

SOLANGE DE SOUSA

**REVESTIMENTO ATIVO ENRIQUECIDO COM AMINOÁCIDOS  
EM FEIJÃO-COMUM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S725r  
2010

Sousa, Solange, 1962-  
Revestimento ativo enriquecido com aminoácidos em  
feijão-comum / Solange Sousa. – Viçosa, MG, 2010.  
xix, 134f. : il.; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador : Nilda de Fátima Ferreira Soares.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 104-129.

1. Feijão – Teor de aminoácidos. 2. Revestimentos para  
comestíveis. 3. Feijão – Qualidade. 4. Feijão – Nutrição.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 664.805652

SOLANGE DE SOUSA

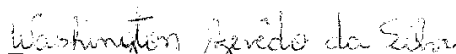
## REVESTIMENTO ATIVO ENRIQUECIDO COM AMINOÁCIDOS EM FEIJÃO-COMUM

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

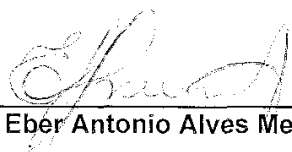
APROVADA EM: 10 de dezembro de 2010.



Prof. Lêda Rita D'Antonino Faroni  
(Coorientadora)



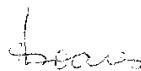
Prof. Washington Azevêdo da Silva



Dr. Eber Antonio Alves Medeiros



Dr. Trazilbo José de Paula Júnior



Prof. Nilda de Fátima Ferreira Soares  
(Orientadora)

*A Deus, luz do meu caminho, pela força espiritual nos momentos de fraqueza nos quais quis desistir, mas Ele dizia para eu persistir e continuar. E eis que aqui estou.*

OFEREÇO

*À minha família, em especial aos meus pais José Veríssimo de Sousa (**in memoriam**) e Rita Maria, meus irmãos e irmãs, pelo incentivo, amor, confiança e orações que me auxiliaram nos caminhos por mim trilhados.*

DEDICO

## UM TEMPO PARA CADA COISA

*Para tudo há um momento debaixo dos céus; tempo para nascer, e tempo para morrer; tempo para plantar, e tempo para arrancar o que foi plantado; tempo para matar, e tempo para sarar; tempo para demolir, e tempo para construir; tempo para chorar, e tempo para rir; tempo para gemer, e tempo para dançar; tempo para atirar pedras, e tempo para ajuntá-las; tempo para dar abraços, e tempo para apartar-se.*

Eclesiastes, 3 - 2,5

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pois sem Ele minha vida não teria sentido. Agradeço todos os dias por ter me escolhido como sua filha, por ter me guiado os passos, por ter escutado minhas orações, pelos ensinamentos e pelo amor eterno. “A ti, Senhor, dou graças todos os dias”.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e Fitotecnia, pela oportunidade que me proporcionaram para realização deste trabalho.

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

Todo especial à minha orientadora, Nilda de Fátima Ferreira Soares, pela orientação, pela presença constante em todas as etapas de realização da tese, pelo carinho e pela amizade. Agradeço pela confiança em mim conferida.

À professora Lêda Rita, pela atenção e presteza em todos os momentos nos quais necessitei de sua ajuda e pelos ensinamentos.

Ao professor Nélio, a quem devo pelos muitos conhecimentos por mim aprendidos enquanto aluna.

Aos professores, que, quando transmitiram seus conhecimentos, o fizeram somente com o intuito de nos capacitar para sermos verdadeiramente pesquisadores.

Aos membros da banca examinadora, professores Washington Azevêdo da Silva e Lêda Rita D'Antonino Faroni, e aos examinadores Dr. Eber Antonio Alves Medeiros e Dr. Trazilbo José de Paula Júnior, pela contribuição.

Ao professor Fabyano, pela ajuda na orientação da montagem do experimento e nas análises estatísticas.

À professora Mônica Pirozi, pela disponibilização do Laboratório de Panificação, para realização de algumas análises.

Ao professor Olinto, pela ajuda na identificação dos fungos.

A todos do Laboratório de embalagem: Eber, Roberta Careli, Geany, Hiasmyne, Paula Santiago, Paula Judith, Juninho, Alan, Juan Camilo, Miriane, Rêmili, Danielle, Débora, Amanda, Germana, Laura, Mariana e Jamile, pela pequena ou grande contribuição dada, para que eu pudesse ter realizado mais esta etapa importante em minha vida simples.

Aos estagiários, Maiza (UFRRJ), Daniele (UFLA) e Mateus (UFAL), que tanto contribuíram na realização deste trabalho.

A todos do Laboratório de Grãos – DEA, Juliana, Tales e Marta, pela presteza com que sempre me receberam.

A todos do Laboratório MIP-DEA, Adalberto, Ernandes, Augusto e Marcela, pela ajuda nos momentos certos.

A todos do Laboratório de feijão, professor José Eustáquio e Marilene, pela disponibilidade na concessão das instalações para realização de parte do experimento.

Ao senhor Ricardo Rodrigues, das indústrias Pontes (Cresal), pela doação da cera de carnaúba.

Aos amigos, Érika Endo, Érica Granato, Roberta Leone, Fernanda Rocha, João Tomaz, Cristiane Patrícia, Adriana Mucci, Fabíola, Germani, Fernandinho Santos, Priscilla, Marcus, Johnson, Brenda, Humberto, Roberta Careli, Neuma e Paula Judith, que não são muitos em quantidade, mas o bastante em qualidade.

