



ESPERANÇA CATIVA BAPTISTA JOÃO

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE
FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS**

LAVRAS - MG

2016

ESPERANÇA CATIVA BAPTISTA JOÃO

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA
ARMAZENADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Joelma Pereira

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

João, Esperança Cativa Baptista.

Qualidade tecnológica de grãos de feijão carioca armazenados /
Esperança Cativa Baptista João. – Lavras: UFLA, 2016.
150 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Bibliografia.

1. Phaseolus vulgaris. 2. Cozedor de Mattson. 3. Microscopia
eletrônica de varredura. 4. Análise de componentes principais. 5. Caldo
de cozimento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ESPERANÇA CATIVA BAPTISTA JOÃO

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA
ARMAZENADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2016.

Dr. Messias José Bastos de Andrade UFLA

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca A. Pereira UFLA

Dr. Hudson Teixeira EPAMIG

Dra. Joelma Pereira
Orientadora

LAVRAS - MG

2016

Aos meus pais, José Baptista João (em memória) e Evelina Mulige Chanisso João, pelos ensinamentos e amor incondicional; aos meus irmãos, Emanuel Baptista João, Amélia da Graça Baptista João e Delfina Evelina Baptista João, e ao meu namorado, Alex Lino Almeida Aguacheiro, pelo amor, apoio e suporte sempre presentes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade de fazer o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-Brasil (CNPq), em coordenação com o Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique, pela concessão da bolsa de estudos, no âmbito do programa CNPq/MCT_Mz, chamada n° 42/2013.

Ao Coordenador do Programa Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Dr. Jaime Vilela de Resende, por toda ajuda, desde a concessão da carta de aceite até a minha chegada a Lavras.

À Diretoria de Relações Internacionais da UFLA, por todo o apoio na tramitação dos documentos para a atualização do visto.

À Profa. Dra. Joelma Pereira, minha orientadora, pela sua disponibilidade na transmissão de conhecimentos, pelo apoio, atenção, paciência e amizade que teve durante a realização do curso e deste trabalho.

Aos Professores do Departamento de Ciência dos Alimentos.

À secretária do Programa Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Lucilene Cândido, por estar sempre pronta em ajudar na tramitação dos documentos.

Aos membros da banca examinadora, professores Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira e Dr. Messias José Bastos de Andrade, e ao Dr. Hudson Teixeira, pela disponibilidade e contribuições que fizeram para este trabalho.

Às técnicas de Laboratório, Tina, Creusa e, especialmente, a engenheira Ana Alice, por todo o auxílio e prontidão durante a realização das análises.

Aos meus pais, José Baptista João (em memória) e Evelina Mulige Chanisso João, pelo amor, carinho e valores que sempre me transmitiram.

Aos meus irmãos, Emanuel, Amélia e Delfina, por todo amor, amizade e apoio incondicional.

Ao meu namorado, Alex, pelo amor, carinho e suporte sempre presente e por ter sido o grande incentivador para que eu fizesse o mestrado, muito obrigada.

A todos meus familiares, pelas palavras de encorajamento e força.

Ao Elídio Zitha, pela disponibilidade, por toda a ajuda na realização das análises e palavras de encorajamento durante o curso.

Ao Joel Nuvunga, por toda ajuda na análise estatística.

À Cristina e à Vanelle, por toda ajuda nas análises de reologia.

Ao Dr. Nascimento Nhantumbo, pelas valiosas contribuições durante a elaboração do projeto para a aplicação na chamada.

Às professoras Dra. Anabela Zacarias e Dra. Luísa Santos, pela concessão das cartas de recomendação para a aplicação na chamada.

À Janyelle Alves, pela sua amizade, prontidão e paciência em ajudar-me sempre que precisei, e pelos momentos maravilhosos que, junto com a sua família, me proporcionou.

A todos amigos do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, Amanda, Edmar, Gisele, Heidy, Julia, Layla, Loana, Luan, Luciana e Raul, que indispensavelmente ajudaram em tudo quanto precisei durante o curso.

Aos colegas e amigos da turma de Mestrado 2014/1, pela sua disponibilidade em ajudar quando sempre precisei.

A todos aqueles que, mesmo não mencionados aqui, contribuíram para que eu pudesse vencer mais uma etapa da minha vida acadêmica com sucesso.

Muito obrigada!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

RESUMO GERAL

O feijão é uma leguminosa, fonte importante de proteínas, minerais, carboidratos complexos, ácidos graxos insaturados, fibra alimentar e vitaminas do complexo B. No Brasil é cultivado em três safras: safra das águas, safra da seca e safra de outono/inverno. A classificação do feijão é baseada no enquadramento do produto em grupo, classe e tipo. A espécie botânica indica o grupo, sendo o Grupo I a espécie *Phaseolus vulgaris* L. (carioca) e o Grupo II, a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp (feijão-de-corda). O feijão do tipo comercial carioca é produzido nas três safras e tem maior preferência nacional. Estes grãos são caracterizados por rápida perda de sua qualidade durante o armazenamento em condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ambiente. Essas perdas de qualidade incluem o escurecimento do tegumento, o desenvolvimento do defeito de textura *hard-to-cook* e o consequente aumento do tempo de cozimento e produção de caldo pouco viscoso, o que faz com que o grão seja rejeitado pelos consumidores. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do armazenamento, à temperatura ambiente, na qualidade tecnológica de cinco cultivares (BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável) de feijão-carioca, produzidas na safra da seca, em seis tempos de armazenamento (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a colheita, ou dac). Foi considerado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco cultivares e seis tempos de armazenamento, no esquema fatorial 5x6, com três repetições. A umidade dos grãos varia com a variação da umidade relativa do ambiente de armazenamento. Os grãos de todas as cultivares apresentam escurecimento do tegumento ao longo do armazenamento, porém, os da cultivar BRSMG Madrepérola apresentam a menor susceptibilidade ao escurecimento e os das cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRS Notável apresentam maior susceptibilidade. Os grãos com o menor tempo de cocção ao longo do armazenamento são os da cultivar BRS 9435 Cometa e os com maior tempo de cocção são os das cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo. Na análise de componentes principais, as variáveis tempo médio de cocção (TMC), espessura do tegumento (ET), percentagem de grãos inteiros após cozimento (PGIAC), percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC) e taxa de expansão volumétrica (TEV) são as que mais influenciam a qualidade tecnológica dos grãos de feijão das cultivares avaliadas. Quanto maior a espessura do tegumento, representada principalmente pelo parênquima lacunoso, maior a PEANC em todas as cultivares. Quanto maiores a umidade e o tamanho do grão, menor é o TMC. A resistência à força de compressão reduz com o aumento do

armazenamento e com o aumento do tempo de cocção, quando os grãos são cozidos pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson, em todas as cultivares e aumenta quando cozidas por 20 minutos. A viscosidade do caldo de cozimento e o teor de sólidos totais aumentam com o armazenamento e com o aumento do tempo de cocção, quando os grãos são cozidos pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson, para todas as cultivares e reduzem quando cozidos por 20 minutos. A claridade do caldo de cozimento reduz, em todas as cultivares, com o aumento do tempo de armazenamento, nos dois tipos de cozimento. Há correlação positiva entre a claridade do tegumento e a do caldo de cozimento do feijão cozido por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson.

Palavras-chave: *Hard-to-cook*. Cocção. Panela de pressão. Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Viscosidade. Caldo de cozimento. Sólidos totais. Escurecimento.

GENERAL ABSTRACT

Beans are leguminous plants, an important source of protein, minerals, complex carbohydrates, unsaturated fatty acids, dietary fibers and vitamin B. In Brazil it is grown in three crops: water crop, dry crop and autumn/winter crop. The bean classification is based on the framework of the product in group, class and type. The botanical species indicates the group, and the group I the *Phaseolus vulgaris* L. species (carioca) and Group II, the species *Vigna unguiculata* (L.) Walp (feijão-de-corda). The carioca commercial type beans are produced in three crops and has most national preference. These grains are characterized by rapid loss of quality during storage in uncontrolled conditions of temperature and relative humidity. These quality losses include dimming the integument, development defect of hard-to-cook texture and consequent increase in cooking time and less viscous broth production, which causes the grain to be rejected by consumers. This study was to evaluate the effect of storage at room temperature, the technological quality of five cultivars (BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável) of carioca bean, produced in the crop dry, in six storage times (60, 90, 120, 150, 180 and 210 days after harvest, or dac). It was considered a completely randomized design, with five cultivars and six storage times, in 5x6 factorial design with three replications. The grain moisture varies with the variation of the relative humidity of the storage environment. The beans grains of all varieties have darkening of integument during storage, however, the cultivar BRSMG Madrepérola have the lowest susceptibility to darkening, and the cultivars BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso and BRS Notável are more susceptible of darkening. The beans with the shorter cooking during storage are the BRS 9435 Comet and more cooking time are the cultivars BRSMG Madrepérola and BRS Estilo. In principal component analysis, the variables average time of cooking (TMC), thickness of the integument (ET), percentage of whole grains after cooking (PGIAC), percentage of soaking before cooking (PEANC) and volumetric expansion rate (TEV) they are those that most influence the technological quality of the beans of the cultivars evaluated. How greater is the thickness of the integument, mainly represented by the lacunose parenchyma, greater is the PEANC in all cultivars. With higher the moisture and grain size, the smaller the TMC. The resistance to compressive force lowers with the increase of storage and increasing the cooking time, when grains are cooked by the cooking time determined by Mattson cooker, in all cultivars and increases when cooked for 20 minutes. The viscosity of the cooking broth and total solids increase with storage and increasing the cooking time, when grains are cooked by the time obtained by the Mattson cooker, for all cultivars and reduces when cooked for 20 minutes. The brightness of the cooking broth reduces in all

cultivars with increased storage time, in two kinds of cooking. There is a positive correlation between the brightness of the seed coat and bean broth cooked for 20 minutes and the bean broth cooked for the cooking time determined by Mattson cooker.

Keywords: *Hard-to-cook*. Cooking. Pressure cooker. Scanning electron microscopy (SEM). Viscosity. Cooking Broth. Total Solids. Darkening.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução geral	14
1	INTRODUÇÃO		14
2	REFERENCIAL TEÓRICO		17
2.1	Importância econômica do feijão		17
2.2	Qualidade nutricional e fatores antinutricionais do feijão		19
2.3	Cultivares		21
2.4	Pós-colheita e armazenamento		24
2.4.1	Cor do tegumento		26
2.4.2	Espessura do tegumento		27
2.5	Atividade de água		28
2.6	Qualidade tecnológica de feijão		29
2.6.1	Tamanho do grão		30
2.6.2	Absorção de água e cocção		31
2.6.3	Resistência dos grãos à força de compressão, viscosidade e sólidos totais do água de cozimento		32
	REFERÊNCIAS		35
	CAPÍTULO 2	Efeito do tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão carioca	44
1	INTRODUÇÃO		47
2	MATERIAL E MÉTODOS		49
2.1	Obtenção dos grãos		49
2.2	Armazenamento		50
2.3	Delineamento experimental		51
2.4	Umidade		52
2.5	Curva de absorção de água		52
2.6	Atividade de água		52
2.7	Tamanho do grão		52
2.8	Cor do tegumento		53
2.9	Espessura do tegumento		54
2.10	Teste de cocção		55
2.11	Análise estatística		57
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		59
3.1	Umidade		59
3.2	Curva de absorção		61
3.3	Atividade de água		66
3.4	Tamanho do grão		68
3.5	Cor do tegumento		70
3.6	Espessura do tegumento		80

3.7	Cocção.....	84
3.7.1	Percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC)	84
3.7.2	Tempo médio de cocção pelo cozedor de Mattson	87
3.7.3	Percentagem de embebição após o cozimento (PEAPC)	91
3.7.4	Percentagem de grãos inteiros após o cozimento (PGIAC)	92
3.7.5	Taxa de expansão volumétrica	94
4	Análise de componentes principais	95
5	Correlação entre as variáveis analisadas.....	102
6	CONCLUSÕES.....	110
	REFERÊNCIAS.....	111
	CAPÍTULO 3 Qualidade do cozimento dos grãos de cinco cultivares de feijão armazenados em função de métodos de cocção.....	117
1	INTRODUÇÃO	119
2	MATERIAL E MÉTODOS	121
2.1	Armazenamento.....	121
2.2	Delineamento experimental	121
2.3	Preparo das amostras.....	121
2.4	Análises realizadas.....	124
2.4.1	Resistência à força de compressão	124
2.4.2	Teor de sólidos totais	124
2.4.3	Viscosidade do caldo de cozimento	125
2.4.4	Cor do caldo de cozimento	126
2.5	Análise estatística.....	126
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	127
3.1	Resistência à força de compressão	127
3.2	Teor de sólidos totais	131
3.3	Viscosidade do caldo de cozimento	136
3.4	Cor do caldo de cozimento	140
4	Correlação entre a cor do tegumento e a cor do caldo de cozimento.....	145
5	CONCLUSÕES.....	147
	REFERÊNCIAS.....	148

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A classificação do feijão é baseada no enquadramento do produto em grupo, classe e tipo. A espécie botânica indica o grupo, sendo Grupo I a espécie *Phaseolus vulgaris* L., feijão-comum (classes branco, preto e as cores carioca, vermelho, jalo e outros) e o Grupo II, a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp, feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar (classes branco, preto e cores). O feijão do tipo carioca é produzido nas três safras e com maior preferência nacional (BARBOSA; GONZAGA, 2012; BRASIL, 2008; MALUF; SPERANZA, 2014).

Por apresentar altos níveis de minerais essenciais, como ferro, zinco, fósforo e cálcio, o feijão tem potencial para suprir a anemia causada por deficiência de ferro e outras doenças associadas a micronutrientes que atingem pessoas em todo o mundo (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010).

O consumo diário de feijão entre 50 a 100 g contribui com 28% de proteínas. No entanto, ele se torna uma boa fonte proteica quando consumido com arroz, uma vez que este é rico em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), limitados no feijão, tornando o valor biológico da proteína próximo ao das proteínas de origem animal (MESQUITA et al., 2007; PIRES et al., 2006; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Cerca de 23 milhões de toneladas de feijão são movimentados no mercado mundial, por ano. Em 2013, o Brasil foi o terceiro maior produtor de feijão (2.806.300 toneladas), depois de Myanmar (3.800.000 toneladas) e da Índia (3.630.000 toneladas). No Mercosul, o Brasil se destaca como o maior

produtor e consumidor, seguido da Argentina (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015). Como o país se destaca como um dos maiores produtores de feijão e com alto consumo *per capita*, o armazenamento dos grãos torna-se necessário, de modo a manter o abastecimento durante o ano todo e, com isso, evitar escassez entre uma safra e outra e a oscilação de preços no mercado. O armazenamento de grãos no Brasil é feito em armazéns convencionais, estruturais, graneleiros e silos (MAIA et al., 2013). Esses locais não têm controle de temperatura e umidade. Assim, devido à susceptibilidade dos grãos de feijão-carioca às condições de armazenamento não controladas pelos produtores de feijão no Brasil, eles desenvolvem características que depreciam suas qualidades, como o escurecimento e o endurecimento do tegumento, as quais o consumidor associa a maior tempo de cocção.

Várias propostas têm sido apontadas para o controle do aumento de tempo de cocção, uma das quais é o desenvolvimento de cultivares menos susceptíveis ao *hard-to-cook* (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993).

Estudos indicam que nem todos os grãos escuros têm elevado tempo de cocção, pois as qualidades tecnológicas e nutricionais dos grãos de feijão são determinadas pelo genótipo (CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO - CONAFE, 2011). Neste contexto, a procura e a exigência por grãos de melhor qualidade, quer agronômica ou tecnológica, têm sido constantes, fazendo com que diversas instituições de pesquisa, como a Embrapa Arroz e Feijão, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) busquem o desenvolvimento de cultivares que respondam às exigências do mercado.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito do tempo de armazenamento, à temperatura ambiente, sobre a qualidade tecnológica de cinco

cultivares de feijão do grupo carioca, BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável, produzidos na safra da seca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica do feijão

O feijão pertence à classe Dicotyledoneae, família Fabaceae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (CASTELLANE; VIERA; CARVALHO, 1988). Cerca de 55 espécies compõem o gênero *Phaseolus*, mas apenas cinco são cultivadas. São elas o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), o feijão-de-lima (*P. lunatus*), o feijão-ayocote (*P. coccineus*), o feijão-tepari (*P. acutifolius*) e o *P. polyanthus* (VIEIRA et al., 2005).

Segundo a Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008 (BRASIL, 2008), do MAPA, consideram-se como feijão, grãos provenientes das espécies *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L) Walp, cujos requisitos de qualidade sejam definidos em função da coloração do tegumento do grão e dos limites de tolerância de defeitos, sendo classificado em grupos, classes e tipos. Assim, o feijão é classificado em dois grupos que são o Grupo I, o feijão comum, quando proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L. e Grupo II, o feijão-caupi (feijão-de-corda ou feijão-massaroca), quando proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp. De acordo com a coloração do tegumento do grão, são classificados em quatro classes: preto, branco, cores ou misturado, independentemente do Grupo. Quanto aos limites máximos de tolerância de defeitos, classificam-se em ardidos, mofados e carunchados.

A variação da preferência dos tipos de grãos de feijão consumidos é dependente dos aspectos culturais de cada região. O cultivo dessa leguminosa no Brasil é realizado em três safras. A primeira é denominada safra das águas, cujo plantio vai de agosto a dezembro e a colheita, nos meses de dezembro a maio. A segunda, safra da seca, abrange todos os estados brasileiros, o plantio vai de

janeiro a junho e a colheita, nos meses de março a setembro. Na terceira safra, de outono/inverno, o plantio vai de março a julho e a colheita nos meses de junho a setembro. O feijão do grupo carioca é o que se produz nas três safras e o seu consumo é predominante nos estados do centro-sul; o feijão-preto tem consumo no Rio de Janeiro e no Rio Grande do Sul, e o feijão-caupi é produzido e consumido, principalmente, nas regiões nordeste e norte (BARBOSA; GONZAGA, 2012; MALUF; SPERANZA, 2014).

Segundo a CONAB (2014), Brasil, Índia, China, Myanmar e México são os cinco maiores produtores de feijão e representam mais de 65% da produção mundial. Os principais países exportadores são China, Estados Unidos da América, Myanmar, Canadá e Argentina, e são responsáveis por 73,5% do total exportado. Os principais países importadores são Índia, Estados Unidos da América, Cuba, Japão e Reino Unido. O Brasil importa feijão, principalmente da Argentina, e começa a exportar para alguns países, como Estados Unidos da América e África do Sul.

Considerando a produção da safra 2014/15, os principais estados produtores de feijão da safra da seca são o Paraná, com 23,6%; o Mato Grosso, com 15,2% e Minas Gerais, com 12,6%. Tendo em conta as três safras, a produção do feijão-carioca da safra 2014/15 foi estimada em 3.185,4 mil toneladas, 7,8% menor que a última safra, em 3.034,4 mil hectares, 9,8% menor que a safra passada. A produtividade média nacional foi estimada em 2,3% acima da safra passada, num total de 1.050 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Devido às propriedades químicas e às qualidades nutricionais do feijão, o consumo regular proporciona efeitos benéficos para a saúde, como suprimento em proteínas e deficiência de ferro. Por isso, são realizadas ações governamentais que promovem seu consumo, programas de pesquisa agrícola em diversas instituições e estímulo de produção em pequenas, médias e grandes

propriedades rurais, o que evidencia sua importância socioeconômica (SILVA; WANDER, 2013).

2.2 Qualidade nutricional e fatores antinutricionais do feijão

O feijão é fonte importante de proteínas, minerais, carboidratos complexos, 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). Díaz, Caldas e Blair (2010) relatam que, por apresentar altos níveis de minerais essenciais, como ferro, zinco, fósforo e cálcio, o feijão tem potencial para mitigar a anemia causada por deficiência de ferro e outras doenças associadas a micronutrientes, que atingem pessoas em todo o mundo.

Um mineral é considerado essencial para a vida de um organismo se sua remoção da dieta ou de outra via de exposição debilitar alguma função fisiológica de forma consistente. A necessidade humana por minerais essenciais varia entre alguns microgramas por dia e cerca de um grama por dia (MILLER, 2010).

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP, 2011), a composição centesimal do feijão-carioca cru, em base seca, apresenta os seguintes valores médios, em g 100 g⁻¹: 61,2 de carboidratos; 20,0 de proteínas; 14,0 de umidade; 3,5 de cinzas e 1,3 de lipídios; e o teor de minerais, em mg 100 g⁻¹, é de 123 de cálcio; 210 de magnésio; 1,02 de manganês; 8,00 de ferro; 385,00 de fósforo; 1.352,00 de potássio; 0,79 de cobre e 2,00 de zinco. Já para as vitaminas, são 0,17 mg 100 g⁻¹ de tiamina; 4,02 mg 100 g⁻¹ de niacina e 0,65 mg 100 g⁻¹ de piridoxina.

Uma fonte proteica de boa qualidade ou de alto valor biológico é aquela que fornece boa digestibilidade, quantidades adequadas de aminoácidos

essenciais e de nitrogênio total, capaz de satisfazer às necessidades nutricionais do homem, para fins de síntese proteica (BLANCO; BRESSANI, 1991; PIRES et al., 2006).

Sgarbieri (1987) refere-se à digestibilidade proteica como a percentagem das proteínas hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou de qualquer outro composto nitrogenado. Se não ocorrer hidrólise das ligações peptídicas, parte da proteína é excretada nas fezes ou transformada em produtos do metabolismo pelos microrganismos do intestino grosso.

Pires et al. (2006), ao avaliarem a digestibilidade proteica *in vivo* em algumas fontes proteicas de origem animal (carne de rã e carne bovina) e de origem vegetal (trigo, milho, soja e feijão), verificaram que as de origem animal apresentaram maiores valores de digestibilidade que as de origem vegetal, devido à ausência de fatores antinutricionais, os quais contribuem para diminuir a digestibilidade em alimentos de origem vegetal.

Fatores antinutricionais são compostos ou classes de compostos presentes em alimentos de origem vegetal que, quando consumidos, reduzem o seu valor nutritivo (BENEVIDES et al., 2011).

A presença no feijão de fatores antinutricionais, como taninos condensados (compostos fenólicos), ácido fítico, inibidores de proteases e lectina, reduz a atividade de algumas enzimas, bem como a ação biológica de diversos compostos químicos. A ação antinutricional do ácido fítico (principal forma de armazenamento de fósforo em grãos de leguminosas e cereais) e dos taninos dá-se pela capacidade de formar complexos insolúveis, com proteínas e minerais, reduzindo sua biodisponibilidade, bem como a inibição de enzimas amilolíticas e proteolíticas (BATISTA; PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2010; MARTINEZ-DOMINGUEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002; MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000). Os taninos complexam-se com os

minerais por meio de ligações com cátions divalentes (zinco e ferro), ao unirem-se com os grupos hidroxilos durante a digestão, conseqüentemente reduzindo sua absorção pelo organismo (BARRUETO-GONZALEZ, 2008; MENDONÇA et al., 2003).

Por outro lado, a presença de compostos fenólicos no feijão, em baixas concentrações, tem grande importância, na medida em que eles têm capacidade antioxidante, contribuindo para a redução do risco de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, mal de Parkinson e de alzheimer (BUTTERFIELD et al., 2002; MARTINEZ-DOMINGUEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002; SHAHIDI, 1997).

Outros componentes, como carboidratos, minerais, fibra alimentar solúvel e insolúvel, vitaminas e ácidos graxos, têm como importante fonte o feijão. Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013), ao avaliarem teores de minerais em cultivares de feijão-comum, obtiveram 5,56 e 5,13 mg g⁻¹ de fósforo; 1,42 e 1,40 mg g⁻¹ de magnésio; 2,42 e 2,22 mg g⁻¹ de enxofre, nas cultivares Pontal (fortificado) e comercial, respectivamente, e 0,97 mg g⁻¹ de cálcio para as duas cultivares. Os mesmos autores verificaram, ainda, que a disponibilidade de minerais pode ser afetada, de maneira positiva ou negativa, com a presença de fibras totais, insolúveis e solúveis e que, devido à maior presença de fibras solúveis, há relação inversa com a absorção de minerais em feijões crus.

2.3 Cultivares

Segundo Carneiro et al. (2012), a adoção de uma nova cultivar pelos produtores é ditada pelas vantagens que esta deverá oferecer em relação às já existentes no mercado, como alta produtividade e resistência às principais doenças e pragas, como também ir ao encontro das expectativas do consumidor

final, o qual é cada vez mais exigente, de modo que o produtor possa vender seu produto a um preço competitivo. No caso do feijão-carioca, os consumidores esperam obter grãos com boa qualidade culinária e a coloração do tegumento de escurecimento tardio.

Sendo o feijão do grupo comercial carioca o mais produzido (em torno de 60%) e consumido no Brasil, a procura e a exigência por grãos de melhor qualidade, agrônômica e tecnológica, têm sido constantes, fazendo com que diversas instituições de pesquisa, como Embrapa Arroz e Feijão, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), busquem o desenvolvimento de novas cultivares que respondam às exigências do mercado (ABREU et al., 2007; CARNEIRO et al., 2012; FARIA et al., 2008; PEREIRA et al., 2012; RUAS, 2013).

Dentre as várias cultivares recomendadas para o cultivo, citam-se a BRS 9435 Cometa, a BRS Estilo, a BRSMG Majestoso, a BRS MG Madrepérola e a BRS Notável, cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Características de cinco cultivares de feijão-carioca, BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRS MG Madrepérola e BRS Notável, recomendadas para o plantio no estado de Minas Gerais.

Características	Cultivar				
	BRS 9435 Cometa	BRS Estilo	BRSMG Majestoso	BRS MG Madrepérola	BRS Notável
Cor do tegumento	Uniforme	Uniforme		Bege claro, listras castanho-claro.	Uniforme, bege, listras marrons; opaco.
Massa de 100 grãos (g)	24,60	26,00	30,60	25,00	26,00
Tempo de cozimento (minutos)	33,00	26,00	27,00	29,00	31,00
Teor de proteína (%)	22,20	23,00	23,00	24,20	23,00
Ciclo de cultivo (emergência à maturação fisiológica - dias)	80	85-90	87	80-88	75-84
Potencial produtivo (kg/ha)	3.733,00	4.011,00	3.823,00	3.525,00	4.472,00
Outras características	Tamanho do grão uniforme; arquitetura da planta ereta; adaptada à colheita mecanizada.	Tamanho do grão uniforme; arquitetura da planta ereta; adaptada à colheita mecanizada.	Teor de sólidos solúveis de 8,9%; arquitetura da planta semi-prostrada; não adaptada à colheita mecanizada.	Escurecimento tardio do tegumento, mantém a coloração clara por 6 meses; teor de sólidos solúveis de 8,9%; arquitetura da planta prostrada; não adaptada à colheita mecanizada.	Tamanho do grão uniforme, forma elíptica e cheio; arquitetura da planta semi-ereto; adaptada à colheita mecanizada.
Fonte	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2014) e Faria et al. (2008)	Del Peloso et al. (2004), EMBRAPA (2014), Faria et al. (2004) e Melo et al. (2010)	Abreu et al. (2007) e EMBRAPA (2014)	Carneiro et al. (2012) e EMBRAPA (2014)	EMBRAPA (2014) e Pereira et al. (2012)

2.4 Pós-colheita e armazenamento

Como forma de evitar a oscilação de preços de feijão no mercado e sua escassez entre as safras de cultivo, após a colheita do feijão, torna-se necessário o seu armazenamento (BRACKMANN et al., 2002).

Após a colheita e o beneficiamento, o feijão sofre alterações nas características físico-químicas durante o armazenamento, devido às transformações de seus componentes, o que resulta em grãos que têm elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais, tornando-os pouco atrativos ao consumidor (ROMANO, 2006).

Um dos fatores físicos apontados como de maior importância na conservação dos grãos armazenados é a temperatura, na medida em que a maioria das reações químicas é acelerada com seu aumento (BRAGANTINI, 2005).

O armazenamento em temperatura ambiente contribui para o escurecimento do tegumento, mas este também é influenciado pelo teor de umidade do grão e do local de armazenamento, além do período de armazenamento (BURR; KON; MORRIS, 1968; IADEROZA et al., 1989; SARTORI, 1982).

Segundo a Comissão Técnica Central Brasileira de Feijão (2014), o teor de umidade dos grãos deve ser de 15%, quando armazenados por curto período, não superior a 20 dias; 12% para armazenamento mais prolongado e umidade inferior a 10% se os grãos forem armazenados em saco plástico ou recipientes vedados.

Fatores ambientais durante o armazenamento contribuem para o escurecimento do tegumento de grãos de feijão carioca, levando a não preferência pelo consumidor que associa a cor ao feijão velho. Estão também associadas à rejeição de grãos de feijão as transformações físico-químicas e as

interações bioquímicas que levam ao endurecimento do grão armazenado e, conseqüentemente, ao aumento do tempo de cozimento, assim como os fatores *hard-to-cook* e *hardshell* em que, sob condições de alta temperatura e umidade relativa, causam migração dos taninos da casca para a parede do cotilédone e lamela média, e também a oxidação desses mesmos taninos na casca, podendo limitar a mobilidade da água e, desse modo, contribuir para outra alteração do grão (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; STANLEY, 1992; VIEIRA et al., 2006).

