a um conjunto de propriedades composta por características físicas perceptíveis pelo tato (dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulidade, resistência e elasticidade) e tem relação direta com a deformação, desintegração e fluxo, sob a aplicação de uma força, tempo e distância. É representada pela integridade da parede celular e lamela média e com a pressão de turgor que é gerada dentro da célula em função da osmose (JACKMAN; STANLEY, 1995).

A pressão de turgor acontece devido à compressão da água em um espaço restrito, gerada no interior da célula, devido à absorção da água através das paredes celulares (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Na literatura estão apresentados alguns fatores associados ao endurecimento dos grãos de feijão: a ação dos polifenóis devido à polimerização da casca (tegumento) ou pela lignificação dos cotilédones (grão inteiro), ambos influenciando na capacidade de absorção de água pelos grãos. O primeiro dificulta a penetração de água e o segundo limita a capacidade de hidratação (RIBEIRO *et al.*, 2007).

A lignificação dos cotilédones acontece pela presença da lignina nos tecidos vegetais, substância orgânica de natureza complexa, impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Os teores de lignina em feijões variam de 8,4 g/100 g a 13 g/100 g de matéria seca, sendo que os teores em feijões armazenados são mais elevados do que em feijões novos (PAULA, 2004).

A análise de textura instrumental vem sendo cada vez mais utilizada para avaliar o endurecimento de grãos feijões (YOUSIF; DEETH; CAFFIN, 2002; NASAR-ABBAS *et al.*, 2008; SAHA *et al.*, 2009), especialmente devido à sua rapidez e praticidade, o que permite sua utilização para avaliação de um significativo número de genótipos (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Diferentes métodos têm sido utilizados na análise de textura de grãos, com o objetivo de caracterizar parâmetros de qualidade a partir da medida de dureza, força máxima de

compressão ou perfuração, medida em Newton – N (RESENDE, 2006; RIBEIRO *et al.* 2007; COELHO *et al.*, 2009; PAIXÃO, 2011; SIQUEIRA, *et al.* 2014).

Um dos principais fatores responsáveis pela textura dos alimentos de origem vegetal e que tem sido apontado em estudos anteriores são os polissacarídeos da parede celular e da lamela média, em que mínimas diferenças nessa estrutura contribuem para alterar a textura desses alimentos (HINCKS; STANLEY, 1986; LIU, 1995).

A aceitabilidade de grãos do gênero *Phaseolus* pelo mercado consumidor depende, especialmente, da ausência de um dos principais problemas relacionados à textura, que é o defeito conhecido como *hard-to-cook* (HTC) ou difícil de cozinhar, que provoca o aumento no tempo de cocção dessas fabáceas (REYES-MORENO; PAREDES-LOPES, 1993).

Os grãos com HTC apresentam perda de valor nutritivo provocada pelo maior tempo de cocção requerido, para obtenção da textura desejada (COELHO *et al.*, 2009). Outro tipo de dureza em grãos de feijão que dificulta a cocção é a presença da casca dura ou *hardshell*, proveniente de sementes maduras e secas que não absorvem água, caracterizando a impermeabilidade do tegumento.

Entretanto, a falta de padronização na preparação das amostras é um fator ainda controverso na literatura e dificulta a comparação de resultados entre os diversos estudos existentes. Por conseguinte, possibilita a utilização e ou proposição de diferentes metodologias que poderão contribuir na construção de métodos adequados a diversidade de grãos, especialmente os feijões do tipo comum por sua variabilidade genética.

Cabe salientar que, para medir os parâmetros de textura não há necessidade da utilização de reagentes químicos, além do que, os resultados encontrados nos estudos têm demonstrado uma contribuição significativa na determinação das características de qualidade tecnológica em grãos sem causar problemas ao meio ambiente.

Ao avaliarem a dureza de grãos de feijão novos e envelhecidos, da variedade carioca, submetidos a diferentes métodos de cocção, Siqueira *et al.* (2014) verificaram que a dureza dos grãos foi afetada pelo tempo e temperatura de cocção. Fator este que pode ter sido influenciado por condições inadequadas adotadas nas etapas de pós-colheita, especialmente no armazenamento, devido à presença do defeito HTC.

Coelho *et al.* (2009), ao analisarem a dureza de grãos de feijão de diferentes variedades (preto e carioca), armazenados e cozidos em diferentes tempos e temperaturas, verificaram que os valores de dureza aumentaram com o tempo de armazenamento e que os grãos do tipo carioca foram os que apresentaram os maiores valores em Newton, ou seja, maior susceptibilidade ao aparecimento do defeito HTC.

Paixão (2011), ao avaliar as propriedades mecânicas de grãos de feijão comum testemunha e tratados com cera de carnaúba, não observou diferenças estatísticas entre os tratamentos. No entanto, a força necessária de compressão teve efeito semelhante ao da

deformidade ocasionada nos grãos *in natura*, sendo significativo (p -valor < 0,05) para o tempo de armazenamento.

3.6 Caracterização química, valor nutricional e alterações em cultivares de feijão

Além do seu teor proteico, o feijão comum é uma das mais importantes fontes alimentares e, por seus nutrientes, foi considerado por muitos anos no Brasil, o alimento básico da população brasileira, tanto em áreas rurais quanto urbanas (COSTA *et al.*, 2006; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

A composição química do feijão contém quantidades significativas de energia, macronutrientes (carboidratos complexos e proteínas), fibra alimentar, especialmente fibra solúvel, que confere efeito hipoglicêmico e é, também, uma importante fonte de minerais e vitaminas do complexo B (COELHO, 1991; VILLAVICENCIO *et al.*, 2000; KUTOS *et al.*, 2003; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; SILVA; ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2009).

As leguminosas são, em geral, excelentes fontes de vários nutrientes e possuem um importante papel na alimentação humana, pois existem evidências de que reduzem o risco de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade e, inclusive, determinados tipos de câncer (DIAZ-BATALLA *et al.*, 2006).

As variedades coloridas – grãos amarelos, marrons, vermelhos e pretos possuem o tegumento rico em antocianinas e outros compostos fenólicos, os quais conferem propriedades antioxidantes (MCGEE, 2014). Dentre estes compostos fenólicos, os taninos são os grandes representantes em feijões.

Os grãos apresentam características químicas diferentes que podem ser influenciadas pela variedade genética. No caso do feijão, tem havido uma série de estudos genéticos para elucidar a possibilidade de melhorar a qualidade, especialmente em relação à quantidade e qualidade da proteína e aos teores de ferro e zinco. Existe também variabilidade genética para compostos antinutricionais como taninos e fitatos, ainda que estes últimos sejam necessários como fonte de fósforo, para a germinação da semente, e não devam ser totalmente eliminados do grão.

A caracterização química de grãos de feijão do grupo carioca, pertencente a três diferentes genótipos cultivados pela EMBRAPA, foi analisada quanto ao teor proteico, composição de minerais, como ferro, manganês, zinco e fósforo, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e, sequencialmente, Lignina (LDA). Além destes compostos foram avaliados os metabólitos secundários (ácido fítico e taninos) que possuem

fator antinutricional determinante para a qualidade e oferta de genótipos promissores ao mercado.

3.6.1 Proteínas

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) apresenta componentes químicos e características que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional. Sua contribuição específica é seu elevado conteúdo proteico, duas ou três vezes maior que a do arroz ou do trigo, desenvolvido graças à simbiose dessas plantas com bactérias que vivem no solo (*Rhizobium*), que invadem as raízes das leguminosas e convertem o abundante nitrogênio do ar numa forma que a planta pode fabricar aminoácidos, logo, proteínas (MCGEE, 2014).

O grão está entre as principais fontes alimentares de proteína de origem vegetal consumida no mundo e, quando acompanhado de arroz, forma a base da alimentação brasileira, sendo recomendado inclusive como alternativa em substituição a carnes e outros produtos proteicos de origem animal.

As leguminosas em geral possuem proteínas de limitado valor biológico, porém a combinação adequada de feijão (100 g) e arroz (300 g) e ou farinha de milho, fornecem a quota normal diária de proteínas necessárias para um adulto (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007).

A composição média de proteínas em grãos do feijão comum cru (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, está entre 17 a 22%. O feijão do grupo carioca, segundo a Tabela de Composição de Alimentos – TACO, contém 20% de proteína. No entanto, estes percentuais podem sofrer variações conforme a variedade, o genótipo, o ambiente de cultivo e as condições de armazenamento (UNICAMP, 2008).

Segundo a literatura, o aproveitamento das proteínas de origem vegetal (leguminosas), especialmente em feijões é considerado problemático, tendo em vista a sua reduzida digestibilidade proteica e o baixo teor e biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados, principalmente a metionina, fator a ser suprimido com o consumo conjunto de cereais (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Além desta questão, o perfil nutricional do feijão também pode ser comprometido por fatores ambientais (SAMMAN *et al.*, 1999), o que pode dificultar a obtenção de um padrão nutricional para os grãos cultivados em diferentes regiões e de diferentes colheitas. No entanto, alguns estudos em cultivares de cereais (aveia, arroz e trigo) indicam que, apesar das mudanças nos valores absolutos, devido a fatores ambientais, os cultivares podem manter uma composição química padrão, ou seja, maior ou menor teor de amido e proteína (STORCK; SILVA; FAGUNDES, 2005).

Essas mudanças podem comprometer a digestibilidade proteica e o valor nutricional de alimentos que têm como base o feijão. Por outro lado, essa variabilidade tem importância significativa para recomendações dietéticas baseadas em tabelas de composição de alimentos, as quais, via de regra, não apresentam valores específicos para os diferentes cultivares de feijão, nem suas possíveis mudanças no curso de anos de colheita e regiões. Além disso, grãos de feijão de melhor qualidade nutricional poderiam ser indicados para populações de baixa renda em todo o mundo (PROLLA *et al.*, 2010).

Nesse sentido, o percentual de proteína dos grãos deve ser preservado, desde o período inicial de pós-colheita até o consumo final pós-tratamento térmico. Assim, as condições de armazenamento devem priorizar a manutenção da qualidade proteica dos feijões.

Estudos sobre o teor de proteínas de diferentes genótipos de feijão cultivados e armazenados em condições variadas de tempo e temperatura são importantes para caracterizar genótipos mais promissores e indicar grãos com adequada digestibilidade proteica.

A digestibilidade de uma proteína é um parâmetro nutricional que tem por objetivo avaliar o aproveitamento de uma fonte proteica e pode sofrer influência de fatores intrínsecos (compostos fenólicos) e extrínsecos (cocção) ao alimento. A baixa digestibilidade da proteína também pode ser atribuída à atividade das enzimas proteases, que possuem a capacidade de reduzir a atividade das enzimas digestivas, comprometendo sobremaneira o aproveitamento desse nutriente essencial. A digestibilidade refere-se à porcentagem de proteína hidrolisada pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo, na forma de aminoácidos ou de compostos nitrogenados (RESENDE, 2006).

O teor de proteínas de 16 cultivares de feijão comum cru, ao longo de duas safras consecutivas foi analisado por Prolla *et al.* (2010), que apontaram diferenças significativas (p -valor $< 0,05$) para o teor de proteínas entre os cultivares para as respectivas safras, sendo: 21,24 – 29,06 g.100g⁻¹ (safra 2001/2002) e 22,50 – 27,96 g.100g⁻¹ (safra 2002/2003).

Em outro estudo sobre o teor de proteínas com grãos de feijão do grupo carioca e preto, armazenados sob refrigeração (5 °C), envelhecimento acelerado (40 °C/76% - umidade relativa) e condições ambientais normais, ao longo de 12 meses, Coelho *et al.* (2013) encontraram percentuais médios de 21,19 para os grãos do tipo carioca e 22,01% para os grãos pretos, os quais não apresentaram diferenças significativas (p -valor $< 0,05$) entre as variedades e ao longo do armazenamento.

Resultados similares foram reportados por Vanier *et al.* (2014) sobre o teor de proteínas em grãos de feijão comum, do grupo carioca, em que, em condições normais de armazenamento, obtiveram valores médios de 21,46 g.100 g⁻¹ de feijão. Para as mesmas amostras, armazenadas em temperatura controlada (5,00 °C) e atmosfera modificada com nitrogênio, os valores de proteína se apresentaram mais elevados, sendo 22,23 g.100 g⁻¹ e

22,04 g.100 g¹, respectivamente ao longo do período de armazenamento (135 e 360 dias, respectivamente), o teor de proteínas sofreu redução (COELHO *et al.*, 2009; VANIER *et al.*, 2014).

A composição nutricional do feijão comum, além de sua importância em macronutrientes, com a presença significativa de carboidratos complexos e proteínas, também é fonte recomendada de minerais, como ferro, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, enxofre, zinco, manganês; ácidos graxos insaturados (como o ácido linoleico), fibra alimentar (especialmente fibra solúvel que confere efeito hipoglicêmico) e vitaminas do complexo B (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; SILVA; ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2009; SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013).

3.6.2 Minerais

Os minerais possuem importantes funções na dieta humana, atuando no funcionamento do organismo, transporte de oxigênio, metabolismo energético, balanço hídrico, atividade enzimática e estrutural (BURATTO, 2012). Assim, os minerais são fundamentais na dieta alimentar diária e representam importante fator de segurança nutricional. Nesse sentido, o conhecimento da composição mineral de diferentes genótipos de feijão é condição a ser incentivada pelos programas de melhoramento nacionais.

A variação do teor de micronutrientes pode ser devida a diferentes fatores, dentre eles, as características da planta (idade, maturação, espécie), a variabilidade genética de cada espécie, as características do meio ambiente (condições climáticas, solo, safras) (RIBEIRO, 2010), o fornecimento de nutrientes minerais pela adubação da planta (FANG *et al.*, 2008), o manejo e as práticas culturais (ZUO; ZANG, 2009) e as interações entre genótipos e ambientes de cultivo (BURATTO, 2005; SILVA *et al.*, 2011). Além de outros fatores como o processamento, armazenamento, temperatura e os métodos de preservação e preparação que contribuem para a qualidade nutricional do feijão (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Segundo Buratto (2012), o teor mineral pode variar em função do cultivar utilizado e também da estrutura do grão (tegumento, eixo embrionário e cotilédone) analisado, pois em sua pesquisa os minerais potássio (K), fósforo (P), magnésio (Mg), Cobre (Cu), zinco (Zn) boro (B), manganês (Mn), ferro (Fe) e enxofre (S) apresentaram-se em maior quantidade no cotilédone.

Sob esse aspecto, Cvitanich *et al.* (2010) também verificaram variação nas concentrações de Fe nos cotilédones, eixo embrionário e tegumento em diferentes genótipos de feijão que variaram de 43 a 80 µg.g⁻¹, 46 a 103 µg.g⁻¹ e 17 a 132 µg.g⁻¹, respectivamente.

Nesse mesmo estudo, os autores verificaram diferenças no teor dos minerais analisados (ferro, zinco, cálcio, fósforo, cobre, potássio), os quais apresentaram variabilidade genética, especialmente devido ao fator ambiental. As dimensões continentais do Brasil, que apresentam as mais variadas condições edafoclimáticas e, também, três diferentes safras nacionais para o cultivo de feijão comum (águas, seca e outono-inverno) são fatores determinantes dessa variação.

No entanto, os resultados significativos para a interação genótipo e ambiente (GxA) devem ser vistos com atenção por parte dos pesquisadores, pois a identificação de um determinado genótipo com elevados teores de minerais em um determinado ambiente não é condição necessária para que se repita esse comportamento em outros locais (BURATTO, 2012).

Ramos Júnior (2006), ao pesquisar sobre o acúmulo de nutrientes no decorrer do desenvolvimento das plantas de feijoeiro cv. carioca precoce, sob seis doses de adubação fosfatada e seus efeitos nos componentes de produção e produtividade encontrou um aumento de nutrientes nos grãos produzidos no período “da seca” que foi de $N > P > Ca > P > Mg > Cu > S > Zn > Mn > Fe > Cu$ e para os grãos do período “das águas” semelhantes com modificações apenas nos teores dos micronutrientes $Fe > Zn > Mn > Cu$.

A composição química de genótipos de feijão desenvolvidos no Brasil e a interação destes, considerando valores médios de microminerais em grãos crus foi reportada por Oliveira *et al.* (2008) que verificaram quantidades mais significativas de ferro ($71,54 \text{ mg.kg}^{-1}$), seguido pelo zinco ($30,05 \text{ mg.kg}^{-1}$), manganês ($18,88 \text{ mg.kg}^{-1}$), cobre ($9,52 \text{ mg.kg}^{-1}$) e boro ($8,27 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Os teores de minerais de 21 linhagens de grãos crus de feijão foram verificados por Mesquita *et al.* (2007) que obtiveram diferenças significativas entre as linhagens e a composição mineral: P $0,45 - 0,73 \text{ g.100 g}^{-1}$ de matéria seca MS (menor e maior valor); Fe $71,37 - 126,90 \text{ mg.Kg}^{-1}$ MS, Zn $36,93 - 63,90 \text{ mg.Kg}^{-1}$ MS e Mn $14,93 - 28,90 \text{ mg.Kg}^{-1}$ MS. As linhagens com maior teor proteico foram as que apresentaram teores mais elevados dos minerais Zn e Fe.

As características químicas de macro e micronutrientes de dezesseis cultivares de feijão comum cru, ao longo de duas safras consecutivas que, depois de categorizadas em quatro grupos, de acordo com o conteúdo de macronutrientes (Proteína bruta, fibra alimentar total, fibra alimentar insolúvel/solúvel, amido disponível e amido resistente) foram avaliadas nos seus teores de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Ca, Mg e P), os resultados apontaram para níveis de: Fe $8,26$ a $9,65 \text{ mg.100g}^{-1}$; Mn $1,35$ a $1,67 \text{ mg.100g}^{-1}$; Zn $3,18$ a $3,57 \text{ mg.100g}^{-1}$ e P $3,58$ a $3,35 \text{ g.kg}^{-1}$ (PROLLA *et al.*, 2010).

As concentrações minerais em grãos crus e cozidos de duas variedades de feijão: carioca biofortificado (Pontal) e carioca comum (comercial), adquiridas no comércio varejista e analisadas por Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), apresentaram como resultados,

para o tratamento cru: teores de P de 5,56 (Pontal) e 5,31 g.Kg⁻¹ (Comercial); teores de Fe de 74,41 (Pontal) e 77,29 mg.kg⁻¹ (Comercial); Mn 17,18 (Pontal) e 17,70 mg.Kg⁻¹ (Comercial); Zn 29,04 (Pontal) – 29,33 mg.kg⁻¹ (Comercial). Cabe salientar que os grãos de feijão comercial cru apresentaram as maiores concentrações para os nutrientes (P, Fe, Zn e Mn), quando comparados com o carioca pontal, no entanto, os teores minerais não se diferenciaram entre os cultivares e seus tratamentos (SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013).

3.6.3 Fibras e lignina

O feijão apresenta significativos teores de fibra alimentar em sua composição, estando estes componentes presentes nos grãos de feijão (tegumento e cotilédone), mas em maior quantidade no tegumento (casca). Está entre os alimentos de origem vegetal com maior teor de fibra alimentar, quando comparado a cereais e hortaliças (ACEVEDO; BRESSANI, 1990).

Ao estudar a composição da parede celular de feijões carioca – pérola, Shiga (2003) apresentou as frações de eixo embrionário, cotilédone e tegumento, as quais foram de 1,50%, 88,60%, 9,90%, respectivamente. Em outro trabalho Souza *et al.* (2012) encontraram valores semelhantes para as porções de tegumento (8,90 a 10,30%) e cotilédone (89,7 a 90,80%).

Estudos têm demonstrado que o teor de fibras e suas respectivas frações em feijões vêm superando os teores encontrados em aveia, na qual SILVA *et al.* (2006) verificaram percentuais médios de 7,45 a 10,25% em 102 genótipos analisados.

A fibra alimentar se divide em duas frações: a fração solúvel tem sido apontada como responsável pela redução dos níveis de colesterol e de açúcar no sangue, enquanto que a insolúvel é responsável pelo trânsito intestinal, exercendo assim importante papel na prevenção de doenças gastrintestinais (BASSINELLO, 2014).

A fração solúvel inclui substâncias pécticas, gomas, algumas hemiceluloses e β -glucanas; a fração insolúvel é composta de celulose, lignina e a maioria das hemiceluloses (GUERRA *et al.*, 2004). O feijão é um dos poucos alimentos integrais que possui conteúdo balanceado de ambas as frações da fibra (HUGHES, 1991).

Existem diversos estudos quanto à determinação de fibras em leguminosas, como o feijão. Valores de 33,39 a 39,39% de fibra alimentar foram observados em cultivares e em linhagens segregantes de feijão desenvolvidas no Brasil (LONDERO *et al.*, 2005; LONDERO *et al.*, 2006).

Em outro estudo, com dezenove cultivares de feijão foram verificados percentuais médios de 25,04% para fibra bruta, 3,58% para fibra solúvel e 21,46% para a fibra insolúvel

(LONDERO *et al.*, 2008). Neste mesmo estudo, o cultivar carioca apresentou teores médios de 24,02% de fibra total, nos quais 21,01% eram de fibra insolúvel e 3% de fibra solúvel.

Souza *et al.* (2012) verificaram o teor de fibra insolúvel (FI) e fibra total (FT) em 6 genótipos de feijão carioca e preto e quantificaram os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e de lignina (LDA). A fração de FDA corresponde à porção de celulose e lignina existente nos tecidos vegetais. Os resultados encontrados apontaram para elevados percentuais de fibras e suas respectivas frações no tegumento e no cotilédone dos grãos de feijão.

Os teores médios encontrados por esses autores para o tegumento foram mais elevados do que nos cotilédones, nos quais os feijões da safra de 2010 apresentaram os seguintes teores: FI (80,70%), FS (7,80%), FT (88%), FDA (51%), LDA (44,80%), FI (33,10%), FS (9,50%); FT (42,60%), FDA (3,60%), LDA (2,90%). Na safra de 2011, época das águas os resultados para tegumentos e cotilédones obtidos foram menores que os obtidos na safra anterior, sendo: FI (75,30%), FS (7,30%), FT (82,60%), FDA (43,20%), LDA (40,40%); FI (28,60%), FS (6,30%), FT (35%), FDA (3%) e LDA (1,90%), respectivamente.

Ao avaliar o teor de fibras em dois cultivares de feijão comum (Carioca – pontal e comercial, grãos obtidos no comércio varejista), sob dois tratamentos (cru e cozido), o cultivar comercial apresentou o maior teor de fibras em ambos os tratamentos: 31,51% e 32,16%, respectivamente (SILVA, BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013).

Uma dieta rica em fibras tem sido associada a um menor risco de obesidade. O feijão está entre os alimentos com maior teor de fibras, o seu consumo de forma regular pode beneficiar o peso corporal, exigindo mais mastigação, estimulando os hormônios e neurotransmissores que ajudam a controlar a fome e a saciedade. Eles podem também influenciar um peso corporal saudável através de seus efeitos sobre a microflora intestinal (SPRING, 2012).

O consumo regular de alimento fonte de fibras, em que os feijões ocupam lugar de destaque, contribui para a qualidade nutricional e deve ser melhor estudado. As duas principais peças estruturais de sementes de leguminosas são o tegumento (casca) e cotilédones. O revestimento de semente serve como barreira de proteção entre o embrião (cotilédone) e o ambiente externo. O cotilédone é de particular interesse para a investigação das causas da dureza em leguminosas, pois formam a parte principal destas, tanto em relação ao peso quanto ao volume (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ, 1993).

Devido aos componentes químicos e a orientação tridimensional, a parede celular tem sido associada com a textura dos tecidos vegetais. As duas hipóteses relacionadas ao endurecimento de sementes mais abordadas são pectina-cation-fitato (*Pectin-Cation-Phytate*) e a configuração de lignificação celular (LIU, 1995).

Independentemente de como a parede celular e seus componentes estão envolvidos no fenômeno de endurecimento, as evidências sobre o envolvimento da parede foi estudada

e observada repetidamente por diversos pesquisadores, que apontaram o fenômeno HTC devido à falta de separação das células após o cozimento (MATTSON, 1946; SEFADEDEH; STANLEY; VOISEY, 1978; JACKSON; VARRIANO-MARSTON, 1981; AGUILERA; STEINSAPIR, 1985; CÁRABEZ-TREJO; PAREDES-LOPES; REYES-MORENO, 1989; SHOMER et al., 1990; LIU; MCWATTERS; PHILIPS, 1993).

Os grãos secos apresentam uma envoltura de celulose que representa de 2 a 5% de sua estrutura e contém no seu interior cotilédones com 50% de carboidrato e cerca de 23% de proteínas e minerais como ferro, zinco, potássio (ORNELLAS, 2007) e, também, lignina e o manganês, presentes na parede celular dos grãos.

A lignina é encontrada no tegumento e corresponde a um grupo de substâncias da parede celular vegetal que tem a função de sustentação e condução da água nas plantas. No processo de lignificação, ela substitui a água na parede e se liga aos polissacarídeos celulósicos, não celulósicos e proteínas.

A inclusão de métodos para detecção de barreiras tegumentares em futuros trabalhos permitirá elucidar e detalhar o papel da lignina (Figura 3) e demais substâncias presentes nos tegumentos, com relação à absorção de água e dormência de sementes. Entretanto, a composição química das sementes sob a presença de substâncias com caráter de proteção física tem sido pouco estudada, assim como, a relação da lignina sob o contexto de endurecimento de grãos de leguminosas (COSTA *et al.*, 2011).

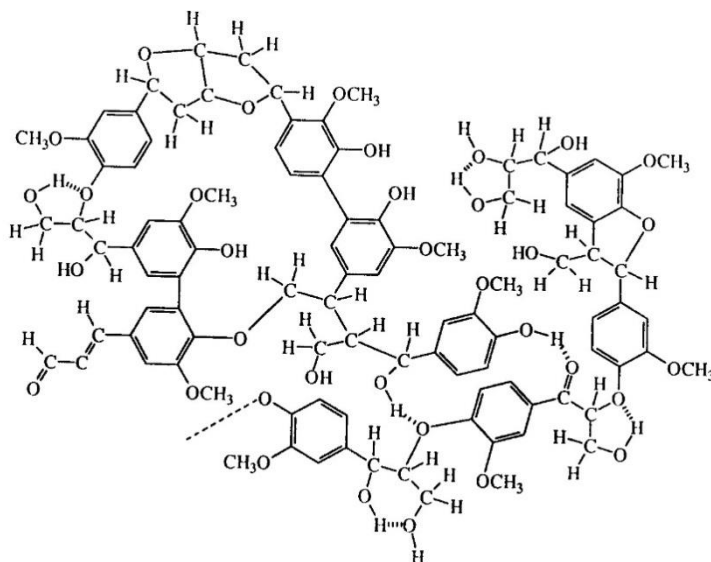


Figura 3 Configuração química da molécula de lignina.