Aos funcionários do DTA, Geralda, pela presteza nos momentos que sempre busquei ajuda; à Vaninha; ao Pio (Laboratório de Análise Sensorial); ao Valério (Laboratório de Pigmentos); ao Divino (Laboratório de Panificação), à Lucinha e ao Marco (DTA II), pelo profissionalismo e pela gentileza.

Aos bons amigos, "anjos" que Deus colocou em meu caminho, meu mais sincero AGRADECIMENTO!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xiv
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1 .....	4
PARÂMETROS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE FEIJÃO-COMUM ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DO GRUPO CARIOCA REVESTIDO COM BIOPOLÍMEROS COMESTÍVEIS .....	4
1 INTRODUÇÃO .....	4
2 OBJETIVOS .....	6
2.1 Geral .....	6
2.2 Específicos .....	6
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
3.1 A cultura do feijão .....	7
3.2. Revestimentos comestíveis .....	9

	<b>Página</b>
3.2.1 Cera de carnaúba .....	12
3.2.2 Fécula de mandioca .....	14
3.3 Qualidade tecnológica do feijão .....	14
3.3.1 Tempo de cocção.....	15
3.3.2 Propriedades sensoriais.....	17
3.3.3 Cor do tegumento .....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 Matéria-prima .....	20
4.2 Metodologia .....	20
4.3 Aplicação dos revestimentos .....	21
4.4 Avaliação da qualidade tecnológica dos grãos .....	22
4.4.1 Determinação do tempo de cocção .....	22
4.4.2 Avaliação sensorial .....	22
4.4.2.1 Preparo e apresentação das amostras .....	22
4.4.2.2 Teste de aceitação.....	22
4.4.3 Colorimetria.....	23
4.5 Delineamento experimental e análise estatística .....	24
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
5.1 Tempo de cocção .....	25
5.2 Avaliação sensorial .....	28
5.3 Cor do tegumento .....	32
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>INFLUÊNCIA DE REVESTIMENTOS NOS FATORES ASSOCIA-</b>	
<b>DOS À QUALIDADE SANITÁRIA DO FEIJÃO-COMUM .....</b>	<b>39</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>41</b>
2.1 Geral .....	41
2.2 Específicos.....	41
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Dados culturais e de produção do feijão-comum .....	42

	<b>Página</b>
3.2 Revestimentos .....	43
3.3 Teor de umidade.....	45
3.4 Atividade de água .....	47
3.5 Qualidade sanitária .....	48
3.5.1 Micro-organismos presentes em feijão .....	48
3.5.2 Grau de infestação por insetos-praga .....	49
3.5.3 Aspectos biológicos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> .....	52
3.5.4 Preferência alimentar dos insetos-praga do feijão .....	53
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
4.1 Matéria-prima .....	55
4.2 Metodologia .....	55
4.3 Aplicação dos revestimentos .....	56
4.4 Análises físico-químicas realizadas .....	57
4.5 Avaliação da qualidade sanitária do feijão .....	57
4.6 Delineamento experimental e análise estatística .....	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
5.1 Teor de umidade.....	60
5.2 Atividade de água .....	62
5.3 Teste de sanidade .....	64
5.4 Grau de infestação por insetos-praga .....	67
5.5 Teste de preferência .....	69
6 CONCLUSÕES.....	71
CAPÍTULO 3.....	72
QUALIDADE NUTRICIONAL DE FEIJÃO-COMUM FORTIFICADO COM AMINOÁCIDOS.....	72
1 INTRODUÇÃO.....	72
2 OBJETIVOS.....	74
2.1 Geral .....	74
2.2 Específicos.....	74
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	75
3.1 Valor nutricional do feijão.....	75
3.2 Composição química do feijão .....	77
3.3 Aminoácidos na proteína do feijão .....	83

	<b>Página</b>
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	87
4.1 Determinação da composição centesimal.....	87
4.2 Aplicação dos revestimentos .....	87
4.3 Determinação dos aminoácidos adicionados aos tratamentos ...	88
4.3.1 Preparo das amostras.....	88
4.3.2 Derivatização .....	89
4.3.3 Quantificação dos aminoácidos .....	90
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	92
5.1 Composição centesimal do feijão .....	92
5.1.1 Fibras .....	93
5.1.2 Teor protéico .....	93
5.1.3 Lipídeos .....	94
5.1.4 Umidade.....	94
5.1.5 Cinzas .....	95
5.1.6 Carboidratos .....	95
5.2 Aminoácidos .....	96
5.2.1 Teor de metionina no caldo e nos grãos do feijão .....	96
5.2.2 Teor de cisteína no caldo e nos grãos do feijão.....	99
6 CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
APÊNDICE.....	130
APÊNDICE A .....	131

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 1	
1	Ficha de resposta utilizada no teste de aceitação de feijão..... 23
2	Valores médios do tempo de cocção para os tratamentos- controle, Fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), Cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e Fécula de mandioca + Cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C, E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente, por 60 dias..... 26
3	Etapas do teste de cocção utilizando aparelho de Mattson: vista dos grãos de feijão no aparelho antes da cocção (A e B) e durante a cocção (C e D)..... 27
4	Valores médios das notas dos provadores para o atributo aroma do feijão. Médias com letras minúsculas similares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey..... 28
5	Valores médios das notas dos provadores para o atributo sabor do feijão. Médias com letras minúsculas similares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey..... 29
6	Valores médios das notas dos provadores para o atributo impressão global do feijão. Médias com letras minúsculas simi- lares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey ..... 31

7	Valores médios da coordenada L* para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C, E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente..	33
8	Valores médios da coordenada a* para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (I, K, M e O) e de refrigeração (J, L, N e P), respectivamente .....	35
9	Valores médios da coordenada b* para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (Q, S, U e X) e de refrigeração (R, T, V e Z), respectivamente .....	37