O desenvolvimento dos defeitos texturais *hard-to-cook* e *hardshell* tornam os grãos resistentes ao amaciamento por cocção e, em consequência disso, prejudica a palatabilidade (LOPES, 2011).

Grãos com defeito *hard-to-cook* são caracterizados por necessitarem de um tempo de cozimento prolongado para amolecerem, ou não amolecem, mesmo depois de um cozimento prolongado em água fervente. Estes grãos têm limitada separação das células e restrita gelatinização do amido, lignificação da lamela média, polimerização e oxidação lipídica e vários outros mecanismos que limitam o amolecimento do cotilédone durante a cocção, mesmo que o grão absorva água. Já os grãos *hardshell* caracterizam-se por lenta absorção de água, mesmo após longo período de embebição (BOURNE, 1967; LIU; BOURNE, 1995; REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993; STANLEY; AGUILERA, 1985; VINDIOLA; SEIB; HOSENEY, 1986).

Balamaze et al. (2008), ao avaliarem a susceptibilidade ao *hard-to-cook* de grãos de quatro cultivares de feijão em função do local de plantio, diferentes embalagens de armazenamento, em condições de temperatura e umidade do local de armazenamento ambiente, durante seis meses, verificaram que o armazenamento em sacos de sisal, que permitiu o equilíbrio de temperatura de 25 °C e 74% de umidade relativa, proporcionou maior desenvolvimento do *hard-to-cook* em relação às outras embalagens (polipropileno, balde de plástico

e pote). Os mesmos autores recomendam a redução do teor de umidade dos grãos antes do armazenamento e a prevenção de acumulação de calor, durante o armazenamento, como estratégias para controlar o *hard-to-cook*.

Em estudo realizado por Shiga, Lajolo e Filisetti (2004), no qual visavam avaliar as mudanças induzidas pelo desenvolvimento *hard-to-cook* na composição de polímero de açúcar da parede celular de feijão armazenados em sacos de papel kraft sob três condições diferentes, estes autores verificaram que, quando os grãos foram armazenados à temperatura de 37 °C e 75% de umidade relativa, por seis meses e meio, verificou-se aumento do tempo de cozimento, ou seja, desenvolvimento do *hard-to-cook*.

Várias propostas têm sido apontadas para o controle do aumento de tempo de cocção, sendo uma delas o desenvolvimento de cultivares menos susceptíveis ao *hard-to-cook* (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993).

2.4.1 Cor do tegumento

O escurecimento pós-colheita do tegumento de feijão é uma das características indesejáveis na comercialização do grão, que têm como consequência perdas para o produtor, o exportador e os distribuidores (ELSADR et al., 2011). Os mesmos autores indicam três classes de fenótipos de grãos de feijão quanto ao escurecimento pós-colheita: grãos que não escurecem, grãos com escurecimento lento e grãos com escurecimento regular.

O Regulamento de Comercialização de Produtos Agrícolas (BOLSA BRASILEIRA DE MERCADORIAS, 2011) estabelece os critérios de classificação da cor dos grãos de feijão, que deverá ser realizada por meio de um colorímetro, o qual fará a leitura, em uma escala de cores de 1,00 (representa

grão muito escuro) a 10,00 (representa um feijão muito claro), obtida a partir da análise de uma amostra e apresentará o resultado da média das cores dos grãos.

Cultivares de feijão-comum que apresentam estrias no tegumento, como o feijão-carioca, que podem conservar a coloração clara durante o armazenamento, têm alto valor de mercado (MARLES; VANDENBERG; BETT, 2008).

As causas exatas do escurecimento pós-colheita não são ainda bem conhecidas, mas atribui-se à combinação do ambiente, genética e alterações químicas que ocorrem no grão. O escurecimento é acelerado pela exposição à luz, à alta temperatura, à umidade e ao tempo de armazenamento (MARTÍN-CABREJAS et al., 1997). Ele tem sido atribuído à presença de compostos fenólicos, que ocorrem naturalmente nos grãos de leguminosas e, se presentes em grandes quantidades, podem diminuir a biodisponibilidade de proteínas e minerais (LOPES, 2011).

Os compostos fenólicos também estão correlacionados com o escurecimento de grãos na presença de oxigênio, devido a oxidações enzimáticas que ocorrem no tegumento teores de água, temperatura e período de armazenamento (BURR; KON; MORRIS, 1968; IADEROZA et al., 1989; SARTORI, 1982).

2.4.2 Espessura do tegumento

O tegumento do grão do feijão-comum é revestido por uma fina cutícula que encobre uma camada de células alongadas da epiderme. Despertou muita atenção pela sua estrutura e em algumas leguminosas pode estar associada ao alto grau de impermeabilidade. Abaixo desta camada encontra-se uma camada de células em forma de ampulheta – a hipoderme –, com paredes celulares de espessura irregular. Logo após a hipoderme, encontram-se distribuídas várias

camadas de células de tecido parenquimático, que acumulam compostos fenólicos (BENINGER et al., 2000; LEAKEY, 1988; THORNE, 1981).

A partir do microscópio eletrônico de varredura (MEV) pode-se visualizar a estrutura e medir a espessura do tegumento dos grãos de feijão, evidenciando características que diferenciam as cultivares e, com isso, comparar as suas características ultraestruturais.

Peske e Pereira (1983), ao trabalharem com a soja, afirmaram que a camada paliçádica é importante para a absorção de água pelo grão, isto porque, em função da sua constituição química, da estrutura, do arranjo e das substâncias intercelulares, o grão pode embeber mais ou menos água.

Na terceira camada do tegumento estão as células do parênquima lacunoso, formado por células que apresentam um formato aproximadamente cilíndrico, arranjadas livremente com espaços ou lacunas entre si. Esta última camada participa ativamente na embebição de água pelas sementes por representar grande espessura na formação do tegumento (OLIVO et al., 2011).

2.5 Atividade de água

A água existe nos alimentos sob as formas de água livre e água combinada, sendo a água total a soma dessas duas parcelas. A água livre é conhecida como atividade de água, que é a relação entre a pressão de vapor de um produto e a pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura. A água livre é a aquela que se encontra disponível para o crescimento microbiano e a ocorrência de reações químicas e bioquímicas (CELESTINO, 2010; ORDÓÑEZ, 2005).

A água livre presente nos alimentos pode ser controlada pela remoção por secagem, imobilizada pelo congelamento ou pela adição de solutos. Sem a presença dessa água livre no alimento, os microrganismos não conseguem se

desenvolver, tornando o alimento estável contra a deterioração microbiana (ANAGNOSTOPOULOS, 1979).

Como a atividade de água de um alimento é definida em termos da pressão de vapor, torna-se necessário também especificar a temperatura na qual a atividade de água foi determinada. À medida que a temperatura aumenta, o mesmo ocorre com a atividade de água, porque cresce a pressão de vapor (ORDÓÑEZ, 2005).

A água fortemente associada - água ligada - é menos capaz de dar suporte à atividade de degradação do que a água pouco associada. A atividade de água nos dá a indicação da intensidade com a qual a água associa-se a constituintes não aquosos (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010).

A velocidade e a intensidade da perda de qualidade de grãos de feijão são determinadas pela temperatura de armazenamento e a atividade de água no feijão, pois, durante o armazenamento, ocorre uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, em que a velocidade depende do ambiente, do produto e de sua condição no início do armazenamento (SARTORI, 1996).

2.6 Qualidade tecnológica de feijão

Cerca de 63% da produção de feijão no Brasil são do grão tipo carioca, o qual tem grande preferência nacional, porém, por ser muito perecível, tem limitada aceitação em outros países do mundo. Daí, quando há elevada oferta no mercado nacional, torna-se difícil a sua comercialização e, conseqüentemente, o grão começa a perder qualidade e, com isso, ocorre a desvalorização na venda (COMISSÃO..., 2012).

A qualidade dos grãos de feijão é determinada por diversos fatores, como aceitação por parte do consumidor, características de absorção, qualidade culinária e valor nutricional. As características de aceitação incluem atributos

como tamanho de grão, forma, cor, brilho, estabilidade sob condições de armazenamento, propriedades de cocção e sabor (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993).

2.6.1 Tamanho do grão

As exigências do mercado, cada vez crescentes, fazem com que programas de melhoramento passem a desenvolver cultivares não apenas com altas produtividades e resistência a pragas e doenças, mas também com grãos de tamanho maiores e coloração clara, com peneiras de furo oblongo acima de 12, para atender às necessidades dos produtores, das empresas empacotadoras e do consumidor final (MELO et al., 2007).

Tamanho médio de grãos, entre as peneiras 11 e 12 da cultivar Carioquinha, era considerado até meados de 1998, como padrão. No entanto, com o surgimento da cultivar Pérola, esse padrão foi modificado, passando para o tamanho médio entre as peneiras 12 e 13, o qual se tornou o preferido pelas empresas empacotadoras e pelo consumidor final, fazendo com que o consumidor passasse a associar grãos maiores à maior expansão deles após o cozimento e, conseqüentemente, melhor rendimento (CARBONELL et al., 2010).

Ao avaliar as variáveis para seleção e classificação de grãos de feijão que respondam às exigências do mercado, Carbonell et al. (2010) observaram que poderão ter boa aceitação as cultivares com valores de produção relativa de grãos em peneiras (PRGP) acima de 7,00. Os mesmos autores observaram, ainda, que esses grãos com PRPG acima de 7,00 são classificados em peneiras de furo oblongo de tamanho 13 e 14, as quais são as maiores exigências das empresas empacotadoras.

2.6.2 Absorção de água e cocção

Uma das características que depreciam a qualidade do feijão é o elevado tempo necessário para o seu cozimento.

A maior capacidade de absorção de água pelos grãos de feijão tem sido relacionada, de forma direta, ao menor tempo de cocção, e esta característica é muito importante para a comercialização de feijão (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; RODRIGUES et al., 2005). Porém, essa relação direta é encontrada apenas por alguns autores, na medida em que não é regra, porque nem sempre a maior capacidade de hidratação dos grãos é um indicativo de menor tempo de cocção (CORTE et al., 2003).

Morais et al. (2010) avaliaram o efeito do armazenamento em sacos de papel e embalagem de polietileno em câmara fria e à temperatura ambiente sobre o tempo de cocção de dois genótipos de feijão (BRS Supremo e Pérola) armazenado por 360 dias. Os autores verificaram que, em câmara fria, independentemente da embalagem utilizada, o tempo de cocção manteve-se constante. Já na condição ambiente, para a o genótipo BRS Supremo, verificaram aumento de 45 minutos no tempo de cocção, quando armazenado em saco de papel e 14 minutos, quando armazenado em embalagem de polietileno. No genótipo Pérola houve aumento de 60 minutos quando armazenado em saco de papel e de 15 minutos em embalagem polietileno.

Resende et al. (2008), ao avaliarem a qualidade tecnológica dos grãos de feijão, por meio das análises do tempo de cocção, absorção de água em diferentes temperaturas, durante quatro meses de armazenamento em condições ambientais, verificaram que houve aumento gradativo no tempo de cocção de 28,87 minutos, em relação ao início do armazenamento. Quanto à absorção de água, verificaram que os valores da absorção de água aumentaram com a elevação da temperatura de embebição e do tempo de armazenamento.

Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), ao avaliarem a qualidade tecnológica de 19 genótipos de feijão, as diferenças entre os genótipos e as correlações existentes, nas safras da seca, inverno e águas de 2000, verificaram coeficiente de correlação positivo e significativo baixo (0,22) entre a porcentagem de absorção de água antes do cozimento e o tempo médio de cocção, indicando que quanto maior a absorção de água pelos grãos, maior é o tempo de cocção. Porém, os mesmos autores concluíram que, apesar das correlações significativas, a magnitude não foi expressiva e não justificaria a seleção de genótipos com base nas correlações fenotípicas.

2.6.3 Resistência dos grãos à força de compressão, viscosidade e sólidos totais do caldo de cozimento

Quando o feijão é submetido à cocção, ocorrem alterações físico-químicas, como desnaturação de proteínas, solubilização dos carboidratos e gelatinização do amido (WANG et al., 2010).

Amido é um polissacarídeo de armazenamento, encontrado em grãos, raízes e tubérculos. É constituído por dois polímeros de glicose: a amilose, que é um polímero linear unido entre si por ligações glicosídicas α -1,4 e a amilopectina, altamente ramificada, unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6. O amido tem várias funções, dentre as quais, fornecer textura, fornecer sólidos em suspensão e servir de espessante (SMITH, 1982).

A textura, ou resistência à força de compressão, é uma das três propriedades sensoriais primárias de alimentos. Ela se refere inteiramente ao toque ou à sensação e pode ser objetivamente medida por meios mecânicos, em unidades fundamentais de massa ou força (KRAMER, 1973).

Siqueira et al. (2013), ao avaliarem diferentes métodos de cozimento de feijão-carioca cultivar Pérola, recém-colhido e armazenado (à temperatura

ambiente) por sete meses, para análise de resistência à força de compressão, verificaram que o tempo de cocção aumentou com o armazenamento. Para os diferentes métodos de cozimento testados, à medida que aumentava o tempo de cocção dos grãos, a resistência à força de compressão reduzia, tanto para os grãos recém-colhidos quanto para os armazenados.

Coelho et al. (2009), compararam as alterações no tempo de cozimento e resistência à força de compressão dos grãos de feijão-comum variedades Iapar 81 e Iapar 44, durante o armazenamento. Estes autores verificaram que a resistência à força de compressão das duas variedades aumentou com o aumento do tempo de armazenamento, nas análises realizadas nos grãos cozidos e resfriados até a temperatura ambiente e nos resfriados até 60 °C. Os maiores valores de resistência à força de compressão foram registrados nos grãos cozidos e resfriados até temperatura ambiente. Estes autores associaram esses resultados à maior retrogradação do amido, verificada no resfriamento até temperatura ambiente (25 °C).

Quando em solução, durante o processo de cocção, o amido gelatiniza, passando os seus constituintes (amilose e amilopectina) para o meio de cocção. Quando em repouso, as moléculas de amilose têm a capacidade de se associar e formar precipitados, devido à tendência que as cadeias lineares têm de se alinharem paralelamente, por meio de ligações de hidrogênio, num processo denominado de retrogradação (LEE, 1983).

Segundo Perina et al. (2010), a presença de maior teor de sólidos totais na água é causada pelo maior tempo em que os grãos permanecem no processo de cocção, bem como pelo maior número de grãos partidos, os quais facilitam a passagem dos componentes dos grãos para o meio de cocção.

A viscosidade é maior quanto mais solutos estiverem dissolvidos na solução, por causa do aumento nas ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e soluto (CONSTENLA; LOZANO; CRAPISTE, 1989). As quantidades de

sólidos presentes ditam as características da caldo de cozimento, sendo que, quanto maior a quantidade de sólidos totais, mais encorpado é o água do feijão (BASSINELLO et al., 2003).

A viscosidade é o termo utilizado para expressar a fricção interna de um fluido ou a tendência que ele apresenta para resistir a fluir. A viscosidade do caldo a 20 °C é de 0,001 Pa.s. A viscosidade é influenciada por vários fatores, como temperatura, concentração, tensão de cisalhamento e taxa de deformação, entre outros. Taxa de deformação é o gradiente de velocidade estabelecido no fluido como resultado de aplicação de uma tensão de cisalhamento, e é expressa em s^{-1} (BOURNE, 2002).

Segundo Holdsworth (1971), o comportamento pseudoplástico é verificado na maioria dos fluidos alimentícios, em que a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação.

Segundo Krumel e Sakar (1975), determinadas taxas de deformação estão associadas a certos processos, como a taxa de deformação de $50 s^{-1}$, que corresponde à taxa de deformação aproximada percebida quando um alimento é colocado na boca; $100 s^{-1}$ a $1.000 s^{-1}$ é a taxa de deformação da maioria de misturadores domésticos.

Segura-Campos et al. (2014), ao avaliarem as propriedades funcionais do concentrado proteico de feijão-comum do grupo comercial preto, variedade Jamapa, com defeito *hard-to-cook*, verificaram que a viscosidade aumenta com a taxa de deformação, recomendando seu uso como agente espessante em alimentos.

Não foram encontrados relatos sobre a viscosidade do caldo de cozimento de feijão na literatura consultada, apesar de ser um fator importante na seleção de cultivares.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 7, p. 403-405, set. 2007.
- ANAGNOSTOPOULOS, G. Water activity in food. **Nutrition and Food Science**, London, v. 59, p. 6-7, 1979.
- BALAMAZE, J. et al. Influence of variety, growth location and storage conditions on development of hard-to-cook defect in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development**, Kenya, v. 8, n. 3, p. 333-348, Sept. 2008.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira**. Goiânia: EMBRAPA, 2012. 247 p.
- BARRUETO-GONZALEZ, N. B. Biodisponibilidade de minerais das fontes leguminosas. **Revista Simbio-Logias**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 174-183, maio 2008.
- BASSINELLO, P. Z. et al. **Aceitabilidade de três cultivares de feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico EMBRAPA, 66).
- BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010.
- BENEVIDES, C. M. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- BENINGER, C. W. et al. Chemical and morphological expression of the B and Asp seedcoat genes in *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 1, p. 52-58, Jan. 2000.
- BLANCO, A.; BRESSANI, R. Biodisponibilidad de aminoácidos in el frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, Caracas, v. 41, n. 1, p. 38-51, 1991.

BOLSA BRASILEIRA DE MERCADORIAS. **Regulamento de comercialização de produtos agrícolas**: ofício circular 005/2011-DG, de 14 de abril de 2011. Disponível em:
<<https://www.bbmnet.com.br/pages/portal/bbmnet/arquivos/documentos/Regulamento-de-Comercializacao-de-Produtos-Agricolas.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2015.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. 2nd ed. New York: Academic, 2002. 415 p.

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

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, 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. **Instrução Normativa nº 12**, de 28 de março de 2008. Regulamento técnico do feijão. Brasília, 2008. Disponível em:
<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

BURR, H. K.; KON, S.; MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans a influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, Oxford, v. 22, n. 3, p. 88-90, 1968.

BUTTERFIELD, D. A. et al. Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's disease. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 8, p. 444-461, 2002.

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. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARNEIRO, J. E. S. et al. Cultivar release - BRSMG madreperola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 12, p. 281-284, maio 2012.

CASTELLANE, P. D.; VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.):** cultivo e produção de sementes. Jaboticabal: FUNEP/FCA, 1988. 60 p.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos.** Planatina: EMBRAPA Cerrados, 2010. 51 p. (Documentos, 276).

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

COMISSÃO TÉCNICA CENTRAL BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira:** 2015-2017. Lavras: UFLA, 2014. 168 p.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira.** Florianópolis, 2012. 157 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2:** safra 2014/15, n. 12, décimo segundo levantamento. Brasília, 2014. 134 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária, volume 3:** safra 2015/2016 produtos de verão. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_agropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2016.

CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2011. Disponível em: <<http://biblioteca.versila.com/?q=conafe>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

CONSTENLA, D. T.; LOZANO, J. E.; CRAPISTE, G. H. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 663-668, May 1989.

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

DEL PELOSO, M. J. et al. BRS Pontal: new common bean cultivar with Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 369-371, July 2004.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Polyphenol and protein interaction and the effect on protein digestibility in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Perola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, abr./jun. 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentration of condensed tannins and anthocyanins in common beans coat. **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 2, p. 595-601, Mar. 2010.

ELSADR, H. T. et al. Characterization of seed coat post harvest darkening in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 123, n. 8, p. 1467-1472, Dec. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Catálogo de cultivo de feijão-comum 2014-2015**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120105/1/CNPAFccf2014.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2015.

FARIA, L. C. et al. BRS Cometa: a carioca common bean cultivar with erect growth habit. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 8, p. 167-169, Mar. 2008.

FARIA, L. C. et al. BRS Requite: new common bean Carioca cultivar with delayed grain darkness. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 366-368, July 2004.

FENNEMA, O. R.; DAMORADARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 875 p.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

IADEROZA, M. et al. Atividade de polifenoloxidase e alterações da cor e dos teores de taninos condensados em novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) durante o armazenamento. **Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 154-164, 1989.

KRAMER, A. Food texture: definition, measurement and relation to other food quality attributes. In: KRAMER, A.; SZCZESNIAK, A. S. (Ed.). **Texture measurements of foods**. Dordrecht: Reidel, 1973. p. 1-9.

KRUMEL, K. L.; SAKAR, N. Flow properties of gums useful to the food industry. **Food Technology**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 36-44, 1975.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 245-327.

LEE, F. A. **Basic food chemistry**. 2nd ed. Wageningen: AVI, 1983. 564 p.

LIU, K.; BOURNE, M. C. 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.

LOPES, R. L. T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2011.

MAIA, B. S. et al. **Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2013. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4005.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.

MALUF, R. S.; SPERANZA, J. S. **Preços dos alimentos, modelos de agricultura e abastecimento alimentar no Brasil: os casos da soja e do feijão**. Rio de Janeiro: CERESAN, 2014. 70 p. (Relatório Técnico, 7).

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

MARTIN-CABREJAS, M. A. et al. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 3223-3227, 1997.

MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; IBAÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MELO, C. L. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 715-723, maio 2007.

MELO, L. C. et al. BRS estilo: common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 10, p. 377-379, July 2010.

MENDONÇA, C. V. C. E. et al. Quantificação de polifenóis e digestibilidade protéica de famílias de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 858-864, jul./ago. 2003.

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

MILLER, D. D. Minerais. In: FENNEMA, O. R.; DAMORADARAN, S.; PARKIN, K. L. (Org.). **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 409-444.

MORAIS, P. P. P. et al. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 593-598, out./dez. 2010.

OLIVO, F. et al. Espessura do tegumento e qualidade física e fisiológica de sementes de feijão. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 89-88, 2011.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PEREIRA, H. S. et al. Cultivar Realease - BRS notável: a medium-early-maturing, disease-resistant Carioca common bean cultivar with high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 12, p. 220-223, June 2012.

PERINA, E. F. et al. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, mar./abr. 2010.

PESKE, S.; PEREIRA, L. A. G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 1/2, p. 23-24, 1983.

PIRES, C. V. et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 179-187, jan./mar. 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, n. 1, p. 200-213, jan./mar. 2008.

RESENDE, O. et al. Avaliação qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, mar./abr. 2008.

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

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

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

RUAS, J. F. Feijão. In: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Proposta de preços mínimos, safra 2013/14: produtos da safra de verão**, volume II. Brasília, 2013. p. 83-96.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coord.). **A cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 543-558.

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen.** 1982. 92 p. Dissertation (Master in Grain Science and Industry) - Kansas State University, Manhattan, 1982.

SEGURA-CAMPOS, M. R. et al. Chemical and functional properties of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris*) protein concentrate. **Food and Nutrition Sciences**, Dover, v. 5, n. 21, p. 2081-2088, Oct. 2014.

SGARBIERI, V. C. Métodos de avaliação da qualidade nutricional dos alimentos. In: _____. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento.** São Paulo: Almed, 1987. p. 250-261.

SHAHIDI, F. Beneficial health effects and drawbacks of antinutrients. In: SHAIDI, F. (Ed.). **Antinutrients and phytochemicals in food.** Washington: American Chemical Society, 1997. p. 1-9.

SHIGA, T. M.; LAJOLO, F. M.; FILISETTI, C. C. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. **Food Chemistry**, London, v. 84, p. 53-64, 2004.

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

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2013. 59 p. (Documentos, 287).

SIQUEIRA, B. S. et al. Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 54, n. 1, p. 13-17, Nov. 2013.

SMITH, P. S. Starch derivatives and their use in foods. In: LINEBACK, D. R.; INGLET, G. E. (Ed.). **Food carbohydrates**. Westport: AVI, 1982. p. 237-269.

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

STANLEY, D. W.; AGUILERA, J. M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes: the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, p. 277-323, 1985.

THORNE, J. H. Morphology and ultrastructure of maternal seed tissues of soybean in relation to the import of photosynthate. **Plant Physiology**, Rockville, v. 67, p. 1016-1025, 1981.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas, 2011. 161 p.

VIEIRA, C. et al. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 273-349.

VIEIRA, E. H. N. et al. **Avaliação da qualidade tecnológica do feijão armazenado em silobolsa**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2006. 4 p. (Comunicado Técnico, 116).

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

WANG, N. et al. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 2, p. 589-594, Mar. 2010.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais fontes de nutrientes e energia para grande parte da população no mundo. No Brasil, a produção e a preferência são por grãos do tipo comercial carioca. Como forma de manter o abastecimento de feijão em todos os períodos do ano, torna-se necessário o seu armazenamento. Um dos problemas associados aos grãos de feijão-carioca armazenados é a perda de sua qualidade tecnológica, como o escurecimento do seu tegumento e o desenvolvimento do defeito *hard-to-cook*, com consequente aumento do tempo de cozimento e, por conta disso, rejeição por parte dos consumidores. Os objetivos, neste trabalho, foram avaliar o efeito do armazenamento à temperatura ambiente na qualidade tecnológica de grãos de cinco cultivares de feijão do tipo comercial carioca (BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável) produzidos na safra da seca, em seis tempos de armazenamento (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a colheita, dac) e correlacionar as características tecnológicas dos grãos de feijão das cinco cultivares, durante os 210 dac. Consideraram-se cinco cultivares e seis tempos de armazenamento, no esquema fatorial 5x6, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A umidade dos grãos varia com a variação da umidade relativa do ambiente de armazenamento. Os grãos de todas as cultivares apresentam escurecimento do tegumento ao longo do armazenamento, porém, os grãos da cultivar BRSMG Madrepérola apresentam a menor susceptibilidade ao escurecimento e os grãos das cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRS Notável, maior susceptibilidade. Os grãos das cultivares com o menor tempo de cocção ao longo do armazenamento são os da cultivar BRS 9435 Cometa e os com maior tempo de cocção são os das cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, tornando evidente que a maior claridade do tegumento não está relacionada ao menor tempo de cocção. Os grãos da cultivar BRS 9435 Cometa apresentam as maiores percentagens de embebição após o cozimento (PEAPC) e taxa de expansão volumétrica (TEV) ao longo do armazenamento. Na análise de componentes principais, as variáveis tempo médio de cocção (TMC), espessura do tegumento

(ET), percentagem de grãos inteiros após cozimento (PGIAC), percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC) e TEV são as que mais influenciam a qualidade tecnológica dos grãos de feijão das cultivares avaliadas. Quanto maior a espessura do tegumento, representada principalmente pelo parênquima lacunoso, maior a PEANC em todas as cultivares. Quanto maiores a umidade e o tamanho do grão, menor é o TMC.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Cocção. Cor do tegumento. Microscopia eletrônica de varredura.

ABSTRACT

The bean (*Phaseolus vulgaris L.*) is one of the main sources of nutrients and energy for much of the population in the world. In Brazil, the production and the preference is for grains the carioca commercial type. In order to keep the bean supply at all times of the year, it is necessary to its storage. One of the problems associated with carioca beans stored is losing its technological quality as the darkening of his integument and the development of hard-to-cook defect, with consequent increase in cooking time and, because of that, rejection by consumers. The objectives, in this work, were to evaluate the effect of storage at room temperature, the technological quality of five cultivars (BRS 9435 Cometa, BRS Stilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola and BRS Notável) of carioca bean, produced in the crop dry, in six storage times (60, 90, 120, 150, 180 and 210 days after harvest, or dac). It was considered a completely randomized design, with five cultivars and six storage times, in 5x6 factorial design with three replications. The grain moisture varies with the variation of the relative humidity of the storage environment. The beans grains of all varieties have darkening of integument during storage, however, BRSMG Madrepérola cultivar have the lowest susceptibility to darkening and BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso and BRS Notável cultivars are more susceptible of darkening. The beans with the shorter cooking during storage are the BRS 9435 Cometa and more cooking time are BRSMG Madrepérola and BRS Estilo cultivars. In principal component analysis, the variables cooking time (TMC), thickness of the integument (ET), percentage of whole grains after cooking (PGIAC), percentage of soaking before cooking (PEAPC) and volumetric expansion (TEV) they are those that most influence the technological quality of the beans of the cultivars evaluated. How greater is the thickness of the integument, mainly represented by the lacunose parenchyma, greater is the PEANC in all cultivars. With higher the moisture and grain size, the smaller the TMC.

Keywords: *Phaseolus vulgaris L.* Cooking. Integument color. Scanning electron microscopy.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais fontes de proteína, energia e nutrientes na alimentação das pessoas em várias partes do mundo provém das leguminosas como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), constituindo um dos mais importantes grãos para a alimentação humana, especialmente em vários países da América Latina e da África Austral e Oriental (BROUGHTON et al., 2003; REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993).

No Brasil, a produção de feijão é obtida em três safras, em que predominam grãos da espécie *Phaseolus vulgaris* L., que inclui grãos do tipo comercial carioca, que representam 63% da produção em todo o território nacional e tem maior preferência (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

Segundo Wander (2014), o consumo *per capita* de feijão vem aumentando levemente; em 2013 esteve em torno de 16,03 kg/habitante/ano. Sendo o Brasil um dos maiores produtores de feijão e com alto consumo *per capita*, o armazenamento dos grãos torna-se necessário, de modo a manter o abastecimento durante o ano todo e, com isso, evitar escassez entre uma safra e outra, e oscilação de preços no mercado (BRACKMANN et al., 2002).