O aumento da quantidade de lignina nos diferentes cultivares pode contribuir para uma maior resistência ao dano mecânico (ALVAREZ *et al.*, 1997; PANOBIANCO *et al.*, 1999; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2001; CAPELETI *et al.*, 2005). Em experimentos realizados com soja, foi detectado que cultivares com maior teor de lignina apresentam melhor qualidade fisiológica e menor velocidade de absorção de água (SANTOS *et al.*, 2007).

O manganês está relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995). Corroborando esta afirmação, Panobianco *et al.* (1999) encontraram valores mais altos de condutividade elétrica em sementes de soja com baixo teor de lignina no tegumento, devido à maior quantidade de substâncias lixiviadas para água de hidratação.

Neste sentido, outros estudos realizados com variedades diferentes de uma mesma espécie como a soja (*Glycine max*) demonstraram que o teor de lignina encontrado no tegumento refletiu a rigidez das diferentes variedades (ALVAREZ *et al.*, 1997; PANOBIANCO *et al.*, 1999; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2001; CAPELETI *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2007).

Outro fator que não deprecia o seu valor comercial, mas por outro lado tem influência na qualidade intrínseca dos grãos de feijão está relacionado à presença de compostos químicos reconhecidos na literatura como metabólitos secundários, especificamente conhecidos como ácido fítico e os taninos que, dependendo o seu teor no alimento, podem oferecer riscos à saúde humana.

3.6.4 Metabólitos secundários

O metabolismo secundário compreende a produção de metabólitos a partir de reações enzimáticas com a formação de compostos fenólicos, terpenos e alcaloides (produtos nitrogenados), ou seja, todos os compostos produzidos pela planta são produto do metabolismo secundário e, no geral, denominam-se metabólitos secundários (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Além dos componentes químicos essenciais à dieta humana, as leguminosas apresentam, em sua composição, fatores antinutricionais, como inibidores de proteases, tripsinas, lecitinas, fitatos, polifenóis e oligossacarídeos (rafinose e estaquiose). Todos estes compostos potencialmente tóxicos são inativados pelo tratamento térmico, acontece 90% de inativação da atividade após 60 min. de cocção a 100 °C (ORNELLAS, 2007).

Fatores antinutricionais são todas as substâncias químicas presentes nos alimentos que, de alguma forma, provocam a destruição de nutrientes essenciais ou “insultam” o organismo, modificando a digestão, a absorção dos nutrientes e o seu metabolismo (ARAÚJO, 2004).

Dentre as substâncias antinutricionais, encontradas em concentrações elevadas em cereais e leguminosas, está o ácido fítico que interfere na absorção de microelementos essenciais como cálcio, ferro, zinco e magnésio, devido, especialmente, à formação de complexos pouco solúveis, sendo o zinco o mais afetado. Ele também tem o poder de inibir enzimas como pepsina, amilase e tripsina, interagindo com a proteína e ou cátions, essenciais para sua atividade (ARAÚJO, 2004).

Entretanto, esses produtos do metabolismo secundário exercem funções ecológicas importantes, como a proteção das plantas contra a herbivoria, contra a infecção por micro-organismos patogênicos e, também, como atrativos para animais polinizadores e dispersores de sementes, bem como agentes na competição planta-planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Existe também variabilidade genética para compostos antinutricionais como taninos e fitatos, ainda que estes últimos sejam necessários como fonte de fósforo para a germinação da semente e não podem ser totalmente eliminados do grão sob o risco de comprometer o desenvolvimento e crescimento da planta.

As plantas produzem uma enorme variedade de metabólitos secundários, destacando-se os polifenóis, que contêm um grupo fenol e um grupo hidroxila funcional em um anel aromático. São classificados como um grupo quimicamente heterogêneo, pois possuem aproximadamente 10.000 compostos, alguns solúveis apenas em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e outros pertencem ao grupo de grandes polímeros insolúveis (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os polifenóis e fitatos normalmente se ligam a elementos como ferro e zinco, tornando-os indisponíveis, fator que pode ser revertido com a ingestão de vitamina C na dieta, aumentando a biodisponibilidade destes minerais (ORNELLAS, 2007).

Ainda que quantidades moderadas de polifenóis específicos possam trazer benefícios à saúde humana, as propriedades de defesa da maioria dos taninos referem-se à sua toxicidade, frequentemente atribuída a capacidade de formar complexos com proteínas do trato digestivo de herbívoros, por formar pontes de hidrogênio entre os seus grupos hidroxila e os sítios eletronegativos na proteína. Assim, os taninos podem inativar enzimas digestivas e criar um complexo de taninos e proteínas difícil de digerir (TAIZ; ZEIGER, 2009). Dentre os compostos fenólicos de importância para o estudo com grãos, os taninos que indicam a presença de antioxidantes e, assim, são apontados como alimentos de qualidade nutricional também apresentam propriedades antinutricionais importantes, pois são responsáveis por reduzir a digestibilidade da proteína, carboidratos e minerais da dieta, causar danos às mucosas digestivas ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos (GOLANI; COCKELL; SEPEHR, 2005).

Taninos são compostos fenólicos solúveis em água e que contêm diversos grupos hidroxila, os quais permitem a formação de ligações cruzadas com proteínas, reduzindo assim a sua digestibilidade (BARAMPAMA; SIMARD, 1993).

Os teores de taninos em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) se encontram em maior proporção no tegumento, ou seja, na casca da semente e em quantidades inferiores no cotilédone (DESPHANDE *et al.*, 1982; GONZÁLEZ; CASTANHO-TOSTADO; LOARCA-PIÑA, 1999). Como estão presentes em maior quantidade no tegumento eles contribuem

para determinar a cor geral, tonalidade e intensidade dos grãos (BENINGER; HOSFIELD; 1998, ARIZA-NIETO *et al.*, 2007).

Estudos realizados por Guzmán-Maldonado *et al.* (2003), associaram a herança genética e a composição do teor de tanino (GUZMÁN-MALDONADO *et al.*, 2003), com a cor da semente (CALDAS; BLAIR, 2009) e sugeriram a possibilidade da produção de genótipos de feijão com baixo teor de tanino (CALDAS; BLAIR; ESTREPO, 2007).

Entretanto, diversos fatores como, variação genética e local de produção influenciam na quantidade de compostos fenólicos presentes no tegumento (ROCHA-GUZMÁN *et al.*, 2007).

O ácido fítico ou ácido hexafosfórico (IP6), constituindo aproximadamente 1 a 2% do peso do grão, podendo alcançar a quantidade de 3 a 6% em alguns cereais (KASIM; EDWARDS, 1998), apresenta-se na forma de fitato como sais de potássio-magnésio (LOLAS; PALAMIDAS; MARKATIS, 1976, O'DELL; DE BOLAND, 1976). Devido à sua capacidade de formar complexos insolúveis com minerais essenciais (Ca, Mg, Fe e Zn), e também com proteínas reduz a biodisponibilidade desses nutrientes (MAGA, 1982). O fitato é um complexo orgânico de armazenagem de fósforo nas plantas (Figura 4), é um ânion reativo no qual podem se formar sais com minerais nutricionalmente importantes como o Ca, Mg, Zn ou Fe (COUSINS, 1999).

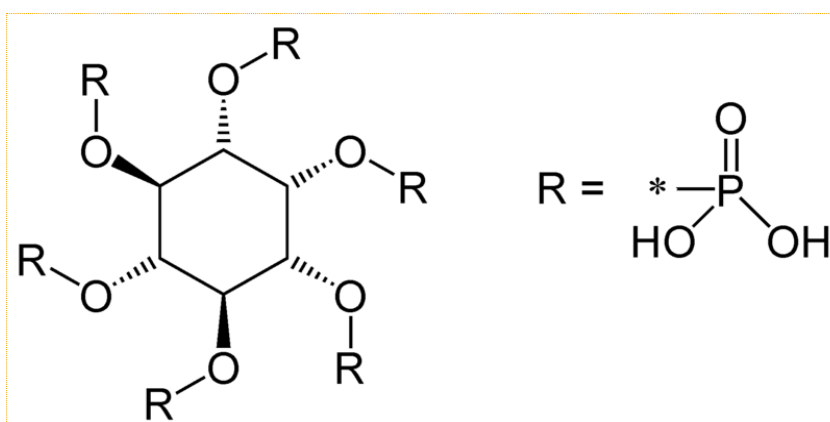


Figura 4 Configuração química da molécula de ácido fítico.

Os fitatos são compostos naturais, formados durante o processo de maturação das sementes e também responsáveis pela iniciação da dormência (MAGA, 1982). São derivados do ácido fítico ou ácido hexafosfórico mioinositol, com habilidade de formar quelantes com íons de minerais, tais como cálcio e magnésio, formando complexos solúveis resistentes à ação no trato intestinal (AGOSTINI; IDA, 2006).

Nos processos de armazenamento, fermentação, germinação, processamento e digestão das sementes, o ácido fítico pode ser desfosforilado, produzindo compostos como pentafofato (IP5), tetrafofato (IP4), trifosfato (IP3) e, provavelmente, o inositol difosfato

(IP2) (ZHOU; ERDMAN, 1995), e o efeito negativo na biodisponibilidade de minerais está associado ao IP5 e IP6 (hexafosfato) (SANDBERG; AHDERINNE, 1986).

Do conteúdo total de feijão em 50 cultivares estudados, o ácido fítico mioinositol hexafosfato, ou seus sais fitatos, representaram 54 a 82%, com média de 69,30%. O conteúdo de ácido fítico no feijão varia de 0,54 a 1,58%, mais de 99% na forma solúvel, o de fósforo total de 0,26 a 0,56%, sendo o de fósforo inorgânico de 0,021% a 0,044% e o de fósforo orgânico, que não ácido fítico, de 0,05 a 0,135% (LOLAS; PALAMIDAS; MARKATIS, 1976). Cabe salientar que o ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato das sementes de leguminosas (LOLAS; PALAMIDAS; MARKATIS, 1976).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local da realização da pesquisa

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Cascavel em parceria com a EMBRAPA – Arroz e Feijão, de Santo Antônio de Goiás – GO e a EMBRAPA, unidade de Ponta Grossa – PR, no período de outubro de 2012 a julho de 2014.

4.2 Amostras

As amostras compostas de três cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) – grupo comercial carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal), produzidos pela EMBRAPA – Arroz e Feijão, provenientes do cultivo da safra das águas (2012-2013), com semeadura em 26 de novembro de 2012, em Ponta Grossa (PR).

A área amostrada foi de 1000 m², em vegetação original de campo, com topografia da área amostrada de meia encosta bem drenada, com aproximadamente 25 anos de uso, cultivo anterior de feijão, área adubada com 300 Kg por ha de monoamônio fosfato – MAP (11% de N e 52% P₂O₅), com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 12 plantas por metro linear.

A colheita das parcelas foi realizada manualmente e as vagens foram trilhadas mecanicamente, na sequência os grãos foram secos de forma natural até 13% (b.u.) de umidade.

4.2.1 Armazenamento

Após a colheita, as amostras foram acondicionadas em três repetições de cada cultivar (para cada período de armazenamento), em sacos de papel Kraft com capacidade de 500 g cada, em sala própria, junto ao Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas – LACON.

O armazenamento dos grãos dos três cultivares ocorreu em prateleiras abertas com ventilação natural, temperatura ambiente com média anual de 25 °C e livre de incidência de luz direta, por um período total de 180 dias, sem controle de umidade. Este local sofre pouca influência das condições externas (luz, temperatura e umidade) e assemelha-se ao armazenamento em pequenas propriedades rurais da agricultura familiar, nas quais, em sua grande maioria, o ambiente de armazenamento não possui controle de temperatura e umidade.

Em grãos inteiros foram analisados os parâmetros de cor e teor de água (umidade) dos cultivares controle, após a recepção dos mesmos no LACON que foi de, aproximadamente, 20 dias entre a colheita e as análises. Quando completado cada período de armazenamento, os grãos foram separados em amostras de grãos inteiros e moídos, embalados em sacos de polietileno e armazenados sob congelamento em freezer doméstico (-18 graus C) até a realização das análises.

Os cultivares foram armazenados em triplicata para todos os períodos de armazenamento.

4.3 Análises tecnológicas dos grãos

Após cada tempo de armazenamento, os grãos inteiros de cada cultivar, em triplicata foram submetidos às análises descritas a seguir.

4.3.1 Teor de água

Foram pesadas três repetições de 10 g de cada amostra (grãos inteiros) e colocadas em estufa a 105 °C, por um período de 24 horas, em cadinhos de alumínio abertos sobre suas respectivas tampas (secos em estufa até peso constante), previamente identificados.

Após as 24 horas os cadinhos foram tampados e colocados em dessecador até completo resfriamento e posteriormente pesados em balança analítica com precisão de 0,0001, seguiu-se o método padrão da estufa (BRASIL, 2009).

4.3.2 Parâmetros de cor do tegumento

A cor do tegumento dos genótipos recém-colhidos (controle) e dos grãos armazenados foi determinada pela leitura direta em colorímetro Konica Minolta®, CR410,

com abertura de 50 mm, o qual considera em seu sistema as coordenadas: L^* , a^* e b^* , que representam a luminosidade (L^*), o parâmetro de cor a^* que assume valores positivos para cores avermelhadas e valores negativos para as tonalidades esverdeadas (-60 a 60) e o componente de cor b^* que assume valores positivos para cores em tons de amarelo e negativos para tons de azul (-60 a 60) (GRANATO; MASSON, 2010).

O aparelho foi previamente calibrado em placa branca de cerâmica, conforme padrões pré-estabelecidos ($Y = 85,8$; $x = 0,3195$; $y = 0,3369$), utilizando-se o iluminante D_{65} que é para a média da luz do dia. O produto foi colocado sob o acessório de acomodação de amostras do tipo granulares (modelo CR-A50) e as leituras realizadas com três repetições. A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os índices colorimétricos: croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor e o ângulo Hue (H°), que define a tonalidade da cor: 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). O Δe (Equação 3), que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento dos grãos.

Primeiramente, foi determinado o atributo de cor H° , indicador de tonalidade ou de qualidade de cor, relacionado com as diferenças de absorvância, em diferentes comprimentos de onda pela Equação 1 (NASAR-ABBAS *et al.*, 2008):

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

em que:

Δe^* = diferença de cor em relação a um padrão ou controle;

ΔL^* = diferença entre a luminosidade da amostra em relação ao padrão ou controle;

Δa^* = diferença entre o componente a^* da amostra em relação ao padrão ou controle;

Δb^* = diferença entre o componente b^* da amostra em relação ao padrão ou controle.

4.3.3 Absorção de água e tempo de cocção de grãos de feijão

A medida de absorção de água foi obtida a partir da amostragem de 30 gramas de grãos de feijão uniformes e inteiros, com três repetições de cada genótipo (triplicata), colocados em embebição (Béquer de 250 mL) com 100 mL de água destilada pelo período de 16 horas a temperatura ambiente (PROCTOR; WATTS, 1987; CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; BRASIL, 2006). Após o período de embebição, os grãos foram retirados e parcialmente drenados em papel filtro para retirada do excesso de água

junto ao tegumento e na sequência foram novamente pesados para obtenção do valor de absorção de água dos grãos, expressos em percentagem de água absorvida, conforme Equação 4:

$$\% AA = \frac{MU - MS}{MS} \times 100\% \quad (4)$$

em que:

AA = absorção de água;

MU = massa úmida;

MS = massa seca.

A determinação do tempo de cocção foi realizada com o auxílio do aparelho cozedor de Mattson modificado, seguindo o método inicial proposto por Mattson (1946), posteriormente alterado por Burr, Kon e Morris (1968), Proctor e Watts (1987), com adaptações.

O aparelho de Mattson modificado possui 25 hastes com 20 cm de comprimento e massa de 82 gramas cada, sendo que esta massa representa a força média que o consumidor utiliza entre os dedos para verificar a maciez e, conseqüentemente, o cozimento do grão (RESENDE, 2006).

Para a realização destas análises, primeiramente, foram colocados 30 gramas de grãos de feijão em 100 mL de água destilada por um período de 16 horas. Após o período de maceração, os grãos foram pesados escolhidos vinte e cinco grãos inteiros, e estes depositados em cada uma das vinte e cinco cavidades do aparelho (Figura 5).

O tempo de cocção foi considerado completo quando 50% mais 1 (um) dos grãos foram perfurados pela queda da 13ª vareta, ou seja, pela queda de 52% das hastes.

Os seguintes parâmetros de tempo foram avaliados: Muito suscetível (MS) = até 16 minutos; Susceptibilidade média (SM) = de 16 a 20 minutos; Resistente normal (RN) = de 21 a 28 minutos; Resistente médio (RM) = de 29 a 32 minutos; Resistente (R) = de 33 a 36 minutos; Muito resistente (MR) = mais de 36 minutos (PROCTOR; WATTS, 1987; EMBRAPA, 2009).



Figura 5 Cozedor de Mattson utilizado na pesquisa para medir o tempo de cocção de grãos de feijão.

Fonte: A autora em 2014.

4.3.4 Condutividade elétrica dos grãos de feijão

Para avaliar a condutividade elétrica foi utilizada a metodologia descrita por Correia e Afonso Júnior (1999), na qual foram utilizadas duas subamostras de 50 grãos, de cada genótipo. Os grãos foram colocados em copos plásticos descartáveis contendo 75 mL de água deionizada e mantidos à temperatura de 25 °C por 24 horas.

A condutividade elétrica da solução foi obtida por condutímetro (TECNAL, modelo TEC-4MP). Os valores da leitura divididos pelo peso da amostra em gramas e os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

4.3.5 Potencial hidrogeniônico dos grãos de feijão

O potencial hidrogeniônico (pH) foi obtido em pHmetro portátil digital, com compensação automática de temperatura, modelo pH – 221, calibrado em soluções tampão pH 4 e 7.

O procedimento foi executado a partir de dez gramas de cada amostra dos três genótipos de feijão carioca (BRS - Estilo, Madrepérola e Pontal) diluídas em 100 mL de água destilada, posteriormente agitadas por 30 minutos e deixadas em repouso por dez minutos até que as partículas se apresentassem uniformemente suspensas. Posteriormente, foi determinado o pH, segundo técnica descrita por Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008) e por Rigueira, Lacerda-Filho e Volk (2009).

4.3.6 Acidez dos grãos de feijão

A acidez foi determinada a partir de um grama de amostra moída, conforme técnica descrita por IAL (2008) e por Ribeiro *et al.* (2005).

A amostra foi pesada em um Erlenmeyer de 125 mL, adicionados de 50 mL de água destilada e acrescentado quatro gotas de solução de fenolftaleína e, posteriormente, titulado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 M (pesados 4 g de Na OH e diluídos em 1 L de água destilada), até coloração rósea. Os resultados foram obtidos pela fórmula apresentada na Equação 5.

$$\text{Acidez em solução normal (\% v/p)} = V * f * 100 / P.c \quad (5)$$

em que:

V= número de mL da solução de NaOH a 0,1M gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de NaOH (0,954);

P = número de gramas da amostra usado na titulação;

c = correção para solução de NaOH 1 M – 0,1 M (10).

4.3.7 Propriedades mecânicas dos grãos de feijão

A textura dos grãos foi determinada pelo uso do texturômetro *Stable Micro-System Model TAX.T.plus (Texture Analyser)*, com corpo de prova tipo agulha. Nas análises mediuse a resistência que o grão de feijão oferece ao ser penetrado pelo corpo de prova a uma velocidade constante de 2 mm s⁻¹ e compressão de 75%.

A penetração do corpo de prova no grão causa a sua fratura e ou perfuração. As condições de operação do equipamento para os grãos foram: força de compressão de 0,05 N (Newton), fundo de escala ("range") de 20, como "probe" foi utilizado cilindro de alumínio de 35 mm, velocidade constante de 2 mm s⁻¹ (MORI, 2001).

Os testes de textura dos grãos (Figura 6) foram realizados nos grãos recém-colhidos (controle) e, ao longo do período de armazenamento, em grãos crus sem maceração (I *al.*, 2007) com adaptações, e em grãos crus macerados pelo período de 12 horas (PAIXÃO, 2011) com modificações.



Figura 6 Texturômetro com corpo de prova tipo agulha, utilizado na pesquisa para avaliar a textura dos grãos de feijão.

Fonte: A autora em 2014.

4.3.7.1 Textura em grãos de feijão crus, sem maceração

Para cada condição experimental foram utilizados quinze grãos de feijão e posteriormente analisados individualmente (PAIXÃO, 2011), o teste foi finalizado quando o corpo de prova perfurou cada grão de feijão e com a medida da respectiva força no ponto de repouso do grão perfurado.

A máxima força de perfuração foi usada como indicador de dureza e os resultados corresponderam à média de 15 medições de grãos individuais e expressos em Newtons ($N.grão^{-1}$).

4.3.7.2 Textura em grãos de feijão crus, com maceração

Quinze grãos de feijão foram embebidos em 60 mL de água destilada pelo período de 12 horas a uma temperatura ambiente de 25 °C, ao completar o tempo de embebição os grãos foram drenados, para retirada do excesso de água em papel filtro por 2 minutos (PAIXÃO, 2011), e analisados individualmente.

O teste foi finalizado quando o corpo de prova perfurou cada grão de feijão e com a medida da respectiva força no ponto de repouso do grão perfurado. A máxima força de perfuração foi usada como indicador da dureza dos grãos em embebição e expressa em Newton ($N.grão^{-1}$). Os resultados representam a média de 15 medições, cada qual realizada em um grão de feijão.

4.4 Análises químicas dos grãos de feijão

Após cada período de armazenamento, os grãos crus dos genótipos BRS estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal (em triplicata) foram moídos em moinho analítico e, posteriormente, peneirados com a obtenção de farinhas com granulometria de 50 *mesh*, embalados em sacos de polietileno e armazenados sob congelamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento das análises e submetidos às determinações descritas a seguir.

4.4.1 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo conteúdo de nitrogênio (N) total das amostras, pelo método microKjeldahl, descrito por AOAC (1995). O procedimento do método utilizou 0,2 g de amostra seca (pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g). O procedimento do método utilizou 0,2 g de amostra seca (pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g). O método consistiu de três passos básicos: 1) Digestão da amostra em ácido sulfúrico; 2) Digestão; 3) Quantificação por titulação (SILVA; QUEIROZ, 2009).

O fator de correção foi utilizado para transformar a porcentagem de nitrogênio em proteína, considerando-se que as proteínas contêm em média, 16% de nitrogênio, ou seja, $100/16 = 6,25$ (valor médio ou universal), os resultados foram expressos pelas Equações 5 e 6, em massa seca (MS).

$$\%N = \text{Vol.HCl.gasto (mL)} \times N/10 \times 0,014 \times 100/\text{peso amostra (g)}/2^{\text{a}}\text{MS} \times 100 \quad (6)$$

$$\% \text{ PB} = \%N \times 6,25 \quad (7)$$

em que:

Volume de HCl gasto na titulação = volume gasto de HCl 0,1 N;

$N/10$ = valor da normalidade do HCl 1N diluído por dez vezes (100 mL da solução de tritisol HCl 1 N adicionada em balão volumétrico de 1 L e completado com água destilada = 0,1 N);

Fator do ácido = 1 mL H_2SO_4 equivale a 0,014 de nitrogênio;

$\% \text{ PB}$ = % de proteína bruta,

$\% \text{ N}$ = % de nitrogênio multiplicado pelo fator de correção 6,25.

4.4.2 Determinações de minerais: ferro, manganês e zinco

Os minerais: P, Fe, Mn e Zn foram definidos por meio da digestão nitroperclórica, na proporção de 3:1 (ácido nítrico + ácido perclórico) e posterior determinação no extrato. O branco foi elaborado apenas com solução nitroperclórica.

As análises dos teores minerais de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram executadas por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia proposta por (MALAVOLTA *et al.*, 2006).

Foram utilizados 0,2 g de amostra (farinha 50 *mesh*) e adicionados à solução nitroperclórica (3:1). Os resultados de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) estão expressos em mg.Kg⁻¹.

O fósforo (P) foi determinado por colorimetria (FIA) em espectrofotômetro (FEMTO – 700 Plus). Foram pesados 0,2 g de amostra (farinha 50 *mesh*) e adicionados à solução nitroperclórica, na proporção de 3:1 (ácido nítrico + ácido perclórico).

Filtrado o conteúdo da extração com filtro de papel em balões de 50 mL e completado com água deionizada, colocado em vidros de 50 mL, previamente identificados e refrigerados (5 °C), até a leitura das amostras em espectrofotômetro colorimétrico (FIA) no comprimento de onda de 725 nm, ajustado para 0,00% de absorbância (100% transmitância), utilizando o branco elaborado só com solução nitroperclórica. Os resultados de P foram expressos em g.Kg⁻¹ (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As curvas padrão dos minerais analisados constam do Apêndice B (Figura B1 – curva de calibração do fósforo; Figura B2 – curva de calibração do ferro; Figura B3 – curva de calibração do zinco; Figura B4 – curva de calibração do Manganês e Figura B5 – curva de calibração dos taninos).

4.4.3 Fibras e lignina

As análises em triplicata seguiram os preceitos da AOAC (1995) e a avaliação da FDA foi realizada pelo método sequencial Van Soest (1994), conforme também indicado por Campos, Nussio e Nussio (2004). Foram pesados 0,5 g de amostra de feijão cru (moídas), secas em estufa a 65 °C e trituradas em moinho munido de peneira de 50 *mesh*. O emprego da solução detergente ácida para obter preparações de parede celular foi desenvolvido por Van Soest (1994), para remover os outros componentes celulares que interferem na determinação do teor da fibra.

As análises foram realizadas em equipamento Determinador de fibra TE – 149, marca TECNAL (FDN; FDA; FB), na qual a sigla FB se refere à fibra bruta.

A lignina foi determinada a partir da fibra em detergente ácido (FDA) pelo método de lignina “Klason”, em que as amostras foram tratadas em solução de ácido sulfúrico a 72%, originando o resíduo insolúvel de lignina. As amostras foram cobertas com ácido sulfúrico a 72% e agitadas com bastão de vidro a cada 20 minutos. Após 1 hora, o ácido foi filtrado e as amostras novamente cobertas com ácido; esse procedimento foi repetido três vezes.

Em seguida, as amostras foram filtradas e lavadas com água quente até a completa neutralização; estas permaneceram em estufa a 105 °C por 12 horas e levadas a Mufla a 550 °C por 6 horas e, posteriormente, foram colocadas em dessecador até o completo resfriamento e pesadas em balança analítica (0,0001), obtendo o peso (tara + lignina).

4.4.4 Metabólitos secundários (ácido fítico e taninos)

4.4.4.1 Determinações de ácido fítico

Os grãos crus dos três genótipos foram moídos em moinho analítico com a obtenção de farinhas com granulometria de 50 *mesh*, seguido de armazenamento sob congelamento a -18 °C, até o momento das análises. Anterior às análises as amostras foram refrigeradas e posteriormente deixadas à temperatura ambiente até o momento da pesagem (0,5 g amostra) e os procedimentos de extração.