## CAPÍTULO 2

1	Arena contendo os tratamentos nos potes equidistantes e no pote central os insetos foram colocados para o teste de preferência com chance de escolha .....	58
2	Porcentual dos valores médios do teor de umidade para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente .....	61
3	Valores médios da atividade de água para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (I, K, M e O) e de refrigeração (J, L, N e P), respectivamente .....	63
4	Teste de sanidade das sementes do feijão realizado em placas de Petri .....	65

## CAPÍTULO 3

1	Valores médios da concentração de metionina no caldo do feijão cozido para os tratamentos-controle (A), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (B), cera de carnaúba - Caa (C) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (D), durante o período de armazenamento de 60 dias .....	97
---	--	----

	<b>Página</b>
2	Valores médios da concentração de metionina nos grãos do feijão cozido para os tratamentos-controle (E), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (F), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (G) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (H), durante o período de armazenamento de 60 dias ..... 98
3	Valores médios da concentração de cisteína no caldo do feijão cozido para os tratamentos-controle (A), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (B), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (C) e fécula de mandioca + cera de Carnaúba + aminoácidos - FCaa (D), durante o período de armazenamento de 60 dias ..... 100
4	Valores médios da concentração de cisteína nos grãos do feijão cozido para os tratamentos-controle (E), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (F), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (G) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (H), durante o período de armazenamento de 60 dias ..... 100

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1 Perfil de aceitação do feijão para o atributo aroma .....	29
2 Perfil de aceitação do feijão para o atributo sabor.....	30
3 Perfil de aceitação do feijão para o atributo impressão global....	31
<b>CAPÍTULO 2</b>	
1 Resultados dos valores percentuais obtidos no teste de sanidade para os tratamentos, durante o período de armazenamento em temperatura ambiente.....	65
2 Resultados dos valores percentuais obtidos no teste de sanidade para os tratamentos, durante o período de armazenamento na temperatura de refrigeração .....	66
3 Valores médios obtidos para o grau de infestação dos grãos de feijão-comum aos 60 dias de armazenamento, para os diferentes tratamentos .....	68
4 Valores médios do número de insetos nos grãos por tratamento no teste de preferência com chance de escolha .....	69
<b>CAPÍTULO 3</b>	
1 Gradiente de eluição da metionina no HPLC.....	90

2	Composição aproximada do feijão Carioca, seco, cru analisado e dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (g 100 g <sup>-1</sup> ) .....	92
---	--	----

**APÊNDICE A**

1A	Resumo da análise de variância do tempo de cocção do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis .....	131
2A	Resumo da análise de variância dos atributos de avaliação sensorial de feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis .....	131
3A	Resumo da análise de variância dos parâmetros de cor do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	132
4A	Resumo da análise de variância do grau de infestação de feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	132
5A	Resumo da análise de variância do teste de sanidade de feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	132
6A	Resumo da análise de variância do teste de preferência de feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	133
7A	Resumo da análise de variância da umidade do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	133
8A	Resumo da análise de variância da atividade de água do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis.....	133
9A	Resumo da análise de variância da quantificação de aminoácidos adicionados ao feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis, no caldo e nos grãos .....	134

## RESUMO

SOUSA, Solange de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2010. **Revestimento ativo enriquecido com aminoácidos em feijão-comum**. Orientadora: Nilda de Fátima Ferreira Soares. Coorientadores: Lêda Rita D'Antonino Faroni e Nélio José de Andrade.

O feijão é uma das leguminosas mais consumidas em países em desenvolvimento, não deixando, porém, de ser consumida em outros países mais desenvolvidos, embora em pequena quantidade. É a terceira leguminosa mais importante do mundo. Os parâmetros que conferem qualidade tecnológica e nutricional ao feijão estão relacionados com a variação genética, o ambiente e a interação entre eles. A qualidade sanitária de sementes é avaliada principalmente pelo teste de sanidade que verifica a presença ou ausência de insetos-praga e micro-organismos. Várias recomendações têm sido feitas com a finalidade de minimizar os problemas decorrentes de má nutrição, entre estas, estratégias de suplementação, fortificação de alimentos e de diversificação da dieta. Objetivou-se neste trabalho observar o comportamento de parâmetros relacionados às qualidades tecnológica, fisiológica e sanitária do feijão-comum, submetido à aplicação de revestimentos comestíveis biodegradáveis em sua superfície e quantificar o teor de aminoácidos adicionados aos revestimentos, além da determinação da composição centesimal. As análises foram realizadas

através de testes fisiológicos, sanitários, físico-químicos e sensoriais. O tempo de cocção para todos os tratamentos durante o período de armazenamento, não ultrapassou 30 minutos. As características do perfil sensorial avaliadas mostraram que os revestimentos testados indicaram aceitabilidade pelo consumidor. Os tratamentos analisados pelo parâmetro luminosidade não apresentaram escurecimento da cor durante o armazenamento, possivelmente devido à presença dos aminoácidos adicionados aos revestimentos. Na avaliação da qualidade sanitária foi observado o crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum*. Na realização do teste de preferência para *Zabrotes subfasciatus*, com chance de escolha, pode ser verificado que este apresentou atratividade maior para os grãos sem revestimento (controle) e aqueles revestidos com cera de carnaúba. O teor de umidade e a atividade de água permaneceram praticamente constantes, mas apresentaram diferença entre os tratamentos. Os maiores valores médios da metionina e da cisteína foram quantificados no tratamento que continha fécula de mandioca, tanto no caldo quanto nos grãos do feijão cozidos. A adição dos aminoácidos sulfurados limitantes no feijão-comum (metionina e cisteína) em revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa viável para que a ingestão diária desses aminoácidos forneça uma proteína de boa qualidade na dieta.