Portanto, o armazenamento prolongado em regiões tropicais, como o Brasil, com temperatura e umidade relativa normalmente elevadas, propicia a perda de qualidade tecnológica dos grãos de feijão, de forma irreversível e cumulativa. Essas perdas de qualidade tecnológica incluem o desenvolvimento do defeito *hard-to-cook*, o qual aumenta o tempo necessário para o cozimento do feijão, o que, além de acarretar maior consumo de energia, pode gerar perdas de nutrientes, como também mudanças no sabor e escurecimento do tegumento em algumas cultivares (KIGEL, 1999; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003; SARTORI,

1996).

Grãos de feijão que apresentam boa qualidade tecnológica, como rápida absorção de água, grãos inteiros e alta expansão após a cocção, bem como estabilidade sob condições de armazenamento, atendem melhor às exigências do mercado (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ; GONZALEZ, 1993).

A maior aceitabilidade de feijão pelos consumidores depende não só do seu valor nutricional, mas também do tempo de cozimento, pois os consumidores têm cada vez mais restrição de tempo para o preparo de suas refeições; além disso, tempo de cozimento menor do que 30 minutos significa economia de energia (OLIVEIRA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2005).

Portanto, a procura e a exigência por grãos de melhor qualidade, agronômica e tecnológica tem sido constantes, fazendo com que diversas instituições de pesquisa, como Embrapa Arroz e Feijão, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), busquem o desenvolvimento de cultivares que respondam às exigências do mercado.

Sendo assim, este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar o efeito do armazenamento à temperatura ambiente na qualidade tecnológica de grãos de cinco cultivares de feijão do tipo comercial carioca, produzidos na safra da seca e correlacionar as características tecnológicas desses grãos durante 210 dias, desde a colheita.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos grãos

Os grãos foram produzidos no campo Experimental de Lambari, MG, que pertence à EPAMIG, tendo a semeadura sido feita no dia 26 de fevereiro de 2014 (safra da seca). A adubação do solo consistiu em 450 kg ha⁻¹ do adubo formulado do tipo NPK 8-28-16 (adubação de base) e 90 kg de ureia em cobertura no estágio de desenvolvimento V3. O cultivo foi realizado sem irrigação suplementar. O controle das plantas daninhas e o fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura. A colheita foi realizada em 9 de junho de 2014.

Fez-se a caracterização das amostras a partir das análises de composição centesimal (Tabela 1), seguindo a metodologia da Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (2005) e do teor de minerais (Tabela 2), de acordo com as técnicas descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), aos 60 dias após a colheita (dac).

Tabela 1 Valores médios* de umidade, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta, proteína bruta e de carboidratos totais das cultivares de feijão-carioca cru (base seca)

Componente g 100g ⁻¹	Cultivar de feijão carioca cru				
	Co	Es	Mj	Mp	No
Umidade	14,84 ± 0,12	15,32 ± 0,38	15,18 ± 0,36	15,18 ± 0,81	15,14 ± 0,18
Extrato etéreo	1,22 ± 0,05	1,21 ± 0,76	1,06 ± 0,54	1,44 ± 0,93	1,64 ± 0,43
Cinzas	4,20 ± 0,04	4,08 ± 0,06	4,09 ± 0,01	4,04 ± 0,03	4,15 ± 0,02
Proteína	44,72 ± 1,33	41,21 ± 1,00	39,31 ± 2,54	41,46 ± 2,78	41,28 ± 0,65
Fibra bruta	5,09 ± 0,03	5,7 ± 0,59	6,21 ± 0,69	6,64 ± 0,84	6,43 ± 0,80
Carboidratos totais	44,77 ± 2,03	47,79 ± 1,99	49,33 ± 2,71	46,42 ± 1,65	46,5 ± 1,55

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações±desvio padrão

Tabela 2 Teores médios* de minerais nos grãos das cultivares de feijão-carioca cru

Mineral	Unidade	Cultivar				
		Co	Es	Mj	Mp	No
Fósforo		5,70 ± 0,00	5,30 ± 0,00	5,30 ± 0,01	5,40 ± 0,01	5,50 ± 0,01
Potássio		12,70 ± 0,01	11,2 ± 0,01	10,8 ± 0,01	12,6 ± 0,01	10,4 ± 0,01
Cálcio	mg g ⁻¹	1,20 ± 0,00	1,10 ± 0,00	0,90 ± 0,01	1,50 ± 0,00	1,40 ± 0,01
Magnésio		1,80 ± 0,00	1,80 ± 0,00	1,90 ± 0,01	1,70 ± 0,01	1,90 ± 0,01
Enxofre		2,50 ± 0,00	2,40 ± 0,00	2,30 ± 0,01	2,40 ± 0,00	2,20 ± 0,01
Cobre		1,24 ± 0,05	1,12 ± 0,05	1,17 ± 0,05	1,16 ± 0,05	1,05 ± 0,00
Manganês	mg 100g ⁻¹	2,48 ± 0,00	2,34 ± 0,05	2,47 ± 0,05	2,64 ± 0,00	2,23 ± 0,05
Zinco		4,65 ± 0,50	4,11 ± 0,05	3,84 ± 0,05	4,36 ± 0,05	3,75 ± 0,50
Ferro		16,32 ± 0,15	14,16 ± 0,05	14,12 ± 0,05	17,15 ± 0,05	13,85 ± 0,05

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de duas repetições±desvio padrão

2.2 Armazenamento

Os grãos de cada cultivar foram colocados em sacos de papel tipo kraft (600 g por repetição) sobre estrados e armazenados em temperatura e umidade ambiente (Gráfico 1), registradas a cada 15 dias, utilizando-se um termo-higrômetro digital (modelo 7429.02.0.00, marca Incoterm, Brasil), em uma sala com as dimensões de 5x2 m, onde havia entrada de luz natural.

A temperatura média ao longo do armazenamento foi de 25,3 °C e a umidade relativa média foi de 69,6%. No Gráfico 1 ilustram-se os dados médios a cada 30 dias.

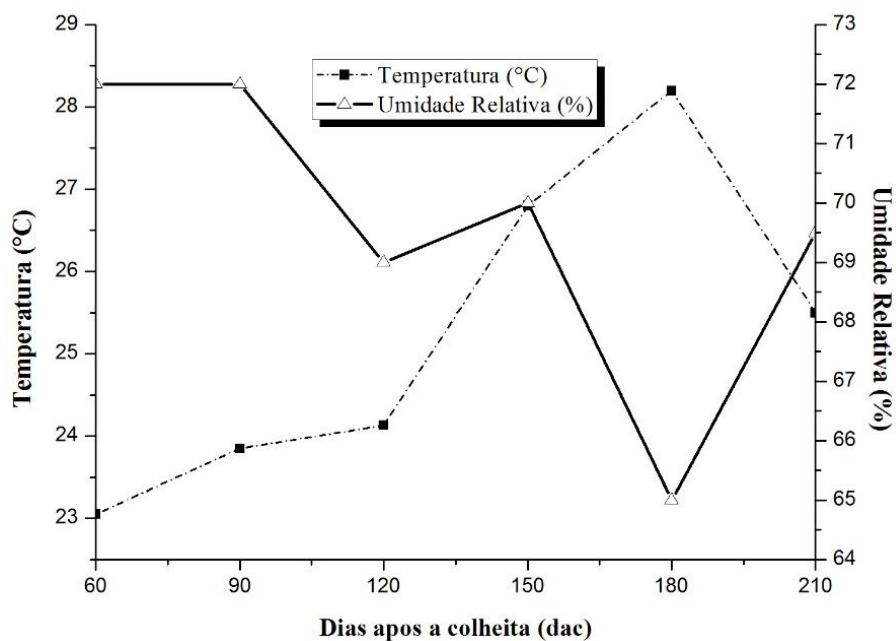


Gráfico 1 Valores de temperatura e umidade do local de armazenamento das amostras de feijão-carioca, no período compreendido entre setembro de 2014 a fevereiro de 2015

2.3 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com grãos de feijão de cinco cultivares (BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável), em seis tempos de armazenamento (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a colheita, dac), em temperatura ambiente, no esquema fatorial 5x6, com três repetições.

2.4 Umidade

O teor de umidade das amostras das cinco cultivares de feijão-carioca foi determinado seguindo a metodologia da AOAC (2005), por secagem em estufa, a 105 °C, até peso constante.

2.5 Curva de absorção de água

A curva de absorção foi obtida seguindo a metodologia descrita por Oliveira (2010). Fez-se uma amostragem de 30 g de grãos uniformes e inteiros por tratamento. Os grãos foram colocados em embebição em béqueres de 250 mL, com 120 mL de água destilada, por 16 horas, à temperatura ambiente. Em intervalos de uma hora, a água foi drenada em um recipiente, com auxílio de uma peneira metálica com 0,70 mm de abertura, retirando-se o excesso de água dos grãos com papel-toalha e, em seguida, pesando-se em balança analítica. Posteriormente, os grãos foram colocados de volta na água drenada, sendo o procedimento repetido até que se completassem as 16 horas de embebição.

2.6 Atividade de água

A atividade de água (a_w) dos grãos foi determinada em triplicata, a 25 °C, utilizando-se o aparelho AquaLab modelo 3TE série 3B v.3.0, segundo a metodologia descrita pelo fabricante.

2.7 Tamanho do grão

Para a determinação do tamanho dos grãos, seguiu-se a metodologia proposta por Carbonell et al. (2010), em que se avalia a produção relativa de

grãos em peneiras (PRPG). Uma quantidade de amostra de massa conhecida foi colocada em peneiras já organizadas de forma decrescente de tamanho do furo oblongo (da peneira de maior tamanho para a menor - 14, 13 e 12). Os pesos estipulados variam de 1 a 10, em que, para a peneira 10, foi estipulado o peso 1; para a peneira 11, peso 4; para a peneira 12, peso 6; para a peneira 13, peso 10; para a peneira 14, peso 10 e, para a peneira 15, peso 6. O peso dos grãos retidos na peneira foi analisado em uma escala de peso/nota, estabelecida em função da exigência de indústrias empacotadoras e do mercado consumidor. Segundo os autores, os maiores pesos/notas foram atribuídos para as peneiras 13 e 14 porque a demanda atual de mercado para o tamanho médio dos grãos de feijão está em torno dessas peneiras. Valores de PRPG acima de 7,0 têm boa aceitação de mercado. Para o cálculo da PRGP, foi utilizada a equação 1.

$$PRGP = \frac{(P12 \times \text{Peso}6) + (P13 \times \text{Peso}10) + (P14 \times \text{Peso}10)}{P12 + P13 + P14} \quad \text{equação 1}$$

em que PRGP: produção relativa de grãos em peneiras; P12: peso (g) retido na peneira de furo oblongo de número 12; P13: peso (g) retido na peneira de furo oblongo de número 13 e P14: peso (g) retido na peneira de furo oblongo de número 14.

2.8 Cor do tegumento

A cor do tegumento dos grãos de feijão cru foi avaliada ao longo do tempo de armazenamento por meio do colorímetro de bancada Minolta, modelo Chroma Meter CR-400, com a determinação no modo CIE L*a*b*. A coordenada L* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A

coordenada a^* varia do verde e ao vermelho (a^* negativo = verde e a^* positivo = vermelho) e a coordenada b^* , com intensidade de azul ao amarelo (b^* negativo = azul e b^* positivo = amarelo) (BRACKMANN et al., 2002). As amostras foram colocadas em uma placa de Petri de vidro, com 4,5 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura. Estes valores foram obtidos considerando-se o valor médio de três leituras.

2.9 Espessura do tegumento

Para a observação da ultraestrutura do tegumento dos grãos de feijão em microscópio eletrônico de varredura (MEV), as amostras passaram previamente por um tratamento que consistiu na imersão em solução fixadora (Karnovisk), por 24 horas. Após este período, colocou-se glicerol 30%, por 30 minutos e fez-se o corte transversal das amostras com bisturi, em nitrogênio líquido. Os cortes foram lavados em tampão cacodilato, por três vezes. A pós-fixação foi feita em tetróxido de ósmio 1% (três gotas/amostra) em tampão cacodilato 0,05 M pH 7,2, por uma hora. Depois desse período, foram realizadas lavagens com água destilada por três vezes e desidratação em gradiente de acetona de 25%, 50%, 75%, 90% e 100%, durante 10 minutos, tendo, na última concentração, sido três vezes de 10 minutos. As amostras foram levadas para o aparelho de ponto crítico, em que todo o resíduo de acetona foi eliminado para posterior montagem em *stubs* para banho de ouro (metalizador SCD 050 – Balzers Union, Alemanha). Ao final deste procedimento, as amostras foram examinadas em MEV LEO Evo 40 XVP (Electron Microscopy Ltda, Inglaterra), para a obtenção das eletromicrografias de varredura (ALVES; PERINA, 2012). As imagens foram geradas em aumentos variáveis a 20,00 Kv e distância de trabalho entre 9,0 a 10,0 mm, gravadas e abertas no Software Photopaint do pacote Corel Draw 12.

2.10 Teste de cocção

O teste de cocção compreende cinco análises, a saber: percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC), tempo médio de cocção (TMC), percentagem de embebição após cozimento (PEAPC), percentagem de grãos inteiros após o cozimento (PGIAC) e taxa de expansão volumétrica (TEV) após o cozimento.

- a) **Percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC):** foram amostrados 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se, desse modo, a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico; os grãos foram colocados em embebição com 100 mL de água destilada, em béquer de 250 mL, por 16 horas, à temperatura ambiente. Após o período de embebição, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel-toalha. Em seguida, foram pesados, obtendo-se a massa dos grãos úmidos (MU). A percentagem de embebição foi determinada pela equação 2 (GARCIA-VELA; STANLEY, 1989; PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989).

$$PEANC = \left[\frac{MU-MS}{MS} \right] \times 100 \quad \text{equação 2}$$

- b) **Tempo médio de cocção (TMC):** a análise foi realizada seguindo o método proposto por Proctor e Watts (1987) e Sartori (1982). Foram amostrados aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros. Estes grãos foram colocados em embebição em 100 mL de água destilada, por 16 horas, à temperatura ambiente; 25 grãos

foram escolhidos aleatoriamente e colocados no cozedor de Mattson (cada grão é colocado individualmente em uma cavidade do aparelho e sob uma vareta de metal de 90 g e 1,48 mm de diâmetro de ponta). Foram aquecidos 1.000 mL de água destilada até a fervura, num recipiente de alumínio com capacidade para 3.000 mL. Em seguida, foi colocado o cozedor, já preparado com os grãos, no recipiente de alumínio, cronometrando-se o tempo de cozimento das amostras, em minutos, pela queda da 13ª vareta, perfurando, desse modo, os grãos.

- c) **Percentagem de embebição após cozimento (PEAPC):** utilizaram-se 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se a massa seca (MS). Os grãos foram colocados em embebição em 100 mL de água destilada, em béquer de 250 mL, por 16 horas, à temperatura ambiente. Os grãos foram aquecidos por uma hora, utilizando-se chapa aquecedora elétrica e iniciando-se a contagem do tempo após o início da fervura, repondo quando necessário, a água evaporada. Os grãos foram drenados e pesados, obtendo-se a massa úmida após cozimento (MUc). A percentagem de embebição foi determinada pela equação 3 (GARCIA-VELA; STANLEY, 1989; PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989).

$$PEAPC = \left[\frac{MUc - MS}{MS} \right] \times 100 \quad \text{equação 3}$$

- d) **Percentagem de grãos inteiros após o cozimento (PGIAC):** foi realizada com as mesmas amostras de grãos utilizadas para a determinação da percentagem de embebição após cozimento. Os grãos, após o cozimento, foram pesados na sua totalidade (GT) e

separados, visualmente, em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). Em seguida, foi determinada a percentagem de grãos inteiros pela equação 4 (GARCIA-VELA; STANLEY, 1989; PLHAK; CALDWELL; STANLEY, 1989).

$$PGIAC (\%) = \left[\frac{(GT-GP)}{GT} \right] X 100 \quad \text{equação 4}$$

- e) **Taxa de expansão volumétrica (TEV) após o cozimento:** foi utilizado o método proposto por Martín-Cabrejas et al. (1997). Foram consideradas as mesmas amostras de grãos utilizados para a determinação da percentagem de embebição após cozimento. Após o cozimento, os grãos foram retirados do recipiente, lavados com água destilada e levemente secos com papel-toalha. As amostras foram colocadas em uma proveta com capacidade para 500 mL, contendo 250 mL de água destilada. Em seguida, fez-se a leitura, em mL, do volume deslocado da água (VD) e a taxa de expansão volumétrica foi determinada pela equação 5.

$$TEV (g/mL) = \frac{MS}{VD} \quad \text{equação 5}$$

2.11 Análise estatística

Após a obtenção dos dados, fez-se a análise de variância. Fez-se o agrupamento de médias de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade, quando se registou o efeito significativo entre as cultivares, agrupando-as em semelhantes e diferentes (FERREIRA, 2000). E, quando o efeito significativo

foi no tempo de armazenamento, fez-se a descrição da característica em estudo por meio de análise de regressão (PIMENTEL-GOMES, 2009). Para as análises, utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.4 (FERREIRA, 2000). Fez-se, ainda, a análise multivariada por meio da análise de componentes principais (PCA), utilizando-se o software livre *Chemoface* versão 1.5 (NUNES et al., 2012), em que o conjunto de dados foi organizado em uma matriz com as amostras dispostas na linha e as variáveis na coluna. Fez-se o autoescalamento dos dados e, em seguida, a análise PCA. Foi feita também análise de correlação de Pearson, por meio do programa IBM SPSS Statistics 20 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES - IBM, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade

No início do armazenamento (60 dias após a colheita, dac), os grãos das cultivares não apresentaram diferenças ($p>0,05$) quanto ao teor de umidade (Tabela 3), com média de 15,13%. O mesmo ocorreu aos 120, 150 e 210 dac, cujos valores médios foram de 12,84%, 13,78% e 13,59%, respectivamente. Aos 90 dac, os grãos de feijão da cultivar BRSMG Majestoso apresentaram teor de umidade maior do que os grãos das demais cultivares. Os grãos de feijão das cultivares BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável não diferiram e apresentaram maiores teores de umidade em relação às cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Estilo.

Tabela 3 Valores médios* da percentagem de umidade de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Umidade (%)						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	14,84 a	15,16 b	12,77 a	13,62 a	13,06 b	13,69 a	13,86
Es	15,32 a	15,19 b	12,57 a	13,74 a	13,14 b	13,43 a	13,90
Mj	15,18 a	16,21 a	12,96 a	13,89 a	13,66 a	13,75 a	14,28
Mp	15,18 a	14,63 b	12,93 a	13,73 a	13,82 a	13,88 a	14,03
No	15,14 a	14,93 b	12,96 a	13,93 a	14,13 a	13,17 a	14,04
Média	15,13	15,22	12,84	13,78	13,56	13,59	
CV (%)	2,30						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Durante o período de armazenamento, a menor umidade média dos grãos foi verificada aos 120 dac, fato que pode ser explicado pelo decréscimo da umidade relativa do ambiente de armazenamento (Gráfico 1). A maior umidade média dos grãos foi registada aos 90 dac (15,22%).

Pode-se observar, no Gráfico 2, que, no decorrer do armazenamento, os valores de umidade foram sempre menores em relação aos 60 e 90 dac. Os grãos da cultivar BRSMG Majestoso apresentaram a maior média de umidade ao longo do armazenamento (14,28 %) (Tabela 1).

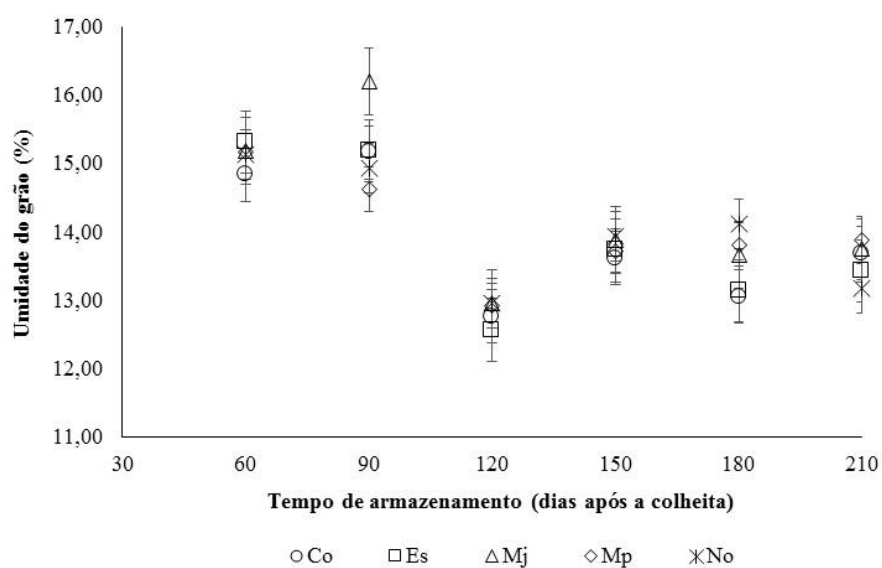


Gráfico 2 Umidade (%) dos grãos de cinco cultivares de feijão-carioca armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Os grãos do presente experimento foram armazenados em ambiente com temperatura média de 25,3 °C e umidade relativa média de 69,6%. Rios, Abreu e Corrêa (2003) armazenaram amostras de três cultivares de feijão em ambiente a

20 °C de temperatura e 71,9% de umidade relativa do ar, condições que, segundo o autor e colaboradores, contribuíram para a manutenção da qualidade dos grãos.

Na análise do efeito do tempo de armazenamento no teor de umidade de cada cultivar, foi verificado que os dados não se adequaram aos modelos matemáticos testados. Sendo o armazenamento realizado em condições de temperatura e umidade relativa não controladas, foi observada uma oscilação da umidade dos grãos em função das mudanças da temperatura e, principalmente, da umidade relativa do ambiente de armazenamento, a qual reduziu ao longo dos meses (Gráfico 1). Essa redução da umidade dos grãos pode ser explicada pela higroscopicidade dos grãos de feijão, que têm a propriedade de absorver ou ceder água para o meio que os envolve, na medida em que o teor de umidade dos grãos é diretamente influenciado pela temperatura e umidade do ambiente (SILVA et al., 2014).

Os resultados obtidos para a variável umidade dos grãos demonstram que as diferentes cultivares respondem de maneira diferente às condições de armazenamento a que são submetidas. Os teores de umidade das cultivares em estudo (ao final dos 210 dac) não estão discrepantes com o teor de umidade recomendado pela legislação brasileira de conservação de feijão, cujo teor máximo recomendado para a armazenagem é de 13%, segundo a Instrução Normativa nº 29, de 8 de junho de 2011 (BRASIL, 2011). Porém, há que se ressaltar que o armazenamento de feijão em temperatura e umidade não controladas resulta em constantes variações da umidade dos grãos inerentes às condições do ambiente.

3.2 Curva de absorção

Aos 60 dac, nota-se, pelos Gráficos 3 a 5, que a absorção de água pelos grãos (expressa em g) aumenta à medida que o tempo de embebição aumenta,

em todas as cultivares. Os grãos da cultivar BRS Estilo foram os que apresentaram o maior teor de absorção e os da cultivar BRSMG Madrepérola, a menor absorção. As cultivares BRS Estilo e BRS 9435 Cometa atingiram o dobro da sua massa em menos tempo, em relação às demais. O mesmo comportamento foi verificado em todos os períodos de armazenamento. Assim, fica evidente que os padrões de absorção de água pelos grãos são dependentes das características de cada cultivar.

Oliveira (2010), ao avaliar as curvas de absorção das cultivares BRS Radiante, Ouro Vermelho, BRS MG Talismã, BRS Supremo e Bolinha, também verificou aumento da absorção de água pelos grãos, à medida que aumentava o tempo de embebição. O padrão de absorção foi o mesmo, após 12 meses de armazenamento, em relação aos grãos recém-colhidos.

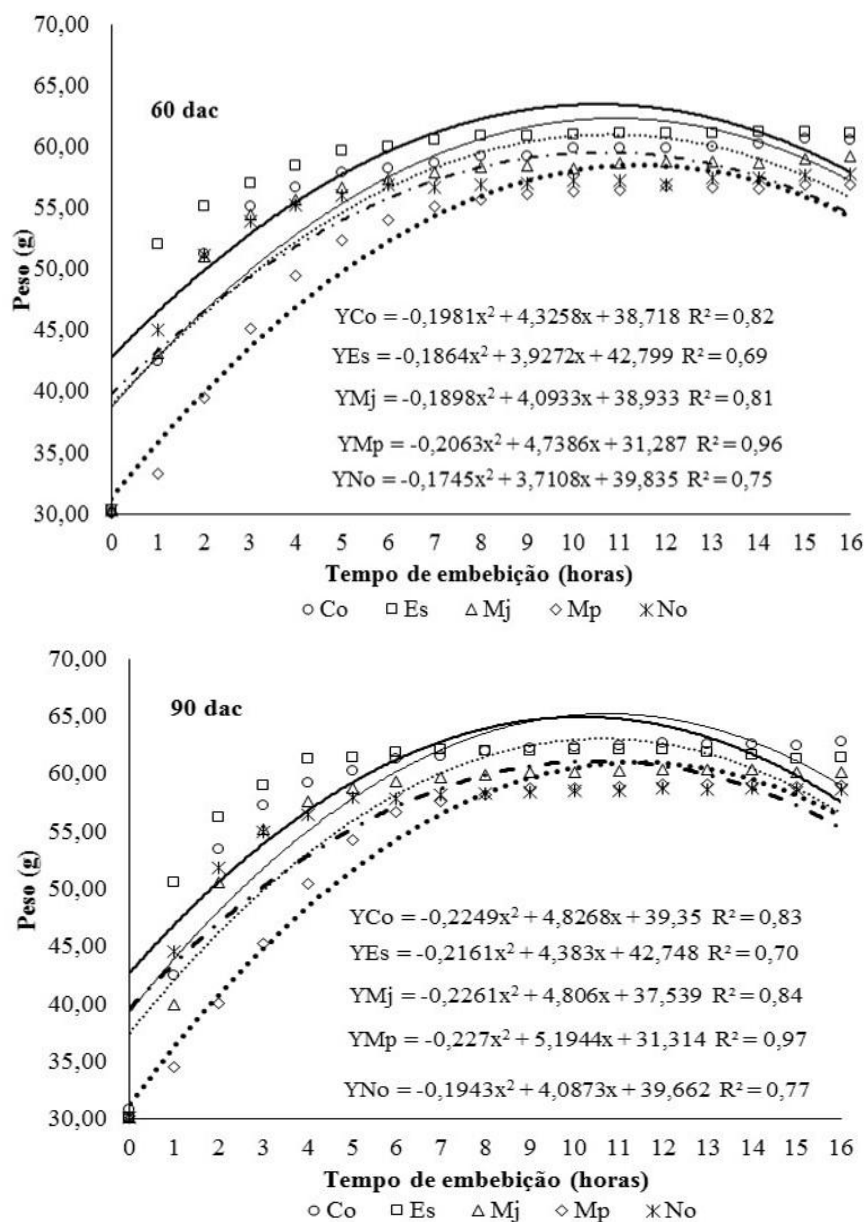


Gráfico 3 Representação das curvas de absorção, equações de regressão e coeficientes de determinação das cinco cultivares, em função do tempo de embebição aos 60 e 90 dac (dias após a colheita)

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

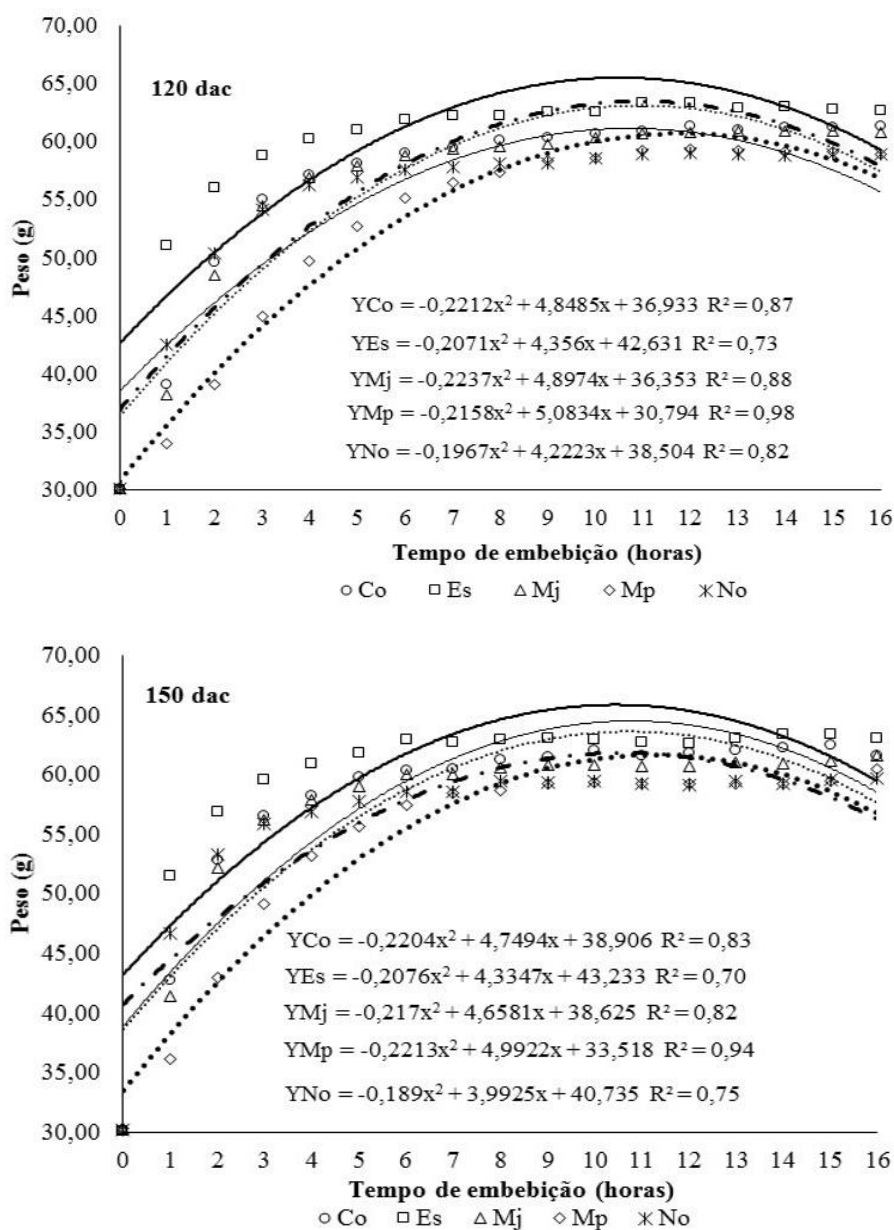


Gráfico 4 Representação das curvas de absorção, equações de regressão e coeficientes de determinação das cinco cultivares em função do tempo de embebição aos 120 e 150 dac (dias após a colheita)