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

Para o padrão da curva da Figura A1 (Apêndice A) foi pesado 0,010 g de ácido fítico – IP6 (Padrão *Sigma*, código P – 3168/lote 76H1168), adicionado de 100 mL de água destilada. O branco da reação foi realizado utilizando-se 10 mL de água destilada e 3,3 mL da solução de Wade.

A extração de ácido fítico foi realizada com cinco gramas (0,5 g) de farinha em 100 mL de ácido clorídrico (HCl) a 2,4% e posterior agitação a 250 rpm por duas horas e, posteriormente, centrifugada por 10 minutos a 3000 rpm e repouso de 10 minutos. Ato contínuo à extração e eluição em coluna com DOWEX, foi a adição de 3,3 mL da solução de Wade (0,03% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e 0,03% ácido sulfossalicílico em água destilada) em tubo de ensaio.

Após a extração, as amostras foram agitadas em vórtex, centrifugadas novamente e deixadas em repouso por 15 minutos e, posteriormente, lidas em espectrofotômetro a 500 nm, segundo método proposto Latta e Eskin (1980).

4.4.4.2 Determinações de taninos

A determinação de taninos nos grãos foi realizada pelo método espectrofotométrico Folin – Denis (HORWITZ, 1995), com adaptações.

Foram pesados 0,3 g de farinha (granulometria de 50 *mesh*) dos grãos de feijão, colocados em um tubo de ensaio e adicionado 3 mL de metanol:água (2:1). Posteriormente, foram agitados por 30 minutos, sendo 5 em vórtex e 25 no ultrassom.

Na sequência foram centrifugados por 15 minutos a 3600 rpm e passado o sobrenadante de cada amostra para um balão de 10 mL. No precipitado (no que sobrou no tubo) foi adicionada a mistura de metanol:água (3mL/2:1) e repetido o procedimento, ou seja, novamente agitado no vórtex por 5 min., 25 min. no ultrassom e 15 min. na centrífuga.

Foram passados 3 mL do sobrenadante para um balão volumétrico de 10 mL que foi completado com a mistura metanol:água (2:1) e, posteriormente, foram agitados e colocados em novos tubos de ensaio, previamente limpos e identificados.

O padrão da curva foi obtido com ácido tânico, 500 mg/L^{-1} (50 ppm – mg.L^{-1}) (Apêndice B - Figura B5) e o procedimento para o branco foi obtido com Folin – Ciocalteu (Reagente de fenol). A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em g fenóis (ácido tânico) $\text{g}^{-1} \text{ ms}^{-1}$.

4.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial completo com dois fatores, genótipos de feijão carioca (Fator 1), com três níveis (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (Fator 2), com cinco níveis (período inicial – controle, 60, 90, 135 e 180 dias de armazenamento).

Posteriormente, foi feita a análise exploratória dos resultados, nos quais foram calculados: média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Hartley), ambos com nível de significância de 5%. A análise de variância e o teste de comparação de médias (Tukey) foram realizados considerando-se o nível de significância igual ou menor a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} < 0,05$).

Após estas análises, os resultados foram submetidos à análise multivariada para verificar se houve correlação entre as variáveis em estudo. Nas variáveis cuja correlação foi significativa, foram utilizadas equações de regressão linear simples e múltipla, para descrever a associação entre as variáveis.

A análise de variância multivariada (MANOVA) foi utilizada para avaliar se os efeitos dos fatores nas variáveis respostas são significativos, com nível de significância igual ou menor que 5%, com posterior teste de comparação múltipla de médias pela correlação linear das médias dos tratamentos.

As técnicas de análises de agrupamento também foram utilizadas, para verificar se os tratamentos adotados (combinações dos fatores – genótipo e tempo de armazenamento) apresentavam grupos similares entre si, baseando-se nas variáveis resposta observadas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* R (*DEVELOPMENT CORE TEAM*, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização física de cultivares de feijão carioca recém-colhidos e armazenados

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises da qualidade tecnológica de três cultivares de feijão do grupo carioca: BRS – Estilo (E), BRS – Pontal (P) e BRS – Madrepérola (M). Os parâmetros avaliados foram: teor de água (TA); variáveis de coloração do tegumento (luminosidade – L*, a*, b*, croma – C* e ângulo de coloração Hue – H°), um índice de diferença de cor (Δe) entre os cultivares foi calculado a partir dos resultados obtidos para os eixos L*, a* e b*, dos grãos recém-colhidos (controle) e os valores encontrados durante os períodos de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias); tempo de cocção (TC); absorção de água antes da cocção (AA); condutividade elétrica (CE); potencial hidrogeniônico (pH); acidez; propriedades mecânicas (textura de grãos de feijão cru e grãos crus sob embebição).

Tabela 1 Resultados médios da caracterização da qualidade tecnológica dos cultivares de feijão carioca recém-colhidos (controle) em suas respectivas unidades de medida

Determinações da qualidade tecnológica	BRS E*	BRS MG*	BRS P*
Teor de água (%)	18,21±0,08b	28,32±1,83a	19,68±1,55b
Luminosidade (L*)	54,64 ±0,95b	59,36±0,43a	53,83±1,77b
Cromaticidade a*	4,37±0,13b	3,32±0,12c	5,04±0,31 ^a
Cromaticidade b*	10,10±0,38a	10,35±0,31a	9,86±0,70 ^a
Croma (c*)	11,00±0,38a	10,87±0,32a	10,99±0,82 ^a
Ângulo de coloração Hue (H°)	66,62±0,75b	72,20±0,09a	62,64±0,77c
Absorção de água anterior a cocção (%)	94,08±1,06b	99,52±0,71a	93,61±1,28b
Tempo de Cocção (minutos)	16:00±0,26c	19:00 ±0,30a	18:00±0,51b
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	36,60±1,64a	42,79±3,82a	41,32±2,80 ^a
pH	6,72±0,01a	6,71±0,05a	6,63±0,12 ^a
Acidez (%)	9,86±1,46a	9,54±0,55a	9,85±0,003 ^a
Textura grão cru sem maceração (Newton – N.grão ⁻¹)	99,26±9,20a	103,34±12,73a	77,46±4,08b
Textura grão cru com maceração (Newton – N.grão ⁻¹)	18,34±1,44b	18,44±2,01a	14,69±1,51b

Média de três repetições, entre os genótipos: BRS E = Estilo, BRS MG = Madrepérola e BRS P = Pontal ± desvio padrão; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar).

5.1.1 Teor de água

A determinação do teor de água (TA) é uma das principais variáveis a serem analisadas na qualidade tecnológica de grãos de feijão. Esta variável possibilita a determinação do teor de sólidos nos grãos e, por consequência, contribui na verificação do seu grau de perecibilidade. O período entre a colheita e as análises dos cultivares recém-colhidos foi de 20 dias.

O teor de água do grão é uma das variáveis que propiciam maior ou menor qualidade nas suas características físicas iniciais e durante o período de armazenamento. O tipo de cultura, a variedade cultivada, o cultivar, as operações e os processos adotados durante a colheita do produto também podem influenciar estes resultados, alterando-os significativamente.

A preservação da qualidade física e química de grãos de feijão, no decorrer de sua vida útil, depende das suas características iniciais, especialmente do seu teor de água. Para os grãos de feijão do tipo carioca é indicado um teor de água inicial de 14% (b.u.) (UNICAMP, 2008).

Valores iniciais de 17,81% (b.u.) para o teor de água em grãos de feijão foram apontados por Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009). Outro estudo com cultivares de feijão carioca (BRS Pontal) e grãos do tipo carioca comerciais, adquiridos no segmento varejista, demonstrou um teor de água inicial de 15,60% e 14,30%, respectivamente (SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013). A faixa ótima inicial de TA para manutenção da qualidade no decorrer do período de armazenamento deve estar compreendida entre 11 e 13% de umidade (ANDRADE *et al.*, 2010).

Os valores médios para o teor de água dos três cultivares de feijão, durante os cinco períodos de armazenamento, deste estudo, apresentaram redução do TA no decorrer dos tempos avaliados, devido ao equilíbrio higroscópico dos grãos.

O cultivar Madrepérola apresentou, aos 135 dias de armazenamento, a maior variabilidade para o teor de água (3,68) e a maior dispersão entre as médias. Para os cultivares Estilo e Pontal, observou-se reduzida variabilidade entre as médias e também baixa dispersão, em relação às médias encontradas, ficando abaixo de 10%.

Houve diferença estatística significativa (p -valor = 0,0000) para o percentual de umidade dos grãos de feijão dos cultivares e dos tempos de armazenamento, avaliados ao nível de 5%, fator a ser requerido, pois demonstrou um comportamento diferenciado em função desses fatores (Apêndice E - Tabela E1).

Os resultados apontaram diferenças do teor de água entre os fatores cultivar e tempo. Em virtude de esta interação ter sido significativa, o teste de comparações de médias (Tukey) dos cultivares, em cada um dos tempos de armazenamento (Tabela 2), aponta uma diferença visível entre as médias, caracterizando, assim, que os tratamentos cultivar e

tempo de armazenamento evidenciaram efeitos diferentes para a variável resposta (teor de água dos grãos), que apresentou valores mais elevados para os grãos controle, mas que foram reduzindo ao longo dos períodos avaliados.

Tabela 2 Valores médios do teor de água umidade (%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	18,21 ± 0,08aD	28,32 ± 1,83bC	19,68 ± 1,55aD
60	14,39±0,31bC	12,25 ± 0,04aB	15,67 ± 0,04cC
90	14,45±0,19bC	13,21 ± 0,50aB	14,93± 0,36bC
135	11,13 ± 0,10aB	13,89 ± 3,68aB	11,16 ± 0,28aB
180	9,63 ± 0,09aA	9,62 ± 0,48aA	9,26 ± 0,02aA

Média de três repetições; ± desvio padrão; resultados calculados em massa seca; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar); letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

Aos 180 dias de armazenamento, houve redução do teor de água para todos os cultivares, ficando na média de 9,5% de umidade e não apresentando diferenças estatísticas, ao nível de 5%, entre os genótipos (Tabela 2).

5.1.2 Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor dos três cultivares de feijão do grupo comercial carioca foram avaliados após cada período de armazenamento (tempos: 60, 90, 135 e 180 dias). Sendo avaliados os seguintes índices: Luminosidade (L^*), cromaticidade (a^* , b^*), cromia, ângulo de coloração Hue (H^0) e o Δe^* que é a diferença total de cor, considerando as determinações iniciais dos cultivares (controle).

Os valores médios para a luminosidade L^* , indicativos da claridade do tegumento para as três cultivares de feijão, nos cinco períodos de armazenamento, revelam que ocorreu redução ao longo do tempo, fator este a ser requerido, pois dentre as principais características negativas em grãos de feijão do grupo carioca está a tendência ao escurecimento, ou seja, a redução dos valores de L^* , conforme aumenta o período de armazenamento.

O cultivar BRS Madrepérola apresentou os maiores índices de claridade, medidos através da luminosidade L^* , ficando na média com L^* de 58,51. O BRS Pontal apresentou a maior variabilidade para a medida de luminosidade (1,77) e a maior dispersão entre as médias (3,28) no período inicial (controle). A dispersão dos valores de luminosidade

relacionados aos cultivares e seus respectivos tempos de armazenamento foi baixa, em relação às médias encontradas, ficando menor que 5%, fator este a ser requerido.

Os grãos de feijão do grupo comercial carioca, reportados na literatura, apresentaram valores na faixa de: L^* 44,84, obtido por Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009); L^* 51,21; 53,15 e 52,99, obtidos por Lopes (2011); L^* 49,15, obtido por Schoeninger (2012); L^* 45,90 - 51,30 para grãos com escurecimento lento e L^* 42,00 – 44,90 para grãos com escurecimento regular, obtidos por Siqueira *et al.* (2014). Neste estudo, os genótipos apresentaram valores mais elevados de luminosidade, caracterizados com tegumentos mais claros e, por consequência, podendo adquirir maior valor no mercado.

O valor médio para a luminosidade L^* , entre os cultivares controle avaliadas neste estudo, foi L^* 55,93, apresentando 2,93 pontos acima do valor de L^* 53,00, padrão médio para o feijão do tipo carioca, apresentado por Carneiro, Soares e Costa (2000) no “Ensaio Nacional sobre Linhagens de Feijão”.

Resultados de cor em grãos de feijão controle do tipo carioca de diferentes safras apresentados por Lopes *et al.* (2011), indicaram um valor de L^* 51,21 nos grãos cultivados na época das águas.

Todos os valores de luminosidade para os três cultivares analisados neste estudo apresentaram-se com valor de L^* superiores a 50,00 grãos de feijão do grupo carioca que apresentem valores de L^* acima de 55,00 são os mais requeridos pelo mercado (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008).

A análise de variância para a luminosidade L^* indicou diferenças significativas entre os cultivares (p -valor < 0,05), ao nível de 5% de probabilidade: para o controle (p -valor = 0,0025), 60 dias (p -valor = 0,0000), 90 dias (0,0000), e para 135 e 180 dias de armazenamento (0,0000).

No entanto, na análise da interação entre cultivar e tempo, a ANOVA não foi significativa (p -valor = 0,4631), como se pode observar na Tabela E2 (Apêndice E). As médias de luminosidade L^* indicaram diferenças significativas entre os cultivares. Com relação ao tempo (p -valor < 0,05), os resultados apontaram diferenças entre as medidas de L^* , ao longo do período de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias).

Como não houve interação entre cultivar e tempo de armazenamento, o teste de Tukey foi aplicado para a comparação das médias de luminosidade L^* em cada cultivar e em cada tempo (Figura 7 (a) e (b)).

Cada traço dos gráficos de comparação de médias (Figura 8 (a) e (b)) indica a média de cada cultivar e tempo para o parâmetro de luminosidade L^* com seus respectivos intervalos de confiança, tornando visível a diferença entre as médias.

Observou-se que o cultivar BRS Madrepérola apresentou, em média, grãos mais claros ao longo do armazenamento, parâmetro este a ser requerido em grãos de feijão do grupo carioca.

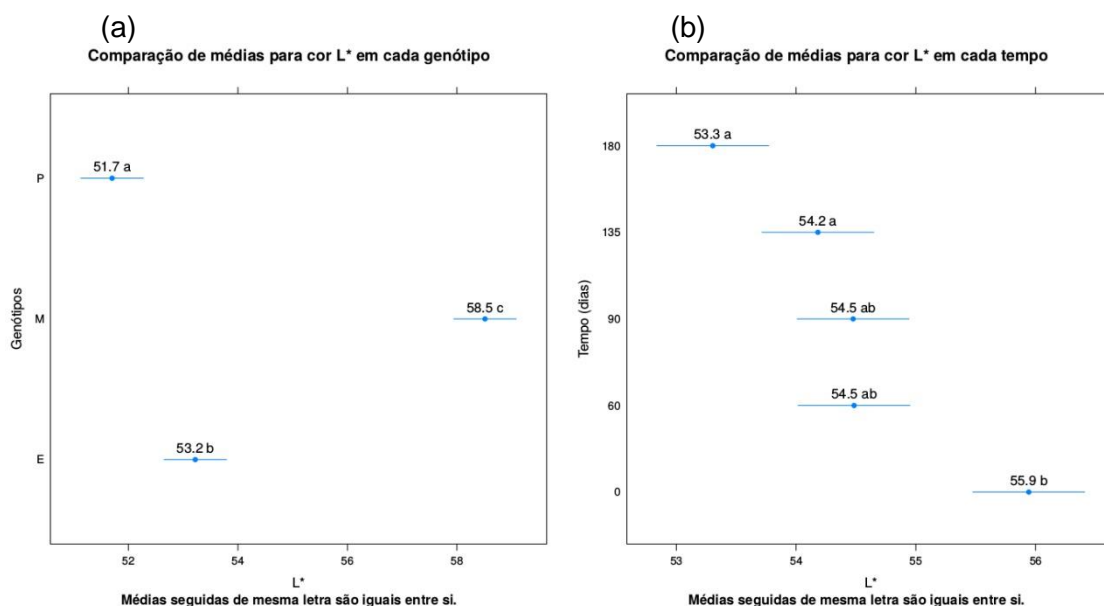


Figura 7 Gráfico da comparação de médias para luminosidade L*: (a) em cada genótipo (BRS Estilo (E), BRS Madrepérola (M) e BRS Pontal (P) e (b) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias).

Os valores para a cromaticidade a^* dos grãos controle, cuja variação de cor vai do verde para o vermelho, indicaram que o BRS Pontal apresentou maior valor de a^* com 5,04 (Tabela 1). Esse valor é indicativo de grãos com coloração mais avermelhados, quando comparados ao BRS Estilo e ao BRS Madrepérola.

O cultivar BRS Madrepérola apresentou o menor valor de a^* (3,32 - 4,17) para os cinco períodos analisados, o que significa que estes grãos possuíam menor tendência à cor avermelhada, em comparação ao BRS Estilo e ao Pontal, fator este a ser requerido, pois quanto menos avermelhados os grãos de feijão do tipo carioca, maior o seu índice de luminosidade L*.

A análise de variância da distribuição geral dos dados de cromaticidade a^* está apresentada na Tabela E3 (Apêndice E). Observa-se que tanto os cultivares como o tempo de armazenamento e a interação entre estes dois fatores apresentaram diferenças estatísticas significativas (p -valor < 0,05), ao nível de 5%.

Como a interação entre cultivar e tempo apresentada para o parâmetro de cromaticidade a^* foi significativa (p -valor = 0,0000), realizaram-se as comparações de médias dos cultivares em cada um dos tempos de armazenamento. As médias desses resultados (a^*) e seus respectivos intervalos de confiança em cada tempo de armazenamento podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios de cromaticidade a*, cromaticidade b* e ângulo de coloração H°, para os fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
Cromaticidade a*			
0 (controle)	4,37±0,13bA	3,32±0,12aA	5,05±0,31cA
60	6,51±0,13bB	4,17±0,10aB	6,64±0,07bC
90	6,52±0,05bB	4,19±0,09aB	7,04±0,05cD
135	6,55±0,04bB	4,28±0,11aB	7,01±0,22bCD
180	6,66±0,34bB	3,58±0,05aA	6,18±0,20bB
Cromaticidade b*			
0 (controle)	10,10±0,38Aa	10,35±0,31aA	9,86±0,70aA
60	10,55±0,12aA	11,66±0,12cA	9,89±0,13aA
90	10,68±0,23bA	11,49±0,06cA	9,91±0,18aA
135	10,36±0,31aA	11,52±0,13bA	9,87±0,13aA
180	10,14±0,81aA	10,49±0,10aA	9,88±0,06aA
Ângulo de coloração H°			
0	66,61±0,75bB	72,20±0,09cB	62,64±0,77aB
60	58,32±0,23bA	70,28±0,32cB	55,66±1,05aA
90	58,60±0,38aA	62,10±6,52aA	54,23±1,09aA
135	56,67±0,34bA	69,62±0,29cB	52,97±0,22aA
180	56,60±0,94bA	70,63±0,51cB	54,53±0,63aA

Média de três repetições; ± desvio padrão; H° = hue, letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar); letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

A variável de cromaticidade b* (Tabela 3) é importante para o cálculo do índice de diferença de cor (Δe^*) entre os cultivares, ao longo do período de armazenamento. Observou-se que, quanto maior o período de armazenamento dos grãos de feijão do tipo carioca, mais elevado foi o valor de b*. O BRS Madrepérola apresentou o maior índice de b* 10,35 - 11,65, indicativo de grãos mais amarelados, o que corrobora os resultados da variável a* para este genótipo, pois foram os grãos com menor tendência a cor avermelhada.

Houve redução das variáveis a* e b* para todos os cultivares no armazenamento aos 180 dias, em comparação aos tempos 60, 90 e 135 dias. Os índices de cor apresentados neste estudo, para os três cultivares, diferenciaram-se dos resultados obtidos por outros autores. Os valores de cromaticidade a* e b* em grãos do tipo carioca, reportados na literatura, ficam na média de: a* 7,21 e b* 12,92, índices obtidos por Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009); a* 8,20 e b* 14,36, obtidos por Schoeninger (2012) e médias de

a* 6.85 e b* 12,05, em grãos do tipo carioca cultivados na época das águas, obtidas por Lopes (2011).

A análise de variância, em relação à influência que o tempo de armazenamento exerceu sobre o parâmetro de cor b*, para os cultivares BRS Estilo, Madrepérola e Pontal, demonstrou significância (p-valor = 0,0198) para a interação entre cultivar e tempo de armazenamento.

Os grãos do cultivar BRS Pontal apresentaram valores semelhantes para b*, em todos os tempos de armazenamento, ou seja, não houve alterações deste parâmetro, ao longo dos períodos analisados.

Para os valores que medem a intensidade e a pureza da cor, representados pelo índice de croma C* (Tabela 3) obtiveram-se como indicativo de maior intensidade de cor os grãos do cultivar BRS Estilo para todos os períodos de armazenamento, com valores que variaram entre 11 e 12. O menor valor de C* foi relativo ao menor tempo de armazenamento, confirmando que a intensidade da cor aumentou com o envelhecimento do grão, exceto para o período de 180 dias, nos genótipos BRS Madrepérola e BRS Pontal.

Quanto maior o valor de C*, mais perceptível será o produto à visão humana (GRANATO; MASSON, 2010). Essa característica pode ser o diferencial na qualidade do grão carioca no momento da aquisição pelo mercado consumidor. Como a interação entre cultivar e tempo não foi significativa (p-valor = 0,0681), ou seja, não apresentou comportamento diferenciado em função do cultivar e do tempo de armazenamento, foram realizadas as comparações de médias para estes fatores em separado (Apêndice E - Tabela E6).

A comparação das médias está nas Figuras 8 (a) e (b) que apresentam os resultados de C*, em seus respectivos intervalos de confiança, para cada cultivar (Figura 8a) e para o tempo (Figura 8b), respectivamente. O maior valor de C* observado foi para o BRS Estilo, ou seja, este apresentou maior intensidade de cor, quando comparado aos cultivares BRS Madrepérola e BRS Pontal.

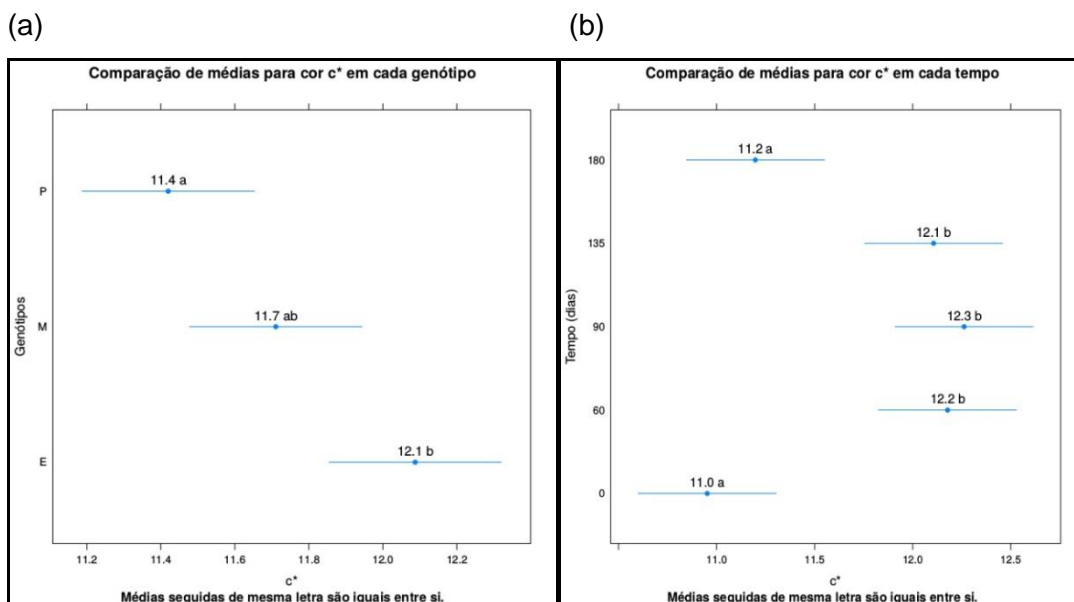


Figura 8 Gráfico de comparação de médias para C*: (a) entre os genótipos BRS Estilo (E); BRS Madrepérola (M) e BRS Pontal (P); (b) ao longo do tempo: controle, 60, 90, 135 e 180 dias.

Resultados contrários para o índice de C* em feijão do grupo carioca foram apresentados por Schoeninger *et al.* (2013a) que verificaram redução desses valores, em relação ao controle (19,04), com uma variação entre os ensaios (planejamento fatorial completo 2²) de C* - 11,74 a 17,34.

Valores mais elevados para C* são reportados na literatura: C* 14,82, em feijão do grupo comum, do tipo carioca genótipo BRS Pontal, obtido por Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009), C* 16,53, em feijão do tipo carioca, obtido por Schoeninger *et al.* (2013a) e C* 17,41, obtido por Corrêa *et al.* (2012).

Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009) avaliaram a conservação da qualidade do feijão por meio do resfriamento artificial durante 120 dias e verificaram que o tempo de armazenamento não ocasionou alterações significativas no C* e no ângulo Hue – H⁰, ao nível de 5% de probabilidade.

Esta pesquisa obteve para o ângulo H⁰ dos três cultivares do período inicial (controle) o maior ângulo para o BRS Madrepérola, com valor de H⁰ de 72,20, indicativo de tonalidade mais próxima do ângulo 90⁰, com predominância da cor amarela. Resultado que reforça o valor encontrado para a cromaticidade b* desse mesmo cultivar (BRS Madrepérola), que se apresentou próximo do amarelo.

Resultados similares em grãos de feijão carioca cru para os valores do ângulo H⁰ 60,27 foram reportados por Schoeninger *et al.* (2013a). O valor médio, entre os cultivares e os tempos de armazenamento, encontrado neste estudo foi de H⁰ 61,42.

No Apêndice E (Tabela E6) é possível verificar os resultados da análise de variância, em relação à influência que o tempo de armazenamento exerceu sobre o parâmetro de cor

H^o. Como a interação entre cultivar e tempo foi significativa (p-valor = 0,0001), realizou-se o teste de comparação de médias de (Tukey).

O maior ângulo de coloração H^o (72,20) encontrado neste estudo foi para o genótipo BRS Madrepérola, que apresentou maior tonalidade de cor. Houve redução desse parâmetro, conforme aumentou o tempo de armazenamento dos cultivares, exceto para o BRS Madrepérola, que apresentou aumento no ângulo H^o (70,63), aos 180 dias, comparativamente aos tempos 60, 90 e 135 dias (Tabela 3).

Os parâmetros de cor (L*, a*, b*, C* e H^o) analisados para os três cultivares (fator 1) e tempo de armazenamento (fator 2), no geral, apresentaram diferenças significativas entre eles (p-valor < 0,05), exceto para a interação entre genótipo e tempo de L* (p-valor = 0,4631) e C* (p-valor = 0,0681).

A diferença total de cor entre os grãos controle e os genótipos nos seus respectivos períodos de armazenamento foi calculada pela diferença de cor entre as amostras, pelos valores obtidos para L*, a* e b* (Tabela 4).