## ABSTRACT

SOUSA, Solange de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2010. **Active coating enriched with amino acids in common bean.** Adviser: Nilda de Fátima Ferreira Soares. Co-advisers: Lêda Rita D'Antonino Faroni and Nélio José de Andrade.

Beans is one the most consumed legumes in developing countries. However, this food is also consumed in developed countries, although in small amounts. Bean is the third legume more important of world. The parameters that confer the bean its technological and nutritional quality are related with genetic variation, and environmental and their interaction. The sanitary quality of seeds is evaluated mainly for sanity test, which stablish the presence or absence of insects pest and microorganisms. Recommendations have been suggested to minimize the problems resulting from bad nutrition, among them, strategies of supplementation, food fortification and diet diversification have been proposed. This work aimed to observe the behaviour of parameters related to technological, physiological and sanitary qualities of common bean conditioned with the application of biodegradable edible coatings, and also, to determinate the proximate composition. The analysis were accomplished by means of physiology, sanitary, physicochemical and sensorial tests. The cooking time for all treatments in the storage time was smaller than 30 minutes. The evaluated sensorial profile characteristics

indicated that tested coatings were accepted by consumers. The luminosity of bean treated with active coatings did not presented changes, which indicate that no darkening process occurred throughout storage time, probably due of the presence of amino acids added to the coatings. In the sanitary quality evaluation was observed the growth of *Slerotinia sclerotiorum*. Also, the preference test, with free choice, showed that *Zabrotes subfasciatus* presented greater attractiveness for the grains without coating (control) and those coatings with carnauba wax. The moisture content and the activity water remained stable, but presented difference between treatments. The higher average values for methionine and cysteine were quantified in cassava starch treatment, in the broth as well as in the cooked bean grains. The addition of sulphur amino acids (methionine and cysteine), which are limited in common bean, in edible coatings can be a viable alternative for the daily intake of these amino acids and provide a good quality protein in the diet.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, por suas características de país com dimensões continentais e pelo potencial agrícola relevante que possui, se torna também um grande celeiro de problemas relacionados à produção e conservação pós-colheita de produtos vegetais, principalmente os mais perecíveis, como frutas e hortaliças, devido principalmente ao elevado teor de umidade destes. Enquanto isso, grãos e cereais apresentam melhores características de conservação, se manipulados adequadamente na produção e após a colheita, por apresentarem menor teor de água contida em seus interstícios celulares, textura firme e serem mais dificilmente danificados em toda a cadeia produtiva, podendo ser armazenados por períodos de tempo prolongados, quando comparados às frutas e hortaliças.

O feijão-comum é uma leguminosa anual da família Fabaceae e gênero *Phaseolus*, considerada a mais importante das leguminosas, perdendo em posição somente para a soja e o amendoim. Entre as espécies de fabáceas, os grãos do gênero *Phaseolus* são os que apresentam importância econômico-social elevada. É cultivado praticamente em quase todos os países de clima tropical e subtropical do mundo, assumindo importância relevante da alimentação humana.

Os parâmetros que conferem qualidade tecnológica e nutricional ao feijão estão relacionados com a variação genética, o ambiente e a interação entre eles. Características tecnológicas como baixo tempo de cocção, rápida

absorção de água pelos grãos, cor do tegumento, aparência dos grãos, bom sabor e textura desejáveis pelo consumidor são influenciadas pelas condições de armazenagem, como temperatura, umidade relativa, teor de umidade do grão e luminosidade.

A qualidade sanitária de sementes é avaliada principalmente pelo teste de sanidade, onde se verifica a presença ou ausência de insetos-praga e micro-organismos.

Atualmente, novas tecnologias alternativas são disponibilizadas, tornando possível uma melhor preservação dos grãos, cujos princípios baseiam-se no controle das condições do ambiente de armazenamento.

Tratamentos químicos para a formação de barreiras protetoras contra a umidade, diretamente acrescidas sobre o tegumento dos grãos podem vir a ser uma alternativa viável, e o uso de biopolímeros naturais, que se encontram em abundância na natureza, reduz bastante os custos de produção, podendo ser muito promissora sua utilização.

Pesquisas por embalagens que não degradam e nem agriam o meio ambiente estão em crescente expansão, principalmente àquelas obtidas a partir de fontes baratas e renováveis, como carboidratos, proteínas e lipídeos. Como exemplos desses biopolímeros podem ser citados a fécula/amido de mandioca, gomas, ceras, proteínas do soro de leite, que são capazes de formar películas que têm apresentado grande utilização na conservação de frutas e outros vegetais, aumentando, com isso sua vida útil.

O feijão é uma das leguminosas mais consumidas em países em desenvolvimento, não deixando, porém de ser consumida em outros países mais desenvolvidos, embora em pequena quantidade. É a terceira leguminosa mais importante do mundo, perdendo apenas para a soja e o amendoim, fornecendo proteínas, carboidratos e minerais para grande parte da população, além de apresentar propriedades funcionais, como antioxidante, anti-inflamatório, reduz o risco de doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose, hipertensão, distúrbios gastrointestinais, doença adrenal e colesterol LDL.

A suplementação e fortificação de alimentos é um tema que vem sendo discutido e, em alguns casos como farinhas, leites e bebidas, são exemplos do uso dessa técnica. A adição de nutrientes aos alimentos tem

como finalidade principal aumentar seu valor nutricional e fornecer atributos funcionais desejáveis.