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

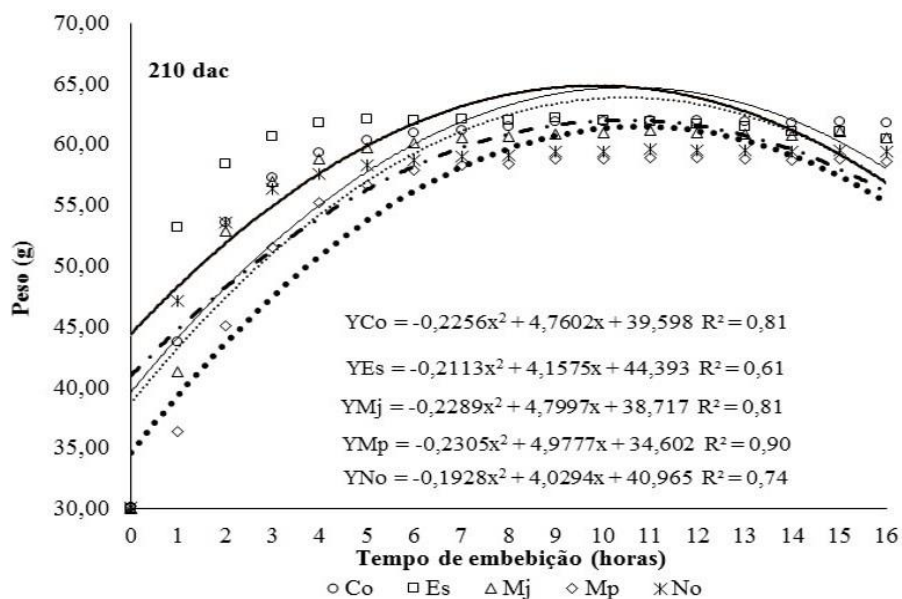
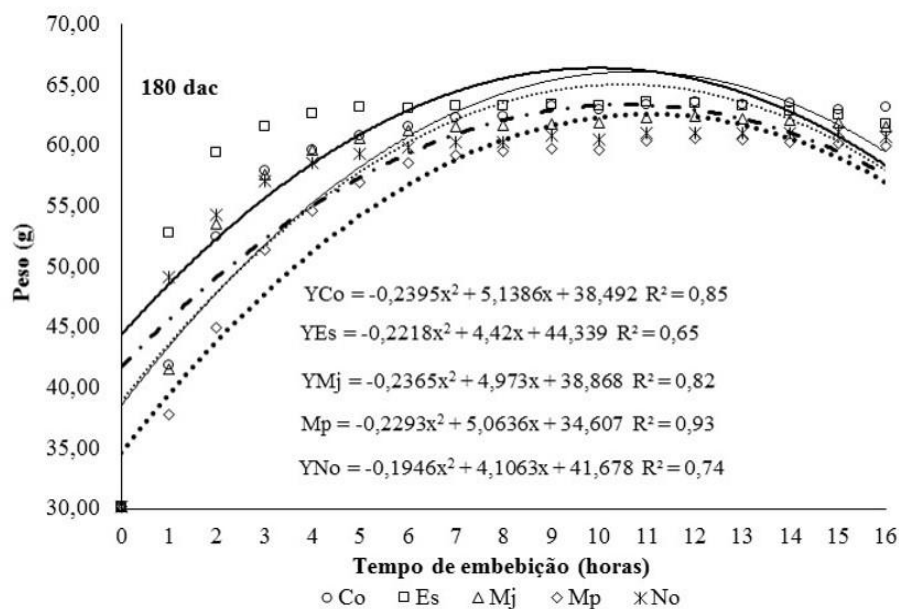


Gráfico 5 Representação das curvas de absorção, equações de regressão e coeficientes de determinação das cinco cultivares, em função do tempo de embebição aos 180 e 210 dac (dias após a colheita)

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

3.3 Atividade de água

Dos resultados da atividade de água (Tabela 4) pode-se observar que, aos 60 e 90 dac, os grãos das cultivares diferiram significativamente ($p \leq 0,05$), com a maior atividade de água para os grãos da cultivar BRS Estilo, diferindo das restantes aos 60 dac. Aos 90 dac, os grãos das cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Notável diferiram entre si e dos demais grãos das cultivares, apresentando menores valores de atividade de água. A partir dos 120 a 210 dac, os grãos das cultivares não apresentaram diferenças ($p > 0,05$).

Tabela 4 Valores médios da atividade de água de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Atividade de água						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	0,700 b	0,690 a	0,660 a	0,680 a	0,660 a	0,660 a	0,675 b
Es	0,740 a	0,700 a	0,670 a	0,680 a	0,650 a	0,660 a	0,683 a
Mj	0,710 b	0,710 a	0,680 a	0,680 a	0,650 a	0,650 a	0,680 a
Mp	0,700 b	0,670 b	0,670 a	0,680 a	0,650 a	0,650 a	0,670 b
No	0,710 b	0,640 c	0,670 a	0,680 a	0,660 a	0,650 a	0,668 b
Média	0,712	0,682	0,67	0,68	0,654	0,654	
CV (%)	1,77						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Considerando-se as médias gerais de cada cultivar (Tabela 4), pode-se notar que houve formação de dois grupos distintos, destacando-se os grãos das cultivares BRS Estilo e BRSMG Majestoso com os maiores valores de atividade de água, em relação aos grãos das cultivares BRS 9435 Cometa e BRSMG Madrepérola e BRS Notável, com os menores valores.

Estes valores de atividade de água estão na faixa em que se dão reações de escurecimento enzimático na maior parte de alimentos, que têm sua velocidade aumentada com valores de atividade de água entre 0,25 a 0,80 (MELO FILHO; VASCONCELOS, 2011).

Quando grãos de feijão armazenados atingem atividades de água entre 0,650 a 0,675, são evidentes os efeitos de endurecimento, devido, provavelmente, à ativação da fitase (ROCKLAND; JONES, 1974) e outras enzimas (PAREDES-LÓPEZ et al., 1991). No presente trabalho, foi observada média de atividade de água de 0,654, ao final do armazenamento.

Analisando-se o efeito da interação cultivar e tempo de armazenamento, pode-se observar no gráfico o efeito significativo da redução da atividade de água ao longo do armazenamento (Gráfico 6), para os grãos das cultivares BRS Estilo e BRSMG Majestoso.

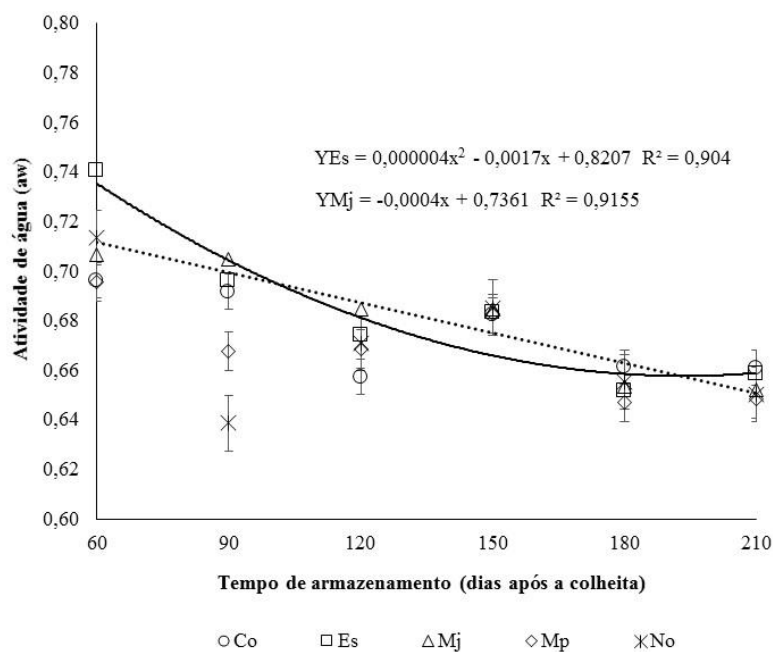


Gráfico 6 Atividade de água (aw) de cinco cultivares de feijão-comum armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Di Lanaro et al. (2011), ao estudarem as propriedades físicas de grãos secos de feijão-fradinho (*Vigna unguiculata*), em diferentes teores de água, verificaram variação da atividade de água de 0,61 a 0,94, correspondente a uma variação de umidade do grão de 11,9 a 28,9, respectivamente. Ou seja, quando houve aumento do teor de água no grão, sua atividade de água aumentou.

3.4 Tamanho do grão

Obtiveram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os grãos das cultivares. Em todos os tempos de armazenamento, as cultivares BRS 9435

Cometa e a BRS Notável apresentaram os maiores valores de produção relativa dos grãos em peneira (PRGP) (Gráfico 7).

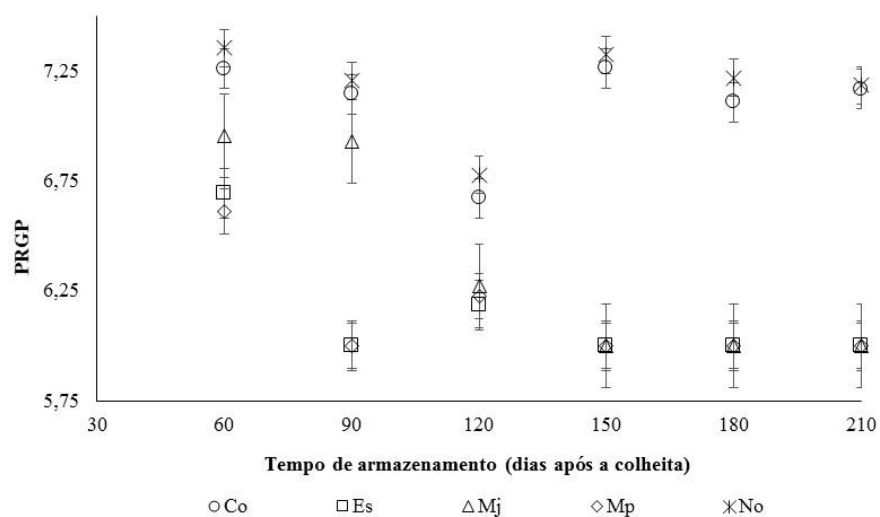


Gráfico 7 Percentagem relativa de grãos em peneira (PRGP) de cinco cultivares de feijão-carioca armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Na média geral de cada cultivar (Tabela 5), os valores de PRGP também foram os maiores para os grãos das cultivares BRS Notável e BRS 9435 Cometa, as quais não diferiram entre si ($p > 0,05$). Os grãos da cultivar BRSMG Majestoso tiveram valor intermediário. Os grãos das cultivares BRS Estilo e BRSMG Madrepérola não diferiram entre si ($p > 0,05$) e apresentaram os menores valores médios de PRGP.

Tabela 5 Valores médios* da produção relativa de grãos em peneira (PRGP) de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Produção relativa de grãos em peneira (PRGP)							
Cultivar	Dias após a colheita (dac)						Média
	60	90	120	150	180	210	
Co	7,26 a	7,14 a	6,67 a	7,26 a	7,11 b	7,17 a	7,10 a
Es	6,69 c	6,00 c	6,19 b	6,00 b	6,00 c	6,00 b	6,15 c
Mj	6,96 b	6,93 b	6,27 b	6,00 b	6,00 c	6,00 b	6,36 b
Mp	6,61 c	6,00 c	6,23 b	6,00 b	6,00 c	6,00 b	6,14 c
No	7,36 a	7,20 a	6,78 a	7,32 a	7,22 a	7,19 a	7,18 a
CV (%)	0,98						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Ao avaliar os critérios para seleção e classificação de grãos de feijão que respondessem às exigências do mercado, Carbonell et al. (2010) observaram que poderão ter boa aceitação as cultivares com valores de PRGP acima de 7,00. Os mesmos autores observaram, ainda, que esses grãos com PRPG acima de 7,00 são classificados em peneiras de tamanho 13 e 14, que são priorizadas pelas empresas empacotadoras, mas devem ser levados em conta outros critérios de qualidade. No presente trabalho, os grãos de feijão das cultivares BRS Notável e BRS 9435 Cometa apresentaram-se dentro deste padrão, ao longo do período de armazenamento.

3.5 Cor do tegumento

Todas as cultivares avaliadas apresentaram alterações da sua coloração ao longo do armazenamento, tendo a cultivar BRSMG Madrepérola apresentado menor escurecimento do tegumento ao final do armazenamento (Figura 1). Isso era esperado, visto que esta cultivar tem como principal característica o

escurecimento tardio do seu tegumento, mantendo sua coloração por cerca de seis meses, em relação a outras cultivares do grupo Carioca (CARNEIRO et al., 2012; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2014).

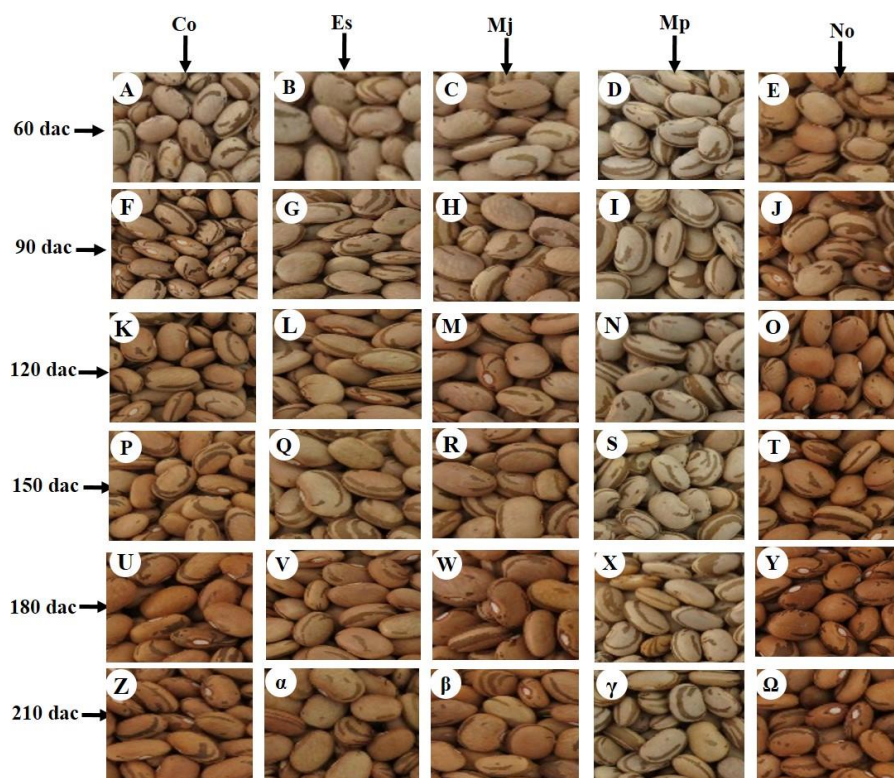


Figura 1 Fotografias do tegumento dos grãos de feijão de cinco cultivares

dac = dias após a colheita; A a E = grãos das cultivares com 60 dac; F a J = grãos das cultivares com 90 dac; K a O = grãos das cultivares com 120 dac; P a T = grãos das cultivares com 150 dac; U a Y = grãos das cultivares com 180 dac; Z a Ω = grãos das cultivares com 210 dac. A, F, K, P, U e Z (Co) = cultivar BRS 9435 Cometa em diferentes tempos de armazenamento; B, G, L, Q, V e α (Es) = cultivar BRS Estilo em diferentes tempos de armazenamento; C, H, M, R, W e β (Mj) = cultivar BRSMG Majestoso em diferentes tempos de armazenamento; D, I, N, S, X e γ (Mp) = cultivar BRSMG Madrepérola em diferentes tempos de armazenamento; E, J, O, T, Y e Ω (No) = cultivar BRS Notável em diferentes tempos de armazenamento

Ao longo do período de análise, as cultivares diferiram significativamente ($p \leq 0,05$). Aos 60, 90 e 150 dac, as cultivares demonstraram o mesmo comportamento em relação às médias da variável claridade, apresentando-se em três grupos distintos, em que os grãos da cultivar BRSMG Madrepérola destacaram-se dos restantes, com maior valor de claridade, seguidos das cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo e BRSMG Majestoso, que não diferiram entre si ($p > 0,05$), com valores intermediários; com menor valor, ficou a cultivar BRS Notável (Tabela 6).

Tabela 6 Valores médios* da claridade (L^*) do tegumento de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cor L^* do tegumento							
Cultivar	Dias após a colheita (dac)						Média
	60	90	120	150	180	210	
Co	55,23 b	52,54 b	49,55 d	49,60 b	47,25 c	44,74 c	49,82 d
Es	55,50 b	53,56 b	53,23 b	51,36 b	50,46 b	48,12 b	52,04 b
Mj	55,63 b	52,29 b	51,52 c	51,00 b	48,86 b	45,54 c	50,81 c
Mp	60,71 a	59,71 a	57,98 a	58,72 a	57,59 a	55,47 a	58,36 a
No	51,69 c	49,02 c	47,75 e	46,76 c	45,1 d	44,11 c	47,41 e
CV (%)	1,99						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Aos 60 dac, os grãos de todas as cultivares, com exceção dos grãos da cultivar BRS Notável, apresentaram valores de claridade superiores a 55. Grãos de feijão-carioca com claridade próximo a 55 têm maior valor de mercado (RIBEIRO; POERSCH, 2008). Com o armazenamento, os grãos de feijão escurecem gradualmente. Desse modo, pode-se dizer que os grãos da cultivar

BRSMG Madrepérola teriam maior aceitação no mercado, mesmo aos 210 dac, pois apresentaram valor de claridade de 55,47 (Tabela 6).

Os valores de L^* para os grãos da cultivar BRS Estilo obtidos neste trabalho foram semelhantes aos obtidos por Marquezi (2013) para a mesma cultivar, que foram de 43,23 e 57,44, quando produzidos em Ponta Grossa, PR e Santo Antônio de Goiás, GO, respectivamente.

Com a cultivar BRS 9435 Cometa obtiveram-se resultados similares aos obtidos por Lopes (2011), ao avaliar diferentes genótipos, em diferentes épocas de cultivo, por 180 dias de armazenamento. Para o genótipo BRS 9435 Cometa na época seca/2010, obtiveram-se dados de claridade de 52,4, imediatamente após a colheita e de 50,2, aos 60 dias de armazenamento; de 50,8, aos 120 dias de armazenamento e de 47,7, aos 180 dias de armazenamento. Na época das águas, a variação foi de 49,9 a 44,0 e, na época de inverno, de 51,7 a 46,4, sendo que na análise das três épocas avaliadas, variou de 51,3 a 46,0.

Quando feita a análise do decréscimo da claridade dos 60 dac aos 210 dac, observou-se que os grãos da cultivar BRS 9435 Cometa tiveram um decréscimo de 18,99%; da BRSMG Majestoso, 18,14%; da BRS Notável, 14,66%; da BRS Estilo, 13,30% e os grãos da cultivar BRSMG Madrepérola, o menor decréscimo, de 8,63%. Isto demonstra que, apesar de todas as cultivares serem do grupo comercial carioca, e baseando-se no parâmetro L^* , que representa a claridade do grão, cada cultivar responde de maneira diferente ao fenômeno de escurecimento do tegumento (Gráfico 8). As diferentes cultivares de feijão apresentam menor ou maior susceptibilidade ao escurecimento (SIQUEIRA, 2013). No presente trabalho, os grãos das cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRS Notável foram as que apresentaram maior susceptibilidade ao escurecimento do tegumento, durante o período de armazenamento.

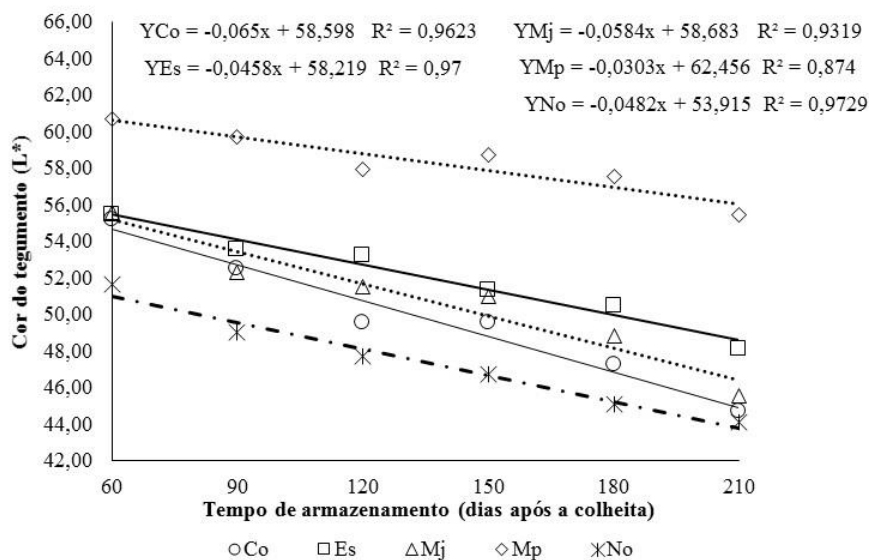


Gráfico 8 Claridade (L^*) do tegumento de cinco cultivares de feijão-carioca armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Rios, Abreu e Corrêa (2002), ao estudarem a relação entre compostos fenólicos, enzimas peroxidase e polifenoloxidase e o escurecimento do tegumento em diferentes cultivares de feijão, verificaram que o teor de compostos fenólicos aumentou durante o período do armazenamento (oito meses), bem como o escurecimento do tegumento dos grãos, em todas as cultivares analisadas. Os mesmos autores concluíram ainda que, com o aumento do teor dos compostos fenólicos durante o armazenamento, a coloração do tegumento dos grãos torna-se mais escura, como resultado do aumento da atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase.

Silva (2007) considera que o escurecimento dos grãos é resultado da presença de polifenóis (principalmente taninos), bem como a oxidação enzimática de compostos fenólicos pela enzima peroxidase.

No Gráfico 9 está representado o efeito do armazenamento sobre o parâmetro a^* (croma) e, na Tabela 7, a comparação dos valores médios do parâmetro a^* (que vai do verde e ao vermelho). Pode-se observar, a partir das médias gerais de cada mês de armazenamento (Tabela 7), que houve aumento no valor a^* , o que corresponde a acréscimo, em relação ao valor inicial, de 45,80%. Apesar de registrar-se acréscimo em relação ao valor inicial, a cromaticidade do tegumento dos grãos encontra-se na região do cinza (Figura 2).

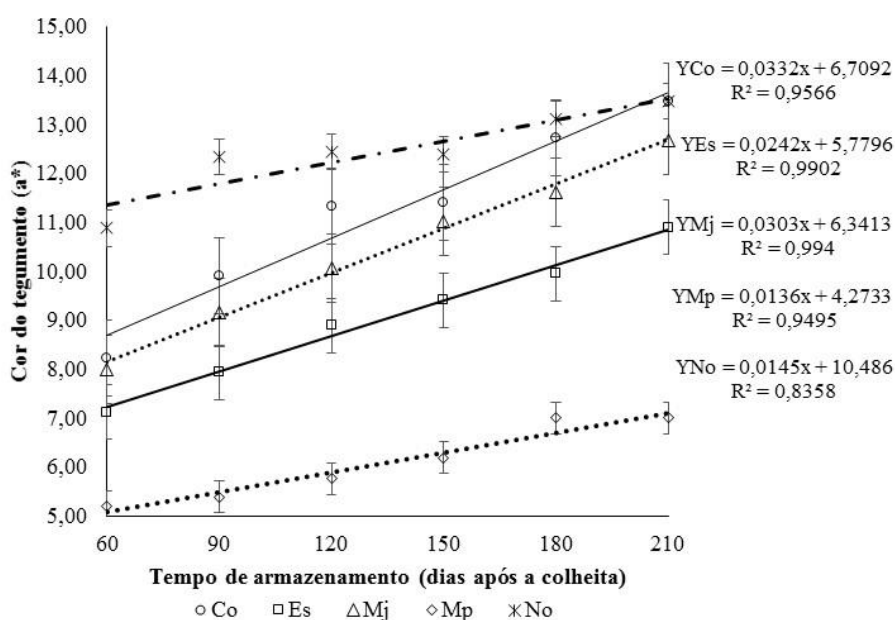


Gráfico 9 Parâmetro a^* do tegumento de cinco cultivares de feijão-carioca armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

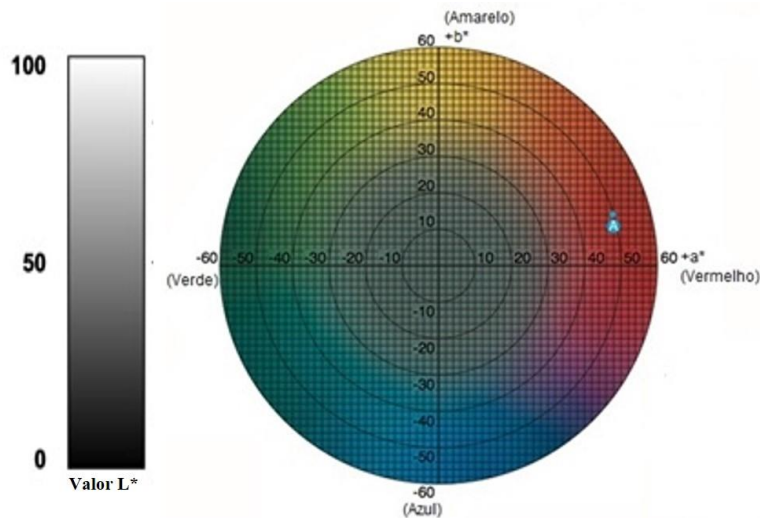


Figura 2 Modelo CIE Lab, claridade (L^*) e cromaticidade (a^* e b^*) do espaço de cor, diagrama (tonalidade e saturação)

Fonte: Konica Minolta Sensing Americas (2015)

Em termos médios, de cada cultivar (Tabela 7), a BRSMG Madrepérola apresentou menor valor de cromaticidade a^* , seguida da cultivar BRS Estilo. Os grãos da cultivar BRS Notável apresentaram o maior valor. Os valores obtidos no presente estudo para as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo são coerentes com os encontrados por Siqueira (2013), que obtiveram os valores de a^* de 6,90 e 8,20; 7,00 e 11,30, para as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, no início e no final do armazenamento de cinco meses, respectivamente. Já Marquezi (2013), ao avaliar o parâmetro a^* da cultivar BRS Estilo, obteve 11,70, quando produzido em Ponta Grossa e 10,45, quando produzido em Santo Antônio de Goiás, que não diferiram entre si.

Tabela 5 Valores médios* a* do tegumento de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Cor a* do tegumento						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	8,23 b	9,92 b	11,33 b	11,42 b	12,74 a	13,48 a	11,17 b
Es	7,14 c	7,94 d	8,91 d	9,42 c	9,96 c	10,90 c	9,05 d
Mj	8,00 b	9,16 c	10,07 c	11,02 b	11,63 b	12,69 b	10,43 c
Mp	5,22 d	5,40 e	5,77 e	6,21 d	7,01 d	7,01 d	6,10 e
No	10,89 a	12,35 a	12,45 a	12,39 a	13,13 a	13,48 a	12,45 a
Média	7,90	8,95	9,71	10,09	10,89	11,51	
CV (%)	3,12						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Resultados similares foram encontrados por Yousif (2014), ao avaliarem a coloração do tegumento de grãos de soja armazenados em diferentes temperaturas e umidades relativas, em que observaram efeitos significativos na redução dos valores de L* e no aumento dos valores de a*, ao longo dos 12 meses de armazenamento.

Para o valor b*, cuja intensidade vai do azul ao amarelo (Figura 2), nas cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola houve aumento em relação ao valor inicial e decréscimo na cultivar BRS Notável (Gráfico 10).