O genótipo que apresentou menor variação (Δe^*) de cor, em relação aos quatro tempos de armazenamento, foi o BRS Madrepérola, que variou entre 1,72 e 2,10. Quanto maior o período de armazenamento, maior foi o valor medido pela diferença de cor, ou seja, mais perceptível a diferença entre as amostras, ao longo do tempo em relação ao grão recém-colhido (controle).

Resultados análogos para a diferença de cor em feijão do grupo carioca envelhecido e pré-processado foram constatados na literatura: Δe^* 2,24 – 14,54, obtidos por Schoeninger *et al.* (2014).

Tabela 4 Diferenças dos parâmetros de cor (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , Δe^*) dos cultivares BRS Estilo (E); BRS Madrepérola (M); BRS Pontal (P) nos seus respectivos períodos de armazenamento (60, 90, 135, 180 dias)

Genótipo	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	Δe^*
BRS E60	1,28	2,15	0,45	2,54
BRS E90	1,39	2,15	0,57	2,62
BRS E135	1,83	2,44	0,25	3,07
BRS E180	2,57	2,29	0,04	3,44
BRS P60	2,38	1,60	0,03	2,86
BRS P90	2,27	1,99	0,04	3,02
BRS P135	2,72	1,96	0,01	3,36
BRS P180	3,27	1,13	0,01	3,46
BRS M60	0,71	0,85	1,30	1,72
BRS M90	0,73	0,87	1,14	1,61
BRS M135	0,72	0,96	1,16	1,67
BRS M180	2,08	0,26	0,14	2,10

ΔL^* = diferença entre a luminosidade L* da amostra armazenada em relação ao L* controle;

Δa^* = diferença entre o valor a* da amostra armazenada em relação ao a* do controle;

Δb^* = diferença entre o b* da amostra armazenada em relação ao b* do controle;

Δe^* = diferença entre os parâmetros de cor da amostra armazenada em relação ao controle.

O cultivar BRS Pontal apresentou os maiores valores para o Δe^* , em todos os tempos de armazenamento, com média de 3,18 (Tabela 4), quando comparado aos demais cultivares deste estudo. Quanto maior a diferença de cor entre o mesmo cultivar, armazenada nas mesmas condições, mais a qualidade tecnológica, em relação a estes parâmetros, pode ter sido comprometida, reduzindo inclusive o seu valor de mercado. No entanto, este resultado, em relação a outros valores reportados na literatura, não se caracteriza expressivo. Oomah *et al.* (2011), em pesquisa com diferentes genótipos de feijão, obtiveram para a diferença de cor, valores de Δe^* , variando entre 58,01 e 75,16.

5.1.3 Absorção de água

Um dos principais determinantes da qualidade tecnológica de grãos de feijão está na maior ou menor capacidade de absorção de água (AA), antes do processo de cocção. Um percentual adequado de AA pode ser o indicativo de grãos jovens com facilidade e rapidez relacionadas ao tempo de cocção (TC).

Esses parâmetros (AA e TC) associados podem ser controversos, considerando-se que alguns estudos têm demonstrado uma relação negativa: quanto maior a absorção de água, menor o tempo de cocção (SCHOLZ; FONSECA JÚNIOR, 1999a; DALLA CORTE *et al.*, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2005; BORDIN *et al.* 2010). Em outros estudos, o elevado percentual de AA não influenciou significativamente na redução do TC (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; LOPES, 2011;).

Nesta pesquisa, os percentuais de AA obtidos para os grãos controle dos cultivares avaliados foram, em média, de 100,57% (Tabela 5). Este resultado pode ter sido influenciado pelas condições ambientais de armazenamento ao longo do tempo.

A variabilidade medida pelo desvio padrão do percentual de AA, entre os grãos dos cultivares controle, obteve para o BRS Madrepérola a maior variabilidade (10,01). Verificou-se também que a dispersão dos valores de absorção de água, de acordo com o coeficiente de variação para o BRS Estilo (1,13), BRS Madrepérola (0,71) e BRS Pontal (1,37) foi baixa, em relação às médias encontradas, ficando abaixo de 5%, sendo considerada homogênea (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Tabela 5 Percentuais médios entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135, 180 dias) para a variável de absorção de água

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	94,08±1,06aB	99,52±0,71aA	93,61±1,28bA
60	93,19±0,75bA	99,77±4,06aA	93,69±1,49abA
90	104,18±3,53aB	96,35±2,30aA	103,54±4,65aB
135	100,36±2,64aAB	102,83±1,14aA	103,92±0,75aB
180	115,10±6,75aC	105,00±10,0aA	103,47±1,17aB

Média de três repetições ± desvio padrão; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar) e letras maiúsculas na coluna (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

Observando-se os resultados da porcentagem de absorção de água anterior à cocção, destacou-se o cultivar BRS Estilo que apresentou percentuais mais elevados de AA, em média de 101,38%, para os cinco tempos de armazenamento observados quando comparado aos outros cultivares: BRS Madrepérola: 100,5% e BRS Pontal: 99,64%.

Ao contrário dos resultados apontados na literatura, nos quais o percentual de AA diminui com o tempo de armazenamento, neste estudo, encontrou-se uma elevação deste parâmetro, de acordo com o tempo de armazenamento, especialmente após os 180 dias: BRS Estilo, 115,10%, BRS Madrepérola, 105% e BRS Pontal, 103,47%. Esse fator pode ter sido influenciado também pelas condições de umidade relativa do ambiente de armazenamento.

Schoeninger (2008), ao analisar a porcentagem de absorção de água para a variedade Uirapuru, encontrou valores de 103,28% no início do armazenamento (controle) e 101,08% aos seis meses, indicando uma redução neste percentual, devida ao aumento do período de armazenamento. A redução no percentual de hidratação dos grãos de feijão anterior à cocção torna-a difícil, devido especialmente ao aumento da impermeabilidade do tegumento com o envelhecimento do grão, dificultando sobremaneira o seu preparo, seja no plano industrial ou culinário.

Realizaram-se as comparações de médias dos cultivares controle e os resultados de AA% podem ser verificados na Tabela 5.

Os percentuais de AA mostraram-se semelhantes para os genótipos Estilo e Pontal, no entanto, a diferença foi significativa para o Madrepérola, que apresentou a maior média para absorção de água no período inicial, fator que corrobora os resultados de teor de água dos grãos controle, pois este cultivar apresentou elevada taxa de umidade (28%) o que deve ter contribuído para uma maior taxa de absorção de água.

Houve efeito significativo entre os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal controle, confirmada pelo resultado da ANOVA: 0,0008 (p-valor < 0,05). Assim, ao

nível de 5% de significância, é possível afirmar que os cultivares controle são diferentes para a variável de absorção de água (AA%).

Houve interação entre cultivar, tempo de armazenamento (0, 60, 90 e 135) para a variável AA%, indicando um comportamento diferente em função desses fatores. A análise de variância confirmou os resultados relacionados ao tempo de armazenamento e à interação entre os cultivares, ao longo do tempo (Apêndice E - Tabela E7).

Como a interação entre cultivar e tempo apresentada foi significativa (p-valor < 0,05), realizou-se o teste de comparação de médias (Tukey). A média, as diferenças entre cada cultivar e os seus respectivos tempos de armazenamento estão apresentados na Tabela 6.

A determinação da capacidade de absorção de água dos genótipos, ao longo do tempo de armazenamento, pode contribuir nas avaliações de permeabilidade do tegumento para os parâmetros tecnológicos de cocção dos grãos e textura, apontados na literatura como um dos fatores que mais influencia o tempo de cocção, pois um elevado percentual de absorção de água, analisado isoladamente, não serve como parâmetro, sendo necessário relacioná-lo ao tempo de cocção (BORDIN *et al.*, 2010).

Tabela 6 Valores médios de absorção de água (AA%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	94,08 ± 1,06aA	99,53±0,71bA	93,61±1,28aA
60	93,19 ± 0,75aA	99,77±4,06bA	93,69±1,49abA
90	104,18±3,53aB	96,35±2,30aA	103,54±4,65aB
135	100,36±2,64aAB	102,83±1,14aA	103,92±0,75aB
180	115,10±6,75aC	105,00±10,01aA	103,47±1,17aB

Média de três repetições; ± desvio padrão; resultados calculados em massa seca; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar); letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

5.1.4 Tempo de cocção

Os resultados do tempo de cocção (TC), quando comparados com o índice de AA%, demonstraram que os três genótipos tiveram em média um elevado percentual de hidratação, acima de 95%, o que possivelmente contribuiu para o rápido tempo de cocção (Tabela 6) observado, com média geral entre os cultivares de 17,66 minutos para os grãos controle.

A literatura tem apontado para esta relação entre o percentual de absorção de água e o tempo de cocção com uma média para absorção de água pelo grão superior a 80%,

associado a uma rápida cocção (SCHOLZ; FONSECA JÚNIOR 1999a; DALLA CORTE *et al.*, 2003; RODRIGUES *et al.* 2005; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; BORDIN *et al.*, 2010; SCHOENINGER *et al.*, 2014).

A maior variabilidade (DP) e dispersão dos valores (CV) para o tempo de cocção dos cultivares pesquisados (Tabela 7) foi encontrada para o BRS Pontal aos 90 dias de armazenamento. Para o tempo de cocção, destacou-se o cultivar BRS Estilo (TC = 16,00 minutos), que obteve o menor TC. O tempo de cocção, em geral, indicou rápida cocção para os grãos recém-colhidos, parâmetro requerido nas pesquisas de qualidade tecnológica de grãos de feijão.

Tabela 7 Valores médios do tempo de cocção dos grãos de feijão em minutos para os fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	16,30±0,26Aa	19,00±0,00aA	17,67±0,58aA
60	33,57±0,49aC	31,92±0,98aB	31,92±0,98aC
90	30,98±0,69aC	30,71±0,65aB	29,50±3,68aC
135	26,00±2,65bB	30,71±0,65aB	19,74±1,46cA
180	31,33±1,15aB	24,26±1,69bC	24,26±1,69bB

Média de três repetições; ± desvio padrão; resultados calculados em massa seca; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar); letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

Com os resultados iniciais, sugere-se que os três cultivares apresentaram qualidade inicial superior para o tempo de cocção. Cabe salientar que estes feijões foram cultivados na “época das águas”, considerada como a mais indicada para se diferenciar genótipos superiores para tempo de cocção (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

No entanto, apenas os resultados iniciais não são suficientes, sendo necessário avaliar o comportamento dos cultivares com relação ao tempo de cocção ao longo do armazenamento. O tegumento do feijão perde a sua permeabilidade durante este período, o que, possivelmente, pode contribuir para a ocorrência de dois fenômenos negativos: *Hardshell* - grãos que não absorvem água e ou *hard-to-cook* (HTC) - grãos que absorvem água suficiente, mas não amolecem (BERTOLDO *et al.*, 2009).

A análise de variância relacionada ao tempo de cocção dos genótipos observados, em cada tempo individual, apontou significância com 95% de confiabilidade de que os cultivares são diferentes: no período inicial (controle) com p-valor < 0,05% aos 135 e aos 180 dias de armazenamento. Os tempos 60 e 90 dias não apresentaram significância para o tempo de cocção, ou seja, os cultivares não foram diferentes para o TC nestes períodos.

Houve uma redução significativa do TC para os grãos com 90 dias de armazenamento, quando comparados aos grãos mais jovens (60 dias) para os três

cultivares avaliados. O armazenamento aos 135 dias também apresentou redução do TC em relação aos tempos 60 e 90 dias para os grãos de BRS Estilo e BRS Pontal.

Considerando-se a média dos períodos de armazenamento, os grãos BRS Estilo apresentaram o maior valor médio para o tempo de cocção (27,62 min.). O menor valor médio observado foi para o BRS Madrepérola (22,46 min.).

Pelos dados da análise de variância, apresentados no Apêndice E (Tabela E8), para cultivar e tempo de cocção, é possível verificar a interação entre os cultivares ao longo do armazenamento, indicando assim um comportamento diferenciado em função destes dois fatores. A interação foi significativa, com p -valor $< 0,05$. Os resultados das comparações de médias (Tukey) realizadas para os cultivares, ao longo do tempo de armazenamento, são visualizados na Tabela 7.

Os cultivares Estilo, Madrepérola e Pontal, de maneira geral, apresentaram aumento no TC à medida que aumentou o período de armazenamento. No entanto, este fator não foi parâmetro em 100% dos períodos avaliados. Resultados contrários foram reportados por Coelho *et al.* (2009), que obtiveram um aumento linear ($r = 0,92$) no tempo de cocção de grãos de feijão preto e carioca, conforme o aumento do período de armazenamento, sendo que os grãos do grupo carioca apresentaram os maiores tempos, em média 40 minutos aos 6 meses de armazenamento.

Para Bertoldo *et al.* (2009) e Bertoldo (2008), a contribuição genotípica para o caráter tempo de cocção é baixa, sendo que a maior variabilidade observada em seus estudos pode ser atribuída ao efeito do ambiente e da interação entre genótipo e ambiente. Resultados similares para o TC foram obtidos neste estudo, que confirmou a interação entre cultivar e tempo de armazenamento (Tabela 7) para a variável TC.

Morais *et al.* (2010), ao analisarem grãos de feijão de dois cultivares (BRS Supremo e Pérola), sob condições de temperatura ambiente inferiram sobre a influência do maior tempo de armazenamento sobre o aumento do tempo de cocção.

De acordo com os valores de referência para o tempo de cocção (TC), propostos por Proctor e Watts (1987), os três cultivares deste estudo (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) apresentaram nível de resistência ao cozimento com susceptibilidade média (16 a 20 min.), sendo que BRS Pontal, ao contrário do que foi reportado por Siqueira *et al.* (2014), apresentou a menor susceptibilidade ao HTC.

Analisando os mesmos cultivares, Siqueira *et al.* (2014) apresentaram os seguintes tempos de cocção: 18 min. Para o BRS Estilo, 19 min. para o BRS Madrepérola e 22 min. para o BRS Pontal, apontando para um nível de média resistência à cocção do BRS Estilo e do Madrepérola, e resistência normal (22 min. TC) para o cultivar BRS Pontal, sendo este mais susceptível ao HTC.

Cabe salientar que as características de absorção de água dos genótipos apresentaram valores não esperados, como o aumento do percentual de AA, conforme

aumentaram os dias de armazenamento. Assim, sugere-se que este fator pode ter influenciado os resultados para o tempo de cocção a partir dos 90 dias. No cultivar Pontal, por exemplo, observou-se aumento do TC aos 60 dias (35,94 minutos) e redução aos 90 (29,50 minutos), 135 (19,74 minutos) e 180 dias (24,26 minutos).

5.1.5 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica (CE) avalia indiretamente a concentração de eletrólitos liberados pelos grãos durante a embebição, sendo que baixos valores de condutividade indicam baixa lixiviação, podendo-se afirmar que os grãos apresentam alta qualidade, ao passo que valores elevados estão relacionados a grãos de qualidade inferior (MAGRO; CARDOSO; FERNANDES, 2009).

A condutividade elétrica para os grãos recém-colhidos (controle) dos três genótipos avaliados foi, em média, de $40,24 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Os resultados de condutividade, apresentados na Tabela 8, demonstram que o Genótipo BRS Estilo apresentou o menor valor de condutividade, quando comparado aos outros dois genótipos deste estudo. Valores menores de condutividade elétrica em grãos de feijão são requeridos, tendo-se em vista serem indicativos de qualidade tecnológica, pois, quanto maior o período de armazenamento, mais elevado o valor da condutividade com a liberação (lixiviação) de íons minerais dos grãos.

Tabela 8 Valores médios de condutividade elétrica dos grãos de feijão em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	36,60±1,64aA	42,79±3,82aA	41,32±3,43aD
60	75,11±4,63cB	37,40±1,30aA	65,08±2,85bB
90	57,55±2,28bC	36,41±2,02aA	56,08±2,95bC
135	70,04±3,26bC	80,67±2,08cC	55,45±3,07aC
180	69,97±4,08bC	63,89±2,10aB	94,14±1,57bA

Média de três repetições \pm desvio padrão; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar) e letras maiúsculas iguais nas colunas (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

No último período de armazenamento (180 dias), houve elevação dos valores de CE para todos os genótipos, sendo que o genótipo BRS Pontal apresentou a maior lixiviação de íons minerais. A média geral entre os cultivares no período inicial (controle) foi de $40,23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, chegando ao final do armazenamento com média geral de $76,00 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Tal comportamento foi consequência do nível de deterioração dos grãos ao longo do armazenamento.

Em estudo com 12 genótipos de feijão do grupo preto e carioca, Coelho *et al.* (2012) encontraram valores médios para condutividade de $24,12 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período inicial (recém-colhidos), chegando no final do armazenamento a $78,97 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, refletindo maior lixiviação eletrolítica dos solutos celulares para os grãos armazenados, fator semelhante ao encontrado neste estudo, o qual sugere a redução da qualidade tecnológica e nutricional dos grãos de feijão.

Resultados similares de CE em grãos de feijão armazenados foram reportados por Vanier *et al.* (2014), que encontraram valores mais elevados de condutividade elétrica para os grãos de feijão armazenados sob atmosfera normal (condições ambientais), quando comparados aos grãos armazenados sob refrigeração (5°C) e atmosfera modificada.

Pelos resultados da ANOVA foi possível verificar as diferenças entre os fatores (genótipo e tempo de armazenamento), assim como a interação entre eles para a medida de condutividade elétrica (Apêndice E - Tabela E9).

Os resultados da análise de variância apontaram para um comportamento diferenciado em função dos fatores observados (genótipo, tempo e a interação entre eles), ao nível de 95% de confiabilidade.

Como a interação entre cultivar e tempo de armazenamento foi significativa ($p\text{-valor} = 0,0000$), o teste de comparação múltipla de médias (Tukey) foi realizado para os cultivares ao longo do armazenamento.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8 ocorreu degradação da parede celular dos grãos, com a liberação de íons minerais, à medida que aumentaram os dias de armazenamento para todos os cultivares analisados. No entanto, ao contrário do que se esperava, o BRS Madrepérola apresentou redução da CE nos tempos 60 e 90 dias, em relação ao período inicial. Esse resultado pode ter sido influenciado pelas características iniciais de teor de água deste genótipo, que se apresentou elevada no período inicial ($> 25\%$) (controle), havendo posteriormente um equilíbrio do teor de umidade dos grãos.

5.1.6 pH e acidez

Para os resultados de pH e acidez dos grãos recém-colhidos (controle) e armazenados (60, 90, 135 e 180 dias), apresentados na Tabela 8, obtiveram-se valores médios próximos da neutralidade para os três cultivares ($\text{pH} = 6,69$) e acidez (9,75%) ao longo do tempo de armazenamento, fator este a ser requerido na qualidade tecnológica, nutricional e microbiológica de grãos de feijão.

Os resultados da análise de variância para pH não apontaram para um comportamento diferenciado dos cultivares em 100% dos tempos analisados. No período inicial ($p\text{-valor} = 0,3421$) e aos 60 dias ($p\text{-valor} = 0,7195$) de armazenamento a ANOVA não

foi significativa, indicando que os cultivares não apresentaram diferenças entre eles na determinação do pH. No entanto, nos tempos 90 (p-valor = 0,0115), 135 (p-valor = 0,0034) e 180 dias (p-valor = 0,0036) os cultivares apresentaram diferenças significativas (p-valor < 0,05), ao nível de 95% de confiabilidade (Apêndice E - Tabela E10).

Como a interação entre cultivar e tempo de armazenamento para a variável de pH foi significativa (p-valor < 0,05), realizou-se o teste de comparação múltipla de médias (Tukey) para os cultivares ao longo do armazenamento. As médias e a diferença entre os resultados de pH estão apresentadas na Tabela 9.

Para os resultados de acidez dos grãos controle, a ANOVA não foi significativa (p-valor = 0,8854), ou seja, ao nível de 5% de significância os cultivares não apresentaram diferenças entre si.

Os resultados da análise de variância para as características de acidez dos cultivares ao longo do tempo de armazenamento não apontaram para um comportamento diferenciado entre os cultivares e os tempos 60, 90 e 180 dias, com p-valor de: 0,8854, 0,3732 e 1,000, respectivamente.

Tabela 9 Valores médios das análises de potencial hidrogeniônico (pH) e acidez dos genótipos BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal em cada do tempo de armazenamento inicial (controle) 60, 90, 135 e 180 dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
	pH		
0 (controle)	6,72±0,01aB	6,63±0,05aA	6,71±0,12aB
60	6,58±0,01aA	6,59±0,02aA	6,55±0,10aA
90	6,55±0,07abA	6,63±0,03aA	6,47±0,02bA
135	6,55±0,04abA	6,63±0,04aA	6,48±0,02bA
180	6,57±0,03aA	6,53±0,02Aa	6,46±0,02bA
Tempo (dias)	Acidez		
0 (controle)	9,85±1,46aA	9,85±0,55aA	9,54±0,01aA
60	9,22±0,55aA	9,86±0,55aA	10,17±1,10aA
90	10,81±0,55aB	10,49±0,96aB	10,13±0,55aB
135	9,54±0,01aAB	9,54±0,01aAB	10,81±0,55bAB
180	10,17±0,55aAB	10,17±1,10aAB	10,17±0,55aAB

Média de três repetições ± desvio padrão (%); letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar) e letras maiúsculas iguais nas colunas (tempo) significam médias iguais a 5% de significância.

A medida de acidez possui relação direta com o pH, pois a proximidade da neutralidade é indicativa de menor teor de acidez. Segundo a literatura, a acidificação do tecido pode ser consequência da exposição dos grãos a condições inadequadas de armazenamento, como também pode estar associada ao processo de envelhecimento dos grãos, sendo causa intermediária do HTC (LIU; MACWATTERS; PHILIPS, 1993).

Outros fatores podem contribuir para a acidificação dos grãos de feijões armazenados como, por exemplo, os processos biológicos provocados por hidrólises enzimáticas (lipases e fitases) e ou pela ação de micro-organismos patogênicos (RIBEIRO; PRUDENCIO-FERREIRA, MIYAGUI, 2005).

Os resultados da ANOVA indicaram p-valor = 0,0040, com 95% de confiabilidade de que os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal são diferentes, em relação aos percentuais de acidez, aos 135 dias de armazenamento.

A análise de variância para os percentuais de acidez entre os dois fatores (cultivar, tempo) e a possível interação entre eles é apresentada no Apêndice E (Tabela E11).

Como a interação entre cultivar e tempo de armazenamento não foi significativa (p-valor = 0,4546), realizou-se o teste de comparação múltipla de médias (Tukey) para cada tempo (p-valor < 0,05) de armazenamento, que pode ser visualizado no gráfico de comparação múltipla de médias (Figura 9), no qual são apresentados os percentuais médios de acidez e a diferença entre os resultados ao longo do tempo, com seus respectivos intervalos de confiança.

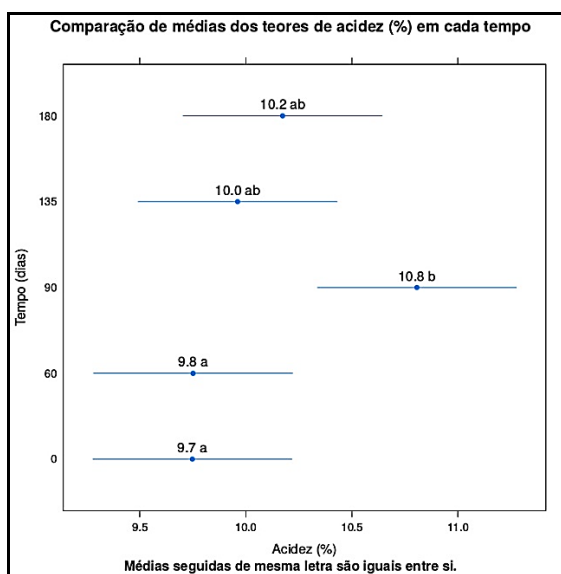


Figura 9 Gráfico de comparação múltipla de médias para o percentual de acidez ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias).

Quanto maior o tempo de armazenamento, mais elevados se apresentaram os percentuais de acidez para os três genótipos avaliados. Resultados contrários foram constatados para os valores de pH que, conforme o esperado, reduziram com o período de armazenamento, mantendo-se dentro da faixa de neutralidade requerida para a qualidade física, química e microbiológica dos genótipos avaliados.

Os valores de pH em grãos de feijão comum, reportados na literatura, assemelham-se aos encontrados neste estudo, ou seja, estão próximos da neutralidade com resultados para o pH de: 6,30 a 6,47 para os feijões controle e 30 dias de armazenamento.

Como os resultados de pH e acidez obtidos neste estudo representaram uma resposta ao tempo de armazenamento, em consequência do envelhecimento e endurecimento dos cotilédones, fez-se necessário avaliar e comparar os diferentes genótipos em diversos tempos e condições de armazenamento, considerando também, após 180 dias, a fim de se estabelecer uma faixa ótima destes parâmetros em cada período, para que possam somar na indicação de genótipos promissores junto aos programas de melhoramento genético e mercado consumidor.

5.1.7 Propriedades mecânicas

A determinação instrumental da dureza de grãos de feijão *in natura* e recém-colhidos é um parâmetro importante, pois possibilita verificar a qualidade tecnológica do grão, pela medida do grau de dureza dos genótipos, ao longo do tempo de armazenamento e contribui para ampliar a discussão dos dados.

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados das propriedades mecânicas dos grãos de feijão crus sem maceração e dos grãos crus macerados.

Tabela 10 Resultados médios das análises de textura em Newton (N.grão⁻¹) dos cultivares BRS Estilo (BRS E), BRS Madrepérola (BRS M) e BRS Pontal (BRS P) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135, 180) em dias

Cultivares Textura sem maceração (N.grão ⁻¹)			
Tempo	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
Controle (0)	152,30±43,11aA	103,34±12,73aB	77,46±04,08aB
60	111,32±36,05bB	160,09±14,73cA	123,59±13,05bB
90	128,67±11,71abA	125,18±7,47abA	95,93±09,18aB
135	143,17 ± 19,75aA	142,90±30,34bcA	149,40±18,17bA
180	140,41±19,60aA	129,38±28,99abA	132,50±23,73 bA
Cultivares Textura com maceração (N.grão ⁻¹)			
Tempo	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
Controle (0)	18,48±0,36aA	18,32±1,16aA	14,11±1,14bA
60	17,81±0,74aA	17,85±1,14aA	15,33±1,15bAB
90	18,44±1,14aA	18,02±1,22aA	15,10±0,83bAB
135	17,61±0,88bA	19,01±1,30aA	15,48±0,88cB
180	17,62±0,82bA	18,89±0,92aA	15,61±1,31cB

Média de quinze repetições; DV ± desvio padrão (%); Tempos 0 (controle), 60 dias, 90 dias, 135 dias e 180 dias; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar) e letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância.