A proteína do feijão apresenta como característica principal o baixo teor dos aminoácidos essenciais, principalmente os sulfurados (metionina e cisteína), sendo rico em aminoácidos aromáticos como a leucina e lisina. Sua combinação com cereais como arroz ou milho, ricos em aminoácidos sulfurados, melhoram a qualidade da proteína ingerida, por disponibilizar os aminoácidos essenciais ao organismo, bem como melhorar sua digestibilidade.

Portanto, com este trabalho objetivou-se estudar o comportamento de revestimentos comestíveis incorporados de aminoácidos no perfil de qualidade do feijão-comum do grupo Carioca.

## **CAPÍTULO 1**

### **PARÂMETROS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE FEIJÃO-COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.) DO GRUPO CARIOCA REVESTIDO COM BIOPOLÍMEROS COMESTÍVEIS**

#### **1 INTRODUÇÃO**

O feijão é uma das leguminosas mais consumidas em países em desenvolvimento, não deixando, porém de ser consumida em outros países mais desenvolvidos, embora em pequena quantidade. É a terceira leguminosa mais importante do mundo, perdendo apenas para a soja e o amendoim, fornecendo proteínas, carboidratos e minerais para grande parte da população, além de apresentar propriedades funcionais, como antioxidante, anti-inflamatório, reduz o risco de doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose, hipertensão, distúrbios gastrointestinais, doença adrenal e colesterol LDL.

No Brasil, a produção de feijão para a safra 2009/2010 será de 3.608,8 por mil hectares, enquanto a previsão para a safra 2010/2011 gira em torno de 3.592,2 por mil hectares, cuja produtividade será de 921 e 963 kg.ha<sup>-1</sup>, e produção de 3.322,5 e 3.460,5 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2010b).

Atualmente, novas tecnologias alternativas são disponibilizadas, tornando possível uma melhor preservação dos grãos, cujos princípios baseiam-se no controle das condições do ambiente de armazenamento.

O uso de revestimentos comestíveis diretamente aplicados sobre a superfície dos grãos, para a formação de barreiras protetoras contra a umidade e gases, pode vir a ser uma alternativa de baixo custo e ambientalmente correta. Coberturas hidrofóbicas podem retardar ou mesmo evitar ataques por micro-organismos e germinação indesejável e, conseqüentemente, expandir o período de armazenamento.

Os parâmetros que conferem qualidade tecnológica e nutricional ao feijão estão relacionados com a variação genética, o ambiente e a interação entre eles. Características tecnológicas como baixo tempo de cocção, rápida absorção de água pelos grãos, cor do tegumento, aparência dos grãos, bom sabor e textura desejáveis pelo consumidor são influenciadas pelas condições de armazenagem, como temperatura, umidade relativa, teor de umidade do grão e luminosidade.

Buscando tecnologias alternativas para a conservação do feijão, objetivou-se neste trabalho utilizar biopolímeros comestíveis como revestimento de feijão, com a finalidade de aumentar a vida de prateleira destes grãos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar alguns parâmetros relacionados à conservação da qualidade tecnológica de grãos de feijão-comum, do grupo Carioca, revestidos com biopolímeros, acrescido de aminoácidos (metionina e cisteína).

### **2.2 Específicos**

Verificar a viabilidade do uso dos revestimentos na conservação da qualidade do feijão durante armazenamento;

Analisar as alterações da qualidade sensorial e no tempo de cozimento dos grãos de feijão revestidos.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A cultura do feijão

O feijão é uma planta leguminosa anual pertencendo à classe Dicotyledoneae, família Fabaceae (Leguminosae), gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L., cultivada desde a pré-história com fins alimentares (JENG *et al.*, 2010). Sua ampla difusão em todo o mundo e a fecundação cruzada permitiram a criação de centenas de variedades, que, quanto ao porte, dividem-se em dois grupos: o das eretas, de caule curto e reto, e o das trepadoras, de caule longo, alto, trepador, e que necessitam ser tutoradas (WATSON; DALLWITZ, 1992).

Existem cerca de 14 mil gêneros na família das leguminosas (MAKRI; DOXASTAKIS, 2006). O gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*Phaseolus lunatus*); o feijão Ayocote (*Phaseolus coccineus*); o feijão tepari (*Phaseolus acutifolius*); e o *Phaseolus polyanthus* (COSTA; VIEIRA, 2000). Conforme Makri e Doxastakis (2006), o feijão-comum é o mais amplamente cultivado entre todas as espécies do gênero *Phaseolus*, tanto na América quanto na Europa e, é responsável por 95% da produção mundial.

Existem diversas variedades do grupo comercial do feijão Carioca: Pérola, BRSMG Talismã, BRS Pontal, BRS Requite, BRSMG Majestoso e BRS Madrepérola (PAULA JÚNIOR *et al.*, 2010).

De acordo com a FAOSTAT (2008), o feijão-comum é uma leguminosa muito importante, cultivada principalmente em países em desenvolvimento, de clima tropical e subtropical. Para Díaz *et al.* (2010), o feijão-comum é indispensável na dieta de muitos países, particularmente naqueles da América do Sul e Central (47% da produção mundial), África Oriental e do Sul (10% da produção mundial). É a leguminosa de maior consumo na América Latina e, no Brasil é um produto de cultura tradicional na alimentação da população, principalmente do gênero *Phaseolus*. Seu consumo se dá principalmente nas classes de menor poder aquisitivo.