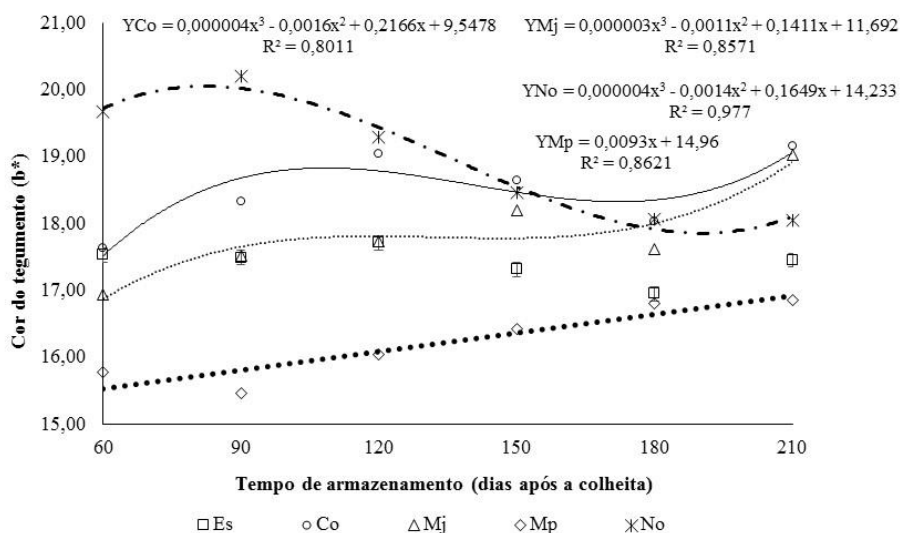


Gráfico 10 Parâmetro b^* da cor do tegumento de feijão de cinco cultivares de feijão carioca armazenadas à temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Em termos médios (Tabela 8), a cultivar BRSMG Madrepérola apresentou o menor valor, diferindo das demais. As cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Notável apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Tabela 8 Valores médios* b* do tegumento de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Cor b* do tegumento						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	17,63 b	18,32 b	19,04 a	18,65 a	18,03 a	19,16 a	18,47 a
Es	17,53 b	17,49 c	17,71 b	17,31 b	16,95 b	17,45 b	17,41 c
Mj	16,93 b	17,52 c	17,73 b	18,20 a	17,62 a	19,02 a	17,84 b
Mp	15,77 c	15,45 d	16,04 c	16,42 c	16,80 b	16,85 c	16,22 d
No	19,66 a	20,20 a	19,29 a	18,46 a	18,06 a	18,05 b	18,95 a
Média	17,50	17,80	17,96	17,81	17,49	18,11	
CV (%)	2,29						

As médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Marquezi (2013) obteve valores de b* da cultivar BRS Estilo superiores aos obtidos no presente estudo, variando de 19,40 a 21,52, em função do local de produção da cultivar.

Com estes resultados constata-se que, com o armazenamento dos grãos de feijão, dá-se o escurecimento do tegumento, cuja intensidade e velocidade dependem de cada cultivar. Com isso, tornam-se pouco expressivas a previsão e a análise de uma cultivar a partir de resultados observados em outras cultivares diferentes, fazendo-se necessárias análises individuais.

Sendo o Brasil um dos maiores produtores de feijão e com alto consumo *per capita*, o armazenamento dos grãos torna-se necessário, de modo a manter o abastecimento durante o ano todo e, com isso, evitar escassez entre uma safra e outra, e a oscilação de preços no mercado (BRACKMANN et al., 2002).

Faz parte dos programas de melhoramento de feijão a busca de cultivares que apresentem escurecimento lento do tegumento ou, mesmo, que

não escureçam, na medida em que é de grande interesse da parte de produtores, exportadores e distribuidores, com vista a reduzir suas perdas (ELSADR et al., 2011).

3.6 Espessura do tegumento

Na Figura 3 estão representados os cortes transversais dos tegumentos dos grãos de feijão das cinco cultivares estudadas, podendo-se ser observadas três camadas de células visíveis e identificadas, o parênquima paliçádico ou epiderme (E), a hipoderme (H) e o parênquima lacunoso (PL).

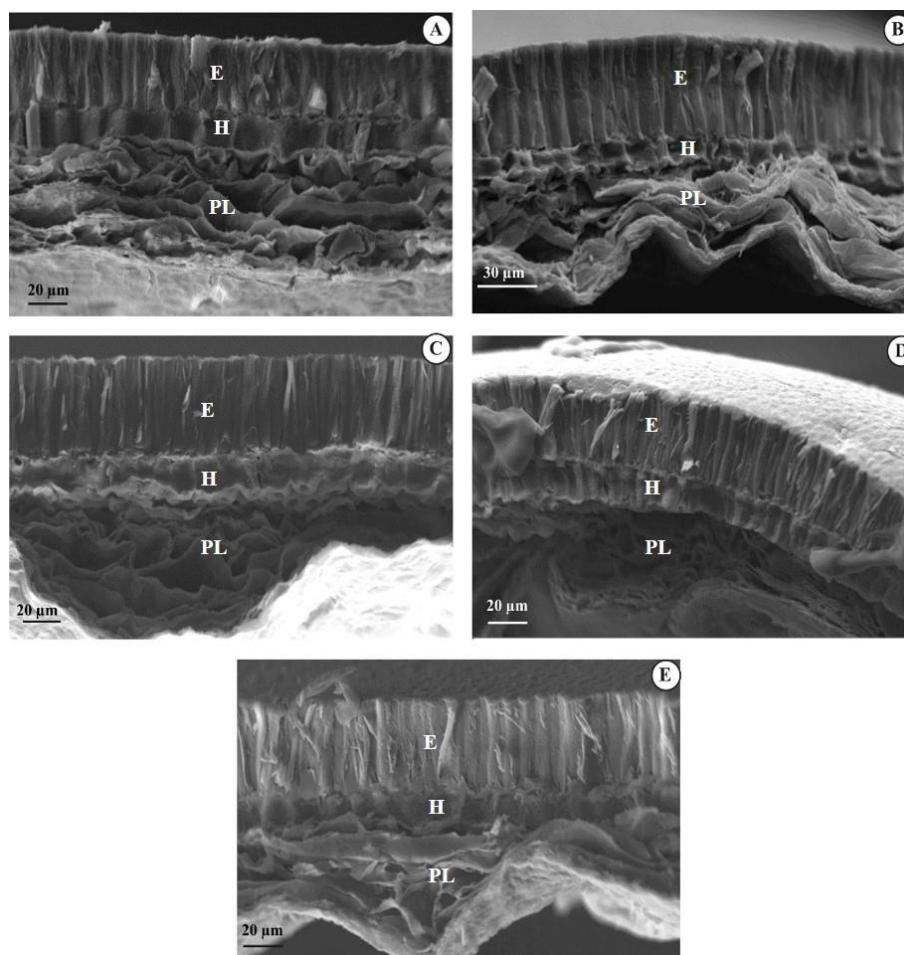


Figura 3 Eletromicrografias de varredura de cortes transversais de tegumentos de feijão observadas por MEV

A: cultivar BRS 9435 Cometa; B: cultivar BRS Estilo; C: cultivar BRSMG Majestoso; D: cultivar BRS MG Madrepérola, E: cultivar BRS Notável. Onde: E = epiderme; H = hipoderme; PL = parênquima lacunoso

A espessura do tegumento do grão de cada um dos feijões, obtida por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV), expressa em μm , está apresentada na Tabela 9. As medições foram feitas a partir dos 120 dac.

Tabela 9 Valores da espessura da epiderme, hipoderme, parênquima lacunoso, espessura total do tegumento e espessura total média das cinco cultivares de feijão-carioca, nos períodos 120, 150, 180 e 210 dac

Cultivar	E				H				PL				Tegumento (E+H+PL)				Média			
	120 dac	150 dac	180 dac	210 dac	120 dac	150 dac	180 dac	210 dac	120 dac	150 dac	180 dac	210 dac	120 dac	150 dac	180 dac	210 dac	E	H	PL	E+H+PL
Co	30,27 a	30,33 a	22,53 c	34,61 a	9,84 b	11,13 a	8,5 b	12,68 a	38,49 b	38,64 b	36,12 a	31,78 a	78,60 a	80,10 b	67,16 a	79,07 a	29,44 b	10,54 b	36,26 b	76,23 b
Es	34,16 a	34,17 a	35,21 b	35,51 a	10,29 b	11,50 a	12,84 a	14,32 a	58,19 a	59,34 a	40,29 a	37,45 a	102,64 a	105,00 a	88,34 a	87,28 a	34,76 a	12,24 a	48,82 a	95,82 a
Mj	24,88 b	34,77 a	33,87 b	31,45 a	7,21 b	12,17 a	10,29 b	11,49 a	66,18 a	62,81 a	54,90 a	49,53 a	98,26 a	109,75 a	99,06 a	92,47 a	31,24 b	10,29 b	58,36 a	99,89 a
Mp	34,32 a	39,09 a	42,52 a	35,96 a	13,58 a	16,11 a	13,57 a	13,43 a	34,46 b	40,40 b	39,98 a	41,48 a	82,36 a	95,61 a	96,07 a	90,86 a	37,97 a	14,17 a	39,08 b	91,23 a
No	33,72 a	36,70 a	34,62 b	34,31 a	12,98 a	13,88 a	14,47 a	11,04 a	38,34 b	30,29 b	32,53 a	36,11 a	85,04 a	80,87 b	81,62 a	81,46 a	34,84 a	13,09 a	34,32 b	82,25 b
CV(%)																	10,34	14,33	15,42	6,86

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. dac = dias após a colheita. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; CV = coeficiente de variação

A espessura da E variou de 29,44 a 37,97 μm e a espessura da H variou de 10,29 a 14,17 μm . Os grãos das cultivares BRS Estilo, BRSMG Madrepérola e BRS Notável foram os que apresentaram maior espessura da E e da H, e não diferiram entre si ($p>0,05$).

Peske e Pereira (1983), ao trabalharem com grãos de soja, afirmaram que a epiderme é importante para a absorção de água pelo grão porque, em função da sua constituição química, da estrutura, do arranjo e das substâncias intercelulares, o grão pode embeber mais ou menos água. No presente trabalho, os grãos das cultivares de feijão BRS Estilo, BRSMG Madrepérola e BRS Notável apresentaram maior espessura da epiderme, porém, apenas os grãos da cultivar BRS Estilo apresentaram maior padrão de absorção de água, na curva de absorção, ao longo de 16 horas de embebição. O fato de os grãos das cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Notável apresentarem os menores padrões de absorção de água poderá estar associado à estrutura e ao arranjo da epiderme.

Quanto ao PL, que variou de 34,32 a 58,36 μm , as cultivares que apresentaram as maiores espessuras e que não diferiram entre si ($p>0,05$) foram BRS Estilo e BRSMG Majestoso. As demais, que também não diferiram entre si, tiveram as menores espessuras (Tabela 9). Segundo Olivo et al. (2011), o PL apresenta maior espessura na formação do tegumento em relação à epiderme e à hipoderme, e participa ativamente na embebição de água pelos grãos. Esta constatação foi verificada no presente trabalho, em que, na curva de absorção, os grãos de feijão das cultivares a BRS Estilo e a BRSMG Majestoso estavam entre as que apresentaram o maior padrão de absorção de água, ao longo de 16 horas de embebição.

Os resultados das medições obtidos no presente trabalho estão de acordo com os obtidos por Konzen e Tsai (2014), que avaliaram a espessura da E dos grãos de diferentes variedades de feijão-comum, e os seus resultados apresentaram faixa de variação da espessura média de 33,2 a 45,7 μm .

Menezes (2008), ao avaliar eletromicrografias de varredura de cortes transversais de tegumento de sementes de híbridos de soja, verificou variação do tamanho do conjunto das células da epiderme e das células da hipoderme de 52,70 e 108,70 μm , respectivamente.

Já na espessura total do tegumento, destacaram-se, com maior espessura, os grãos das cultivares BRS Estilo, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, que não diferiram entre si ($p > 0,05$).

3.7 Cocção

3.7.1 Percentagem de embebição antes do cozimento (PEANC)

A PEANC variou significativamente entre as cultivares, em cada tempo de armazenamento. Aos 60 dias, os grãos de feijão das cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Estilo apresentaram as maiores PEANC e não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 10). Comportamento semelhante foi observado ao longo de todo período de armazenamento e a cultivar BRS Estilo destacou-se com maior PEANC, ao longo do período de armazenamento (Gráfico 11). Este resultado obtido em relação às PEANC corrobora os obtidos na curva de absorção, em que os grãos da cultivar BRS Estilo apresentaram o maior padrão de absorção de água, e as cultivares BRSMG Madrepérola e Notável, as menores.

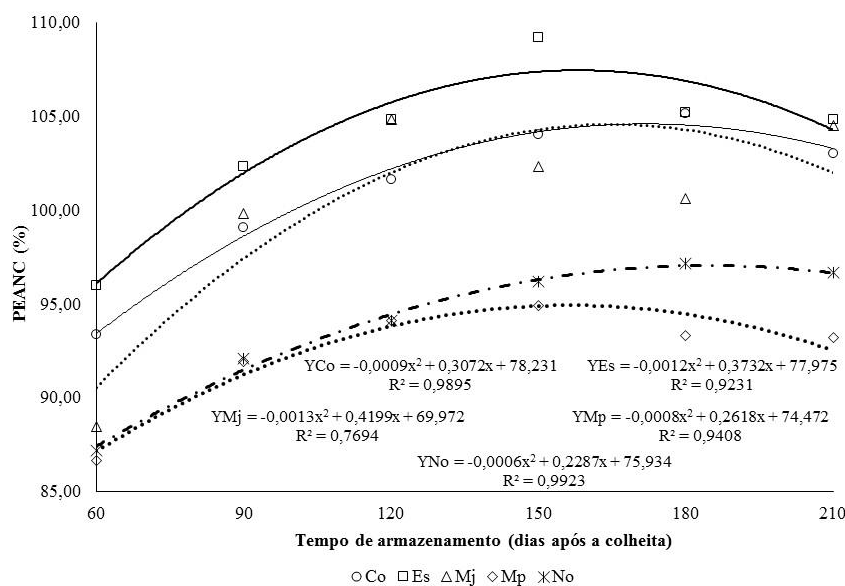


Gráfico 11 Percentagem de embebição, antes do cozimento (PEANC), de cinco cultivares de feijão-carioca, em função do tempo de armazenamento
Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Quando observados os valores médios de PEANC para os grãos de cada cultivar (Tabela 10), notam-se três grupos distintos, tendo os grãos da cultivar BRS Estilo apresentado a maior PEANC, seguida das cultivares BRS 9435 Cometa e BRSMG Majestoso, que não diferiram entre si ($p > 0,05$) e, finalmente, os grãos das cultivares com menor PEANC, BRSMG Madrepérola e BRS Notável. A cultivar com maior PEANC foi a cultivar com o menor tamanho do grão (6,15), segundo a classificação feita neste estudo, seguindo a metodologia descrita por Carbonell et al. (2010), que classifica grãos com maior valor de mercado como sendo aqueles com valores de PRGP acima de 7,00. Este resultado contraria o obtido por Oliveira et al. (2013), que obtiveram maiores percentagens de embebição antes do cozimento em grãos de maior tamanho. A maior PEANC em grãos de menor tamanho pode estar associada ao menor teor de amido neles presente, visto que o tempo em que todos os grãos permanecem

em embebição é igual (16 horas). Os grãos de menor tamanho absorvem mais água em relação aos de maior tamanho.

Tabela 10 Valores médios* de percentagem de embebição, antes do cozimento (PEANC), dos grãos de feijão de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	PEANC (%)						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	93,37 a	99,07 a	101,66 a	104,05 b	105,17 a	103,03 a	101,06 b
Es	96,00 a	102,36 a	104,83 a	109,21 a	105,23 a	104,85 a	103,75 a
Mj	88,49 b	99,85 a	104,86 a	102,32 b	100,62 b	104,52 a	100,11 b
Mp	86,66 b	91,93 b	94,16 b	94,91 c	93,32 c	93,21 b	92,37 c
No	87,19 b	92,10 b	94,12 b	96,19 c	97,16 d	96,68 b	93,91 c
Média	90,34	97,06	99,93	101,34	100,30	100,46	
CV (%)	2,22						

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; CV = coeficiente de variação. *Média de três observações

Os valores de PEANC encontrados no presente trabalho são semelhantes aos obtidos Perina et al. (2010) que relataram uma variação de 88,54% a 108,54% em cultivares de feijão-comum produzidas na safra da seca.

Na análise da regressão da variável PEANC nota-se que houve um aumento ao longo do armazenamento até certo ponto, com posterior diminuição (Gráfico 11) e os valores dos coeficientes de determinação, das equações ajustadas ao modelo matemático, apresentaram variação de 0,76 a 0,99, o que representa uma boa explicação do efeito do tempo de armazenamento na variável PEANC.

Resende et al. (2008), ao avaliarem a absorção de água pelos grãos de cultivares de feijão do grupo vermelho, durante armazenamento de 4 meses,

verificaram que os valores de absorção de água aumentavam com o aumento da temperatura da água de embebição e do período de armazenamento. Já Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), ao avaliarem a capacidade de absorção de grãos de feijão-carioca cultivar Pérola armazenados por 3 e 6 meses, verificaram redução da absorção de água, de 130% em grãos recém-colhidos para 110%, aos 6 meses de armazenamento.

3.7.2 Tempo médio de cocção pelo cozedor de Mattson

Dos 60 aos 120 dac, não houve diferenças ($p > 0,05$) no tempo médio de cocção entre os grãos de feijão das cinco cultivares, sendo a média em cada um dos tempos de, 22,01; 31,90 e 35,79 minutos, aos 60, 90 e 120 dac, respectivamente. A partir dos 150 dac, os tempos médios de cocção começaram a variar entre as cultivares, mostrando diferenças ($p \leq 0,05$) e foram constituídos dois grupos distintos, em que as cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRS Notável se destacaram com os menores tempos de cocção (Tabela 11).

Tabela 11 Valores médios* do tempo médio de cocção, pelo cozedor de Mattson, de grãos de feijão de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

TMC (minutos)							
Cultivar	Dias após a colheita (dac)						Média
	60	90	120	150	180	210	
Co	19,47 a	25,33 a	31,61 a	27,69 b	42,59 b	47,99 b	32,45 c
Es	21,17 a	35,17 a	40,53 a	49,10 a	78,63 a	90,33 a	52,49 a
Mj	20,02 a	27,79 a	29,47 a	33,93 b	56,41 b	60,56 b	38,03 b
Mp	22,45 a	35,35 a	40,51 a	46,63 a	80,72 a	85,96 a	51,94 a
No	26,92 a	35,85 a	36,83 a	35,94 b	49,73 b	56,93 b	40,37 b
Média	22,01	31,9	35,79	38,66	61,62	68,35	
CV (%)	17,54						

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância de 5%. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Carvalho et al. (2012), ao avaliarem o tempo médio de cocção de diferentes genótipos de feijão-preto aos 60 dias após a colheita, verificaram uma variação do tempo de cocção de 21 a 32 minutos.

Perina et al. (2014), ao avaliarem, aos 60 dias após a colheita, diversos grãos de cultivares de feijão-carioca e preto quanto à qualidade tecnológica em diferentes safras de cultivo, verificaram que, na safra da seca, para os grãos de feijão das cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Estilo, o tempo médio de cocção foi de 26,11 e 29,18 minutos, respectivamente.

Os menores tempos médios de cocção a partir dos 150 aos 210 dac foram observados nos grãos das cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e Notável, com tempos de cocção abaixo da média geral. Isso indica que estas cultivares necessitariam de menor tempo para adquirir uma textura adequada para o consumidor (Gráfico 12).

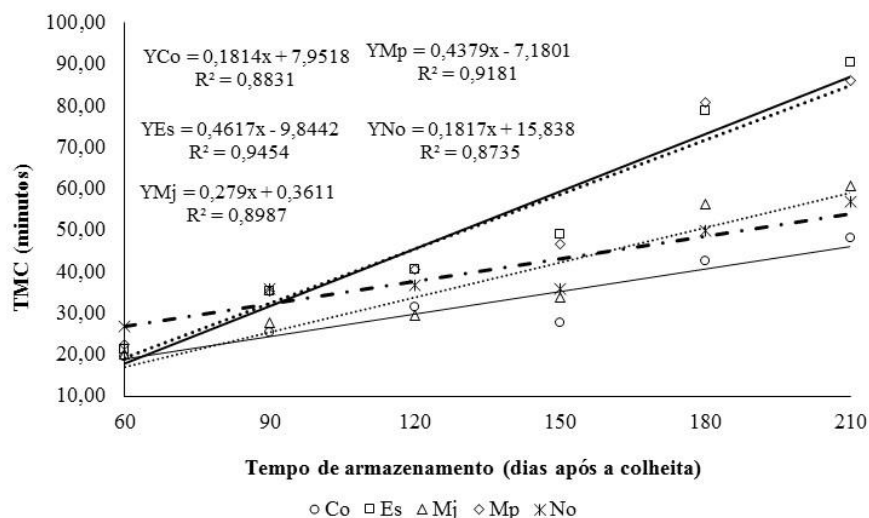


Gráfico 12 Tempo médio de cocção (TMC) de cinco cultivares de feijão-carioca em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Em termos médios de cada cultivar ao longo do armazenamento, a cultivar BRS 9435 Cometa destacou-se por apresentar o menor tempo médio de cocção, seguida pelas cultivares BRSMG Majestoso e BRS Notável. As cultivares com maiores tempos médios de cocção foram a BRS Estilo e BRSMG Madrepérola (Tabela 11).

Segundo Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), os grãos que absorvem mais água tendem a ser os de mais fácil cocção, porém, esta constatação não foi comprovada em todas as cultivares avaliadas no presente trabalho. A cultivar BRS Estilo, que obteve a PEANC 104,85%, maior absorção de água média ao longo do armazenamento, apresentou o maior tempo médio de cocção, de 52,49 minutos. Já a cultivar BRSMG Madrepérola apresentou menor PEANC (93,21%) e maior tempo médio de cocção (51,94%), e não diferiu do tempo médio de cocção obtido pela cultivar BRS Estilo.

Lopes (2011), ao avaliar diferentes grãos de feijão do grupo carioca, também verificou que os grãos com maior percentagem de embebição de água antes do cozimento não foram os que apresentaram o menor tempo de cocção. Perina et al. (2014), ao avaliarem, aos 60 dias após a colheita, diversas cultivares de feijão-carioca e preto quanto à qualidade tecnológica na safra da seca, obtiveram menor tempo de cocção em grãos com menor PEANC.

Para todas as cultivares, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Da análise do efeito do tempo de armazenamento no tempo médio de cocção pode-se verificar, no Gráfico 10, que houve um aumento do tempo de cocção ao longo do tempo de armazenamento, o que indica o endurecimento dos grãos, ou seja, houve o desenvolvimento do defeito *hard-to-cook*. Em relação aos 60 dac, a cultivar BRS 9435 Cometa teve um incremento de 28,52 minutos no tempo médio de cocção, seguida da cultivar BRS Notável, com aumento de 30,01 minutos; da BRSMG Majestoso, com aumento de 40,54 minutos; da BRS Madrepérola, com 63,51 minutos e da cultivar BRS Estilo, com 69,16 minutos. Portanto, verifica-se que a velocidade desse aumento foi diferente para cada cultivar. Resultado similar foi obtido por Coelho et al. (2009), que observaram aumento gradativo do tempo de cocção com o aumento do tempo de armazenamento de grãos de feijão-carioca em condições naturais, por 12 meses.

Siqueira et al. (2014), ao avaliarem o tempo de cocção de diferentes grãos de cultivares e linhagem de feijão-carioca armazenadas à temperatura ambiente, por cinco meses, verificaram uma variação no tempo de cocção de 19,5 minutos a 33,9 minutos, para a cultivar BRS Estilo e de 18,7 a 29,9 minutos, para a cultivar BRS Madrepérola. Os mesmos autores identificaram estas cultivares como sendo de baixa resistência à cocção durante o armazenamento.

3.7.3 Percentagem de embebição após o cozimento (PEAPC)

Aos 60 e 90 dac, os grãos de feijão das cultivares BRS 9435 Cometa e BRSMG Madrepérola foram os que apresentaram as maiores PEAPC e não diferiram ($p>0,05$) entre si. Aos 120 e 180 dac, os grãos de feijão da cultivar BRS 9435 Cometa apresentaram maior PEAPC (Gráfico 13).

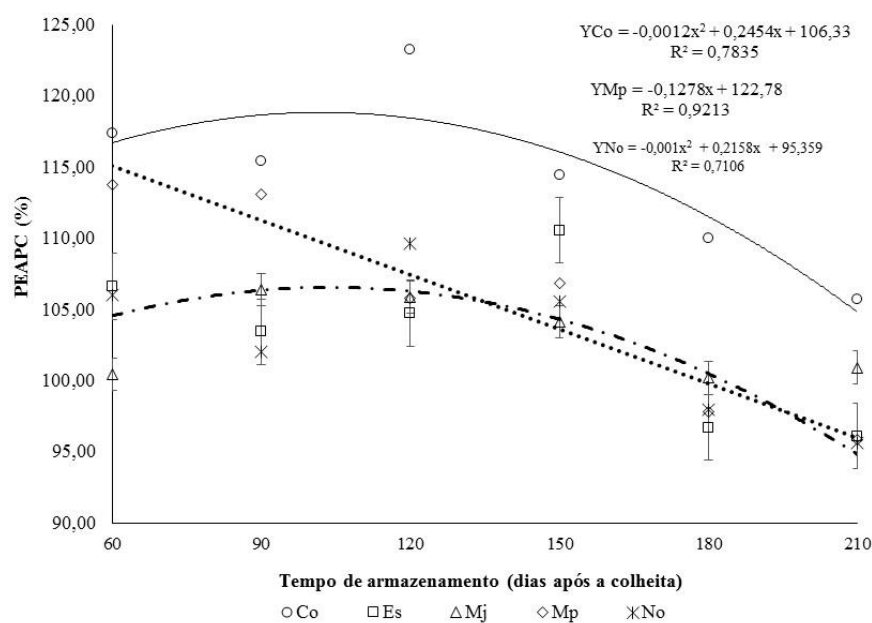


Gráfico 13 Percentagem de embebição, após o cozimento (PEAPC), de cinco cultivares de feijão-carioca, em função do tempo de armazenamento Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

Em termos médios (Tabela 12), os grãos de feijão da cultivar BRS 9435 Cometa destacaram-se das demais, com maior PEAPC.

Tabela 12 Valores médios* de percentagem de embebição após o cozimento de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

PEAPC (%)							
Cultivar	Dias após a colheita (dac)						Média
	60	90	120	150	180	210	
Co	117,40 a	115,43 a	123,23 a	114,47 a	110,05 a	105,73 a	114,39 a
Es	106,62 b	103,44 b	104,75 b	110,57 a	96,72 b	96,13 b	103,04 b
Mj	100,46 b	106,41 b	105,86 b	104,14 b	100,21 b	100,94 a	103,00 b
Mp	113,76 a	113,07 a	105,80 b	106,85 b	97,84 b	95,85 b	105,53 b
No	106,03 b	102,04 b	109,61 b	105,55 b	98,01 b	95,63 b	102,81 b
Média	108,85	108,08	109,85	108,32	100,57	98,86	
CV (%)	3,77						

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância de 5%. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Recomenda-se a utilização de grãos de feijão com PEAPC elevados em cozinhas industriais e refeitórios, na medida em que elevam o rendimento após o cozimento (PERINA et al., 2010). Desse modo, com armazenamento até 90 dac, são recomendados os grãos de feijão da cultivar BRSMG Madrepérola e, até aos 210 dac, os da cultivar BRS 9435 Cometa.

3.7.4 Percentagem de grãos inteiros após o cozimento (PGIAC)

Aos 60 dac, os grãos de feijão das cultivares não diferiram ($p > 0,05$) quanto a PGIAC, bem como aos 180 e 210 dac, quando houve um aumento na PGIAC, tendo-se observado maiores percentagens de grãos inteiros (Tabela 13). Na média geral, os grãos da cultivar BRS 9435 Cometa apresentaram a menor PGIAC em relação às demais cultivares que não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Tabela 13 Valores médios* de percentagem de grãos inteiros após o cozimento de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

PGIAC (%)							
Cultivar	Dias após a colheita (dac)						Média
	60	90	120	150	180	210	
Co	94,08 a	88,61 b	85,93 b	83,73 b	93,94 a	98,12 a	90,74 b
Es	88,86 a	98,74 a	98,16 a	96,67 a	100,00 a	99,83 a	97,04 a
Mj	95,84 a	96,40 a	98,80 a	97,35 a	100,00 a	99,63 a	98,00 a
Mp	91,01 a	97,80 a	99,45 a	89,78 b	98,56 a	100,00 a	96,10 a
No	92,62 a	96,99 a	94,01 a	84,40 b	99,11 a	100,00 a	94,52 a
Média	92,48	95,71	95,27	90,39	98,32	99,52	
CV (%)	3,78						

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável.

*Média de três observações

São susceptíveis ao rompimento do tegumento os grãos que levam maior tempo para o seu cozimento. Entretanto, esse fator não contribui para a PGIAC na medida em que não se dá o rompimento do cotilédone que influencia a PGIAC (OLIVEIRA, 2010).

A PGIAC é uma das características importantes na industrialização de grãos de feijão, pois cultivares com baixo tempo de cocção e alta percentagem de grãos inteiros após a cocção são preferidas (PERINA et al., 2014).