Os cultivares controle - BRS E0, M0 e P0 apresentaram diferenças significativas entre eles e os métodos empregados (sem e com maceração). A força necessária para compressão ou perfuração do grão obteve para o método de grãos crus sem maceração maior variabilidade, com elevada dispersão dos valores observados, ficando acima de 20%. O maior índice de força em Newton para os grãos controle foi encontrado para o genótipo BRS Estilo ($152,30 \text{ N.grão}^{-1}$), tanto para o grão cru sem maceração como para o macerado ($18,48 \text{ N.grão}^{-1}$), indicando grãos com maior susceptibilidade ao defeito *hard-to-cook* (HTC).

Ao analisar as propriedades mecânicas de grãos de feijão *in natura* (testemunha), Paixão (2011) também apontou para um elevado valor de força (N.grão^{-1}) associado ao aumento da dureza dos grãos, conforme o aumento do tempo de armazenamento, variando entre $551,45 \text{ N.grão}^{-1}$ e $290,57 \text{ N.grão}^{-1}$. Fator já esperado, pois quanto maior o período de armazenamento, maior dureza apresentará o grão.

Diversos fatores contribuem para alterar as propriedades mecânicas dos produtos agrícolas em geral. No caso dos grãos, destacam-se as condições de colheita e secagem, o teor de água e o tratamento empregado para avaliação de dureza. Sabe-se que o tempo de armazenamento associado ao teor de água desses alimentos tem influenciado negativamente estas propriedades, fator que pode ter contribuído para a alta variabilidade dos resultados deste estudo.

De forma geral, o grau de dureza dos genótipos aumentou ao longo do tempo de armazenamento, tanto para os grãos crus sem maceração quanto para os grãos macerados. Observou-se que, a partir dos 135 dias de armazenamento, nas condições ambientais analisadas, não houve diferença significativa na dureza dos genótipos para os grãos crus sem maceração.

Cabe salientar que o método de análise da textura sob maceração apresentou baixa variabilidade nos valores de força máxima necessária à compressão e ou perfuração dos grãos, fator este a ser requerido nos resultados.

A influência dos fatores genéticos e ambientais foi reportada por Siqueira *et al.* (2014) que, ao analisarem a dureza de grãos de feijão carioca processados (cocção) e recém-colhidos de diferentes genótipos, encontraram valores próximos de $10,49 \text{ N.grão}^{-1}$, $10,11 \text{ N.grão}^{-1}$ e $10,36 \text{ N.grão}^{-1}$ para os mesmos genótipos analisados neste estudo: BRS Estilo, BRS Pontal e BRS Madrepérola, respectivamente. Verificaram uma diferença significativa, ao nível de 5%, para o genótipo BRS Madrepérola que apresentou os maiores índices de dureza, ao longo do armazenamento, quando comparado aos genótipos BRS Estilo e Pontal que não apresentaram diferença significativa ($p\text{-valor} > 0,05$) nas características de dureza dos grãos armazenados.

No Apêndice E (Tabela E12) estão apresentados os resultados da ANOVA para os dois fatores analisados (genótipo e tempo de armazenamento), de acordo com os diferentes métodos empregados.

A medida de dureza dos grãos foi significativamente diferente para a interação entre cultivar e tempo (variável de força $N.gr\tilde{a}o^{-1}$) para os grãos crus sem maceração. Para os grãos crus macerados, houve diferença significativa (p -valor = 0,0000) na interação entre cultivar e tempo, demonstrando que os cultivares apresentaram diferenças ao longo do tempo de armazenamento (Apêndice E - Tabela E12) com o aumento do grau de dureza dos grãos.

Nas mesmas condições de armazenamento ambiental, ao analisarem os parâmetros de textura, dureza de grãos de feijão comum do tipo carioca, Coelho *et al.* (2009) verificaram aumento deste parâmetro associado ao tempo de armazenamento e que os feijões do grupo apresentaram maior susceptibilidade ao aparecimento do defeito HTC ou difícil de cozinhar.

5.2 Caracterização química dos genótipos de feijão carioca recém-colhidos e armazenados

Os resultados da análise de variância (Apêndice E - Tabela E13) demonstram que, para os teores de proteínas e minerais avaliados (Fe, Mn, Zn e P) nos grãos de feijão controle, houve diferenças entre os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal, ao nível de 5% de significância.

O teor de fibras, respectivo à fração de fibra insolúvel (FDA), não apresentou diferença entre os cultivares (p -valor = 0,1578). No entanto, foi observada significância (p -valor = 0,0000), ao nível de 1% para os teores de fibra solúvel (FDN).

O teor de ácido fítico para os cultivares avaliados não foi significativo (p -valor = 0,5256), ou seja, os cultivares (controle) não apresentaram diferenças entre eles (Apêndice E – Tabela E14).

Os resultados da estatística descritiva para os cultivares de feijão controle estão apresentados na Tabela 11, na qual se pode observar a baixa variabilidade entre as médias dos compostos, ficando abaixo de 10%, exceto para os valores médios encontrados na composição de taninos que apresentaram elevada variabilidade, sendo o BRS Pontal com o maior valor, acima de 20%.

O percentual proteico dos grãos controle diferiu significativamente entre os cultivares, ou seja, apesar da similaridade entre BRS Madrepérola e BRS Pontal, houve diferença entre as médias. O BRS Estilo obteve o menor percentual médio de proteína no período inicial. As diferenças observadas entre os valores de proteínas, ferro, manganês, zinco, fósforo e taninos para os grãos controle, provavelmente, devem-se às diferenças entre os cultivares avaliados, considerando que as condições de cultivo foram semelhantes.

Tabela 11 Estatística descritiva dos teores médios de proteínas, minerais (Ferro, Manganês, Zinco e Fósforo), fibras (FDN e FDA), Lignina (LDA), ácido fítico e taninos avaliados em cultivares de feijão carioca (controle)

Composição química	Cultivares		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
Proteínas (%)	17,31 ± 0,38 b	20,23 ± 0,53 a	19,87 ± 0,41 a
Ferro (mg.Kg ⁻¹)	52,77 ± 1,89 b	104,09 ± 5,17 a	105,52 ± 2,27 a
Manganês (mg.Kg ⁻¹)	17,93 ± 0,13 b	21,11 ± 0,23 a	18,00 ± 0,14 b
Zinco (mg.Kg ⁻¹)	42,94 ± 2,05 a	40,72 ± 0,57 ab	37,55 ± 0,76 b
Fósforo (g.Kg ⁻¹)	2,14 ± 0,09 c	2,47 ± 0,10 b	3,03 ± 0,05 a
FDN (%)	5,30 ± 0,87 b	3,32 ± 0,17 c	12,56 ± 0,60 a
FDA (%)	32,32 ± 0,83 a	36,71 ± 2,51 a	32,53 ± 3,83 a
LDA (%)	2,69 ± 0,85 b	8,85 ± 1,22 a	8,67 ± 1,09 a
Ácido Fítico (µg.100µg)	0,14 ± 0,02 a	0,10 ± 0,04 a	0,10 ± 0,03 a
Taninos (mg.100g ⁻¹)	243,03 ± 19,51 b	237,51 ± 18,84 b	359,21 ± 26,53 a

Média de três repetições ± desvio padrão; Resultados calculados em massa seca (MS); FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em detergente ácido; LDA, lignina; Letras minúsculas iguais nas linhas (cultivar) significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância.

A existência de variabilidade genética nos compostos químicos presentes nos grãos de feijão avaliados é esperada e pode servir de indicativo na seleção de genótipos mais promissores, com relação à qualidade e à segurança (nutricional) comercial dos cultivares e, desta forma, contribuir na adequação da dieta habitual do indivíduo. Há evidências de que o consumo regular de leguminosas reduz o risco de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade e inclusive alguns tipos de câncer (DÍAZ-BATALLA *et al.*, 2006; SPRING, 2012).

O resultado da análise de variância para os conteúdos de fibra em detergente neutro (FDN) que corresponde à fração de fibra solúvel (FS), fibra em detergente ácido (FDA), representada pela porção de fibra insolúvel (FI) e Lignina (LDA) dos grãos controle constam do Apêndice E - Tabela E14.

Verifica-se nessa Tabela que houve diferença estatística significativa, a 5% de probabilidade, entre os cultivares, para as variáveis de FDN (p-valor = 0,0000), LDA (p-valor = 0,0006) e Taninos (p-valor = 0,0008). A fração de FDA (0,1578) e Ácido Fítico (p-valor = 0,5256) apresentaram diferença não significativa, indicando semelhanças entre os grãos jovens dos cultivares BRS Estilo, Madrepérola e Pontal referentes à composição de fibra insolúvel (FDA) e ácido fítico.

Corroborando os resultados de Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), que não encontraram diferenças estatísticas, ao nível de 5%, entre dois cultivares de feijão carioca cru (Pontal e Comercial) para os teores de FDA.

Os resultados da composição média dos compostos químicos analisados nos cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal ao longo do armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias) estão apresentados a seguir.

5.2.1 Proteínas

O teor de proteínas não apresentou diferença estatística entre os cultivares (Apêndice E - Tabela E15), para os tempos 60 e 90 dias de armazenamento (p -valor > 0,05). No entanto, a partir dos 135 e 180 dias houve diferenças significativas, indicando que, para o teor proteico, os cultivares foram diferentes nesses períodos, com 5% de probabilidade.

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados da estatística descritiva para os percentuais de proteínas nos cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal, considerando todos os tempos de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias).

Tabela 12 Teores médios de proteínas (%) dos fatores cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola, BRS Pontal) e tempo de armazenamento (60, 90, 135, 180) em dias

Tempo (dias)	Cultivar		
	BRS Estilo	BRS Madrepérola	BRS Pontal
0 (controle)	17,31 ± 0,38 aA	20,23 ± 0,53 bA	19,09 ± 0,41 bA
60	19,56±0,67aB	20,35 ± 0,33 aA	19,56 ± 0,23 aA
90	19,19±1,56 aB	19,60 ± 1,38 aA	19,73 ± 0,34 aA
135	17,95 ± 1,01aAB	19,40 ± 0,33 abA	20,00 ± 0,45 bA
180	19,44 ± 0,15 bB	20,00 ± 0,45 bA	18,50 ± 0,22 aA

Média de três repetições; ± desvio padrão; resultados calculados em massa seca; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (cultivar) letras maiúsculas iguais na coluna (tempo) significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância.

A composição média de proteínas em grãos de feijão comum do grupo carioca cru (*Phaseolus vulgaris* L.), reportados em estudos nacionais está entre 17 e 22% (UNICAMP, 2008). O teor de proteínas obtido neste estudo, considerando os três genótipos avaliados, apresentou-se na faixa média de 19%, a qual está dentro dos valores proteicos esperados.

Entretanto, estes resultados mostraram-se inferiores aos encontrados por Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009), para os grãos crus: 25,62%; Prolla *et al.* (2010) com variações de 21 a 29%; Silva *et al.* (2013), Coelho *et al.* (2013) e Vanier *et al.* (2014) com teores médios entre 21 a 22% de proteína nos grãos de feijão cru.

Cabe salientar que o armazenamento dos cultivares em condições ambientais para os períodos avaliados não propiciou redução no teor de proteínas (PROT %) dos grãos. Resultados estes que corroboram os reportados por Coelho *et al.* (2013), que encontraram os seguintes teores de proteínas nos feijões: controle (21,24%), 3 meses (20,88%), 6 meses (21,28%), 9 meses (21,40%) e 12 meses (21,37%), em grãos crus armazenados sob condições ambientais normais.

O genótipo BRS Madrepérola apresentou o maior teor de proteínas, em média de 20% ao longo do armazenamento, quando comparado aos genótipos BRS Estilo e Pontal, exceto aos 135 dias.

As diferenças na composição química das leguminosas, como na grande maioria dos alimentos, são esperadas e regularmente enfatizadas pela literatura. No caso dos feijões, estas variações podem acontecer de acordo com o genótipo, o ambiente de cultivo e a interação genótipo x ambiente (BURATTO *et al.*, 2009) e, também, devido às condições de armazenamento, como o período e a umidade.

O teor de proteínas encontrado por Oomah, Blanchard e Balasubramanian (2008), entre 21,2 e 25,8%, em 10 cultivares de grãos crus de feijão cultivado na região de Manitoba (Canadá), apresentou-se próximo aos teores encontrados em estudos brasileiros, com diferenças significativas entre os cultivares.

Como a interação entre os fatores foi significativa com p-valor < 0,05 (Apêndice E - Tabela E16), o teste de comparação de médias (Tukey) para os cultivares e o tempo foi realizado, confirmando as diferenças entre os teores médios de proteína (%) para cada cultivar, ao longo do armazenamento.

5.2.2 Minerais: ferro, manganês, zinco e fósforo

A composição mineral dos genótipos BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal foi analisada, neste estudo, ao longo do período de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias). A análise compreendeu a determinação do teor de micronutrientes essenciais à alimentação diária, como ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e fósforo (P), um macronutriente, por possuir maior concentração nos vegetais, especialmente em leguminosas. Nas frações de ferro (Fe), os genótipos BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal apresentaram diferenças significativas (p-valor=0,0000), em cada tempo de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias). A interação entre genótipo e tempo também se revelou significativa (p-valor<0,05), conforme pode ser observado no Apêndice E – Tabela E15.

Para o manganês houve diferença significativa, tanto ao nível do genótipo (p=0,0000) quanto em cada tempo de armazenamento (p-valor<0,05). Verificou-se que as condições de armazenamento promoveram a elevação dos teores de Mn entre os genótipos e o tempo, exceto aos 180 dias.

A concentração dos elementos minerais analisados está apresentada na Tabela 13 com os valores expressos em mg.Kg⁻¹(Fe, Mn e Zn) e g.Kg⁻¹ (P).

Tabela 13 Médias para os teores de quatro minerais (Fe, Mn, Zn, P) avaliados em grãos crus de feijão nos cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal para os tempos de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias)

Cultivar/Tempo	60	90	135	180
	Teor de Fe (mg. de mineral. Kg ⁻¹ do grão)			
BRS Estilo	69,08±1,84bA	88,00±1,30aB	144,51±11,42aD	116,55±2,62aE
BRS Madrepérola	90,20±2,54aA	65,29±1,04cB	132,02±0,54aD	122,08±3,35aE
BRS Pontal	48,75±5,66cA	78,66±1,33bB	62,89±2,47bD	121,38±1,06aE
Cultivar	Teor de Mn (mg.de mineral. Kg ⁻¹ do grão)			
BRS Estilo	19,07 ± 0,13bA	26,19 ± 1,39aB	21,55 ± 1,82bA	19,56 ± 0,91abA
BRS Madrepérola	22,63 ± 1,22aB	33,14 ± 4,89aC	21,68 ± 1,66bB	16,92 ± 1,09bA
BRS Pontal	18,83 ± 0,28bA	26,89 ± 0,27aC	31,80 ± 1,90aB	19,76 ± 1,22aA
Cultivar	Teor de Zn (mg.de mineral. Kg ⁻¹ do grão)			
BRS Estilo	42,42±0,92abA	43,94±3,40aA	49,76±0,79aB	45,78±2,20aAB
BRS Madrepérola	43,80±1,70aAB	44,35±3,70aAB	53,93±1,84aC	48,38±1,58aB
BRS Pontal	40,00±1,12bAB	39,79±1,11bA	41,79±2,25bBC	45,29±2,27aC
Cultivar	Teor de P (g. de mineral.Kg ⁻¹ do grão)			
BRS Estilo	3,16±0,21bB	3,07±0,27aB	3,20±0,16aB	4,03±0,30aC
BRS Madrepérola	2,75± 0,07aAB	2,88±0,07aAB	2,97±0,03aB	2,78±0,11bAB
BRS Pontal	3,22±0,01bA	3,23±0,13aA	3,20±0,09aA	2,98±0,50bA

Média de três repetições ± desvio padrão; Os teores minerais foram calculados em massa seca, para cada mineral; letras minúsculas iguais significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância nas linhas (tempo); letras maiúsculas iguais na coluna (cultivar) significam médias estatisticamente iguais a 5% de significância.

Estas alterações são esperadas, considerando que a literatura tem apontado para diferenças na composição química dos feijões em função do cultivar, ambiente e da interação entre o cultivar e o ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2003; BURATTO *et al.*, 2009, SILVA *et al.*, 2011).

Cabe salientar que o armazenamento promoveu o aumento do teor de Fe nos três cultivares, em cada tempo, no entanto, observou-se uma variação maior nos teores aos 135 e 180 dias. Os resultados para o teor de Fe, verificados neste estudo, nos tempos de armazenamento 60 e 90 (Tabela 13) estão próximos aos obtidos por Mesquita *et al.* (2007) de 71,37 a 126, 90 mg.Kg⁻¹ de Fe, em diferentes linhagens de feijão. Oliveira (2009) obteve 71,50 mg.kg⁻¹, Prolla *et al.* (2010) de 82,60 a 96,50 mg.kg⁻¹ e Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) obtiveram teores de 74,41 a 77,29 mg.kg⁻¹.

Buratto (2012) verificou o teor de Fe em três tecidos, em dez diferentes cultivares de feijão (cotilédone, eixo embrionário e tegumento) e encontrou uma maior fração de Fe contida no eixo embrionário que foi de 95 a 128 mg.kg⁻¹, com diferenças entre os cultivares (p-valor < 0,01). Para os cotilédones os teores de Fe apresentaram semelhanças em 100% dos cultivares (33,69 a 42,17 mg.kg⁻¹). O tegumento dos grãos de feijão avaliados

também apresentou diferenças significativas entre os cultivares, com médias de 47 a 144 mg.kg⁻¹ de Fe/amostra.

Em 21 linhagens de feijão analisadas, Mesquita *et al.* (2007) encontraram teores de Mn de 14,93 a 28,9 mg.Kg⁻¹, resultados corroborados por este estudo. Resultados similares para Mn foram reportados por Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), com médias de 17,18 e 17,70 mg.kg⁻¹ em grãos de feijão (Pontal e comercial) analisados crus e cozidos, respectivamente.

Buratto (2012), ao avaliar a variabilidade genética para o acúmulo de minerais no tegumento, cotilédone e eixo embrionário encontrou, para os teores de Mn, variações entre 3,60 e 5,38 mg.kg⁻¹ (tegumento), 11,00 e 18,60 mg.kg⁻¹ (cotilédone) e entre 14,80 e 17,20 mg.kg⁻¹ (eixo embrionário). Esses resultados estão próximos aos reportados por Prolla *et al.* (2010), que apontaram teores variando entre 3,35 g.Kg⁻¹ e 3,58 g.Kg⁻¹ de P, por amostra de grãos crus de feijão, em dezesseis cultivares.

O valor médio de fósforo em grãos crus de feijão, reportado por Oliveira (2009), é de 4,73 g.kg⁻¹ e os encontrados por Buratto (2012) foram entre 2,24 e 11,17 g.kg⁻¹.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, as frações de Fe, Mn, P e Zn no feijão encontram-se em maior concentração nos grãos crus. Os teores para os grãos crus do tipo carioca são: 385,00 mg.100g⁻¹ de P, 8,00 mg.100g⁻¹ de Fe e 2,29 mg.100g⁻¹ de Zn. Nos grãos cozidos, os teores minerais apresentam-se menores: 87,00 mg.100g⁻¹ de P, Fe 1,3 mg.100g⁻¹, Mn 0,28 mg.100g⁻¹ e Zn 0,7 mg.100g⁻¹ por amostra (UNICAMP, 2008). A redução dos teores é significativa, no entanto, a cocção representa também o principal fator tecnológico na redução dos compostos antinutricionais como taninos e fitatos, por exemplo.

5.2.3 Fibras e Lignina

O teor de fibras é um indicador importante nos feijões, pois, além de expressar a porção não digerível do alimento, com funções nutricionais significativas no organismo animal, representa também um fator importante na composição da parede celular e pode contribuir na avaliação da qualidade tecnológica em diferentes genótipos de feijão.

As fibras presentes nos grãos de feijão representam importante papel na redução e prevenção de doenças gastrintestinais e também cardiovasculares (BASSINELLO, 2014). Neste estudo, o conteúdo de fibras e suas frações, nos três genótipos de feijão carioca crus, foi avaliado e determinado a partir do método de Van Soest (1994), com adaptações. Primeiramente, foi determinado o teor de fibras em detergente neutro (FDN), que corresponde à parcela de fibra solúvel (FS); posteriormente, foi quantificada a fibra em detergente ácido (FDA), representada pela fração de fibra insolúvel (FI); em seguida, foi

analisada a lignina (LDA) da fibra em detergente ácido, conforme indicado por Campos, Nussio e Nussio (2004) e Gomes e Oliveira (2011).

Poucos trabalhos têm utilizado o método sequencial na determinação dos compostos de parede celular em grãos de feijão e em suas respectivas frações (FDN, FDA e LDA). Os resultados deste método, para as frações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e Lignina (LDA) avaliados neste estudo, indicaram interação significativa entre o cultivar e o tempo de armazenamento (p -valor $<0,05\%$), ou seja, para essas variáveis (Apêndice E - Tabela E16), os cultivares apresentaram diferenças entre eles ao longo do armazenamento.

A maior variabilidade encontrada foi para o teor de fibra insolúvel (FDA), com relação o cultivar BRS Estilo, aos 90 dias de armazenamento. A BRS Pontal apresentou a maior fração de fibra solúvel (FDN) para todos os períodos analisados, inclusive para os grãos controle (Tabela 11).

Valores médios iniciais de 3,58% de fibra solúvel (FS) foram obtidos por Londero *et al.* (2008), em estudo com dezenove cultivares de feijão, percentual semelhante ao encontrado neste estudo para o cultivar BRS Madrepérola - controle (3,32%). No entanto, para o BRS Estilo e o BRS Pontal as frações de fibra solúvel (FDN) dos grãos controle foram de 5,30% e 12,56%, respectivamente.

Os valores médios de fibra total, considerando os tempos de armazenamento avaliados, indicam percentuais elevados para os cultivares BRS Estilo (48%), BRS Madrepérola (63%) e BRS Pontal (65%), provavelmente devidos ao método de análise utilizado, ou seja, com amostras integrais dos grãos (tegumento, cotilédone e eixo embrionário).

Na Tabela 14 é possível verificar os percentuais de fibras e suas frações para os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal, ao longo do armazenamento.

Tabela 14 Conteúdo em porcentagem de componentes estruturais da parede celular quantificados em relação à fibra total (FT) nos cultivares de feijão carioca armazenados

Cultivar/Tempo	60 dias	90 dias	135 dias	180 dias
	Teor de Fibra em Detergente Neutro (%)			
BRS Estilo	5,89±1,89aAB	6,35±1,20bAB	3,81±1,10bA	8,54±0,56aB
BRS Madrepérola	4,26±1,75aA	4,78±1,45bA	14,31±1,03aB	17,70±2,02bC
BRS Pontal	14,57±1,02bAB	16,87± 59aBC	15,89±1,49aB	19,54±0,70bC
Cultivar	Teor de Fibra em Detergente Ácido (%)			
BRS Estilo	41,36±1,46bC	38,18±4,15aBC	34,35±2,05aAB	35,78±2,04bAB
BRS Madrepérola	37,10±1,18aAB	40,73±1,86aB	36,46±1,87aAB	35,18±2,53aA
BRS Pontal	36,03±1,22aAB	36,59±1,57aAB	37,04±1,47aAB	40,41±0,79 abB
Cultivar	Teor de Lignina (%)			
BRS Estilo	3,14±1,3aA	4,19±2,09aA	4,60±1,34aA	8,35±1,53aB
BRS Madrepérola	16,09±1,50cB	15,52±0,36cB	16,53±1,20cB	14,05±1,20cA
BRS Pontal	9,35±0,78bA	9,92± 0,78bA	9,53±0,83bA	13,28±0,69bB

Média de três repetições ± desvio padrão; os componentes estruturais foram calculados em massa seca; letras minúsculas diferentes na linha diferem ao nível do cultivar; letras maiúsculas diferentes na coluna diferem ao nível do tempo de armazenamento.

O fator genético, somado às condições ambientais, pode influenciar de forma expressiva na composição das fibras nos alimentos, em especial no grão de leguminosas. Estudos nacionais reportam valores de: 25,04% FT, 3,28% de FDN e 21,46% FDA, obtidos em dezenove cultivares de feijão (LONDERO *et al.*, 2008); 27,37% FT - cultivar Pontal e 31,51% em grãos de feijão comercial (SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013).

Souza *et al.* (2013), ao avaliarem grãos de feijão em suas frações (tegumento, cotilédone e eixo embrionário), separadamente, apontaram para elevados percentuais tanto de fibra total quanto de fibra solúvel, insolúvel e lignina, sendo as maiores frações obtidas para o tegumento dos grãos: FDA (51%), LDA (44,80%) e FDN (7,90%), os cotilédones apresentaram valores de 3,60%, 2,90% e 9,5%, respectivamente.

Segundo Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), o conteúdo de fibra alimentar é variável geneticamente e pode ser explorado pelo melhoramento genético. No entanto, são necessários estudos sobre os métodos de análise de fibras em feijões, considerando sua alta complexidade e a necessidade de estabelecer-se uma metodologia padrão, a ser utilizada pelos pesquisadores nessas determinações.

Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, os valores de fibra total (FT), para feijão carioca cru são de 18,4%, não se especificando as frações de FDN e FDA (UNICAMP, 2008).

O cultivar BRS Estilo apresentou a menor variabilidade para o teor de FDA (0,83) no período inicial (controle) das análises. A maior variabilidade (4,15) foi observada no tempo

de 90 dias para o mesmo genótipo. Com relação ao tempo, verificou-se uma baixa variabilidade aos 180 dias de armazenamento para o cultivar BRS Pontal.

Para o teor de FDN, a menor variabilidade quanto ao cultivar foi verificada para o BRS Madrepérola - controle (0,17) e a maior (2,02) foi para o mesmo cultivar, aos 180 dias de armazenamento.

Os teores mais elevados de LDA foram obtidos para o BRS Madrepérola, em média 15% para os grãos armazenados ao longo do tempo, no entanto, comparativamente ao período inicial – controle houve uma elevada amplitude entre as médias.

Os cultivares BRS Estilo e Pontal apresentaram teores médios de 5,07 e 10,52%, respectivamente. De acordo com os resultados de LDA em feijão, reportados na literatura, estes teores poderiam ser considerados elevados. No entanto, nos resultados encontrados por Souza *et al.* (2012) o teor de LDA foi, em média, de 42% no tegumento de grãos de feijão cru, analisados em frações de duas diferentes safras, e de 2,40% no cotilédone.

Os resultados assinalaram diferenças entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento sobre o teor de fibras e suas frações (FDN, FDA e LDA), indicando interação significativa entre eles, ao nível de 5% de significância, ou seja, os cultivares comportaram-se de modo diferente, de acordo com o tempo de análise.

Os teores de FDN, FDA e LDA aumentaram ao longo do armazenamento para os cultivares avaliados. A lignina (LDA) é quem permite a difusão de água através do tegumento, ou seja, é um composto de parede celular vegetal que possui caráter de proteção física, que influencia o endurecimento de grãos de feijão. Entretanto, ela tem sido pouco estudada, especialmente associada ao melhoramento genético, e poderia futuramente contribuir para a relação entre lignina e endurecimento de grãos de feijão.