Segundo Anton *et al.* (2008), economicamente o feijão tem se tornado importante na América do Norte nos últimos anos, tendo em vista um aumento na produção e exportação. No Canadá, está entre as leguminosas mais produzidas e consumidas (FAYE, 2007). Para Pujolà *et al.* (2007), grãos de feijão secos têm recuperado o prestígio nas dietas de muitos países desenvolvidos e, conforme Montoya *et al.* (2010), o aumento no consumo se dá, principalmente por suas propriedades de promoção de saúde. Já em países europeus como França, Bélgica, Holanda e mais recentemente na Polônia, grãos imaturos de feijão têm se tornado bem populares, sendo consumidos principalmente ferveridos, com molho de tomate ou como ingrediente em saladas (SŁUPSKI, 2010). Em Portugal, o feijão-comum verde é um dos mais importantes vegetais congelados consumidos (MARTINS; SILVA, 2004).

Conforme a CONAB (2010b), os dados de produtividade para a safra 2009/2010 é estimada em 880 kg/ha, com um consumo per capita de 18,0 kg/hab/ano, e com uma produção prevista de 3.546,9 mil toneladas.

De acordo com a CONAB (2010a), a produção de feijão Primeira Safra 2009/2010 deve ficar em torno de 1.275 mil toneladas, com um percentual superior de 8,9%, em relação à safra 2008/2009. Para a Segunda Safra, a estimativa de produção gira em torno de 1.303,1 mil toneladas, sendo 5,0% menor em relação à safra anterior. Enquanto isso, para o feijão de Terceira safra, em função do calendário de plantio e da metodologia

utilizada no cálculo da estimativa, têm sido repetidas as áreas da safra anterior, bem como aplicada a produtividade média dos últimos cinco anos, descartando-se os anos atípicos e agregando-se um ganho em novas tecnologias.

Atualmente, novas tecnologias alternativas são disponibilizadas, tornando possível uma melhor preservação dos grãos, cujos princípios baseiam-se no controle do ambiente de armazenamento (temperatura e atmosfera modificada), reduzindo com isso os processos metabólicos e influenciando na respiração dos grãos (BRACKMANN *et al.*, 2002). Apesar disso, condições de armazenamento ideais são na realidade complexas e caras, podendo sofrer alteração de fatores externos como oscilação de energia, impossibilitando sua manutenção (ASSIS, 2004).

### **3.2. Revestimentos comestíveis**

Filmes ou revestimentos comestíveis são películas de variadas espessuras, constituídas por diferentes substâncias naturais e, ou, sintéticas que se polimerizam e isolam o alimento das condições inadequadas do ambiente onde se encontra. Os revestimentos usados em alimentos não causam riscos à saúde do consumidor, uma vez que os ingredientes utilizados têm que ser aprovados pela legislação pertinente (MAIA *et al.*, 2000).

Conforme Carvalho Filho *et al.* (2006), tem-se utilizado com mais frequência coberturas comestíveis em determinados alimentos, como frutas e hortaliças frescas, além de produtos minimamente processados, uma vez que os mesmos tendem a reduzir o tempo de vida útil, devido às mudanças fisiológicas ocasionadas pelos danos provocados aos tecidos vivos durante o processamento; descobertas essas não tão recentes, que têm despertado grande interesse de produtores, comerciantes e consumidores. Essas coberturas são uma alternativa para os processos de conservação de alimentos, além de apontar na direção de uma solução ecológica e natural.

Além da função de barreira criada pelos materiais nas condições de armazenagem, as coberturas podem ajudar na proteção contra danos mecânicos, contaminação microbiana e diminuição dos resíduos gerados.

Há que se reportar que também essas coberturas podem adquirir maior importância do que a própria epiderme dos frutos, quando estas são enriquecidas com vitaminas, agentes antimicrobianos, antioxidantes, ou ainda pela natureza de sua composição, como aquelas à base de proteínas (KESTER; FENNEMA, 1986; KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997; SHRESTHA *et al.*, 2003).

Apesar disso, foi somente nas últimas décadas que se ampliaram as pesquisas e a produção de revestimentos para uso na indústria de alimentos, com o objetivo principal de melhorar a qualidade e extensão da vida útil de muitos produtos.

Segundo Cereda *et al.* (1995), algumas técnicas têm sido utilizadas com a finalidade de minimizar perdas pós-colheita, dentre as quais podemos citar a aplicação de revestimentos à base de fécula de mandioca gelatinizada que, após desidratação, tende a formar uma película semelhante fisicamente à celulose em resistência e transparência, potencializando seu uso na conservação de produtos vegetais.

Filmes elaborados a partir de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas, óticas e sensoriais, porém são sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor de água. Ao contrário, as coberturas compostas de lipídeos apresentam boas propriedades de barreira ao vapor de água, mas são opacas e pouco flexíveis, além de apresentarem sabor residual, o que pode influenciar nas características sensoriais do produto (FAKHOURI *et al.*, 2007).

Os revestimentos à base de proteínas ou polissacarídeos são requeridos por apresentarem baixa permeabilidade a gases que retardam a senescência e aumentam o período de estocagem de vegetais tratados. Devido à natureza hidrofílica desses revestimentos, a adição de lipídeos seria desejável para melhorar suas propriedades de barreira ao vapor de água (VIÑA *et al.*, 2007).

De acordo com Maia *et al.* (2000), variados compostos lipídicos têm sido empregados como revestimentos protetores de alimentos, incluindo monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras naturais, ésteres de ácidos graxos e surfactantes, ou ainda, a combinação destes.

Em função da baixa polaridade, a principal atuação do revestimento lipídico é bloquear o transporte de umidade (KESTER; FENNEMA, 1986).