No Gráfico 14 apresenta-se o efeito do armazenamento sobre a variável PGIAC. A cultivar BRS 9435 Cometa foi a única que apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$), tendo se ajustado ao modelo quadrático.

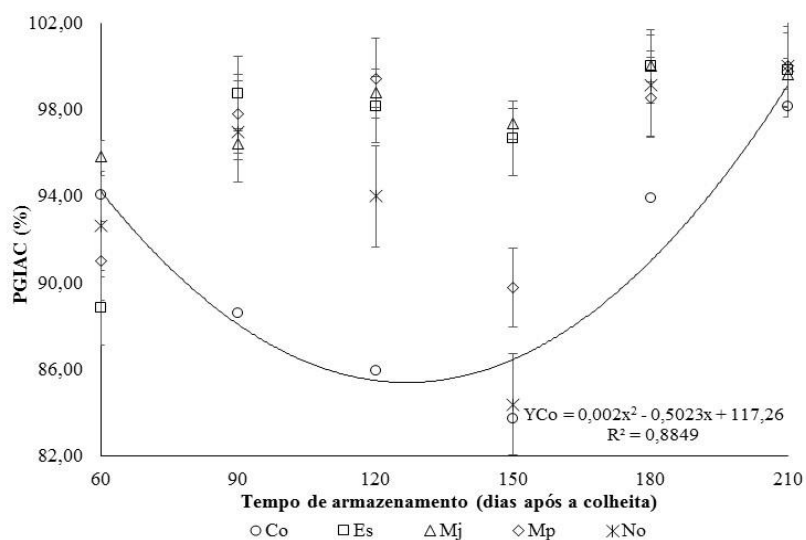


Gráfico 14 Percentagem de grãos inteiros, após o cozimento (PGIAC), da cultivar BRS 9435 Cometa, em função do tempo de armazenamento Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável

3.7.5 Taxa de expansão volumétrica

Não houve diferenças ($p > 0,05$) entre os grãos de feijão das cultivares para a variável taxa de expansão volumétrica aos 90, 150, 180 e 210 dac, com média que variou de 0,53 a 0,56 g mL⁻¹ (Tabela 14). Não houve variação na TEV ao longo do período de armazenamento.

Tabela 14 Valores médios* da taxa de expansão volumétrica de cada cultivar de feijão-carioca, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	TEV (g mL ⁻¹)						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	0,51 b	0,56 a	0,50 b	0,51 a	0,52 a	0,54 a	0,52 b
Es	0,57 a	0,55 a	0,58 a	0,52 a	0,57 a	0,57 a	0,56 a
Mj	0,57 a	0,56 a	0,57 a	0,55 a	0,55 a	0,57 a	0,56 a
Mp	0,56 a	0,52 a	0,53 b	0,54 a	0,55 a	0,58 a	0,55 a
No	0,58 a	0,56 a	0,57 a	0,55 a	0,53 a	0,55 a	0,56 a
Média	0,56	0,55	0,55	0,53	0,54	0,56	
CV (%)	5,19						

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

Na média geral, a TEV variou de 0,52 a 0,56 g mL⁻¹, e os grãos da cultivar BRS 9435 Cometa apresentaram as menores TEV. Perina et al. (2010), ao avaliarem 19 genótipos de feijoeiro pertencentes aos ensaios de valor de cultivo e uso, observaram que a TEV de feijões cultivados na época seca variou de 0,48 a 0,53 g mL⁻¹ e, na época das águas, 0,52 a 0,57 g mL⁻¹.

4 Análise de componentes principais

A qualidade tecnológica de grãos de feijão é ditada pelo conjunto de características, e não apenas por uma. Nesse contexto, realizou-se a análise de componentes principais (PCA) neste estudo, com vista a identificar as características de qualidade tecnológica que têm maior influência sobre a caracterização dos grãos de feijão das cultivares e identificar as que mais contribuíram para a distinção entre as cultivares ao longo do armazenamento. Os resultados estão apresentados a partir das Figuras 4 a 6.

Os grãos de feijão das cultivares foram caracterizados pelos vetores que se apresentam mais próximos a elas. Cultivares similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (qualidades tecnológicas ou variáveis).

Pode-se observar nos gráficos que os dois primeiros componentes (PC1 e PC2) explicam entre 75,99% a 88,40% da variabilidade existente para as características tecnológicas avaliadas em grãos das cultivares.

Para a análise feita aos 60 dac (Figura 4A), o primeiro componente principal (PC1) explica 49,45% e o segundo componente principal (PC2), 26,54% da variância dos dados, e os dois primeiros componentes principais explicam a maior parte da variância (75,99%) entre os grãos das cultivares, quanto às características tecnológicas.

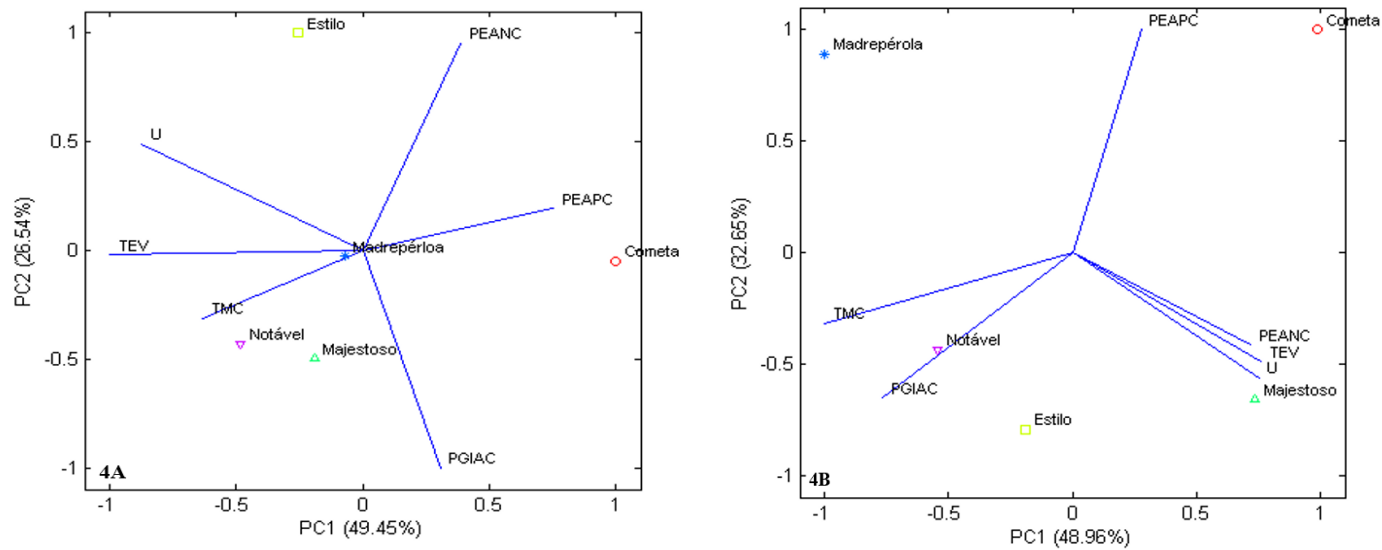


Figura 4 Análise de componentes principais (PCA) de qualidades tecnológicas de cultivares de feijão-carioca durante o armazenamento, aos 60 dac (4A) e 90 dac (4B)

TMC = tempo médio de cocção; U = umidade; PEANC = percentagem de embebição antes do cozimento; PEAPC = percentagem de embebição após o cozimento; TEV = taxa de expansão volumétrica; PGIAC = percentagem de grãos inteiros após cozimento; dac = dias após a colheita

As características relacionadas com a umidade, TEV, TMC, PGIAC, PEANC e PEAPC, estão altamente correlacionadas com o PC1. Estas características influenciam em grande medida a qualidade tecnológica do feijão, para as cultivares que se apresentam próximas a elas – umidade, TEV, TMC, PGIAC (para as cultivares BRS Notável e BRSMG Majestoso) e PEANC e PEAPC (para a cultivar BRS 9435 Cometa), visto que representam 49,45% da variabilidade presente nas amostras.

Aos 90 dac (Figura 4B), os dois componentes principais explicaram 81,62% da variabilidade total obtida entre as cultivares. De acordo com o PC1 (48,96%), as variáveis TMC, PGIAC, PEANC, TEV e umidade apresentaram significativa proporção na variabilidade dos dados, tendo grande influência na qualidade tecnológica dos grãos, estando próximas das cultivares BRS Notável e BRS Estilo as variáveis TMC e PGIAC, e, para a cultivar BRSMG Majestoso, as variáveis PEANC, TEV e umidade.

Aos 120 dac (Figura 5A), os dois componentes principais explicam 78,06% da variância total entre as cultivares. Segundo o PC1 (50,03%), as variáveis ET, TEV, PGIAC, TMC, PEANC E PEAPC contribuíram positivamente para a caracterização dos grãos das cultivares próximas a elas. Estas cultivares são: BRS Estilo e BRSMG Majestoso (ET, PEANC e TEV), BRS Notável e BRSMG Madrepérola (PGIAC e TMC) e BRS 9435 Cometa (PEAPC).

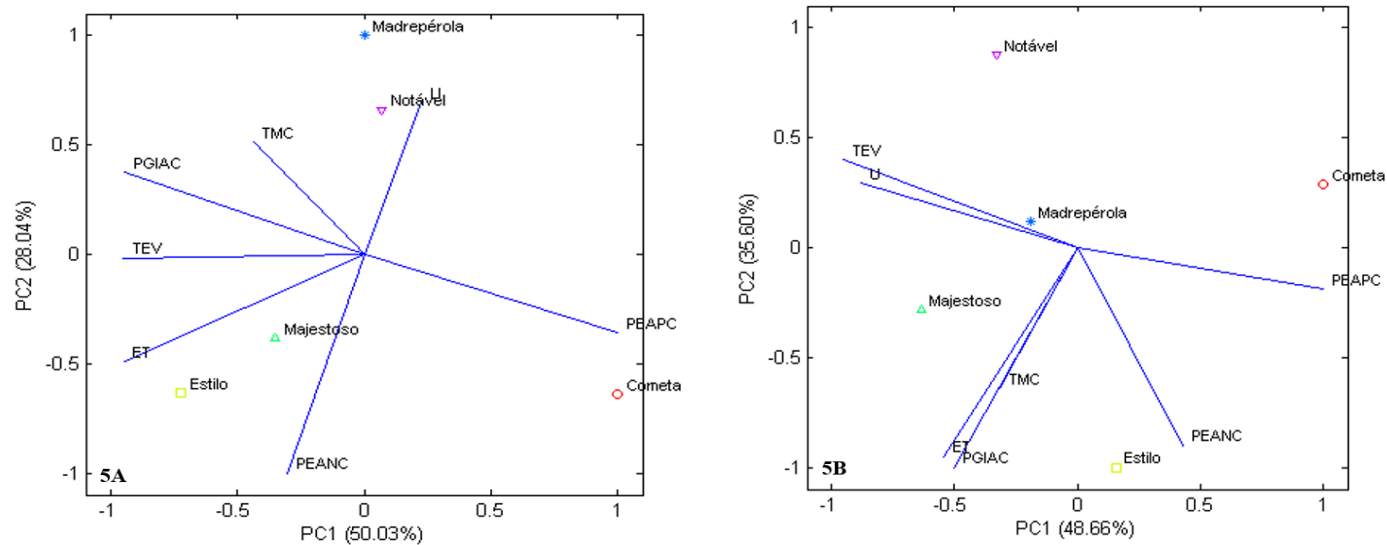


Figura 5 Análise de componentes principais (PCA) de qualidades tecnológicas de cultivares de feijão-carioca durante o armazenamento aos 120 dac (5A) e 150 dac (5B)

TMC = tempo médio de cocção; U = umidade; PEANC = percentagem de embebição antes do cozimento; PEAPC = percentagem de embebição após o cozimento; TEV = taxa de expansão volumétrica; PGIAC = percentagem de grãos inteiros após cozimento; ET = espessura do tegumento; dac = dias após a colheita

O PC1 explica 48,66% e o PC2, 35,60%, sendo que os dois juntos explicam 84,26% da variabilidade dos dados entre as cultivares, quanto às qualidades tecnológicas (Figura 5B). A partir do PC1 observa-se que as variáveis ET, PGIAC, TMC, PEANC (próximas às cultivares BRSMG Majestoso e BRS Estilo) e PEAPC (próxima à cultivar BRS 9435 Cometa) tiveram maior influência na qualidade tecnológica.

Aos 180 dac, pode-se observar que o PC1 representa a maior parte da variância dos dados (62,25%), devendo ser utilizado, primordialmente, para interpretação dos dados (Figura 6A). As variáveis TEV, TMC, PGIAC, ET (BRS Estilo e BRSMG Madrepérola), umidade (BRS Notável), PEANC e PEAPC (BRS 9435 Cometa) tiveram a maior influência na qualidade tecnológica para as cultivares, nesse tempo de armazenamento.

Aos 210 dac (Figura 6B), ao analisar o PC1, o qual explica 55,83% da variância entre as cultivares, verifica-se que os grãos das cultivares BRS Estilo e BRSMG Madrepérola se assemelharam, sendo caracterizadas pelas variáveis PGIAC, TMC, TEV e ET. Já as variáveis PEANC e PEAPC se correlacionaram com a cultivar BRS 9435 Cometa e foram as que influenciaram a qualidade tecnológica dos grãos das cultivares.

Em geral, as variáveis que mais influenciaram a qualidade tecnológica dos grãos de feijão das cultivares avaliadas foram TMC, ET, PGIAC, PEANC e TEV. Isto indica que a cada período de armazenamento (ou com o aumento do tempo de armazenamento) os grãos das cultivares vão se distinguindo um dos outros, em função de sua susceptibilidade às condições de armazenamento.

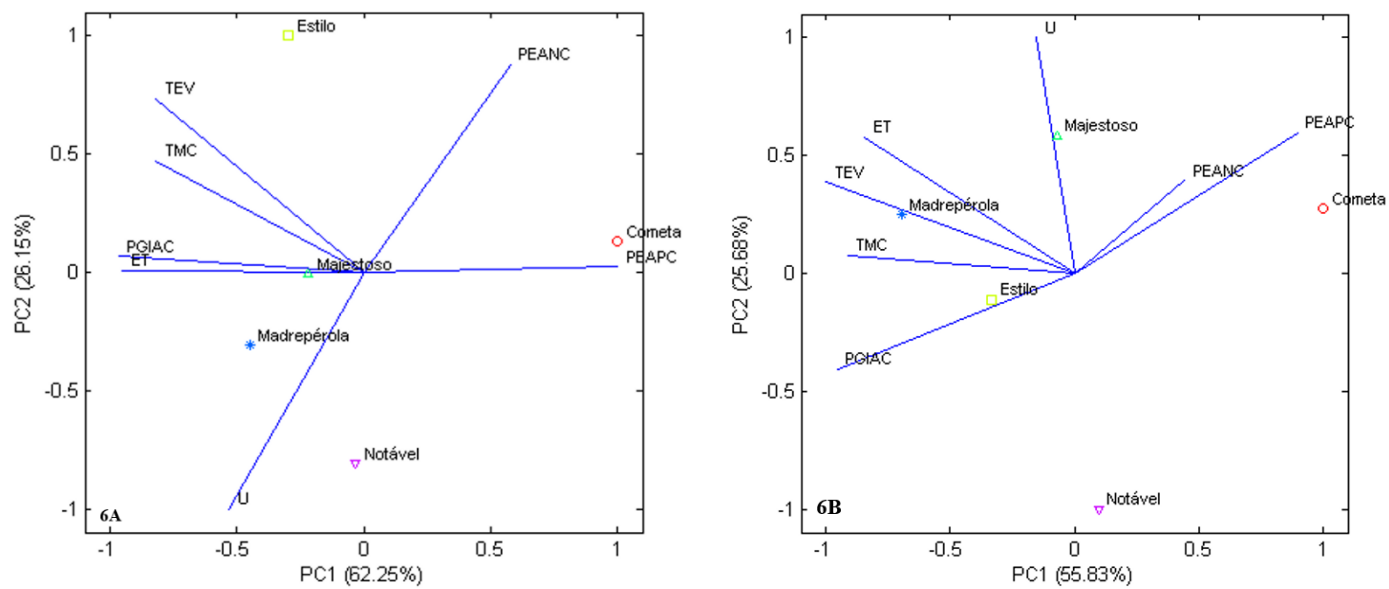


Figura 6 Análise de componentes principais (PCA) de qualidades tecnológicas de cultivares de feijão-carioca durante o armazenamento aos 180 dac (6A) e 210 dac (6B)

TMC = tempo médio de cocção; U = umidade; PEANC = porcentagem de embebição antes do cozimento; PEAPC = porcentagem de embebição após o cozimento; TEV = taxa de expansão volumétrica; PGIAC = porcentagem de grãos inteiros após cozimento; ET = espessura do tegumento; dac = dias após a colheita

5 Correlação entre as variáveis analisadas

Os resultados da correlação entre as características de qualidade tecnológicas das cinco cultivares analisadas ao longo do armazenamento encontram-se nas Tabelas 15 a 19.

A PRGP – tamanho do grão – teve correlação positiva ($p \leq 0,05$) com a umidade dos grãos ao longo do armazenamento, para as cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso e BRS Notável, indicando que quanto maior umidade dos grãos, maior é o seu tamanho.

A umidade teve correlação negativa ($p \leq 0,01$) com a PEANC em todas as cultivares, indicando que quanto maior o teor de umidade do grão, menor é a absorção de água.

A PEANC teve correlação positiva ($p \leq 0,01$) com o TMC nas cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso e BRS Notável, indicando que quanto maior a absorção de água antes do cozimento, maior é o tempo de cocção, contrastando com os resultados obtidos por Rodrigues et al. (2005), ao correlacionarem estas duas variáveis em cultivares TPS Nobre e Pérola, obtendo correlação negativa, ou seja, o tempo de cocção reduzia com o aumento da absorção. Estas diferenças podem ser atribuídas às diferenças entre as cultivares.

A ET teve correlação positiva ($p \leq 0,01$) com a PEANC em todas as cultivares, indicando que, com a maior espessura total do tegumento, maior é a absorção de água pelos grãos. Esta correlação pode estar associada às características das diferentes camadas que compõem o tegumento de feijão, a epiderme, a hipoderme e o parênquima lacunoso. Esta última camada apresenta maior espessura na formação do tegumento em relação às duas primeiras e participa ativamente na embebição de água pelos grãos (OLIVO et al., 2011). Verificou-se também correlação positiva ($p \leq 0,01$) entre cada uma das camadas do tegumento e a PEANC.

Tabela 15 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica umidade, PRGP (percentagem relativa de grãos em peneira), PEANC (percentagem de absorção antes do cozimento), PEAPC (percentagem de absorção após cozimento), PGIAC (percentagem de grãos inteiros após cozimento), TEV (taxa de expansão volumétrica), TMC (tempo médio de cocção), E (epiderme), H (hipoderme), PL (parênquima lacunoso) e ET (espessura do tegumento), para a cultivar BRS 9435 Cometa, ao longo de 210 dias após colheita

BRS 9435 Cometa											
	Umidade	PRGP	PEANC	PEAPC	PGIAC	TEV	TMC	E	H	PL	ET
Umidade	1	0,573*	-0,629**	-0,049	0,14	0,258	-0,570*	-0,769**	-0,752**	-0,855**	-0,841**
PRGP		1	-0,168	-0,586*	0,213	0,056	-0,18	-0,264	-0,256	-0,364	-0,323
PEANC			1	-0,327	0,02	-0,106	0,532*	0,759**	0,703**	0,724**	0,765**
PEAPC				1	-0,406	-0,246	-0,506*	-0,302	-0,286	-0,173	-0,249
PGIAC					1	-0,041	0,357	-0,044	-0,042	-0,137	-0,091
TEV						1	0,186	-0,294	-0,047	-0,232	-0,239
TMC							1	0,551*	0,557*	0,541*	0,570*
E								1	0,878**	0,886**	0,968**
H									1	0,824**	0,906**
PL										1	0,970**
ET											1

*p<0,05; **p<0,01

Tabela 16 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica umidade, PRGP (percentagem relativa de grãos em peneira), PEANC (percentagem de absorção antes do cozimento), PEAPC (percentagem de absorção após cozimento), PGIAC (percentagem de grãos inteiros após cozimento), TEV (taxa de expansão volumétrica), TMC (tempo médio de cocção), E (epiderme), H (hipoderme), PL (parênquima lacunoso) e ET (espessura do tegumento), para a cultivar BRS Estilo, ao longo de 210 dias após colheita

BRS Estilo											
	Umidade	PRGP	PEANC	PEAPC	PGIAC	TEV	TMC	E	H	PL	ET
Umidade	1	0,481*	-0,597**	0,223	-0,586*	-0,019	-0,558*	-0,915**	0,835**	-0,821**	-0,886**
PRGP		1	-0,678**	0,26	-0,865**	0,384	-0,600**	-0,531*	-0,545*	-0,420	-0,490*
PEANC			1	-0,02	0,668**	-0,392	0,529*	0,694**	0,631**	0,607**	0,663**
PEAPC				1	-0,512*	-0,433	-0,684**	-0,246	-0,399	-0,032	0,111
PGIAC					1	-0,089	0,683**	0,590**	0,600**	0,453	0,537*
TEV						1	0,018	-0,029	-0,047	-0,133	-0,091
TMC							1	0,709**	0,799**	0,374	0,559*
E								1	0,959**	0,884**	0,967**
H									1	0,813**	0,918**
PL										1	0,973**
ET											1

*p<0,05; **p<0,01

Tabela 17 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica umidade, PRGP (percentagem relativa de grãos em peneira), PEANC (percentagem de absorção antes do cozimento), PEAPC (percentagem de absorção após cozimento), PGIAC (percentagem de grãos inteiros após cozimento), TEV (taxa de expansão volumétrica), TMC (tempo médio de cocção), E (epiderme), H (hipoderme), PL (parênquima lacunoso) e ET (espessura do tegumento), para a cultivar BRSMG Majestoso, ao longo de 210 dias após colheita

BRSMG Majestoso											
	Umidade	PRGP	PEANC	PEAPC	PGIAC	TEV	TMC	E	H	PL	ET
Umidade	1	0,819*	-0,534*	0,155	-0,439	0,178	0,458	-0,824**	-0,747**	-0,868**	-0,866**
PRGP		1	-0,661**	0,203	-0,425	0,296	-0,744**	-0,986**	-0,937**	-0,851**	-0,926**
PEANC			1	0,182	0,342	-0,311	0,499*	0,625**	0,640**	0,640**	0,654**
PEAPC				1	0,185	0,075	-0,468	-0,184	-0,266	-0,083	-0,136
PGIAC					1	-0,55*	0,435	0,445	0,45	0,427	0,447
TEV						1	-0,184	-0,259	-0,249	-0,085	-0,159
TMC							1	0,705**	0,699**	0,500	0,599**
E								1	0,956**	0,897**	0,961**
H									1	0,873**	0,937**
PL										1	0,984**
ET											1

*p<0,05; **p<0,01

Tabela 18 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica umidade, PRGP (percentagem relativa de grãos em peneira), PEANC (percentagem de absorção antes do cozimento), PEAPC (percentagem de absorção após cozimento), PGIAC (percentagem de grãos inteiros após cozimento), TEV (taxa de expansão volumétrica), TMC (tempo médio de cocção), E (epiderme), H (hipoderme), PL (parênquima lacunoso) e ET (espessura do tegumento), para a cultivar BRSMG Madrepérola, ao longo de 210 dias após colheita

BRSMG Madrepérola											
	Umidade	PRGP	PEANC	PEAPC	PGIAC	TEV	TMC	E	H	PL	ET
Umidade	1	0,401	-0,765**	0,347	0,247	0,061	-0,339	-0,732**	-0,747**	-0,680**	-0,728**
PRGP		1	-0,775*	0,439	-0,345	0,159	-0,590**	-0,537*	-0,506*	-0,538*	-0,545**
PEANC			1	-0,3	0,217	-0,266	0,42	0,699**	0,676**	0,719**	0,720**
PEAPC				1	-0,529*	-0,531*	-0,725**	-0,674**	-0,587**	-0,694**	0,684**
PGIAC					1	0,242	0,414	0,215	0,081	0,176	0,181
TEV						1	0,37	0,111	0,115	0,226	0,165
TMC							1	0,703**	0,583*	0,675*	0,688**
E								1	0,938**	0,927**	0,981**
H									1	0,923**	0,963**
PL										1	0,980**
ET											1

*p<0,05; **p<0,01

Tabela 19 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica umidade, PRGP (percentagem relativa de grãos em peneira), PEANC (percentagem de absorção antes do cozimento), PEAPC (percentagem de absorção após cozimento), PGIAC (percentagem de grãos inteiros após cozimento), TEV (taxa de expansão volumétrica), TMC (tempo médio de cocção), E (epiderme), H (hipoderme), PL (parênquima lacunoso) e ET (espessura do tegumento), para a cultivar BRS Notável, ao longo de 210 dias após colheita

BRS Notável											
	Umidade	PRGP	PEANC	PEAPC	PGIAC	TEV	TMC	E	H	PL	ET
Umidade	1	0,645**	-0,659**	-0,009	-0,088	0,175	-0,501*	-0,816**	-0,746**	-0,848**	-0,837**
PRGP		1	-0,216	-0,331	-0,176	-0,09	-0,067	-0,338	-0,345	-0,452	-0,397
PEANC			1	-0,335	0,107	-0,662**	0,759**	0,846**	0,825**	0,769**	0,828**
PEAPC				1	0,700**	0,568*	0,540*	-0,142	-0,069	-0,076	-0,104
PGIAC					1	-0,365	0,432	-0,076	-0,091	-0,024	-0,057
TEV						1	-0,508*	-0,433	-0,440	-0,308	-0,389
TMC							1	0,542*	0,487*	0,561*	0,553*
E								1	0,962**	0,931**	0,986**
H									1	0,895**	0,961**
PL										1	0,976*
ET											1

*p<0,05; **p<0,01

Houve correlação negativa ($p < 0,05$) entre as variáveis umidade e TMC, para as cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo e BRS Notável, indicando que, com maior umidade dos grãos, o TMC será reduzido porque o grão tem mais água para a condutividade térmica.

Correlação negativa foi verificada entre as variáveis PRGP e TMC, para as cultivares BRS Estilo, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, indicando que quanto maior o tamanho do grão, menor é o tempo de cocção. Pois, sendo o grão de maior tamanho, ele tem maior teor de água, o que facilita a condutividade térmica, reduzindo, desse modo, o tempo de cocção.

A PEAPC apresentou correlação negativa ($p \leq 0,01$) com a PGIAC para as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, e correlação positiva com a cultivar BRS Notável. Este resultado indica que, para as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, quanto maior a absorção de água após o cozimento, menor é o número de grãos inteiros após o cozimento. Resultado semelhante foi obtido por Perina et al. (2014) que, ao avaliarem a influência da época de cultivo na qualidade tecnológica de grãos de feijão, obtiveram correlação negativa entre a PEAPC e PGIAC, em diferentes épocas de cultivo. Porém, estes autores concluíram que a seleção precoce baseando-se nas correlações entre as características de qualidade tecnológicas não é expressiva, devido à grande variabilidade entre as diferentes épocas de cultivo.

Para a cultivar BRS Notável verificou-se que o número de grãos inteiros é maior ou menor, quanto maior ou menor for a absorção de água após o cozimento. Esta característica verificada na cultivar BRS Notável é importante no processamento de feijão, doméstico ou industrial, visto que contribui para o aumento do rendimento de processamento.

Verificou-se correlação positiva ($p \leq 0,05$) entre as variáveis PEAPC e TEV para a cultivar BRS Notável, indicando que quanto maior a absorção de água pelos grãos após o cozimento, maior é a sua expansão volumétrica. Este

resultado corrobora a anterior correlação positiva ($p \leq 0,01$) entre PEAPC e PGIAC para a mesma cultivar, mostrando uma característica de grande importância no processamento dos grãos desta cultivar, principalmente quando for utilizada em grandes refeitórios onde se podem obter maiores rendimentos.

Todas as cultivares apresentaram correlação positiva ($p \leq 0,01$) entre as variáveis ET e TMC, indicando que quanto maior for a espessura do tegumento, maior será o tempo de cocção. Foi também verificada correlação positiva ($p \leq 0,01$) entre as diferentes camadas do tegumento e o TMC.

6 CONCLUSÕES

Os grãos das cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRS Notável são os mais susceptíveis ao escurecimento do tegumento e os grãos da cultivar BRSMG Madrepérola os menos susceptíveis.

Os grãos das cultivares com o menor tempo de cocção ao longo do armazenamento são os da cultivar BRS 9435 Cometa e os com maior tempo de cocção, os da cultivar BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, tornando evidente que a maior claridade do tegumento não está relacionada ao menor tempo de cocção.

Os grãos da cultivar BRS 9435 Cometa apresentam as maiores PEAPC e TEV, ao longo do armazenamento.

Na análise de componentes principais, as variáveis TMC, ET, PGIAC, PEANC e TEV são as que mais influenciam a qualidade tecnológica dos grãos de feijão das cultivares avaliadas.

Quanto maior a espessura do tegumento, representado principalmente pelo parênquima lacunoso, maior a PEANC em todas as cultivares.

Quanto maior a umidade e o tamanho do grão, menor é o TMC.