5.2.4 Metabólitos secundários: taninos e ácido fítico

Os compostos secundários analisados nos cultivares de feijão carioca armazenados foram os teores de taninos e o ácido fítico. Ambos os compostos são considerados como antinutrientes em determinados alimentos como, por exemplo, as leguminosas, que podem formar altas concentrações destes compostos no armazenamento e comprometer nutricionalmente a dieta alimentar.

Os taninos possuem efeitos adversos na digestibilidade de proteínas e os fitatos (derivados do ácido fítico) possuem a capacidade de formar complexos com proteínas e minerais, comprometendo a absorção de nutrientes importantes para o organismo humano, como a absorção de ferro e zinco. A caracterização destes compostos, em diferentes cultivares de feijão e sob as diversas condições de armazenamento, é necessária e deve ser

recomendada por sua importância na redução destes compostos químicos no feijão, considerando ser este a principal leguminosa da dieta do brasileiro.

A análise de variância apresenta os resultados sobre os efeitos dos cultivares, do tempo e da interação entre os dois fatores (Apêndice E - Tabela E16). Para os resultados de taninos, verificaram-se diferenças significativas para a interação (p-valor = 0,0315) entre os cultivares e o tempo, ao nível de 95% de confiabilidade.

O teor de taninos na média entre os genótipos para cada tempo de armazenamento foi de 225 mg.100g⁻¹ aos 60 dias, 288 mg.100g⁻¹ aos 90 dias, 289 mg.100g⁻¹ aos 135 dias e 342 mg.100g⁻¹ ao final do período. Verifica-se que houve elevação dos teores, conforme o aumento do tempo de armazenamento. Este fenômeno é esperado, considerando-se que quanto maior esse tempo, mais escuros irão se tornando os grãos de feijão do grupo carioca. Segundo tem apontado a literatura, este escurecimento pode estar associado ao aumento do teor de taninos presentes no tegumento.

Para o ácido fítico a interação entre genótipo e tempo não foi significativa, com p-valor = 0,7434. Assim, foi analisado se ocorreram diferenças entre os cultivares e ou o tempo de armazenamento. Para os cultivares os resultados não apresentaram significância, p-valor = 0,5280, ou seja, o teor médio de ácido fítico nos grãos não apresentou diferenças entre os cultivares. No entanto, para o tempo de armazenamento com p-valor = 0,0494, é possível inferir que os teores médios de ácido fítico apresentaram diferenças ao longo do período de armazenamento dos grãos.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados para os teores de taninos e ácido fítico de cada cultivar em seus respectivos períodos de armazenamento analisados.

Tabela 15 Resultados médios da estatística descritiva para a determinação de taninos (mg.kg⁻¹) e ácido fítico (µg. µg⁻¹) nos cultivares de feijão carioca armazenados

Cultivar/Tempo	60	90	135	180
	Teor de Taninos (mg.100g ⁻¹)			
BRS Estilo	298,72±1,89aAB	234,77±1,20aA	277,52±1,1 aAB	316,30±0,56aB
BRS Madrepérola	315,15±1,75aBC	275,67±1,45aAB	273,84±1,03bAB	342,78±2,02aC
BRS Pontal	342,38±1,02aA	352,10±1,59aA	314,24±1,49bA	365,95±0,70aA
	Teor de Ácido Fítico (µg.µg ⁻¹)			
BRS Estilo	0,11± 0,03abA	0,14± 0,04abA	0,10±0,01aA	0,14± 0,01bA
BRS Madrepérola	0,12± 0,01abA	0,12± 0,01abA	0,10± 0,01aA	0,14± 0,01bA
BRS Pontal	0,11± 0,01abA	0,10± 0,01abA	0,10± 0,00aA	0,14± 0,00bA

Média de três repetições ± desvio padrão; os componentes estruturais foram calculados em massa seca (MS); letras minúsculas diferentes na linha diferem ao nível do tempo; letras maiúsculas diferentes na coluna diferem ao nível do cultivar.

Embora os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e Pontal não tenham apresentado valores significativos de taninos, destaca-se o expressivo teor deste composto fenólico nos feijões.

O escurecimento do grão de feijão, especialmente dos cultivares pertencentes ao grupo carioca, influi na aceitação do consumidor. Este escurecimento é um fator irreversível, tendo várias causas, como reações químicas, enzimáticas (ação de polifenoloxidasas) e não enzimáticas (reação de Maillard) decorrentes do aquecimento de misturas de aminoácidos e carboidratos. Neste estudo, houve diferença significativa, a 5% de significância, para cada tempo de armazenamento, em relação aos teores de ácido fítico. Ou seja, os cultivares apresentaram-se diferentes na quantificação de fitatos, considerando-se cada período analisado.

Os fitatos são derivados do ácido fítico, com a função de armazenagem de fósforo nas plantas, portanto a sua correlação com o teor de fósforo em leguminosas tem importância na avaliação da qualidade de diferentes genótipos de feijão, especialmente devido ao seu poder quelante com minerais e proteínas, prejudicando a digestibilidade destes compostos no organismo humano.

5.3 Análise multivariada dos parâmetros tecnológicos e químicos em cultivares de feijão carioca armazenados

Foi utilizada a análise de correlação para verificar quais variáveis apresentavam correlação, ou seja, a intenção foi detectar se as variáveis tecnológicas e químicas (nutricionais) estão correlacionadas com cada cultivar (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal) ou com o tempo de armazenamento (0, 30, 60, 90, 135 e 180 dias).

Como o pH e a condutividade elétrica são medidas de rápida obtenção, além de possuírem reduzido custo financeiro, vale evidenciar o comportamento destas variáveis e as suas respectivas correlações.

5.3.1 Correlação do potencial hidrogeniônico – pH x cultivar

Alguns cultivares possuem alta correlação com o pH, destacando-se as seguintes variáveis: o cultivar BRS Pontal tem parâmetro de luminosidade L^* com correlação de 0,63, assim, quando o pH aumentar, a claridade do grão (L^*) também irá aumentar; pH e teor de umidade com correlação de 0,87; pH e peso de 100 grãos com 0,73 de correlação; pH e a variável de absorção de água (AA%), que apresentou um percentual de correlação inversa - 0,92, ou seja, quando se aumenta o pH da solução para este genótipo pressupõe-se uma redução na absorção de água.

Para as variáveis químicas do cultivar BRS Pontal, houve correlações negativas do pH com o teor de manganês de -0,64, para os teores de fibra em detergente ácido (FDA) de

-0,64, fibra em detergente neutro (FDN) de -0,72 e lignina (LDA) de -0,84, existindo para esta última variável um elevado percentual de correlação inversa, indicativo de que quanto maior o pH, menor o teor de lignina.

Para o BRS Estilo as correlações do pH com outras variáveis compreenderam: pH e luminosidade L^* com correlação de 0,65, enquanto que para o parâmetro de cor a^* (componente de cor vermelho – verde) verificaram-se correlações inversas de -0,62; pH do ferro e manganês -0,73 e -0,65, respectivamente.

O BRS Madrepérola apresentou duas correlações positivas: do pH com o teor de manganês de 0,71 e fibra em detergente ácido (FDA) com uma correlação positiva elevada de 0,91. Assim, sugere-se que, quanto maior o pH dos grãos do cultivar Madrepérola, maior a disponibilidade de manganês e da fração de fibra insolúvel (FDA).

As correlações entre o pH e os cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal com as variáveis tecnológicas e nutricionais não ocorreram como o esperado, ou seja, não indicaram correlações possíveis entre as mesmas variáveis para cada cultivar. Fator que pode ter ocorrido devido às diferenças ao nível dos cultivares e o pH, apontadas pela análise de variância (Apêndice E – Tabela E10).

5.3.2 Correlação do potencial hidrogeniônico – pH x tempo de armazenamento

Para os períodos analisados, a variável pH apresentou correlação de -0,89 com a variável tempo (0, 60, 90, 135 e 180 dias de armazenamento), isso indica que o pH tem uma correlação inversa com o tempo de armazenamento, ou seja, conforme aumenta o período de armazenamento o pH tende a diminuir, tornando-se mais ácido. Na Figura 10 é possível visualizar esse comportamento ao longo do tempo, e, usando um modelo de regressão linear generalizada, pode-se dizer que em média o pH dos grãos variaram de acordo com a seguinte equação: $\text{pH} = 6,68 - 0,01 (\text{tempo})^{1/2}$ com $R^2 = 91\%$, representando assim um bom ajuste. Desta forma, essa equação é uma boa medida para descrever os teores de pH dos grãos ao longo do tempo de armazenamento.

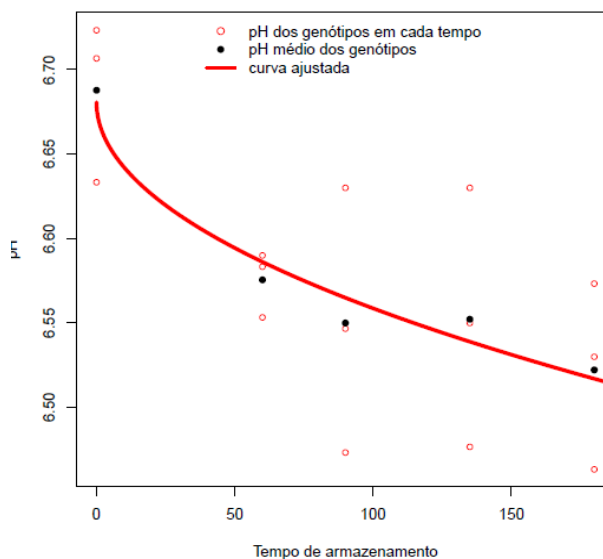


Figura 10 Gráfico de correlação do pH dos grãos com a variável tempo de armazenamento.

Os grãos controle dos cultivares BRS Estilo, Madrepérola e Pontal apresentaram um número reduzido de correlações entre o pH e as variáveis analisadas: a fração de fibra em detergente neutro (FDN), que corresponde ao teor de fibra solúvel no grão, apresentou correlação positiva com o pH (0,64). Pressupõe-se que quanto mais ácido o pH dos grãos de feijão, menor o percentual de FDN presente no grão. Pela correlação negativa entre o pH e a LDA (-0,75) para os feijões controle, pressupõe-se que quanto menor o pH, maior o tempo de armazenamento dos grãos, ocorrendo a elevação desta variável.

Aos 60 dias de armazenamento dos cultivares, ocorreu correlação negativa entre o pH e a variável tempo de cocção que foi de -0,70, ou seja, a redução do pH dos grãos aumenta o tempo de cocção. Essa correlação negativa significa que grãos de feijão armazenados apresentam um pH mais ácido, o que contribui para aumentar o tempo de cocção. Entretanto, como o pH dos três cultivares manteve-se, na média geral, próximo da neutralidade (pH = 6,69), em todos os tempos de armazenamento, pressupõe-se que tenha contribuído para esta correlação.

Aos 90 dias de armazenamento, ocorreram as seguintes correlações com o pH: cor L* (0,81), cor a* (-0,60), cor b* (0,81), umidade (-0,75), AA (-0,72), condutividade elétrica (-0,84) e teor de manganês (0,84).

Para o tempo de armazenamento de 135 dias, ocorreram as seguintes correlações: pH e luminosidade (L*) (1,0), pH e cor b* (componente de cor amarelo-azul) correlação de 0,83 e ângulo de coloração H° com 0,94, indicando, assim, correlações positivas para estes parâmetros, pois quanto maior o pH, mais elevados serão os valores destes parâmetros. Quando o pH se mantém dentro da neutralidade os índices de claridade e intensidade de

cor se apresentam conforme os parâmetros requeridos para, grãos jovens de feijão carioca, ou seja, grãos mais claros, com maior valor de L^* .

Neste sentido, aos 180 dias também se observou essas relações positivas do pH com os parâmetros de claridade ($L^* = 0,65$), intensidade de cor ($C^* = 0,65$) e tempo de cocção ($TC = 0,71$). No entanto, houve uma relação inversa ou negativa do pH com as frações de fibra solúvel - FDN ($-0,88$) e insolúvel FDA ($-0,60$), com o aumento do período de armazenamento há uma elevação das variáveis presentes na parede celular dos grãos (FDN, FDA e LDA).

5.3.3 Condutividade elétrica x cultivar

O cultivar BRS Estilo e os resultados da condutividade elétrica indicaram correlação positiva com os seguintes parâmetros: cor a^* ($0,61$), ângulo de coloração Hue ($-0,84$), variável tempo de cocção (TC) em minutos ($0,60$), teor de umidade ($-0,72$), teor de taninos no grão ($0,79$) e teor de fósforo ($0,68$).

Para o BRS Madrepérola, a condutividade elétrica dos grãos apontou correlação com os seguintes parâmetros: absorção de água ($0,74$), teor de ferro ($0,96$), teor de zinco ($0,68$) e fibra em detergente neutro (FDN), representada pela fração de fibra solúvel ($0,69$).

Para o cultivar BRS Pontal, a variável de condutividade elétrica exibiu uma correlação negativa com o parâmetro luminosidade L^* ($-0,79$), demonstrando que quanto maior a medida de condutividade elétrica, menor a luminosidade do grão, resultados que corroboram o envelhecimento dos grãos.

O tempo de cocção deste cultivar e a sua correlação com a condutividade elétrica foi positivo ($0,75$) e caracterizou-se por uma elevada correlação entre as variáveis, ou seja, quanto maior a medida de condutividade elétrica, maior o tempo de cocção dos grãos. Através da correlação entre a condutividade elétrica e a disponibilidade de proteínas no grão cru do cultivar Pontal, observou-se que existe uma correlação negativa para este parâmetro (proteína = $-0,80$), ou seja, quanto mais elevada a CE para este cultivar, menor será a disponibilidade de proteínas no grão. Contudo, para os cultivares BRS Estilo e Madrepérola não houve este mesmo comportamento, a correlação se apresentou positiva (Estilo = $0,27$) e negativa (Madrepérola = $-0,27$).

A correlação entre a condutividade elétrica dos cultivares e a disponibilidade de minerais apresentou-se com percentuais baixos ($< 40,00$) a moderados ($< 70,00$). Ocorreram correlações positivas para os seguintes minerais: ferro ($0,48$), zinco ($0,54$) e fósforo ($0,68$) no cultivar Estilo; ferro ($0,96$), zinco ($0,68$) e fósforo ($0,45$) no cultivar Madrepérola e, fósforo ($0,36$) e zinco com $0,45$ para o cultivar Pontal. O ferro é o micronutriente de maior proporção em grãos de feijão, os resultados das análises apontaram

para um aumento deste mineral ao longo do armazenamento, o qual corrobora a elevada correlação positiva encontrada para a condutividade elétrica e o teor de ferro, provavelmente, devido às análises terem sido realizadas em grãos crus, sem maceração, sendo preservados alguns minerais.

As correlações entre a condutividade elétrica e o fator cultivar relacionadas aos metabólitos secundários e as frações de fibras foram: cultivar BRS Estilo, correlação positiva para taninos (0,79), FDA (0,46) e LDA (0,56); cultivar BRS Madrepérola, correlação positiva para FDN (0,70) e negativa para FDA (-0,57); cultivar BRS Pontal, correlação positiva para o ácido fítico (0,72), FDA (0,60), FDN (0,73) e LDA (0,69).

Estes resultados permitem afirmar que a disponibilidade destes compostos não aconteceram de forma similar entre a variável de condutividade elétrica e os cultivares. No entanto, pressupõe-se que o teor de fibras dos grãos crus pode ter influenciado nestes resultados, haja vista as elevadas correlações encontradas.

Outro fator que explica a correlação positiva de feijões crus é o teor de ácido fítico que apresentou relação positiva elevada para o cultivar BRS Pontal, indicando uma elevação da condutividade elétrica associada ao aumento deste composto com o armazenamento.

5.3.4 Condutividade elétrica x tempo de armazenamento

Considerando-se o tempo de armazenamento, a variável condutividade elétrica apresentou correlação de 0,92 com a variável tempo (0, 60, 90, 135 e 180), isso indicou que há uma correlação direta da CE com o tempo de armazenamento, ou seja, a condutividade elétrica aumenta na medida que aumenta o período de armazenamento.

Na Figura 11, é possível visualizar esse comportamento ao longo do tempo. Usando um modelo de regressão linear, pode-se dizer que, em média, a condutividade do grão variou de acordo com a seguinte equação: $\text{condutividade} = 41,02 + 0,20 (\text{tempo})$, com $R^2 = 86\%$, representando um bom ajuste. Dessa forma, a equação citada é uma boa medida para descrever os teores de condutividade dos grãos, ao longo do tempo.

Os valores médios de condutividade elétrica dos cultivares, obtidos nas análises ao longo do período de armazenamento e suas médias sinalizadas na reta com pontos pretos, estão dispostos na Figura 11.

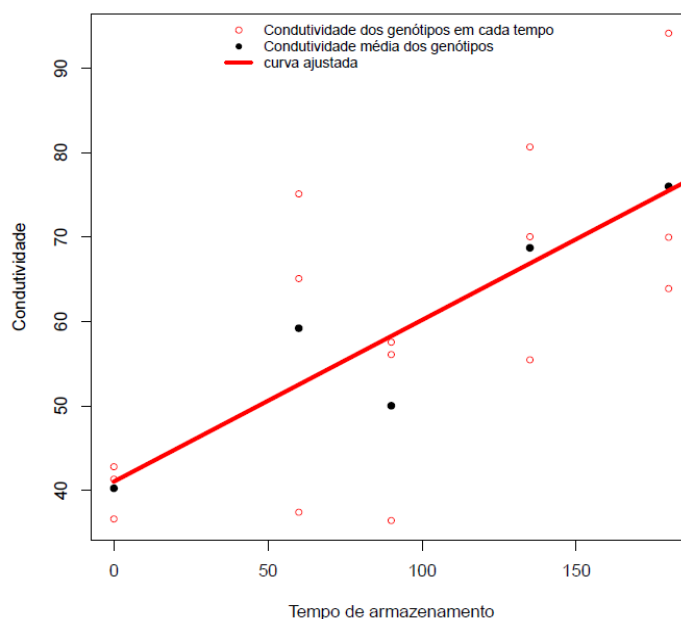


Figura 11 Gráfico de correlação da condutividade elétrica ($\mu\text{.cm}^{-1}$) com a variável tempo de armazenamento.

As correlações entre a variável condutividade elétrica e os parâmetros tecnológicos e nutricionais verificadas ao longo do armazenamento foram significativas. Para os grãos controle: o tempo de cocção apresentou correlação positiva moderada (0,66), quando se aumenta a condutividade elétrica ocorre um aumento linear do tempo de cocção. Para os parâmetros de cor L^* (0,71), peso de 100 grãos (0,77) e teor de umidade (0,71) que apresentaram correlações positivas elevadas, pressupõe-se que com o aumento da CE haverá um aumento destes parâmetros no mesmo sentido. Cabe salientar que o pH apresentou correlação inversa (-0,72) com a condutividade elétrica, ou seja, quando houver redução do pH, haverá aumento da condutividade elétrica.

As variáveis nutricionais que apresentaram correlação com a condutividade elétrica nos grãos controle foram: ferro (0,67); proteínas (0,71); e lignina (0,77), as quais indicaram uma correlação positiva de moderada a elevada. Pressupõe-se, então, que com o aumento da condutividade elétrica ocorrerá uma elevação destes compostos, conforme foi evidenciado nos resultados do teste de comparação de médias (Tukey) com a elevação da disponibilidade de ferro e lignina ao longo do armazenamento.

Aos 60 dias de armazenamento, observaram-se as seguintes correlações positivas: parâmetros de cor a^* (0,63), cocção (0,67), peso de 100 grãos e absorção de água (0,88 e 0,60), respectivamente, e teor de fósforo (0,82). As correlações negativas foram para: teor de manganês (-0,73) e lignina (-0,88).

Para os grãos armazenados, aos 90 dias, as correlações positivas foram: parâmetro de cor a^* (0,65), teor de umidade (0,82), teor de ferro (0,65) e FDA (0,66). Apresentaram correlações inversas os parâmetros de cor L^* (-0,77) e ângulo H^0 (-0,66), ou seja, é possível

inferir que quanto maior a CE, menores estes parâmetros devem se apresentar, condição esta já esperada, ou seja, com o aumento do tempo de armazenamento há uma redução nos valores de luminosidade L^* e ângulo de coloração Hue.

Nos cultivares armazenados por 135 dias, as correlações com a condutividade elétrica foram: cor L^* (0,82), croma C^* (0,82), ângulo Hue (0,88) e uma elevada correlação entre CE e TC (0,94), indicando que, com a elevação da CE ocorrerá, no mesmo sentido, uma elevação do tempo de cocção. As variáveis de acidez (-0,61) e pH (0,82) demonstram que quando ocorre uma redução da acidez há um aumento do pH. Nesse mesmo período de armazenamento, houve correlações da medida de CE com os minerais: elevada correlação positiva com o teor de zinco (0,88) e correlações negativas com os teores de taninos (-0,65), fósforo (-0,77) e manganês (-0,82), indicando que estes teores reduzem ao longo do armazenamento com o aumento da CE.

A medida de condutividade elétrica, aos 180 dias de armazenamento, apresentou as seguintes correlações: parâmetros de cor L^* (-0,81) e cor b^* (-0,81), ângulo de coloração H° (-0,89), indicando redução nos parâmetros de cor e aumento da CE dos genótipos ao longo do armazenamento, umidade (-0,60), proteína (-0,89) e teor de zinco (-0,75), apresentando estas correlação inversa com a CE. Para os teores de manganês (0,60) e FDA (0,84) houve correlações positivas com a CE ao final do armazenamento.

Para as correlações, entre os parâmetros analisados, não se verificou um padrão ao longo do tempo de armazenamento (60, 90, 135 e 180 dias) ou dos genótipos (BRS Estilo, Madrepérola e Pontal), para variáveis de forma generalizada, porém, os resultados apontaram correlações positivas em determinados tempos ou cultivares específicos.

Uma correlação positiva entre as frações de fibra analisadas e a disponibilidade de minerais foi observada para o cultivar BRS Estilo: FDA e proteínas: 0,81; LDA e Fe: 0,68, LDA e P: 0,79, LDA e Zn: 0,61; FDN e fitatos (0,63).

Para o genótipo BRS Madrepérola foram encontradas correlações também positivas entre os teores de fibras para: FDA e Mn (0,72); FDN e Fe (0,65); FDN e Zn (0,67). Acredita-se que as correlações positivas (não esperadas), encontradas neste estudo, podem ter relação com o método de determinação de fibras utilizado, tendo-se em vista que a disponibilidade dos minerais Fe, Zn, Mn e P foi relacionada com as frações de fibras (FDN, FDA e LDA) que compõem a fibra bruta.

Resultados contrários foram obtidos por Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), apontando correlação negativa entre os parâmetros analisados em grãos de feijão cru, ou seja, quanto maior o teor de fibras presentes nos grãos dos cultivares, menor a disponibilidade de Fe (-0,58) e Zn (-0,31). Esta correlação negativa se deve à presença de fibras insolúveis (FDA), em especial a celulose, algumas hemiceluloses e lignina, envolvidas na absorção de minerais, devido à capacidade das fibras de capturar íons metálicos, pelas ligações com os grupos carboxílicos, metoxila e ou hidroxila (COZZOLINO, 2009).

A relação negativa dos teores de fibras presentes nos feijões com a disponibilidade de minerais, tais como: Fe e Zn, também foi apontada em outros estudos, como os de Brigide (2002) que relacionou a formação de complexo de diversas fibras dietéticas com o Fe em experimentos *in vitro* e Ramírez-Cárdenas (2006) que apontou as fibras como agente complexante de íons minerais, afirmando que, na maioria das vezes, o teor de fibra bruta afeta a disponibilidade de Zn.

5.3.5 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento ou *clustering* foi realizada com o objetivo de separar em grupos as características tecnológicas e nutricionais dos genótipos analisados, ao longo do tempo de armazenamento.

Para os parâmetros estudados optou-se por evidenciar grupos entre as variáveis tecnológicas e grupos entre as variáveis nutricionais. No caso das variáveis tecnológicas, pode-se observar na Figura 12 que há dois grupos formados. A linha vermelha inserida serve apenas para marcar o ponto de corte dos grupos, um grupo formado pelo genótipo BRS Madrepérola em todos os tempos de armazenamento, e outro grupo formado pelos genótipos BRS Estilo e BRS Pontal, isto indica que, considerando todas as variáveis tecnológicas, os cultivares Estilo e Pontal são mais similares entre si e destoam do cultivar Madrepérola. Esse comportamento pode ser observado nas discussões apresentadas na caracterização tecnológica dos cultivares armazenados.

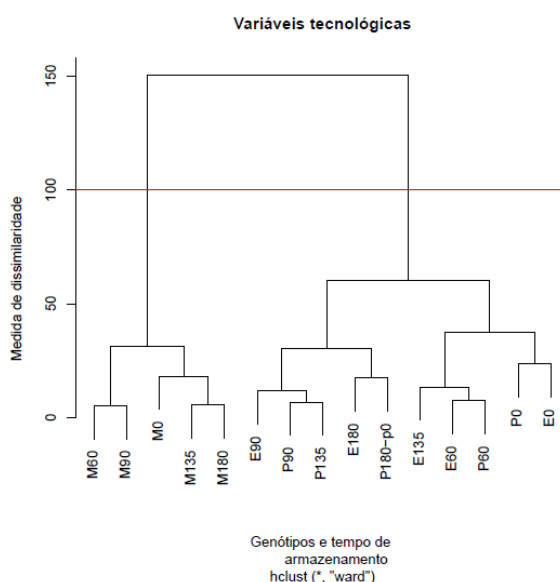


Figura 12 Dendrograma de *cluster* do comportamento referente aos parâmetros tecnológicos analisados nos genótipos de feijão carioca (Estilo = E, Madrepérola = M, Pontal = P), grãos controle e seus respectivos tempos de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias).

Para as variáveis nutricionais, a análise de agrupamento demonstrou que os grupos formaram-se de acordo com o tempo de análise, não se distinguindo tanto por cultivar. Assim, pode-se dizer que, de acordo com as análises químicas, os cultivares nos tempos 0, 60 e 90 dias de armazenamento são nutricionalmente similares entre si e diferentes dos analisados aos 135 e 180 dias de armazenamento (Figura 13).