A aplicação de ceras ou outros filmes lipídicos em produtos perecíveis exige que estes não sejam muito impermeáveis, para não interferir na respiração aeróbia. Filmes ou revestimentos que impedem a entrada de oxigênio ou a saída de gás carbônico podem induzir a respiração anaeróbica e diminuição da vida de prateleira do produto (MAIA *et al.*, 2000).

Em relação aos filmes comestíveis lipídicos, possivelmente sua baixa polaridade poderia resultar em baixa densidade de energia coesiva e, conseqüentemente, em alta permeabilidade ao oxigênio. Além disso, para obtenção de um filme lipídico comestível com as propriedades desejadas, torna-se necessária a formação de uma camada lipídica contínua, dificultada devido à porosidade dos alimentos, que faz com que o lipídeo penetre, impedindo a formação da camada com o grau de continuidade necessária (GREENER; FENNEMA, 1989).

Fakhouri e Grosso (2003) estudaram o efeito de ceras comestíveis sobre a vida útil de goiabas, tendo observado que os tratamentos apresentaram maior eficiência no controle do amadurecimento, proporcionando melhor brilho, cor e aparência, mostrando-se, ainda, eficiente na preservação das características físico-químicas.

As ceras comerciais são formulações contendo misturas derivadas de petróleo ou de vegetais (HERNANDEZ; BAKER, 1991).

O filme apropriado ao produto necessita ser selecionado, considerando também suas propriedades e eficiência contra a migração de umidade (KAMPER; FENNEMA, 1985). Presume-se que devido a sua baixa polaridade, os filmes lipídicos sejam os mais eficientes para esta função (MAIA *et al.*, 2000).

Segundo Oliveira e Oliveira (2004), na maioria dos alimentos sólidos e semissólidos, o crescimento microbiano é superficial. A aplicação de fungicidas em ceras e outros revestimentos comestíveis já são utilizados em produtos como queijo, frutas e vegetais, podendo ser aplicados por imersão ou aspersão.

Diversos compostos naturais e sintéticos têm sido incorporados a diferentes materiais como plásticos, fibras têxteis e papel, como exemplo,

íons metálicos (sais de prata, zeólitos), ácidos orgânicos (ácido sórbico), bacteriocinas, isotiocianatos e fungicidas como os benzoatos, sorbatos e imazalil (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004).

### 3.2.1 Cera de carnaúba

A parte da carnaúba (*Copernicia prunifera*), sinonímia *C. cerifera*, da família das Arecaceae mais estudada quimicamente é a cera que recobre suas folhas. Sob o ponto de vista químico, a cera da carnaúba, dentre as ceras vegetais é a mais dura, com ponto de fusão de 85 °C, o mais alto entre as ceras naturais (HERNANDEZ; BAKER, 1991).

As folhas desta espécie acumulam uma cera constituída basicamente por ésteres alifáticos (84,0 a 85,0%), alcoóis (2,0 a 3,0%), ácidos graxos livres de alto peso molecular (3,0 a 3,5%), hidrocarbonetos (1,5 a 3,0%) e resinas (4,0 a 6,0%). A cor da cera de carnaúba é variável, em razão não só da idade das plantas, como também das folhas de onde é extraída. Seja qual for a cor e aspecto, é sempre uma massa dura, quebradiça, fácil de reduzir a pó e que durante a fusão desprende acentuado cheiro de feno (HERNANDEZ; BAKER, 1991).

Na década de 1950, emulsões de cera de carnaúba foram desenvolvidas para revestir frutas e vegetais frescos, tendo sido amplamente utilizada, mas devido à aparência fosca resultante de sua aplicação, e para melhor resultado visual final, polietileno e parafinas foram adicionados (KAPLAN, 1986).

O revestimento de laranjas e limões frescos e demais produtos perecíveis que eram transportados por longas distâncias, principalmente por via marítima, com cera para retardar a desidratação, foi praticado na China nos séculos XII e XIII (HARDENBURG, 1967).

Ribeiro *et al.* (2005) avaliaram os efeitos de coberturas de cera de carnaúba *Premium citrus*<sup>®</sup> na conservação de goiabas "Paluma", armazenadas sob refrigeração e em condição ambiente, pelo período de 12 dias, tendo concluído que o revestimento com cera de carnaúba diminuiu a perda de massa e a degradação de clorofila das goiabas. Contudo, sua aplicação propiciou aumento de vida útil apenas para as frutas mantidas sob

condição ambiente. Sob refrigeração, o uso da cera é dispensável para aumentar a vida útil da fruta.

Baldwin *et al.* (1999) avaliaram os efeitos de dois tipos de cobertura em mangas *in natura*, à base de celulose e de cera de carnaúba, sendo que ambas reduziram a perda de umidade, especialmente a de cera de carnaúba. Segundo Mota (1999), a aplicação de cera de carnaúba em maracujá-amarelo proporcionou menor porcentagem de redução de matéria-fresca, menor índice de murchamento e podridões.

É um ingrediente indispensável na elaboração de ceras à base de água ou emulsificadas para aplicação em frutas (maçãs, cítricos, pepinos, peras e outras), nos tratamentos pós-colheita para aumentar a vida de prateleira, isto é, devido à diminuição da transpiração, inibindo com isso a desidratação, ao mesmo tempo em que ajuda a preservar da contaminação por fungos e bactérias, além de manter o brilho natural das frutas (HERNANDEZ; BAKER, 1991; SILVA, 2001).

De acordo com Cruz *et al.* (2002), a cera de carnaúba contém proteínas de defesa (quitinase e glucanase), que inibem o crescimento inicial de fungos, e que essas hidrolases têm um efeito protetor na planta, apesar de que as plantas não contêm quitina em sua estrutura.