REFERÊNCIAS

ALVES, E.; PERINA, F. J. **Apostila do curso introdutório à microscopia eletrônica de varredura e microanálise de raios x**. Lavras: UFLA, 2012. 63 p. Apostila.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 13th ed. Washington, 2005. 771 p.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 29**, de 8 de junho de 2011. Requisitos Técnicos Obrigatórios ou Recomendados para Certificação de Unidades Armazenadoras em Ambiente Natural e o Regulamento de Avaliação da Conformidade das Unidades Armazenadoras. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_07_06_10_59_53_in_mapa_29_2011.pdf>. Acesso em: 2 out. 2015.

BROUGHTON, W. J. et al. Beans (*Phaseolus* spp.): model food legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

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. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARNEIRO, J. E. S. et al. Cultivar realease - BRSMG madreperola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Santo Antônio de Goiás, v. 12, p. 281-284, maio 2012.

CARVALHO, F. C. et al. Desempenho agrônômico e tecnológico de genótipos de feijão do grupo comercial preto cultivados na época de inverno/primavera em Jaboticabal, SP. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 1, n. 1, p. 100-111, 2012.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura agropecuária do feijão**. Brasília, 2015. 25 p.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Polyphenol and protein interaction and the effect on protein digestibility in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Perola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, abr./jun. 2010.

DI LANARO, N. et al. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 27-35, 2011.

ELSADR, H. T. et al. Characterization of seed coat post harvest darkening in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 123, n. 8, p. 1467-1472, Dec. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Catálogo de cultivo de feijão-comum 2014-2015**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120105/1/CNPAFccf2014.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2015.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 69 p.

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

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES. **IBM SPSS Statistics for Windows**. Version 20.0, released 2011. Armonk, 2011. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21476197>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

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

KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS. **Entendendo o espaço de cor L*a*b***. Disponível em:

<<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

KONZEN, E. R.; TSAI, S. M. Seed coat shininess in *Phaseolus vulgaris*: rescuing a neglected trait by its screening on commercial lines and landraces. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 6, n. 8, p. 113-130, jun. 2014.

LOPES, R. L. T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARQUEZI, M. **Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2013. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARTIN-CABREJAS, M. A. et al. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 3223-3227, 1997.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. S. **Produção alimentícia**. Recife: UFRPE/CODAI, 2011. 78 p.

MENEZES, M. **Aspectos genéticos associados à qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2008. 112 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2008.

NUNES, C. A. et al. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, n. 11, p. 2003-2010, 2012.

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

OLIVEIRA, V. R. et al. Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

OLIVO, F. et al. Espessura do tegumento e qualidade física e fisiológica de sementes de feijão. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 89-88, 2011.

PAREDES-LOPEZ, O. et al. Influence of hardening procedure and soaking solution on cooking quality of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 41, p. 155-164, 1991.

PERINA, E. F. et al. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, mar./abr. 2010.

PERINA, E. F. et al. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 14-22, jan. 2014.

PESKE, S.; PEREIRA, L. A. G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 1/2, p. 23-24, 1983.

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

PLHAK, L. C.; CALDWELL, K. B.; STANLEY, D. W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 2, p. 326-329, 1989.

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

RESENDE, O. et al. Avaliação qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, mar./abr. 2008.

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

RIBEIRO, N. D.; POERSCH, L. S. N. 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, out. 2008.

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, dez. 2003. Suplemento.

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

ROCKLAND, L. B.; JONES, F. T. Scanning electron microscopy studies on dry beans: effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lima beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, p. 342-346, 1974.

RODRIGUES, J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, jan./fev. 2005.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coord.). **A cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 543-558.

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. 92 p. Dissertation (Master in Grain Science and Industry) - Kansas State University, Manhattan, 1982.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, G. S. **Controle genético do escurecimento precoce de grãos de feijão tipo carioca**. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SILVA, M. M. da et al. Physiological quality and seed storage of common bean grown in the north of Minas Gerais. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 97-103, jan./abr. 2014.

SIQUEIRA, B. S. **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão carioca: aspectos bioquímicos e tecnológicos.** 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SIQUEIRA, B. S. et al. Influence of storage on darkening and hardening of slow-and regular-darkening carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 87-104, 2014.

WANDER, A. E. Socioeconomia. In: RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GUILHERME, S. R. (Org.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira: 2015-2017.** Lavras: FUNDEC, 2014. p. 15-15.

YOUSIF, A. M. Soybean grain storage adversely affects grain testa color, texture and cooking quality. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 37, n. 1, p. 18-28, Feb. 2014.

CAPÍTULO 3

QUALIDADE DO COZIMENTO DOS GRÃOS DE CINCO CULTIVARES DE FEIJÃO ARMAZENADOS EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE COCÇÃO

RESUMO

O consumo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é feito após processamento térmico, o qual permite a inativação de inibidores de proteases, garantindo a digestibilidade de proteínas, como também a gelatinização do amido, o sabor, a textura macia e a produção de caldo viscoso. Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a resistência à força de compressão, o teor de sólidos totais, a viscosidade e a cor do caldo de cozimento dos grãos de feijão armazenados, à temperatura ambiente, por 210 dias após a colheita, das cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável, quando cozidos por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson. Avaliou-se também a correlação entre a cor (L^*) do tegumento do grão cru e a cor (L^*) do caldo de cozimento ao longo do armazenamento. O teor de sólidos totais e viscosidade do caldo de cozimento e a resistência à força de compressão são afetados pelo tempo de armazenamento e pelo tempo de cocção dos grãos cozidos na panela de pressão. A resistência à força de compressão reduz com o aumento do armazenamento e com o aumento do tempo de cocção, quando os grãos são cozidos pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson, em todas as cultivares e aumenta quando cozidos por 20 minutos. A viscosidade do caldo de cozimento e o teor de sólidos totais aumentam com o armazenamento e com o aumento do tempo de cocção, quando os grãos são cozidos pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson, para todas as cultivares e reduzem quando cozidos por 20 minutos. A claridade do caldo de cozimento reduz, em todas as cultivares, com o aumento do tempo de armazenamento, nos dois cozimentos. Há correlação positiva entre a claridade do tegumento e a do caldo de cozimento do feijão cozido por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Cozimento na panela de pressão. Sólidos totais. Viscosidade do caldo de cozimento. Textura. Feijão cozido. Cor do caldo de cozimento.

ABSTRACT

The consumption of the bean (*Phaseolus vulgaris L.*) is performed after heat processing, which allows the inactivation of protease inhibitors, ensuring the digestibility of proteins, as well as the gelatinization of starch, flavor, soft texture and the production of viscous broth. The objective of the present study was to evaluate the resistance to compressive force, the total solids content, viscosity and the cooking broth color of beans stored at room temperature for 210 days after crop, the cultivars: BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola and BRS Notável, when boiled for 20 minutes and the cooking time determined by the Mattson cooked. It is also evaluated the correlation between the color (L^*) of the integument of the raw grain and color (L^*) of the water cooking during storage. The total solids content and viscosity of the cooking broth and the resistance to compression are affected by storage time and the cooking time of the grains cooked in a pressure cooker. The resistance to compression strength reduces with the increase of storage and increasing the cooking time when the grains are cooked by the cooking time determined by Mattson cooker, in all cultivars and increases when cooked for 20 minutes. The viscosity of the cooking broth and total solids increase during storage and increasing the cooking time, when grains are cooked by the time obtained by Mattson cooker for all cultivars and decreased when cooked for 20 minutes. There is a positive correlation between the brightness of the seed coat and bean broth cooked for 20 minutes and the bean broth cooked for the cooking time determined by Mattson cooker.

Keywords: *Phaseolus vulgaris L.* Cook in the pressure cooker. Total solids. Viscosity of the cooking broth. Texture. Cooked beans. Cooking broth color.

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), um alimento tradicional e muito consumido, constitui um dos principais componentes da dieta alimentar brasileira, fornecendo proteínas, minerais e carboidratos (BRASIL, 2012).

O seu consumo é feito após processamento térmico, que permite a inativação de inibidores de proteases, garantindo a digestibilidade de proteínas (ANTUNES et al., 1995). Além disso, o cozimento proporciona aos grãos de feijão a gelatinização do amido, o sabor, a textura macia e a produção de caldo viscoso (BRESSANI, 1989; SGARBIERI, 1987).

Os principais constituintes dos grãos de feijão são os carboidratos, em que 22% a 45% representam o teor de amido, na base seca (HOOVER; SOSULSKI, 1991). Os grânulos de amido são formados de moléculas de amilose, com estrutura linear e moléculas de amilopectina, com estrutura ramificada. O amido de feijão tem alto teor de amilose, o que faz com que tenha maior tendência à retrogradação (HOOVER et al., 2010; ZEEMAN; KOSSMANN; SMITH, 2011). Este polissacarídeo tem a função de, entre várias outras, fornecer textura e sólidos em suspensão e servir de espessante (SMITH, 1982).

Vários autores relatam que a aceitabilidade ao consumo de feijão é determinada pela qualidade dos grãos, que depende, dentre várias características tecnológicas, do reduzido tempo de cozimento, do teor de sólidos solúveis e da viscosidade do caldo de cozimento, da cor do tegumento e do caldo de cozimento. Estas características podem ser alteradas durante o armazenamento e são dependentes das características dos grãos (RESENDE et al., 2008; REYES-MORENO; PAREDES-LÓPES; GONZALEZ, 1993).

O tempo de cozimento afeta os grãos de feijão quanto à ruptura dos mesmos e à viscosidade do caldo de cozimento. O cozimento dos grãos de feijão por 20 a 25 minutos, em panela de pressão doméstica, possibilita a identificação de cultivares de feijão com melhor perfil sensorial (OLIVEIRA et al., 2013).

Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar a resistência à força de compressão, o teor de sólidos totais, a viscosidade e a cor do caldo de cozimento dos grãos de feijão das cultivares BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável, quando cozidos por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson, armazenados à temperatura ambiente por 210 dias após a colheita, além de avaliar a correlação entre a cor (L^*) do tegumento do grão cru e a cor (L^*) do água de cozimento, ao longo do armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Armazenamento

Os grãos de cada cultivar foram colocados em sacos de papel tipo kraft (600 g por repetição) sobre estrados e armazenados, em temperatura e umidade ambiente, registradas a cada 15 dias, utilizando-se um termo-higrômetro digital (modelo 7429.02.0.00, marca Incoterm, Brasil), numa sala medindo 5x2 m, onde havia entrada de luz natural. A temperatura média ao longo do armazenamento foi de 25,3 °C e a umidade relativa média foi de 69,6%.

2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com grãos de feijão de cinco cultivares (BRS 9435 Cometa, BRS Estilo, BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola e BRS Notável), em seis tempos de armazenamento (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a colheita, dac), em temperatura ambiente, no esquema fatorial 5x6, com três repetições.

2.3 Preparo das amostras

Para a obtenção das amostras para as análises da cor do caldo, sólidos totais, viscosidade do caldo de cozimento e a resistência à força de compressão (textura) dos grãos de feijão das cinco cultivares cozidos na panela de pressão (por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção determinado pelo cozedor de Mattson), procedeu-se à preparação das amostras da seguinte forma:

- a) **Grãos cozidos na panela de pressão pelo tempo médio de cocção determinado pelo cozedor de Mattson:** para a obtenção do tempo médio de cocção, a análise foi realizada seguindo o método proposto por Proctor e Watts (1987) e Sartori (1982). Foram utilizados, aproximadamente, 30 g de grãos uniformes e inteiros. Estes grãos foram colocados em embebição em 100 mL de água destilada, por 16 horas, à temperatura ambiente; 25 grãos foram escolhidos aleatoriamente e colocados no Cozedor de Mattson (cada grão é colocado individualmente em uma cavidade do aparelho e sob uma vareta de metal de 90 g e 1,48 mm de diâmetro de ponta). Foram aquecidos 1.000 mL de água destilada até a fervura, num recipiente de alumínio com capacidade para 3.000 mL. Em seguida foi colocado o cozedor, já preparado com os grãos, no recipiente de alumínio, cronometrando-se o tempo de cozimento das amostras, em minutos, pela queda da décima terceira vareta, perfurando, desse modo, os grãos, obtendo-se, assim, os tempos médios de cocção para cada cultivar (Tabela 1). Após a obtenção dos tempos de cocção, procedeu-se ao cozimento na panela de pressão, cujos valores, em minutos, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Valores médios* do tempo médio de cocção (TMC), em minutos, determinados pelo cozedor de Mattson de grãos de feijão de cada cultivar, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	TMC (minutos)						Média
	Dias após a colheita (dac)						
	60	90	120	150	180	210	
Co	19,47	25,33	31,61	27,69	42,59	47,99	32,45
Es	21,17	35,17	40,53	49,10	78,63	90,33	52,49
Mj	20,02	27,79	29,47	33,93	56,41	60,56	38,03
Mp	22,45	35,35	40,51	46,63	80,72	85,96	51,94
No	26,92	35,85	36,83	35,94	49,73	56,93	40,37
Média	22,01	31,90	35,79	38,66	61,62	68,35	

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável. *Média de três observações

O cozimento foi realizado utilizando-se uma amostra com, aproximadamente, de 100 g de grãos crus macerados em béquer com capacidade de 600 mL, contendo 400 mL de água destilada, por 16 horas. Após esse período, descartou-se a água de maceração e os grãos macerados foram colocados em uma panela de pressão com capacidade de 4,5 L. Também adicionaram-se 500 mL de água destilada (essa quantidade de água aumentava 100 mL a cada período de armazenamento) e levou-se ao aquecimento em um fogão, no qual a contagem do tempo médio de cocção determinado pelo cozedor de Mattson iniciou-se após o início da pressão. Após esse tempo, separou-se o caldo de cozimento dos grãos com o auxílio de uma peneira metálica com 0,70 mm de abertura, sendo coletado em béquer de 250 mL.

- b) **Grãos cozidos na panela de pressão por 20 minutos:** o cozimento foi realizado utilizando-se uma amostra com, aproximadamente, de 100 g de grãos crus e colocou-se em maceração em béquer com

capacidade de 600 mL, contendo 400 mL de água destilada, por 16 horas. Após esse período, descartou-se a água de maceração, os grãos macerados foram colocados em uma panela de pressão com a capacidade de 4,5 L, adicionaram-se 500 mL de água destilada e levou-se ao aquecimento em um fogão, tendo a contagem do tempo de 20 minutos iniciado-se após o início da pressão. Depois disso, separou-se do caldo de cozimento dos grãos com o auxílio de uma peneira metálica com 0,70 mm de abertura, sendo coletado em béquer 250 mL.

2.4 Análises realizadas

2.4.1 Resistência à força de compressão

A resistência à força de compressão dos grãos de feijão, medida em Newton (N), foi analisada por meio do analisador de textura da Stable Micro Systems, utilizando-se o Texturômetro TA. XTPlus, seguindo a metodologia descrita por Barros (2006). Foram selecionados 10 grãos cozidos e inteiros e submetidos à força de compressão a 70% da altura inicial, a uma velocidade constante de 2 mm s^{-1} , utilizando-se um cilindro de alumínio com 2 mm de diâmetro.

2.4.2 Teor de sólidos totais

Para a determinação do teor de sólidos totais foi retirada uma alíquota de 10 mL do caldo de cozimento dos grãos de feijão em placa de Petri de peso conhecido e seco em estufa com circulação de ar forçado, a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$, até peso constante. Em seguida, a placa de Petri foi novamente pesada e calculado o teor

de sólidos totais do caldo de cozimento, de acordo com a equação 1 (SARTORI, 1982):

$$SSTc (\%) = \frac{[(\text{peso da placa de Petri} + \text{resíduo seco}) - (\text{peso da placa de Petri})] \times 100}{\text{Aliquota}} \quad \text{equação 1.}$$

2.4.3 Viscosidade do caldo de cozimento

A viscosidade foi determinada utilizando-se um reômetro rotacional de cilindros concêntricos Brookfield DVIII Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA), acoplado ao cilindro do reômetro que continha 6,7 mL da amostra, ao banho termostato Brookfield (Brookfield Engineering Laboratories – Modelo EX 200) para estabilização da temperatura de 30 °C (temperatura de análise). As amostras foram submetidas a uma taxa de deformação crescente que variou linearmente de 3,3 a 61,2 s⁻¹, durante 6 minutos de ensaio, de onde foram obtidos 12 pontos. O *spindle* utilizado foi SC4-18 (11,76 mm de diâmetro e 30,68 mm de comprimento). Por meio dos parâmetros do modelo Herschel-Bulkley, foi determinada a viscosidade aparente do caldo de cozimento dos grãos de feijão das cinco cultivares por meio da equação 2.

$$\eta_a = K_H (\dot{\gamma})^{n_H - 1} + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} \quad \text{equação 2}$$

em que η_a - viscosidade aparente (Pa.s); K_H - índice de consistência (Herschel-Bulkley) (Pa.s); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹); n_H - índice de comportamento de fluido (Herschel-Bulkley); τ_0 - tensão de cisalhamento inicial (Pa).

2.4.4 Cor do caldo de cozimento

Por meio do colorímetro de bancada Minolta, modelo Chroma Meter CR-400, foram determinados os parâmetros CIE $L^*a^*b^*$ do caldo de cozimento. A coordenada L^* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca) (BRACKMANN et al., 2002). As amostras foram colocadas em uma placa de Petri de vidro, com 4,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura. Estes valores foram obtidos considerando-se o valor médio de três leituras.

2.5 Análise estatística

Após a obtenção dos dados, fez-se a análise de variância. Fez-se o agrupamento de médias de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade, quando se registou o efeito significativo entre as cultivares, agrupando-as em semelhantes e diferentes (FERREIRA, 2000). E, quando o efeito significativo foi no tempo de armazenamento, fez-se a descrição das variáveis em estudo por meio de análise de regressão (PIMENTEL-GOMES, 2009). Para as análises, utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.4 (FERREIRA, 2000). Fez-se, ainda, a análise de correlação de Pearson por meio do programa IBM SPSS Statistics 20 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES - IBM, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resistência à força de compressão

Ao se comparar a resistência dos grãos à força de compressão (Tabela 2) em cada tempo de armazenamento, para a cultivar BRS 9435 Cometa, observa-se que, aos 60, 90 e 150 dac, os dois cozimentos na panela de pressão, por 20 minutos e pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson (cozimento pelo Mattson), não apresentaram diferenças entre si ($p > 0,05$). Nos restantes períodos de armazenamento, os dois cozimentos mostraram diferenças entre si ($p \leq 0,05$), tendo o cozimento pelo Mattson apresentado menor resistência à força de compressão, indicando que os grãos apresentavam-se mais macios. De modo geral, todas as cultivares apresentaram este comportamento, ou seja, nos primeiros dois tempos de armazenamento, não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) quanto à resistência à força de compressão, nos dois cozimentos. A partir dos 120 dac, até o final do armazenamento, os dois cozimentos diferiram entre si e o cozimento pelo Mattson apresentou os menores valores (Tabela 2).

Tabela 2 Valores da resistência à força de compressão dos grãos de feijão de cada cultivar cozidos na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção obtido pelo cozedor de Mattson, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Resistência dos grãos à força de compressão (N)													
	60 dac		90 dac		120 dac		150 dac		180 dac		210 dac		Média	
	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson
Co	15,13 Aa	19,81 Ab	16,03 Aa	14,82 Ab	16,42 Aa	10,93 Bb	18,43 Aa	13,15 Aa	26,26 Ab	12,33 Ba	38,10 Ab	10,18 Ba	21,73 Aa	13,54 Ab
Es	20,08 Ba	23,45 Aa	20,45 Aa	13,41 Bb	22,14 Aa	14,51 Bb	28,81 Aa	14,49 Aa	37,83 Aa	13,93 Ba	49,77 Aa	10,65 Ba	29,85 Aa	15,07 Bb
Mj	17,73 Aa	26,87 Aa	20,90 Aa	26,37 Aa	22,68 Aa	20,26 Aa	23,49 Aa	19,00 Ba	27,63 Ab	16,08 Ba	46,91 Aa	13,08 Ba	26,56 Aa	20,28 Aa
Mp	20,45 Aa	22,05 Aa	21,43 Aa	16,25 Ab	22,92 Aa	15,62 Ab	28,30 Aa	17,67 Ba	38,55 Aa	14,33 Ba	49,93 Aa	11,29 Ba	30,26 Aa	16,20 Bb
No	18,07 Aa	17,56 Ab	20,55 Aa	19,38 Ab	22,05 Aa	10,85 Bb	25,97 Aa	16,94 Aa	31,97 Ab	15,44 Ba	45,60 Aa	10,08 Ba	27,27 Aa	15,04 Bb
Média	18,29 A	21,95 A	19,87 A	18,05 A	21,24 A	14,43 B	25,00 A	16,25 B	32,45 A	14,42 B	46,06 A	11,06 B		
CV (%) 20 min														19,04
CV (%) Mattson														18,06

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelos testes de F e de Scott-Knott, respectivamente, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; dac = dias após a colheita; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson; CV = coeficiente de variação

Na média geral, os grãos de feijão das cultivares que não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) entre os dois cozimentos foram os das cultivares BRS 9435 Cometa e BRSMG Majestoso. Este resultado pode estar associado aos menores tempos médios de cocção obtidos para estas cultivares (32,45 minutos para BRS 9435 Cometa e 38,03 minutos para BRSMG Majestoso), que obtiveram menores diferenças do tempo médio de cocção em comparação com as demais cultivares, em relação ao cozimento em 20 minutos.

Na comparação entre as cultivares na média geral, nota-se que, no cozimento por 20 minutos, as cultivares não diferiram entre si ($p > 0,05$), quanto à resistência à força de compressão, e, no cozimento pelo Mattson, houve diferenças entre elas ($p \leq 0,05$), com a formação de dois grupos. Neste caso, a cultivar BRSMG Majestoso diferiu das demais, apresentando maior resistência à força de compressão.

Ao avaliar a média geral de cada tempo de armazenamento (Tabela 2), verifica-se que, aos 60 e 90 dac, os dois cozimentos não diferiram entre si ($p > 0,05$). A partir dos 120 dac até aos 210 dac, os cozimentos apresentaram diferenças ($p \leq 0,05$), tendo o cozimento pelo Mattson apresentado menor resistência à força de compressão.

Na análise do efeito do tempo de armazenamento sobre a resistência dos grãos à força de compressão, nota-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) no aumento da resistência à força de compressão dos grãos para o cozimento por 20 minutos e redução para o cozimento pelo Mattson, o que pode estar associado à maior permanência dos grãos sob alta temperatura e pressão (Figura 1). Segundo Toledo e Cannitti-Brazaca (2008), a pressão à alta temperatura, associada ao cozimento em panela de pressão, altera as estruturas das fibras, causando sua maior degradação, levando à alteração das características da resistência à força de compressão.

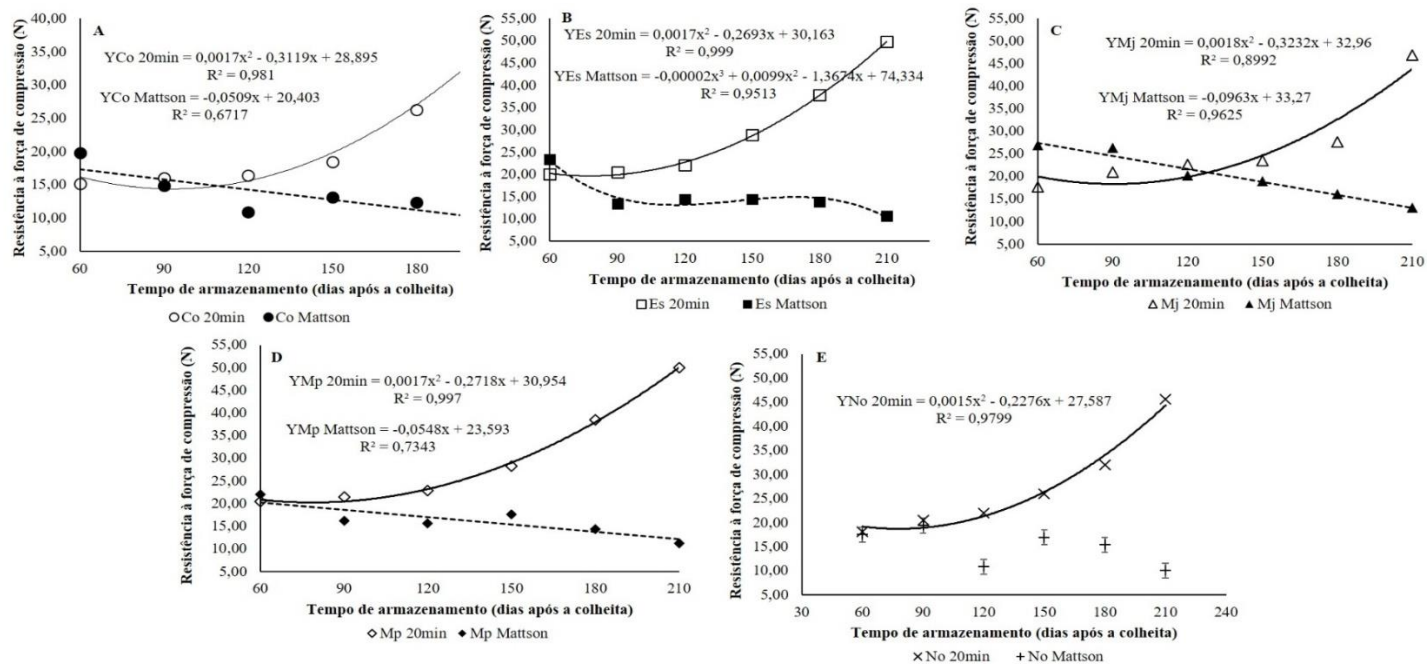


Figura 1 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação da resistência à força de compressão dos grãos de feijão por cultivar, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson. A = cultivar BRS 9435 Cometa; B = cultivar BRS Estilo; C = cultivar BRSMG Majestoso; D = cultivar BRSMG Madrepérola; E = cultivar BRS Notável

Siqueira et al. (2013), ao avaliarem como diferentes métodos de cozimento afetam a resistência à força de compressão dos grãos de feijão carioca, cultivar Pérola recém-colhido e armazenado por sete meses, verificaram que, com o aumento do tempo de cocção de 30 a 60 minutos, a resistência à compressão reduziu, tanto no cozimento na chapa aquecedora, quanto na autoclave e em banho-maria.

3.2 Teor de sólidos totais

O teor de sólidos totais no caldo de cozimento do feijão cozido por 20 minutos e pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson (cozimento pelo Mattson), das cinco cultivares estudadas ao longo dos 210 dac (dias após a colheita) estão apresentados na Tabela 3.

Nota-se, para todas as cultivares, de modo geral, aos 60 e 90 dac, que o teor de sólidos totais no caldo de cozimento não diferiu quanto aos métodos cozimento. A partir dos 120 dac até ao final do período de armazenamento, observou-se que o teor de sólidos totais no caldo de cozimento foi maior quando os grãos foram cozidos pelo Mattson, em todas as cultivares.

Estes resultados podem estar associados ao maior tempo em que as amostras permaneceram no cozimento na panela de pressão, o que pode ter contribuído para o maior rompimento dos grãos e, por via disso, a maior liberação dos componentes do grão, como o amido, para o caldo de cozimento.

Tabela 3 Valores da percentagem de sólidos totais no caldo de cozimento de grãos de feijão de cada cultivar cozido na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção obtido pelo cozedor de Mattson, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Sólidos totais no caldo de cozimento (%)													
	60 dac		90 dac		120 dac		150 dac		180 dac		210 dac		Média	
	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson
Co	4,68 Aa	3,79 Aa	4,28 Aa	3,86 Aa	3,96 Aa	4,08 Ab	3,74 Aa	4,01 Ab	3,34 Ba	4,98 Ab	3,00 Ba	5,82 Ab	3,83 Aa	4,42 Ab
Es	4,65 Aa	3,60 Aa	3,66 Aa	3,98 Aa	2,52 Bc	4,01 Ab	2,40 Bb	4,42 Ab	1,83 Bb	5,39 Ab	2,15 Ba	6,46 Ab	2,87 Bb	4,65 Ab
Mj	2,52 Ab	2,02 Ab	2,85 Ab	2,16 Ab	2,13 Ac	2,38 Ac	2,14 Bb	2,45 Ac	1,86 Bb	2,87 Ad	2,08 Ba	3,87 Ad	2,26 Ac	2,62 Ad
Mp	4,73 Aa	3,81 Aa	3,59 Aa	3,86 Aa	3,20 Bb	5,22 Aa	2,85 Bb	5,81 Aa	2,18 Bb	6,81 Aa	2,26 Ba	7,40 Aa	3,14 Bb	5,48 Aa
No	3,18 Ab	3,72 Aa	3,05 Ab	3,92 Aa	2,98 Ab	4,01 Ab	2,49 Bb	4,05 Ab	2,23 Bb	4,08 Ac	2,56 Ba	5,11 Ac	2,75 Bb	4,15 Ac
Média	3,95 A	3,39 A	3,49 A	3,56 A	2,96 B	3,94 A	2,72 B	4,15 A	2,29 B	4,83 A	2,41 B	5,73 A		
CV (%) 20 min								15,98						
CV (%) Mattson								12,12						

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelos testes de F e de Scott-Knott, respectivamente, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; dac = dias após a colheita; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson; CV = coeficiente de variação

Constatação similar foi feita por Perina et al. (2010), ao avaliarem genótipos cultivados em três épocas distintas e verificaram que, quando o tempo de cozimento foi menor e a percentagem de grãos inteiros foi maior, o teor de sólidos no caldo de cozimento foi menor. Quando o tempo de cozimento foi superior, os autores verificaram maior teor de sólidos no caldo de cozimento, devido à maior presença de grãos partidos, o que permitiu a liberação de sólidos para o caldo de cozimento.