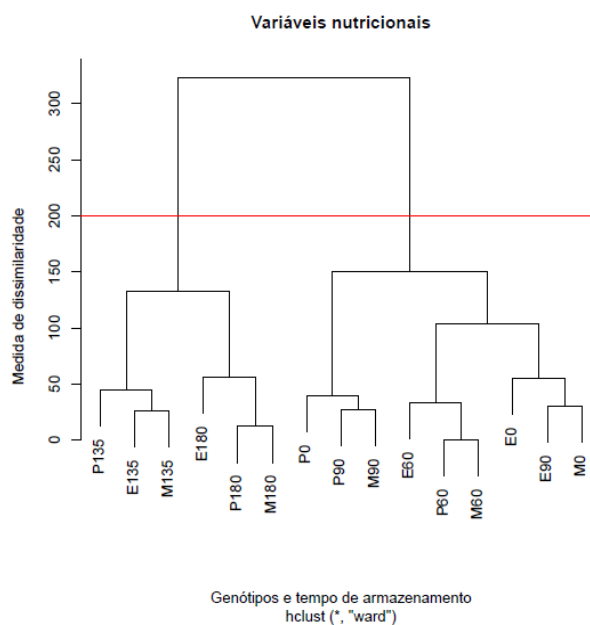


Figura 13 Dendrograma de *cluster* do comportamento referente aos parâmetros nutricionais analisados nos cultivares de feijão carioca (Estilo = E, Madrepérola = M, Pontal = P), grãos controle e seus respectivos tempos de armazenamento (0,60,90,135 e 180 dias).

Na Figura 13, a linha vermelha na horizontal serve somente como indicativo para separar os grupos. Quanto menor a medida de dissimilaridade, mais as variáveis se apresentam similares entre si. Os critérios para a definição do número de grupos foi escolhido baseando-se nos resultados, e de acordo com os resultados físico-químicos das variáveis.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

- O armazenamento em condições ambientais dos cultivares de feijão do grupo carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal) apontou para a redução dos parâmetros de claridade dos grãos caracterizado por um escurecimento lento do tegumento, nos quais os três cultivares apresentaram valores de $L^* > 51,00$;
- O cultivar BRS Madrepérola se destacou dos demais quanto aos parâmetros de luminosidade em todos os tempos de armazenamento, pois apresentou o menor índice de variação de cor.
- Houve elevação da variável absorção de água, conforme aumentou o tempo de armazenamento dos grãos, especialmente após os 90 dias. Essa alta porcentagem de absorção de água, anterior à cocção dos grãos de feijão, não foi indicativa de menor tempo de cocção entre os cultivares, ou seja, os resultados encontrados para estes percentuais (AA%), anteriores à cocção, reforçam a suposição de que não há correlação entre essas variáveis, sendo inviável determinar o tempo de cocção pelo percentual de absorção de água.
- Conforme aumentou do tempo de armazenamento, especialmente a partir dos 90 dias os grãos de feijão não apresentaram diferenças entre os cultivares avaliados para a variável de absorção de água.
- A condutividade elétrica aumentou com o armazenamento dos grãos, indicando, assim, maior lixiviação eletrolítica dos solutos celulares para os grãos armazenados.
- Houve aumento do parâmetro dureza instrumental dos cultivares BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal, ao longo do tempo de armazenamento, sob condições ambientais.
- O cultivar BRS Pontal apresentou menor valor de dureza instrumental e diferentes firmezas ao longo do tempo, quando comparado aos cultivares BRS Estilo e Madrepérola.
- O teor de proteínas apresentou-se diferente entre os cultivares controle, especialmente para BRS Estilo. As condições de armazenamento ambiente preservaram o teor proteico dos cultivares e as diferenças entre eles ao longo do tempo de armazenamento.

- Teores diferentes de minerais (Fe, Mn, Zn e P) foram observados para os fatores cultivar e tempo. O armazenamento promoveu o aumento de Fe nos cultivares avaliados, no entanto, os menores teores minerais foram verificados para o cultivar BRS Pontal.
- O armazenamento ambiente preservou o teor de fibras e suas frações (FDN, FDA e LDA). A FDN mais elevada foi observada nos grãos de feijão de BRS Pontal durante todos os períodos analisados.
- O teor de fibras aumentou com o armazenamento e pode ter interferido na caracterização mineral dos grãos de feijão.
- Não houve diferença para os teores de ácido fítico entre os cultivares analisados, ao longo do armazenamento.
- A maior influência na caracterização química dos cultivares, encontrada neste estudo, deve-se ao fator tempo de armazenamento.
- A análise multivariada identificou importantes correlações em virtude do tempo de armazenamento e o pH, verificadas nos parâmetros cor, teor de fibras e proteínas presentes nos grãos dos cultivares.
- O cultivar BRS Madrepérola destacou-se dos demais para os parâmetros de qualidade tecnológica avaliados. Obteve os maiores valores de luminosidade em todos os tempos de armazenamento, ou seja, foi o único cultivar que manteve as suas características de cor ao longo do tempo, apresentando também a menor variação de cor, conforme aumentou o tempo de armazenamento. A menor lixiviação de íons minerais ao longo do armazenamento foi observada neste cultivar, o qual indicou grãos menos danificados.
- Os grãos de BRS Pontal demonstraram possuir maior sensibilidade às condições de armazenamento ambiental para os parâmetros de cor dos grãos, pois sofreram a maior variação de cor ao longo do período e também apresentou a maior lixiviação de íons minerais.
- Para o armazenamento em condições ambientais, sem controle de temperatura e umidade, recomenda-se o cultivar BRS Madrepérola, pois foi o que apresentou o melhor comportamento na caracterização das variáveis tecnológicas e nutricionais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas futuras poderão realizar essa caracterização, em que a padronização de métodos de análise específicos para esta leguminosa são importantes, como a validação do método para o parâmetro de absorção de água considerando o menor tempo de embebição dos grãos a ser requerido para o menor tempo de cocção.

A padronização do método de condutividade elétrica específico a grãos de feijão também deve ser considerado, tendo-se em vista o seu reduzido custo e contaminação ambiental, associando os resultados aos compostos de parede celular, parâmetros de absorção de água, teor de minerais e proteínas em diferentes genótipos, tempo e condições de armazenamento.

A padronização de métodos de análises específicos para esta leguminosa é importante, por exemplo, para a validação do método para obtenção dos teores de fibra bruta e suas respectivas frações de fibra solúvel, insolúvel e lignina.

Para as análises de caracterização dos fenólicos, sugere-se a confirmação da atividade antioxidante associada a estes compostos e que as análises do teor de proteínas venham acompanhadas do teor de digestibilidade proteica.

Na análise dos compostos antinutricionais, sugere-se a validação de métodos específicos para os grãos de feijão, possibilitando a análise dos compostos oriundos da desfosforilação do ácido fítico, especialmente o pentafofato de inositol – IP5, principal responsável pelo efeito nutricional negativo.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, E.; BRESSANI, R. Contenido de fibra dietética y digestibilidad del nitrógeno en alimentos centroamericanos: Guatemala. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, Caracas, v. 40, n. 3, p. 439-451, 1990.
- AGOSTINI, J. S.; IDA, I. E. Efeito das condições de germinação de girassol na redução do teor de fitato e ativação de fitase e fosfatase ácida. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 61-70, jan./mar., 2006.
- AGUILERA, J. M.; STEINSAPIR, A. 1985. Dry processes to retard quality losses of beans (*Phaseolus vulgaris*) during storage. **Journal of Food Science and Technology**, Malden, n. 18, v. 1, p.72 – 78, 1985.
- ALMEIDA, L. D. A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, p. 33-38, 1971.
- ALONSO-SALCES, R. M.; GUYOT, S.; HERRERO, C.; BERRUETA, L. A.; DRILLEAU, J. F.; GALLO, B.; VICENTE, F. Chemometric classification of Basque and French ciders based on their total polyphenol contents and CIELab parameters. **Food Chemistry**, Daves, v. 91, n. 1, p. 91-98, 2005.
- ALVAREZ P. J. C, KRZYZANOWSKI F. C., MANDARINO J.M.G, FRANCA-NETO J.B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, 25(2):209-214, 1997.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, v. 2, n. 41, p. 253-258, 2010.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2004. 478p
- ARAÚJO, R.; MIGLIORANÇA, E.; MONTALVAN, R.; DESTRO, D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of commons beans grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 4, p. 269-274, 2003.
- ARIZA-NIETO, M.; BLAIR, M. W.; WELCH, R. M.; GLAHN, R. P. Screening of iron bioavailability patterns in eight bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using the Caco-2 cell in vitro model. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n.19, p.7950 – 7956, 2007.
- ARMELIN, J. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; PIEDADE, S. M. S.; MACHADO, F. M. V. F.; SPOTO, M. H. F.; Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-502, 2007.
- ARRUDA, B.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M.; BATTILANA, J. Environment is crucial to the cooking time of beans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 573-578, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 16. ed. Arlington, 1995. 2 v.

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

BARRUETO-GONZALEZ, N. B. Biodisponibilidade de minerais das fontes leguminosas. **Revista Simbio-Logias**, Botucatu, v. 1, p. 174:183, 2008.

BASSINELLO, P. Z. **Qualidade dos grãos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html>. Acesso em: 30 jul. 2014.

BASSINELLO, P. Z. Qualidade na escolha de variedades de feijão para o mercado consumidor. **Atualidades em micotoxinas e armazenagem qualitativas de grãos II**. 1. ed. Florianópolis: Imprensa Universitária, 2008.

BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L. Flavanol glycosides from the seed coat of a new Manteca – Type dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 2906-2910, 1998.

BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ROCHA, F. Tempo de cocção de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 39-47, março 2009.

BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 890-896, 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Atualizada. Viçosa: Editora UFV, 2011. Cap.1, p.13 – 18.

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

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 - MAPA. Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008. Propõe o regulamento técnico do feijão. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, mar. 2008. Disponível em: www.extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta. Acesso em: 25 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Regulamento Técnico do Feijão. **Feijão Instrução Normativa Nº 12, 28 de março de 2008**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijão>. Acesso em: 25 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC**. Anexo I. Brasília: MAPA, 2006.

BRIGIDE, P. Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados. 2002. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BROUGHTON, W. J., HERNANDEZ, G., BLAIR, M., BEEBE, S., GEPTS, P., VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, v. 128, p.252-255, 2003.

BURATTO, J. S. **Estudo da interação genótipo por ambiente no rendimento e qualidade nutricional de grãos de feijão precoce**. 2005. 52 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

BURATTO, J. S. **Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos**. 2012. 148 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BURATTO, J. S.; CIRINO, V. M.; SCHOLZ, M. B. S.; LANGAME, D. E. M.; FONSECA-JUNIOR, N. S. F.; PRÉTE, C. E. C. Variabilidade genética e efeito do ambiente para teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, p. 4, p. 593-597, 2009.

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

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

CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W.; ESTREPO, J. Análisis de taninos condensados em genótipos de frijol común mejorados para calidad nutricional. **Fitotecnia Colombiana**, v. 7, p. 21-27, 2007.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004.

CAPELETI I, FERRARESE M. L. L; KRZYZANOWSKI F. C, FERRARESE, O. A new procedure for quantification of lignin in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed coat and their relationship with the resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 511-515, 2005.

CÁRABEZ-TREJO, A.; PAREDES-LÓPEZ, O.; REYES-MORENO, C. Microstructure of Cotyledon Cells from Hard-to-cook Common Beans. **Starch/Stärke**. Weinheim, v. 41, n. 9, p. 335-339, 1989.

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

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; VILELA DE RESENDE, M. D.; DIAS, L. A. S.; BERALDO, A. L. A.; PERINA, E. F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**. Campinas, v. 66, n. 02, p. 193-201, 2007.

- CARNEIRO, G. E. S.; SOARES, D. M.; COSTA, J. G. C. **Resultados do ensaio sul-brasileiro de avaliação de linhagens de feijão nos anos 1997/98 e 1998/99**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 77 p. (Documentos, 102). Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20001207877>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- CASTRO, F. A. F.; AZEREDO, R. M. C. **Estudo experimental dos alimentos**. 3. ed. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2007. 107 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; SOUZA, C. A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.
- COELHO, R. G. Considerações sobre as proteínas do feijão. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**, Campinas, v.4, n.1/2, p.122-145, 1991.
- COELHO, S. R. M.; PRUDÊNCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p 2, p. 539-544, mar./abr., 2009.
- COELHO, S. R. M.; BRANCO, E. M. FONSECA JUNIOR, N. S.; SCHOENINGER, V. Nutritional and cooking variability of some genotypes of common beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) Grown in Brazil. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 2012, Valencia - Spain. **Anais...** Valência. 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **INDICADORES DA AGROPECUÁRIA**. Brasília, n. 1, p. 15-17, 2014. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 12 jan. 2015.
- CORRÊA, P. C., RESENDE, O.; FARONI, L. R. D'A. Influência da temperatura na absorção de água do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenado na presença de insetos *Acanthocillides obtectus* (SAY). *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Safra Gráfica e Editora Ltda, 2005. p. 691-694.
- CORRÊA, P. C.; GUILHERME, A. A. DA P.; DINIZ, M. D. M. S.; BAPTESTINI, F. M.; FREITAS, R. L. de. Avaliação da cor de grãos de feijão tratados com cera de carnaúba. *In*: CONGRESO LATINO AMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 10, 2012, Londrina; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 41, 2012, Londrina. **Anais...** Londrina: CLIA; CONBEA, 2012.
- CORRÊA, P. C.; AFONSO-JÚNIOR, R.; Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 21-26, 1999.
- COSTA, G. E. A.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.
- COSTA, G. T.; DIAS, A. H. S.; ELIAS, T. F.; BREIER, T. B.; ABREU, H. S. Lignina e a dormência em sementes de três espécies de leguminosas florestais da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 204-209, 2011.

COUSINS, B. Enzima na nutrição de aves. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV, 1, - Embrapa sobre Nutrição de Aves 17 e 18 de novembro, 1999 (Documento 56, 129 p.) **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1999. p. 118.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. Barueri: Manole, 2009.

CVITANICH, C.; PRZYBYLOWICZ, W. J.; URBANSKI, D. F.; JURKIEWICZ, M.; MESJASZ, P. J.; BLAIR, M. W.; ASTUDILLO, C.; JENSEN, E.; STOUGAARD, J. Iron and ferritin accumulates in separate cellular locations in phaseolus seeds. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 10, n. 26, p. 1- 14, 2010.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S. dos; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** [online]. v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003. Disponível em: <http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab>. Acesso em: 25 ago. 2012.

DEBOUCK, D. G; HIDALGO, R. **Morfology of the common bean plant**. Cali : CIAT, 1986. 56 p.

DESPHANDE, S. S.; SHATZE, S. K.; SALUNKHE, D. K.; CORNFORTH, D. P. Effect of dehulling on phytic acid, polyphenols and enzyme inhibitors of dry bean (*Phaseolus vulgaris L.*). **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1846-1849, 1982.

DEVELOPMENT CORE TEAM R. **A language and environment for statistical computing**. Viena, Austria. ISBN 3 – 90051-07-0. Disponível em: <http://www.R.project.org>. Acesso em: 7 maio 2014.

DÍAZ-BATALLA, L.; WIDHOLM, J. M.; FAHEY, G. G.; CASTAÑO-TOSTADO, E.; PAREDES-LÓPEZ, O. Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris L.*). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 6, p. 2045-2052, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Comunicado Técnico nº 125, BRS Pontal: cultivar de feijoeiro comum de tipo de grão carioca com alto potencial produtivo no Distrito Federal e em Goiás**: Planaltina DF. Abril, 2006. 2 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Origem e história do feijão**. 2003. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em: 20 jul.2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Variáveis experimentais da Embrapa Arroz e Feijão**. Versão 1.0. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. (Documentos, 250).

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Cultivares de Feijão Recomendadas para o Estado de Minas Gerais (2012)**. Disponível em: www.epamig.br. Acesso em: 4 out. 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: Os autores, 2007. 386 p.

FANG, Y.; WANG, L.; XING, Z.; ZHAO, L. AN, X.; HU, Q. Effect of foliar applications of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 6, p. 2079-2084, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Tradução por: Florencia Cladera Oliveira; Rubensan, Jane Maria; Nitzke, Julio Alberto; Thys, Roberta Cruz Silveira. 2 ed. Porto Alegre : Artmed, 2006. 602 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Fao stat. 2013. *In*: FEIJÃO: dados conjunturais do feijão (área, produção e rendimento) - Brasil – 2007 - 2011. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2013_14.pdf. Acesso em: 30/Junho/2014.

GARCIA, E.; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 612-615, 1999.

GOLANI, G. S.; COCKELL, K. C.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 88, n. 3, p. 967-987, 2005.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2011.

GONÇALVES, E. C. B. A. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Livraria Varela, 2006.

GONZÁLEZ DE MÉJIA, E.; CASTAÑHO-TOSTADO, E.; LOARCA-PIÑA, G. 1999. Antimutagenic wff-wcts of natural phenolic compounds in beans. **Mutation Research**. New York, n. 441, p. 1-9, 1999.

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

GUERRA, N. B.; DAVID, P. R. B. S.; MELO, D. D.; VASCONCELOS, A. B. B.; GUERRA, M. R. M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n.1, p. 45-52, 2004.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; MARTINEZ, O.; ACOSTA, J.; GUEVARA, F.; PAREDES, O. Putative quantitative trait loci for physical and chemical components of common bean. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 1029-1035, 2003.

HANDPRINT. **Modern color models**. Disponível em: <<http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html#CIELAB>>. Acesso em: 1 set. 2013.

HINCKS, M. J.; STANLEY, D. W. Multiple mechanisms of bean hardening. **Journal Food Technology**, Chicago, v. 21, p. 731-750, 1986.

HORWITZ, H. **Official method of analysis of the association of official agricultural chemists, As**. Agricultural Chemistry, Washington, p. 144, 1995.

HUGHES, J. S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 122-126, setembro de 1991.

INSTITUTO ADOLFO LU, TZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed., 1. ed. digital, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE**. Estatística de produção Agrícola. Junho, 2012. Disponível

em:<www.ibge.gov.br/home/estatística/indicadores/agropecuária/ispa/estprodagr.2012.pdf>.
Acesso em: 31/07/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores - IBGE.** Estatística de produção Agrícola. Dezembro, 2014. Disponível em:<www.ibge.gov.br/home/estatística/indicadores/agropecuária/ispa/estprodagr.2012.pdf>.
Acesso em: 15/12/2014.

JACKMAN, R. L.; STANLEY, D. W. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v. 6, p. 187-194, 1995.

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

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

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 3, n. 4, p. 205-209, 1999.

KRZYŻANOWSKI F. C., FRANCA-NETO J. B., MANDARINO J. M. G., KASTER M. Comparison between two gravimetric methods to determine the lignin content in soybean seed coat. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 619-624, 2001.

KUTOS, T., GOLOB, T., KAC, M.; PLESTENJAK, A. Dietary fiber content of dry and processed beans. **Food Chemistry**, Daves, v. 80, n. 3, p. 231-235, 2003.

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

LEÃO, M. C. D.; GUERRA, N. B.; FREITAS, E. M. P. Efeito das condições de armazenamento sobre as características sensoriais do feijão macassar *Vigna unguiculata* (L) Walp. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 43-52, 1992.

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

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

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 Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, p. 2483-2487, 1993.

LOLAS, G. M.; PALAMIDAS, N.; MARKATIS, P. The phytic acid-total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans, and wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 53, n. 6, p. 867-871, 1976.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI-FILHO, A.; RODRIGUES, J. A.; ANTUNES, I. F. Herdabilidade dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 51-58, 2006.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ANTUNES, I. F.; NÖRNBERG, J. L. Análise de frações de fibra alimentar em cultivares de feijão cultivadas em dois ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2033-2036, 2008.

LONDERO, P.M.G.; RIBEIRO, N. D.; RODRIGUES, J. A. POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Genetic variability for dietary fiber content in common bean populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 86-90, 2005.

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

MACDOUGALL, D. B. Colour vision and appearance measurement. In: PIGGOT, J. R. (ed.) **Sensory Analysis of Foods**. Elsevier Applied Science, London, p. 93-116, 1984.

MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 30, p. 1-9, 1982.

MAGRO, F. O.; CARDOSO, A. I. I.; FERNANDES, D. M. Emergência e condutividade elétrica de sementes de brócolis em função de doses de composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 240-245, 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

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

MARSCHNER, H. **Nutrição Mineral de Plantas Superiores**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

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

MATSSON, S. The cookability of yellow peas: A colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agric. Suecana II**, Stockholm, v. 2, p. 185-231, 1946.

MCGEE, H. **Comida e cozinha: ciência e cultura da culinária**. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. 2. ed. São Paulo: Editora WMF; Martins Fontes, 2014. p. 977.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P ; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 1114-1121, 2007.

MORAIS, P. P. P.; VALENTINI, G.; GUIDOLIN, A. F.; BALDISSERA, J. N. C.; COIMBRA, J. L. M. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41 n. 4. p. 593-598, out-dez, 2010.

MORI, A. L. B. **Solubilidade das proteínas de feijão comum envelhecido**. 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2001.

NASAR-ABBAS, S. M.; PUMMER, 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 lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT. Food Science and Technology**, v. 41, p. 1260-1267, 2008.

O'DELL, B. L.; De BOLAND, A. R. Complexation of phytate with protein and cations in corn germ and oilseed meals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 24, n. 4, p. 804-808, 1976.

OLIVEIRA, D. P. Qualidade tecnológica de grãos de feijão-comum em função de cultivares e condições de armazenamento. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

OLIVEIRA, V. R. Análise Físico-Química, Microbiológica e Sensorial de Cultivares de Feijão. 2009. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; LONDERO, P. M. G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 1912-1918, 2008.

OOMAH, D. B.; BLANCHARD, C.; BALASUBRAMANIAN, P. Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, p. 11312-11319, 2008.

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

ORNELLAS, L. H; KAJISHIMA, S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 8. ed. Rev. Ampl. São Paulo: Atheneu Editora, 2007.

PAIXÃO, A. A. **Propriedades físicas e qualidade do feijão tratado com cera de carnaúba durante o armazenamento**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PANOBIANCO M, VIEIRA R. D., KRZYZANOWSKI F. C., FRANCA-NETO J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PERINA, E. F. **Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cultivados em diferentes ambientes**. 2008. 150 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2008.

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

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

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BOREM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, p. 415-436. 2006.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. A. **Biodisponibilidade de zinco e ferro**, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos. 2006. 171f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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**, Campinas, v. 28, p. 200-213, 2008.

RAMOS JUNIOR, E. U. **Extração de nutrientes e comportamento do cultivar de feijão carioca precoce em decorrência de níveis de fósforo e épocas de semeadura**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

RESENDE, O. **Variações das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem e armazenamento**. 2006. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2006.

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

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

RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.4, p. 936-941, 2008.

RIBEIRO, N. D.; RODRIGUES, J. A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M.; DA ROSA, S. S.; Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para cozimento. **Bragantia**, Campinas, v.66 (1): 157 – 163, 2007.

RIBEIRO, N. D.; SOUZA, J. F.; ANTUNES, I. F.; POERSCH, N. L. Estabilidade de produção de cultivares de feijão de diferentes grupos comerciais no estado do Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 339-346, 2009.

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

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, out./dez. 2009.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, 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**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.

ROCHA-GUZMÁN, N. E.; HERZOG, A.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; IBARRA-PÉREZ, F. J.; ZAMBRANO-GÁLVAN, G. GALLEGOS-INFANTE, J. A. Antioxidant and antimutagenic activity of phenolic compounds in three different colour groups of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Daves, v. 103, p. 521-527, 2007.

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

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

RUPOLLO, G. **Efeitos das condições e do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de feijão carioca**. 2011. 75 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

SAHA, S.; SINGH, G.; MAHAJAN, V.; GUPTA, H. S. Variability of nutritional and cooking quality in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 64, p. 174-180, 2009.

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

SANDBERG, A. S.; AHDERINNE, R.; HPLC method for determination of inositol tri-, tetra-, penta- and hexaphosphates in foods and intestinal contents. **Journal of Food Science**, n. 51, p. 547-550, 1986.

SANTOS E. L.; PÓLA J. N.; BARROS A. S. R., PRETE C. E. C.; Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SATHE, S. K.; VENKATACHALAM, M. Bean. *In*: WRIGLEY, C.; CORKE, H. ; WALKER, C. E. **Encyclopedia of grain science**. St. Louis: Elsevier, v. 1, p. 76 – 86. 2004.

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

SCHOENINGER, V. Qualidade tecnológica de grãos novos e envelhecidos de feijão comum submetidos a armazenamento refrigerado. 2008. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2008.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C. ALMEIDA, A. J. B. Pre-processing of aged carioca beans: soaking effect in sodium salts in the cooking and nutrition quality. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, Finland, v. 11, n. 1, p. 184-189. 2013a.

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

SCHOENINGER, V.; TONINI, M.; SILOCHI, R. M. H. Q.; BATISTA, V. T.; LORIN, H. E. F.; FORTES, A. M. T. Análise fisiológica de sementes de feijão orgânico e convencional em função do manejo empregado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Os desafios para o desenvolvimento rural sustentável, 42, 2013, Londrina. **Anais...** Londrina : SBEA, 2013b.

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

SCHOLZ, M. B. S.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. *In*: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, p.389-392. 1999b. 880p.

SEFA-DEDEH, S.; STANLEY, D. W; VOISEY, P. W. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Journal of Food Science**, Malden, v. 43, p.1832-1838, 1978.

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 de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2003.

SHIGA, T. M.; LAJOLO, F. M.; FILISETTI, T. M. C. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. **Food Chemistry**, Daves, v. 84, p.53-64, 2004.

SHOMER, I.; PASTER, M.; LINDNER, P.; VASILIVER, R. The role of cell wall structure in the hard-to-cook phenomenon in beans (*Phaseollus vulgaris* L.). **Food Structure**, Chicago, v. 9, p. 139-149, 1990.

SILOCHI, R. M. H. Q.; VEITH, M. R.; HENNING, K.; MACHADO, S. R. C. Métodos para Determinação de Textura, Fibra Bruta, pH e Acidez Titulável em Feijão Branco (*Phaseolus vulgaris* L.). *In*: ENCONTRO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 1, 2013, Francisco Beltrão. **Anais...** Francisco Beltrão: Unioeste, 2013.

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

SILVA, A.; PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011.

SILVA, C. F. L.; MILACH, S. C. K.; SILVA, S. D. A.; FEDERIZZI, L. C.; MONTERO, C. R.; FONTANELLI, R. S. Frações de fibra em aveia e sua aplicação em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 975-980, 2006.

SILVA, J. D.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. – 4. reimpressão – Viçosa : UFV, 2009. 235 p.

SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M., ROBERTO, C. D. Secagem e Armazenagem de Feijão. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Atual. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 573 – 600.

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

SIMIONI, K.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; PARIZOTTO, C.; DERETTI, G. Qualidade para cozimento em grãos de genótipos crioulos de feijão produzidos no sistema orgânico. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – CONAFE. 11, 2014, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR 2014. 1 CD-ROM.

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

SOUZA, B. P.; GIORA, F. C.; PERINA, E. F.; LOPES, R. L. T.; CARVALHO, C. R. L.; CARBONELL, S. A. M. Determinação da composição da parede celular e suas implicações no tempo de cozimento de grãos de feijão (Nº 12118) *In*: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, n. 6., 2012, São Paulo. **Anais...** Jaguariúna: CIIC, 2012. p.8

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 4, p. 333-341, 2005.