Na Tabela 3 pode-se, ainda, observar a comparação do teor de sólidos totais no caldo de cozimento do feijão cozido por 20 minutos e pelo Mattson, na média geral entre as cinco cultivares estudadas. No cozimento por 20 minutos, a cultivar BRS 9435 Cometa apresentou o maior teor de sólidos totais no caldo de cozimento, seguida das cultivares BRS Estilo, BRSMG Madrepérola e BRS Notável, que não diferiram entre si ($p < 0,05$), e com menor teor de sólidos totais, a cultivar BRSMG Majestoso. Já no cozimento pelo Mattson, a cultivar BRSMG Madrepérola apresentou o maior teor de sólidos totais, seguida das cultivares BRS Estilo e BRS 9435 Cometa, que não diferiram entre si ($p < 0,05$) e, com menor teor de sólidos totais, a cultivar BRSMG Majestoso. Nota-se aqui que tanto no cozimento por 20 minutos quanto pelo Mattson, a cultivar BRSMG Majestoso foi a que apresentou o menor teor de sólidos totais no caldo, ou seja, seu caldo de cozimento é menos denso ou encorpado. Este resultado pode estar associado à maior percentagem de grãos inteiros após a cocção (98 %) desta cultivar ao longo do armazenamento.

Os elevados teores de sólidos totais no caldo de cozimento da cultivar BRSMG Madrepérola no cozimento pelo Mattson podem estar associados ao seu maior tempo médio de cocção obtido. O maior tempo médio de cocção associado ao cozimento na panela de pressão ocasionou a maior quebra dos grãos, facilitando a passagem dos componentes do grão, como o amido, para o meio de cocção.

Na análise do efeito do tempo de armazenamento no teor de sólidos totais no caldo de cozimento dos grãos das cinco cultivares (Figura 2), nota-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) na redução do teor de sólidos totais em todas as cultivares, para o cozimento por 20 minutos e aumento no cozimento pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E).

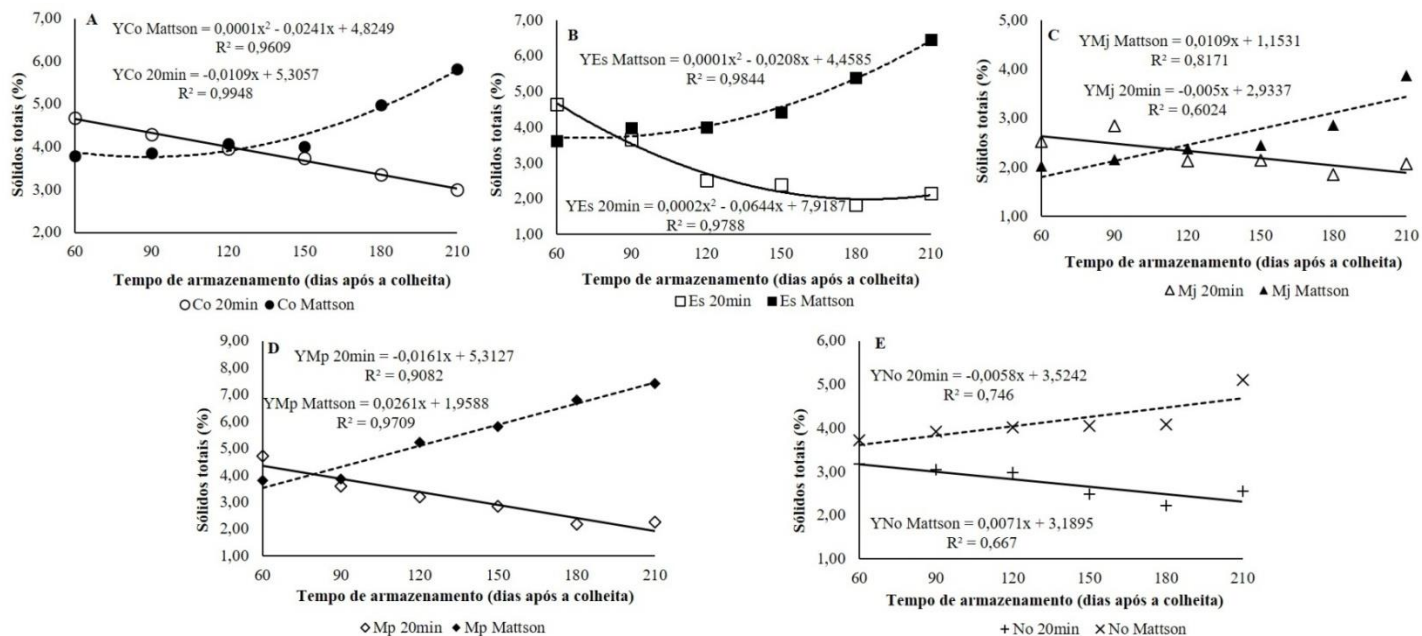


Figura 2 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação da percentagem de sólidos totais no caldo de cozimento de feijão, por cultivar, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson. A = cultivar BRS 9435 Cometa; B = cultivar BRS Estilo; C = cultivar BRSMG Majestoso; D = cultivar BRSMG Madrepérola; E = cultivar BRS Notável

3.3 Viscosidade do caldo de cozimento

A comparação de médias dos resultados da viscosidade aparente do caldo de cozimento dos grãos de feijão das cinco cultivares, cozidas na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson (cozimento pelo Mattson), é apresentada na Tabela 4.

Estes dados de viscosidade aparente representam a viscosidade do caldo de cozimento quando a taxa de deformação é de 50 s^{-1} , que corresponde à taxa de deformação aproximada percebida quando um alimento é colocado na boca (KRUMEL; SAHAR, 1975).

Ao comparar a viscosidade aparente, na média geral, entre os dois cozimentos, observa-se que todas as cultivares apresentaram diferenças entre a viscosidade ($p \leq 0,05$) nos dois cozimentos, sendo a viscosidade pelo Mattson a maior, com exceção da cultivar BRSMG Majestoso, que não diferiu ($p > 0,05$) nos dois cozimentos.

Quando feita a comparação da viscosidade do caldo de cozimento entre as cultivares no cozimento por 20 minutos, observa-se que o caldo de cozimento da cultivar BRS 9435 Cometa apresentou a maior viscosidade aparente, ou seja, seu caldo de cozimento apresentou-se mais encorpado, e as cultivares BRS Estilo e BRSMG Majestoso, as menores viscosidades. Já na viscosidade pelo Mattson, a cultivar BRSMG Madrepérola diferiu ($p \leq 0,05$) das restantes com a maior viscosidade e a cultivar BRSMG Majestoso, com a menor viscosidade (Tabela 4).

Tabela 4 Valores da viscosidade aparente do caldo de cozimento dos grãos de feijão de cada cultivar cozido na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção obtido pelo cozedor de Mattson, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Viscosidade aparente(Pa.s) do caldo de cozimento													
	60 dac		90 dac		120 dac		150 dac		180 dac		210 dac		Média	
	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson
Co	0,0033 Ac	0,0036 Aa	0,0033 Aa	0,0037 Aa	0,0033 Aa	0,0044 Aa	0,0032 Aa	0,0046 Ab	0,0024 Aa	0,0046 Ab	0,0020 Ba	0,0048 Ab	0,0029 Ba	0,0043 Ac
Es	0,0031 Ac	0,0020 Ab	0,0019 Ac	0,0026 Ab	0,0015 Bc	0,0042 Aa	0,0019 Bc	0,0048 Ab	0,0010 Bc	0,0049 Ab	0,0011 Bb	0,0053 Ab	0,0018 Bc	0,0040 Ac
Mj	0,0024 Ad	0,0015 Ab	0,0016 Ac	0,0018 Ab	0,0014 Bc	0,0018 Ab	0,0016 Ac	0,0018 Ac	0,0012 Bc	0,0019 Ac	0,0013 Bb	0,0025 Ac	0,0016 Ac	0,0019 Ad
Mp	0,0065 Aa	0,0047 Ba	0,0026 Ab	0,0041 Aa	0,0021 Bb	0,0049 Aa	0,0023 Bc	0,0069 Aa	0,0015 Bc	0,0086 Aa	0,0014 Bb	0,0088 Aa	0,0027 Bb	0,0063 Aa
No	0,0043 Aa	0,0025 Bb	0,0033 Ba	0,0047 Aa	0,0021 Bb	0,0051 Aa	0,0025 Bb	0,0065 Aa	0,0018 Bb	0,0070 Aa	0,0017 Ba	0,0074 Aa	0,0026 Bb	0,0055 Ab
Média	0,0039 A	0,0029 A	0,0025 A	0,0034 A	0,0021 B	0,0041 A	0,0023 B	0,0049 A	0,0016 B	0,0054 A	0,0015 B	0,0058 A		
CV (%) 20 min														15,53
CV (%) Mattson														23,52

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelos testes de F e de Scott-Knott, respectivamente, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; dac = dias após a colheita; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson; CV = coeficiente de variação

Ao avaliar as médias gerais de cada tempo de armazenamento quanto aos dois cozimentos, observa-se que, aos 60 e 90 dac, a viscosidade aparente não diferiu ($p \leq 0,05$) quando o feijão foi cozido por 20 minutos ou pelo Mattson. As diferenças foram observadas a partir dos 120 dac até os 210 dac, em que o cozimento pelo Mattson proporcionou maior viscosidade (Tabela 4).

A maior viscosidade do caldo de cozimento dos grãos de feijão, quando cozidos em panela de pressão pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson em relação ao cozido por 20 minutos, pode estar associada à maior perda de sólidos totais dos grãos para o meio de cozimento, como resultado do maior tempo de cozimento que ocasionou maior rompimento dos grãos.

Segundo Telis-Romero (1992), a redução de água no meio de cozimento para a lubrificação intermolecular, bem como a formação de hidratos pelos íons e moléculas, faz com que a viscosidade aumente com a elevação da concentração, devido ao aumento do atrito e à formação de agregados.

Na análise do efeito do tempo de armazenamento na viscosidade do caldo de cozimento dos grãos de feijão das cinco cultivares (Figura 3), nota-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) na redução da viscosidade em todas as cultivares, quando cozidas por 20 minutos na panela de pressão. Já para o cozimento pelo Mattson, o efeito foi significativo ($p \leq 0,05$) no aumento da viscosidade com o aumento do período de armazenamento em todas as cultivares, com exceção das cultivares BRS 9435 Cometa e BRSMG Majestoso, em que os dados experimentais não se adequaram aos modelos matemáticos avaliados.

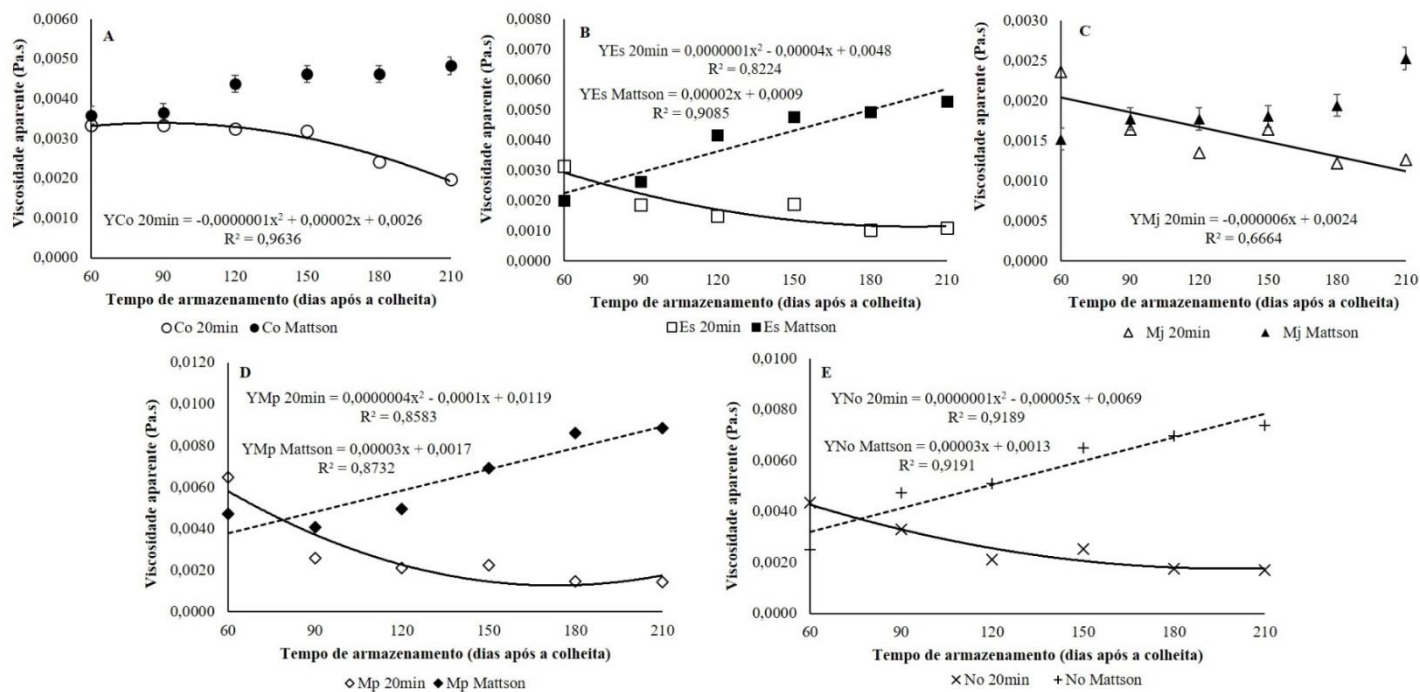


Figura 3 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação da viscosidade aparente do caldo de cozimento dos grãos de feijão, por cultivar, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson. A = cultivar BRS 9435 Cometa; B = cultivar BRS Estilo; C = cultivar BRSMG Majestoso; D = cultivar BRSMG Madrepérola; E = cultivar BRS Notável

3.4 Cor do caldo de cozimento

Comparando-se a coloração do caldo de feijão cozido na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo de cozimento determinado pelo cozedor de Mattson (cozimento pelo Mattson), quanto à variável claridade (L^*), pode-se observar, para a cultivar BRS 9435 Cometa (Tabela 5), que, para cada tempo de armazenamento, não houve diferença ($p > 0,05$) nos dois tipos de cozimento, com exceção do tempo 120 dac, quando o cozimento por 20 minutos apresentou maior valor de L^* , indicando coloração mais clara em relação ao cozimento pelo Mattson, o que poderá estar associado ao menor tempo em que a amostra permaneceu no cozimento.

Na análise da regressão de L^* , para a cultivar BRS 9435 Cometa (Figura 4A), pode-se notar que houve uma redução ao longo do armazenamento, o que evidencia o escurecimento ou a perda de claridade do caldo como consequência do escurecimento do tegumento dos grãos de feijão. Os dados experimentais não se adequaram aos modelos matemáticos avaliados para o cozimento por 20 minutos.

Para a cultivar BRS Estilo (Tabela 5), aos 90 e 210 dac, não houve diferença ($p > 0,05$) entre os dois cozimentos, assim como na média geral. Aos 60, 120, 150 e 180 dac, os dois cozimentos apresentaram diferenças entre si ($p \leq 0,05$), em que o cozimento por 20 minutos apresentou maiores valores de L^* , o que indica maior claridade do caldo de cozimento, com exceção do período 60 dac, no qual o cozimento pelo Mattson mostrou-se com maior L^* .

Na análise do efeito do tempo de armazenamento sobre o L^* da cultivar BRS Estilo, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) na redução do L^* para o cozimento pelo Mattson (Figura 4B). Para o cozimento por 20 minutos, não houve tendência de redução ou aumento e os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático.

Tabela 5 Valores médios da claridade (L*) do caldo de cozimento de feijão de cada cultivar cozido na panela de pressão por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção obtido pelo cozedor de Mattson, em cada tempo de armazenamento

Cultivar	Cor do caldo (L*) de cozimento													
	60 dac		90 dac		120 dac		150 dac		180 dac		210 dac		Média	
	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson	20 min	Mattson
Co	40,77 Ab	41,73 Aa	39,64 Ab	38,78 Aa	41,01 Aa	39,46 Ba	40,10 Aa	39,45 Aa	39,35 Aa	37,17 Aa	38,07 Aa	35,37 Aa	39,82 Aa	38,66 Ab
Es	38,72 Bb	41,10 Aa	44,09 Aa	39,53 Aa	40,71 Aa	37,16 Ba	41,18 Aa	37,10 Ba	38,60 Aa	35,70 Ba	37,39 Aa	32,29 Aa	40,12 Aa	37,15 Ac
Mj	43,49 Ba	44,06 Aa	43,26 Aa	41,11 Ba	41,63 Aa	42,04 Ab	41,30 Aa	40,76 Aa	39,39 Aa	38,15 Aa	38,70 Aa	36,22 Aa	41,30 Aa	40,39 Aa
Mp	43,16 Aa	35,98 Bb	37,97 Ab	34,22 Bb	36,90 Bb	44,42 Ab	37,94 Ab	38,63 Aa	36,00 Ab	36,23 Aa	35,88 Aa	34,43 Aa	37,98 Ab	37,32 Ac
No	38,95 Bb	41,71 Aa	40,49 Ab	39,91 Aa	41,96 Aa	40,05 Ba	41,61 Aa	37,64 Ba	40,61 Aa	37,12 Ba	39,22 Aa	34,66 Aa	40,47 Aa	38,52 Ab
Média	41,02 A	40,92 A	41,09 A	38,71 A	40,44 A	40,63 A	40,43 A	38,72 A	38,79 A	36,87 A	37,85 A	34,59 B		
CV (%) 20 min														3,60
CV (%) Mattson														5,35

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelos testes de F e de Scott-Knott, respectivamente, a 5% de significância. Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; dac = dias após a colheita; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson; CV = coeficiente de variação

A cultivar BRSMG Majestoso apresentou diferença ($p \leq 0,05$) no parâmetro L^* entre os dois cozimentos, aos 60 dac e 90 dac. A partir dos 120 dac, até o final do armazenamento, os dois cozimentos não apresentaram diferenças entre eles (Tabela 5).

Observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) do tempo de armazenamento no parâmetro L^* (Figura 4C), o que indica que o caldo de cozimento apresentou escurecimento com o aumento do tempo de armazenamento.

Para a cultivar BRSMG Madrepérola, houve diferença ($p \leq 0,05$) entre os dois cozimentos aos 60, 90 e 120 dac e, a partir dos 150 dac, os dois cozimentos não diferiram entre si ($p > 0,05$) até o final do armazenamento (Tabela 5). Na análise do efeito do tempo de armazenamento sobre a claridade do caldo de cozimento dos grãos de feijão da cultivar BRSMG Madrepérola (Figura 4D), observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) para o cozimento por 20 minutos. Redução do L^* também foi observada no cozimento pelo Mattson, porém, nenhum modelo matemático se adequou aos dados experimentais.

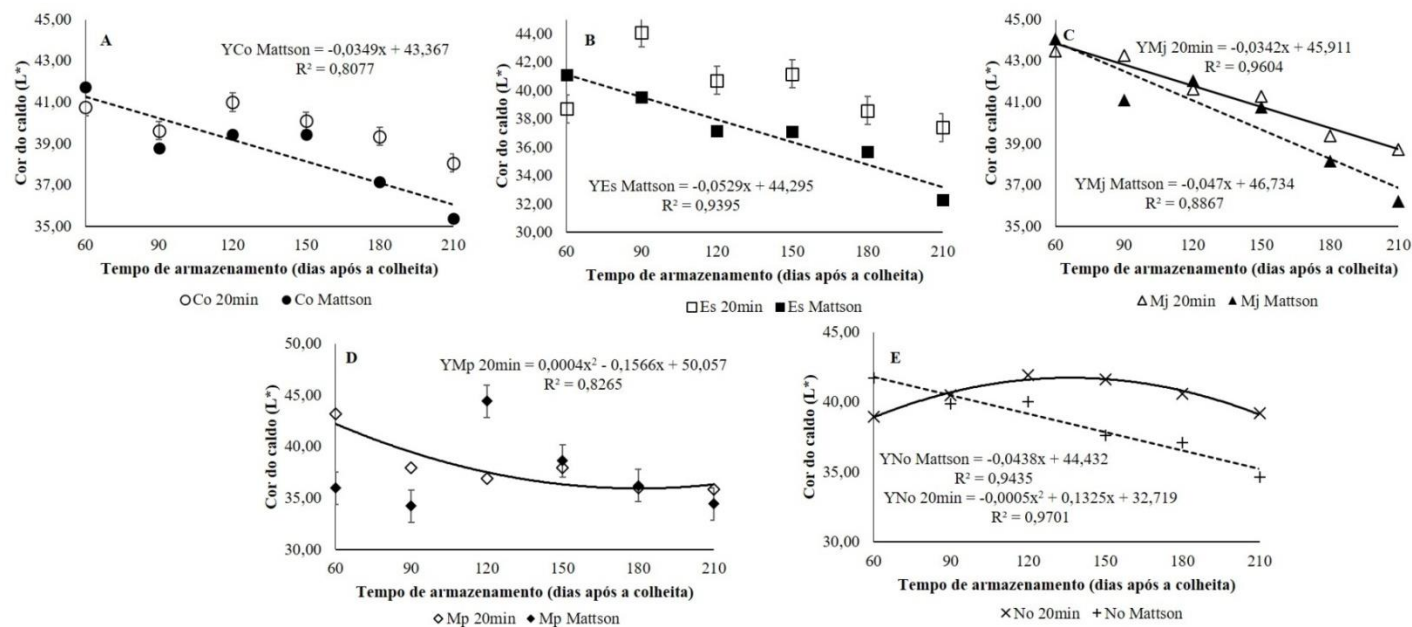


Figura 4 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação dos valores de L*, por cultivar, em função do tempo de armazenamento

Co = BRS 9435 Cometa; Es = BRS Estilo; Mj = BRSMG Majestoso; Mp = BRSMG Madrepérola e No = BRS Notável; dac = dias após a colheita; 20 min = cozimento por 20 minutos; Mattson = cozimento pelo tempo obtido pelo cozedor de Mattson. A = cultivar BRS 9435 Cometa; B = cultivar BRS Estilo; C = cultivar BRSMG Majestoso; D = cultivar BRSMG Madrepérola; E = cultivar BRS Notável

Nos tempos 90 e 210 dac não houve diferença ($p>0,05$) entre os cozimentos para a cultivar BRS Notável. Aos 60, 120, 150 e 180 dac, os dois cozimentos diferiram entre si ($p\leq 0,05$) (Tabela 5). Na análise da regressão, nota-se que houve efeito significativo ($p\leq 0,05$) na redução da claridade com o armazenamento, para os dois cozimentos (Figura 4E).

No cozimento por 20 minutos, de modo geral, todas as cultivares não diferiram entre si ($p>0,05$), com exceção da cultivar BRSMG Madrepérola, que apresentou menor L^* . No cozimento Mattson, observou-se a formação de três grupos distintos. A cultivar BRSMG Majestoso diferiu ($p\leq 0,05$) das demais cultivares com maior L^* , seguida das cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Notável e, com as menores claridades, as cultivares BRS Estilo e BRSMG Madrepérola (Tabela 5).

Comparando-se os dois cozimentos para cada cultivar na média geral (Tabela 5) observa-se que elas não apresentaram diferenças entre si ($p>0,05$), sugerindo que o cozimento, tanto por 20 minutos quanto pelo Mattson, não alterou a coloração do caldo de cozimento dos grãos de cada uma das cultivares avaliadas.

Comparando-se as médias dos dois cozimentos em cada tempo de armazenamento, observa-se que, dos 60 dac aos 180 dac, não houve diferença ($p>0,05$) entre eles. Apenas aos 210 dac é que se observou diferença entre os dois cozimentos, tendo o cozimento por 20 minutos sido o que proporcionou o maior L^* do caldo de cozimento, indicando, assim, que o caldo de cozimento apresentou-se mais clara em relação à água de cozimento pelo Mattson (Tabela 5). Este resultado indica que, com maior tempo de armazenamento, o caldo de cozimento tende a apresentar menor claridade, devido ao escurecimento do tegumento dos grãos e aumento do tempo de cozimento.

Com o aumento do período de armazenamento, há aumento do escurecimento do caldo de cozimento dos grãos em todas as cultivares, tanto no

cozimento por 20 minutos quanto pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson.

4 Correlação entre a cor do tegumento e a cor do caldo de cozimento

Foram analisadas as correlações entre a cor (parâmetro L^* - claridade) do tegumento e a cor do caldo de cozimento (parâmetro L^* - claridade) do feijão cozido, na panela de pressão, por 20 minutos e pelo tempo médio de cocção determinado pelo cozedor de Mattson (cozimento pelo Mattson) das cinco cultivares, ao longo do armazenamento (Tabela 6). Para as cultivares BRS 9435 Cometa, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, houve correlação forte, positiva e significativa ($p \leq 0,01$), indicando que quanto maior ou menor o valor do L^* do tegumento do grão dessas cultivares, maior ou menor será a coloração do seu caldo de cozimento, quando cozidos por 20 minutos na panela de pressão doméstica.

Tabela 6 Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre a cor do tegumento (COR TEG) e a cor do caldo de cozimento de feijão cozido na panela de pressão, por 20 minutos (COR CAL20) e pelo tempo médio de cocção determinado pelo cozedor de Mattson (COR CALMAT), para cinco cultivares de feijão carioca, ao longo de 210 dias após colheita

Cometa				Estilo			
	COR TEG	COR CAL20	COR CALMAT		COR TEG	COR CAL20	COR CALMAT
COR TEG	1	0,567*	0,656**	COR TEG	1	0,273	0,723**
COR CAL20		1	0,626**	COR CAL20		1	0,396
COR CALMAT			1	COR CALMAT			1

Majestoso				Madrepérola			
	COR TEG	COR CAL20	COR CALMAT		COR TEG	COR CAL20	COR CALMAT
COR TEG	1	0,845**	0,842**	COR TEG	1	0,696**	0,061
COR CAL20		1	0,793**	COR CAL20		1	-0,213
COR CALMAT			1	COR CALMAT			1

Notável			
	COR TEG	COR CAL20	COR CALMAT
COR TEG	1	-0,155	0,864**
COR CAL20		1	0,117
COR CALMAT			1

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Já na correlação entre a cor do tegumento e a cor do caldo do feijão cozido na panela de pressão pelo Mattson, observou-se também correlação forte, positiva e significativa ($p \leq 0,01$) em todas as cultivares, com exceção da cultivar BRSMG Madrepérola.

Este resultado dá indicação de que a coloração do caldo de cozimento de feijão (L^*) é diretamente proporcional à coloração do tegumento do grão (L^*) e que o tempo de cozimento não tem a propriedade de alterar esta característica.

5 CONCLUSÕES

O cozimento dos grãos por 20 minutos na panela de pressão proporciona a maior resistência à força de compressão em relação ao cozimento pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson.

O maior teor de sólidos totais e a viscosidade do caldo de cozimento são obtidos no cozimento na panela de pressão pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson.

Há correlação positiva entre a cor do tegumento e a cor do caldo de cozimento do feijão cozido na panela de pressão, tanto por 20 minutos quanto pelo tempo determinado pelo cozedor de Mattson.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, P. L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, jan./abr. 1995.

BARROS, M. D. **Qualidade de Feijões de cor (*Phaseolus vulgaris*)**. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

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

BRASIL. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Feijão: análise da conjuntura agropecuária**. Brasília, 2012. 18 p.

BRESSANI, R. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 39, n. 3, p. 419-442, 1989.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 69 p.

HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review. **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 2, p. 399-413, Mar. 2010.

HOOVER, R.; SOSULSKI, F. W. Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches: a review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, p. 79-92, 1991.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES. **IBM SPSS Statistics for Windows**. Version 20.0, released 2011. Armonk, 2011. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21476197>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

KRUMEL, K. L.; SAKAR, N. Flow properties of gums useful to the food industry. **Food Technology**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 36-44, 1975.

OLIVEIRA, V. R. et al. Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

PERINA, E. F. et al. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, mar./abr. 2010.

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

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Ottawa, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1997.

RESENDE, O. et al. Avaliação qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, mar./abr. 2008.

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

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. 92 p. Dissertation (Master in Grain Science and Industry) - Kansas State University, Manhattan, 1982.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

SGARBIERI, V. C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: BULISANI, E. A. (Coord.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 257-326.

SIQUEIRA, B. S. et al. Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 54, n. 1, p. 13-17, Nov. 2013.

SMITH, P. S. Starch derivatives and their use in foods. In: LINEBACK, D. R.; INGLETT, G. E. (Ed.). **Food carbohydrates**. Westport: AVI, 1982. p. 237-269.

TELIS-ROMERO, J. **Hidrodinâmica e transferência de calor do escoamento laminar de fluidos não-Newtonianos em tubos**. 1992. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

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

ZEEMAN, S. C.; KOSSMANN, J.; SMITH, A. M. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, p. 209-234, 2010.