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

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela brasileira de composição dos alimentos**: TACO. Versão 2. Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

VAN SOEST, P. J. Integrated feeding systems. *In*: **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p. 140-155.

VANIER, N. L.; RUPOLLO, G.; PARAGINSKI, R. T.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of nitrogen-modified atmosphere storage on physical, chemical and technological properties of carioca bean (*Phaseolus vulgaris L.*). **Current Agricultural Science and Technology**. Pelotas, v. 20, p. 10-20, 2014.

VIEIRA, C.; PAULA-JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. Ed. Atual. – Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2011. 600 p.

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

YOUSIF, A. M.; DEETH, H. C.; CAFFIN, N. A. Effect of storage time and conditions on the hardness and cooking quality of adzuki (*Vigna angularis*). **Lebensmitte Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v.35, n. 1, p. 338-343, 2002.

ZAMINDAR, N.; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 48, n. 1, p. 1-7, 2011.

ZHOU, J. R.; ERDMAN, J. W. Breakmaking properties of composite flours of wheat and faba bean protein preparations. **Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 6, 1995.

ZUO, Y.; ZHANG, E. Iron and zinc biofortification strategies in dicot plants by intercropping with gramineous species: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 29, n. 1, p. 63-71, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A Curva de calibração do ácido fítico

A curva de calibração foi obtida a partir dos valores de concentração de Ácido Fítico no eixo x e os valores de absorbância no eixo y, foram elaborados a partir dos cálculos encontrados na equação da reta e valores da leitura de absorbância (A1). Os cálculos do resultado final foram obtidos a partir dos dados abaixo:

Equação de reta: $y = -0,006x + 0,841$

Absorbância da amostra: 0,516

Concentração da amostra : 0,05 g/mL = 50000 μg (2,5 g de amostra/50 mL de HCl 2,4 %),

em que:

$$[\text{Pfitico}] = (0,841 - \text{Abs})/0,006 = (0,841 - 0,516)/0,006 = 54 \mu\text{g/mL} \quad (8)$$

Tem-se 54 μg de Pfitico _____ 50000 μg de amostra

X _____ 100 μg de amostra

$$X = 0,108 \mu\text{g de Pfitico}/100\mu\text{g de amostra (ou } 0,108\%) \Rightarrow 1,08^{-3} \quad (9)$$

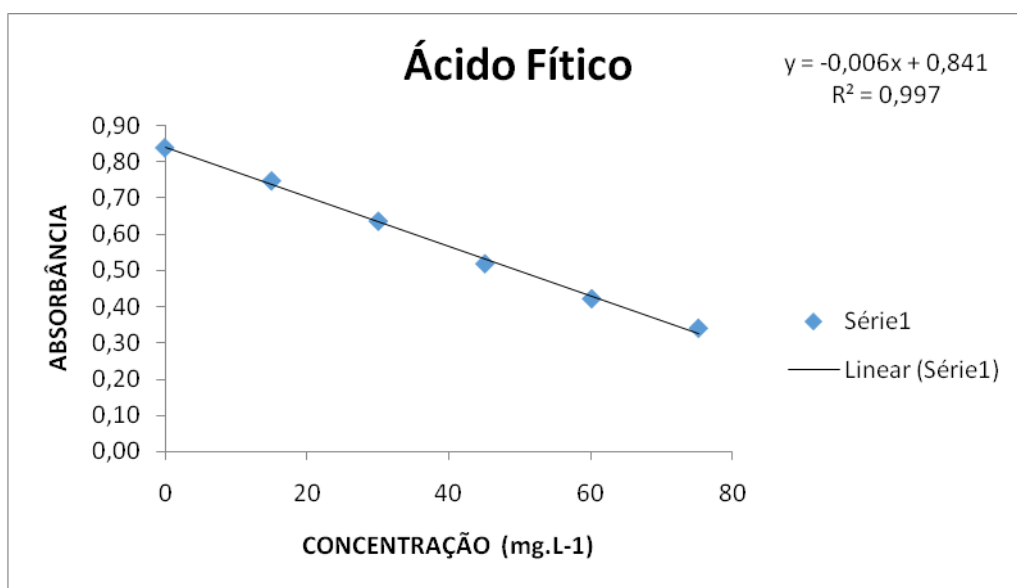


Figura A1 Curva de calibração do ácido fítico.

APÊNDICE B Curvas de calibração dos minerais (Fe, Mn, Zn e P)

As curvas de calibração dos minerais fósforo (P), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) foram obtidas a partir dos valores de concentração de cada mineral no eixo x e os valores de absorbância no eixo y (Fe = 248.3 nm); (Zn = 213.9 nm) e Mn (279,5 nm). Posteriormente foram elaborados a partir dos cálculos encontrados na equação da reta e valores da leitura de absorbância (Figura B1 - Fósforo); (Figura B2 – Ferro); (Figura B3 – zinco); (Figura B4 – Manganês); (Figura B5 – Taninos).

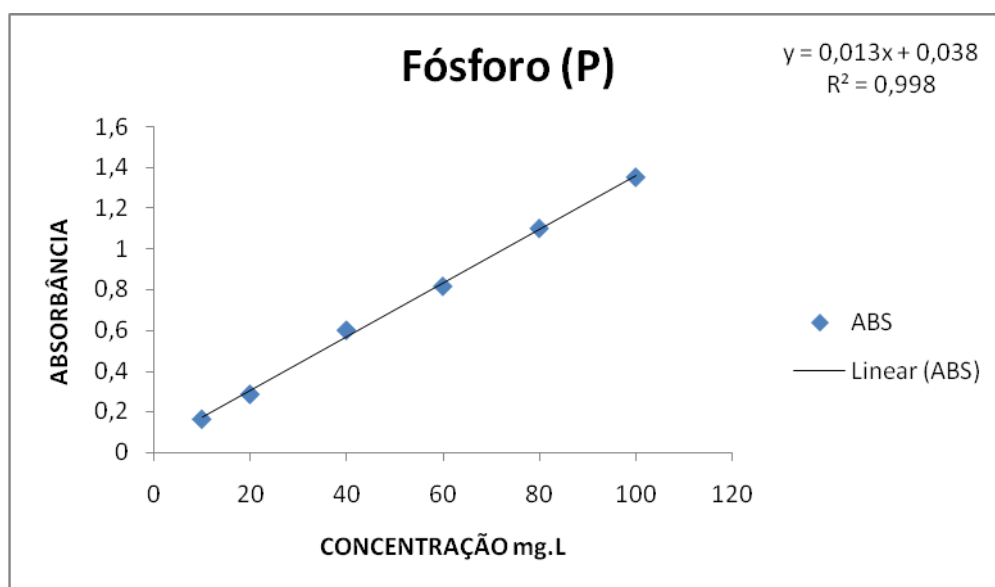


Figura B1 Curva de calibração do fósforo (P).

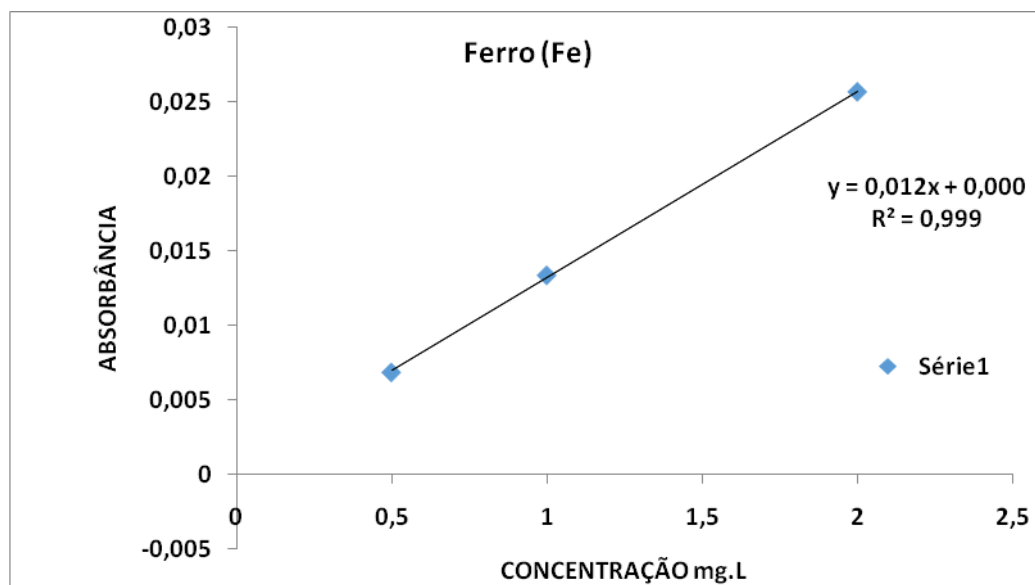


Figura B2 Curva de calibração do ferro (Fe).

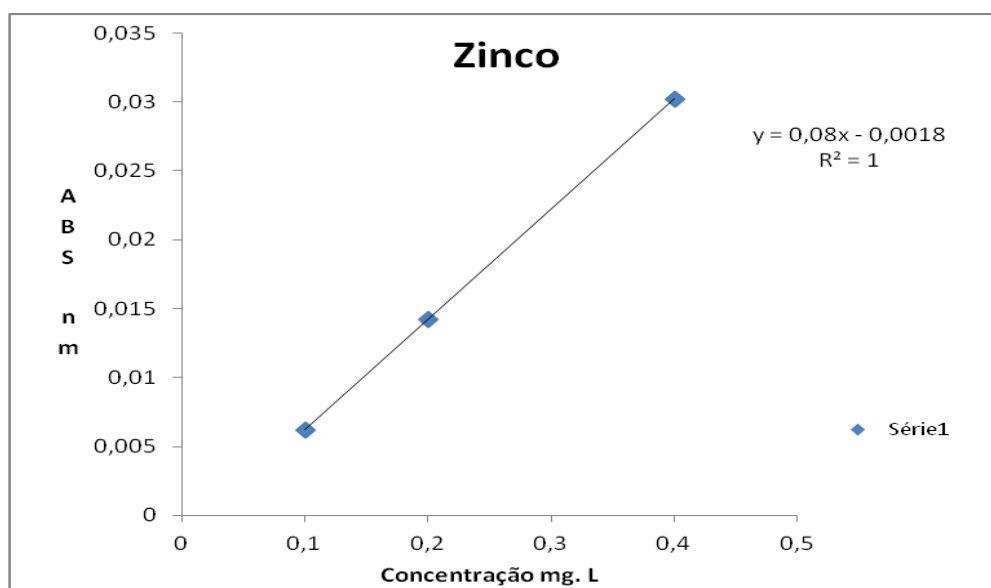


Figura B3 Curva de calibração do zinco (Zn).

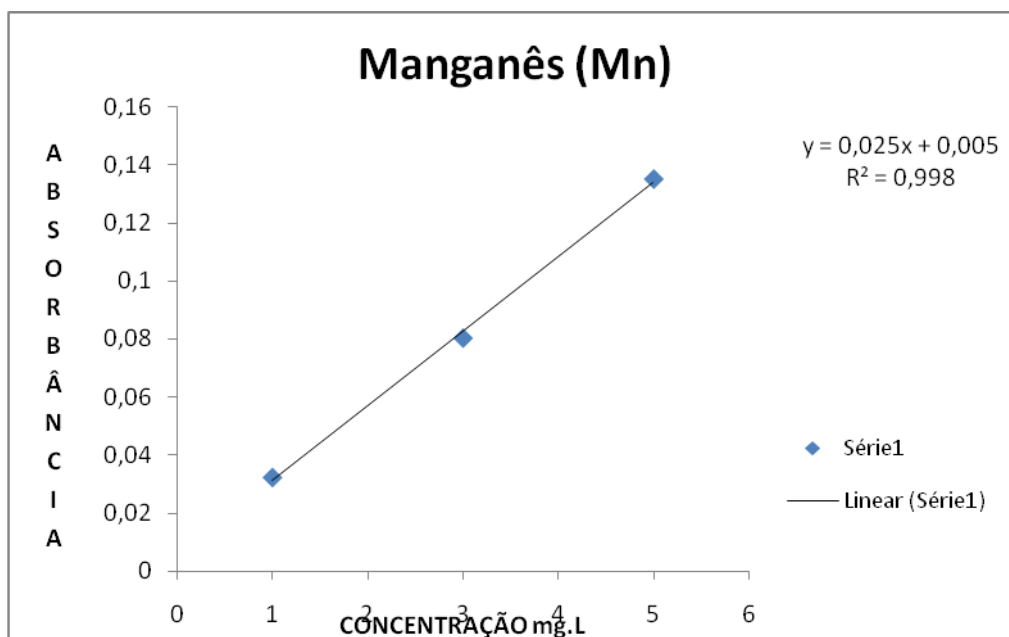


Figura B4 Curva de calibração do manganês (Mn).

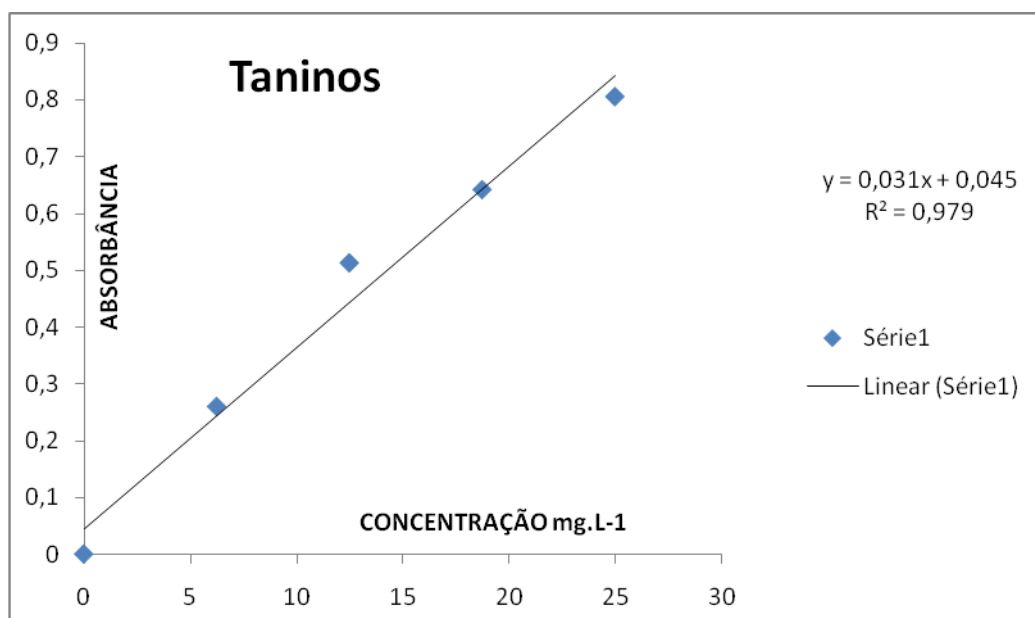


Figura B5 Curva de calibração de taninos.

APÊNDICE E Análise de variância (anova) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento para as variáveis analisadas

Tabela E1 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável percentual de umidade

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	28,43	14,22	10,60	0,0003
Tempo	4	795,81	198,95	148,29	0,0000
Cultivar x Tempo	8	188,72	23,59	17,58	0,0000*
Resíduo	30	40,25	1,34		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E2 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de luminosidade L*

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	383,54	191,77	407,69	0,0000*
Tempo	4	32,51	8,13	17,28	0,0000*
Cultivar x Tempo	8	3,73	0,47	0,99	0,4631 ^{NS}
Resíduo	30	14,11	0,47		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela E3 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de cromaticidade a*

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	56,48	24,24	1063,33	0,0000
Tempo	4	18,49	4,75	178,77	0,0000
Cultivar x Tempo	8	3,80	0,47	17,88	0,0000*
Resíduo	30	0,80	0,03		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E4 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de cromaticidade b*

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	11,29	5,64	51,18	0,0000
Tempo	4	3,02	0,75	6,84	0,0000
Cultivar x Tempo	8	2,45	0,31	2,78	0,0198*
Resíduo	30	3,31	0,11		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E5 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de Croma

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	3,36	1,68	10,43	0,0004*
Tempo	4	13,62	3,41	21,15	0,0000*
Cultivar x Tempo	8	2,70	0,34	2,10	0,0681 ^{NS}
Resíduo	30	4,83	0,16		

Notas: NS = Não significativo; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E6 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de tonalidade H^o

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	1360,29	680,14	212,10	0,0000
Tempo	4	411,90	102,98	32,11	0,0000
Cultivar x Tempo	8	154,14	19,27	6,01	0,0001*
Resíduo	30	96,20	3,21		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E7 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de absorção de água (AA%)

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	22,96	11,48	0,79	0,4628 ^{NS}
Tempo	4	950,11	237,53	16,36	0,0000*
Cultivar x Tempo	8	494,99	61,87	4,26	0,0017*
Resíduo	30	435,67	14,52		

Notas: NS = Não Significativo; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E8 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável do tempo de cocção (TC) em minutos

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	82,58	41,29	18,42	0,0000*
Tempo	4	1170,94	292,73	130,59	0,0000*
Cultivar x Tempo	8	219,30	27,41	12,23	0,0000*
Resíduo	30	67,25	2,24		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E9 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de condutividade elétrica (CE) em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}$

Causas da Variação	GL	SQ	Q.M.	F	p-valor
Cultivar	2	983,17	491,59	58,42	0,0000*
Tempo	4	7346,18	1836,55	218,26	0,0000*
Cultivar x Tempo	8	4703,30	587,91	69,87	0,0000*
Resíduo	30	252,44	8,41		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E10 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de pH

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	0,04	0,02	8,70	0,0010
Tempo	4	0,15	0,04	15,56	0,0000
Cultivar x Tempo	8	0,06	0,01	3,37	0,0071*
Resíduo	30	0,07	0,00		

Notas: * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E11 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de acidez dos cultivares

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cultivar	2	1,74	0,87	1,88	0,1701 ^{NS}
Tempo	4	6,92	1,73	3,73	0,0140*
Cultivar x Tempo	8	3,72	0,46	1,00	0,4546 ^{NS}
Resíduo	30	13,91	0,46		

Notas: NS = não significativo; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E12 Análise de variância (ANOVA) entre os fatores cultivar e tempo de armazenamento (0, 60, 90, 135 e 180 dias) para a variável de Textura dos grãos de feijão crus sem maceração e com maceração

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Sem Maceração					
Genótipo	2	10902,78	5451,39	11,01	0,0000
Tempo	4	22876,79	5719,20	11,05	0,0000
Genótipo: Tempo	8	38237,16	4779,64	9,05	0,0000*
Resíduo	135	66866,61	495,31		
Com Maceração					
Genótipo	2	320,41	160,21	150,86	0,0000
Tempo	4	4,51	1,13	1,06	0,3778 ^{NS}
Genótipo: Tempo	8	28,31	3,54	3,36	0,0016*
Resíduo	135	143,37	1,06		

Notas: GL= grau de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = F calculado; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = Não Significativo.

Tabela E13 Análise de variância (ANOVA) dos cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal) recém-colhidos (controle) para as variáveis de proteínas, ferro, manganês, zinco e fósforo

Causas da Variação	GL	SQ	Q.M.	F	p-valor
Proteínas					
Genótipo	2	15,23	7,62	38,43	0,0004
Resíduo	6	1,19	0,20		
Ferro					
Genótipo	2	5419.74	2709.87	229.43	0,0000*
Resíduo	6	70,87	11,81		
Manganês					
Genótipo	2	19,79	9,89	338,97	0,0000*
Resíduo	6	0,18	0,03		
Zinco					
Genótipo	2	44,13	22,07	12,91	0,0067*
Resíduo	6	10,25	1,71		
Fósforo					
Genótipo	2	1,21	0,61	86,13	0,0000*
Resíduo	6	0,04	0,01		

Notas: GL= grau de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = F calculado; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = Não Significativo.

Tabela E14 Análise de variância dos cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal) recém-colhido (controle) para as variáveis Fibra em Detergente Neutro (FDN); Fibra em Detergente Ácido (FDA); Lignina (LDA); ácido fítico e taninos

Causas da Variação	GL	SQ	Q.M.	F	p-valor
FDN					
Genótipo	2	142,23	71,11	187,68	0,0000*
Resíduo	6	2,27	0,38		
FDA					
Genótipo	2	36,74	18,37	2,55	0,1578 ^{NS}
Resíduo	6	43,19	7,20		
LDA					
Genótipo	2	73,58	36,79	32,63	0,0006*
Resíduo	6	6,76	1,13		
Ácido Fítico					
Genótipo	2	0,00	0,00	0,80	0,5256 ^{NS}
Resíduo	6	0,00	0,00		
Taninos					
Genótipo	2	28339.89	14169.95	29,53	0,0008*
Resíduo	6	2879.30	479.88		

Notas: GL= grau de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = F calculado; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS = Não Significativo.

Tabela E15 Análises de variância (ANOVA) dos cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS, Madrepérola e BRS Pontal) armazenados (60, 90, 135, 180 dias) para as variáveis: proteínas, ferro; manganês; zinco e fósforo

Causas Variação	GL	SQ	Q.M.	F	p-valor
Proteínas					
Cultivar	2	10,46	5,23	11,04	0,0003
Tempo	4	3,42	0,86	1,81	0,1538
Cultivar x Tempo	8	15,12	1,89	3,99	0,0026*
Resíduo	30	14,21	0,47		
Ferro					
Cultivar	2	2805,03	1402,51	88,42	0,0000
Tempo	4	17731,91	4432,98	279,46	0,0000
Cultivar x Tempo	8	17625,26	2203,16	138,89	0,0000*
Resíduo	30	475,87	15,86		
Manganês					
Cultivar	2	49,19	24,60	8,98	0,0009
Tempo	4	690,97	172,74	63,06	0,0000
Cultivar x Tempo	8	308,17	38,52	14,06	0,0000*
Resíduo	30	82,18	2,74		
Zinco					
Cultivar	2	315,73	157,87	40,35	0,0000
Tempo	4	446,75	111,69	28,55	0,0000
Cultivar x Tempo	8	134,75	16,84	4,30	0,0015*
Resíduo	30	117,38	3,91		
Fósforo					
Cultivar	2	1,26	0,63	17,19	0,0000
Tempo	4	2,66	0,67	18,12	0,0000
Cultivar x Tempo	8	3,35	0,42	11,41	0,0000*
Resíduo	30	1,10	0,04		

Notas: GL= grau de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = F calculado; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela E 16 Análises de variância (ANOVA) dos cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS, Madrepérola e BRS Pontal) armazenados (60, 90, 135, 180 dias) para as variáveis: fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); lignina (LDA); ácido fítico e taninos

Causas da Variação	GL	SQ	Q.M.	F	p-valor
FDN					
Cultivar	2	778,79	389,39	240,69	0,0000
Tempo	4	371,96	92,99	57,48	0,0000
Cultivar x Tempo	8	274,06	34,26	21,17	0,0000*
Resíduo	30	48,53	1,62		
FDA					
Cultivar	2	6,15	3,07	0,65	0,5286
Tempo	4	127,98	32,00	6,78	0,0005
Cultivar x Tempo	8	165,58	20,70	4,39	0.0014
Resíduo	30	141,55	4,72		
Lignina					
Cultivar	2	698,73	349,36	272,15	0,0000
Tempo	4	125,22	31,30	24,39	0,0000
Cultivar x Tempo	8	92,31	11,54	8,99	0,0000*
Resíduo	30	38,51	1,28		
Ácido Fítico					
Cultivar	2	232,38	116,19	0,43	0,6582 ^{NS}
Tempo	4	5474,34	1368,58	5,07	0,0087*
Cultivar x Tempo	8	898,72	112,34	0,42	0,8939 ^{NS}
Resíduo	30	4052,55	270,17		
Taninos					
Cultivar	2	44243,43	22121,72	29,78	0,0000*
Tempo	4	24528,94	6132,23	8,25	0,0001*
Cultivar x Tempo	8	14991,64	1873,96	2,52	0,0315
Resíduo	30	22288,09	742,94		

ANEXOS

ANEXO A DADOS DO CLIMA – SIMEPAR (PR)

Quadro 1 Dados de temperatura e umidade relativa ambiente do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, estação de Cascavel, período de março a novembro referente ao ano de 2013 (SIMEPAR, 2015)

Temperatura Máxima Média (°C)	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas	Colunas1	Colunas1	Colunas1
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			27,2	26,3	23	21	21,8	22,8	25,7	27,7	28,6	
Temperatura Mínima Média (°C)												
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			17,2	14,9	13,5	12,8	10,5	9,6	13,3	15,6	17,1	
Temperatura Média (°C)												
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			21,4	19,7	17,8	16,6	15,5	15,6	18,8	20,9	22,5	
Temperatura Máxima Absoluta (°C)												
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			32,1	29,5	30,9	26,2	28,2	31	33,9	33,4	33,6	
Temperatura Mínima Absoluta (°C)												
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			11,7	9,7	6	7,6	-2,1	-1	2,3	7,8	13,3	
Umidade Relativa Média (%)												
Estação : 24535333 - Cascavel (Simepar)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013			82,3	75,8	81	88,1	75,6	68,7	67,9	70,4	72,1	

Fonte: SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ – SIMEPAR - Estação de Cascavel. Dados de temperatura e umidade relativa ambiente, março – novembro de 2013. Mensagem recebida por <rosemarysilochi@gmail.com> em janeiro de 2015.

ANEXO B O CULTIVO DE FEIJÃO EM PONTA GROSSA - PR

Ponta Grossa, Março de 2013

Breve histórico da ampliação de 4 genótipos de FEIJÃO COMUM, na Embrapa, unidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

SAFRA: Águas 2012/2013.

- 1 - SISTEMA DE SEMEADURA: Plantio direto na palhada de aveia preta.
- 2 - DATA SEMEADURA: 26/11/2012
- 3 – ÁREA SEMEADA DE CADA GENÓTIPO: 220 m²
- 4 – ADUBAÇÃO DE BASE: 300 Quilos / hectare de MAP
- 5 – ADUBAÇÃO DE COBERTURA: 65 Quilos/hectare de nitrogênio
- 6 - CONTROLE DE PLANTAS INVASORAS : Folhas largas 800ml/ha. Robust e 400ml/ha de select 240EC para folhas estreitas
- 7 – CONTROLE DE PRAGAS: Duas pulverizações para controle de vaquinhas (Cerotoma e Diabrotica SP) Uso de Karate Zeon 250 CS 30ml/ha e Engeo Pleno SC (TIAMETOXAM) + (LAMBDA-CIALOTRINA) 200ml/ha.
- 8 – CONTROLE DE DOENÇAS: Foram feitas três pulverizações preventivas: 1^a com DACOBRE (Clorothalonil + Oxicloreto de Cobre) para prevenção do crestamento bacteriano comum, 2^a pulverização preventiva com SIGNAL (Fluazinam) para evitar o ingresso do mofo branco e 3^a pulverização com MERTIN (Trifenil Hidróxido de Estanho) para prevenir Antracnose.

Data da colheita: 21/02/2013 a 27/02/2013.