Rodrigues (2004) avaliando o poder inibitório e a atividade antioxidante de extratos da cera de carnaúba no crescimento microbiano observou que estes apresentaram diferentes resultados em função da cepa testada. Para a cepa de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 e *Escherichia coli* ATCC 25922, o extrato etanólico dos frutos apresentou o melhor percentual de inibição de crescimento. Para o *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (suscetível à oxacilina e penicilina) o extrato hexânico das folhas apresentou perfil de inibição de crescimento superior aos demais extratos. Nenhum extrato evidenciou atividade diante da *Mycobacterium tuberculosis*. Quanto à atividade antioxidante, o extrato etanólico das folhas foi o que apresentou melhor atividade dentre todos os extratos analisados. Os extratos hexânico e etanólico de folhas e frutos foram avaliados na concentração de 100 µg ml<sup>-1</sup>.

### 3.2.2 Fécula de mandioca

Filmes comestíveis obtidos a partir de materiais poliméricos biodegradáveis, originados de fontes renováveis, oferecem opções alternativas como embalagem, e contribuem com a diminuição da poluição ambiental, e principalmente por serem obtidos com baixo custo de produção.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é produzida na América Latina e outros países tropicais, principalmente no Brasil, e sua importância como fonte de amido cresce amplamente, por causa do preço baixo, quando comparado a outras fontes de amido (MATSUI *et al.*, 2004). Segundo Famá *et al.* (2005), o uso potencial da fécula de mandioca como matriz polimérica no desenvolvimento de filmes comestíveis para aplicação na superfície de alimentos vem recebendo atenção destacada.

Dentre os biopolímeros mais utilizados, a fécula de mandioca é selecionada como a matéria-prima mais adequada para elaboração de revestimentos comestíveis, por formar uma película mais resistente e transparente, no entanto, é fraca barreira à perda de umidade, mas é boa barreira contra compostos de baixa polaridade (PARRA *et al.*, 2004), proporcionando bom aspecto e brilho intenso em baixo teor de umidade (VILA, 2004; HOJO *et al.*, 2007).

Segundo Phan *et al.* (2009), carboidratos como ágar, arabinosilana e fécula de mandioca têm sido estudados isoladamente para aplicação em filmes e revestimentos comestíveis. Misturas de carboidratos, proteínas e lipídeos têm sido investigadas mais quantitativamente.

Em geral, os filmes a base de amido e derivados não apresentam odor, gosto e cor, além de exibirem baixa permeabilidade ao oxigênio e à umidade relativa (MYLLÄRINEM *et al.*, 2002, KRISTO; BILIADERIS, 2006; MATHEW; ABRAHAM, 2008), produzem boas propriedades mecânicas (KESTER; FENNEMA, 1986; AZEREDO *et al.*, 2000).

### 3.3 Qualidade tecnológica do feijão

Define-se como qualidade tecnológica do feijão àquela relacionada ao cozimento dos grãos e aos atributos sensoriais, onde se tem como qualidade

para o cozimento aquela que é determinada pela rápida absorção de água pelos grãos e pelo tempo de cocção reduzido, produção de caldo espesso, bom sabor e textura, além de casca delgada e com boa estabilidade da cor (BREISSANI, 1989).

Entende-se por qualidade comercial aquela relacionada ao tipo de grão como tamanho, cor, brilho e forma. No entanto, a qualidade culinária ou sensorial tem papel importante, tanto quanto seu tipo comercial no desenvolvimento de uma nova cultivar para o consumo (CARBONELL *et al.*, 2003).

De acordo com Carbonell *et al.* (2003), Lemos *et al.* (2004) e Rodrigues *et al.* (2005), são esses os parâmetros que diferenciam os genótipos e que são influenciados pelo ambiente onde a planta e os grãos se desenvolvem, além da interação entre esses genótipos e o ambiente. Logo, a qualidade dos grãos pode ser determinada principalmente pela aceitabilidade pelo consumidor, qualidade de cocção e pelas características nutricionais. Segundo Resende *et al.* (2008), essas características de qualidade são alteradas durante o armazenamento dos grãos em condições inadequadas ou mesmo pela presença de bruquídeos.

O valor nutritivo refere-se ao elevado teor de proteínas, além dos carboidratos como fibra e amido resistente, que apresentam boas propriedades de funcionalidade, principalmente na diminuição do risco de doenças crônico-degenerativas, além do não desprezível teor de minerais e vitaminas.

### **3.3.1 Tempo de cocção**

O tempo de cocção, fator de extrema importância na caracterização tecnológica do feijão, depende de características relacionadas à espécie, cultivar, coloração do tegumento, épocas de semeadura, tempo posterior à colheita, condições de armazenamento, bem como do modo de preparação. Há que se levar em consideração também a relação existente entre esse tempo e a capacidade de absorção de água pelos grãos (GARCÍA-VELA; STANLEY, 1989). No entanto, para Carbonell *et al.* (2003), a utilização do teste para verificação da capacidade de absorção de água, como indicativo do tempo de cocção é questionável, devido à baixa correlação encontrada

entre esses fatores. Dalla Corte *et al.* (2003) encontraram correlação positiva entre a capacidade de absorção de água pelos grãos e o tempo de cocção em genótipos concebidos em programas de melhoramento genético no Brasil.

Grãos de leguminosas secas armazenadas por longos períodos sob calor e condições de umidade extremas, características típicas de países tropicais, perdem progressivamente a habilidade de amolecimento durante a cocção. A perda da qualidade da cocção está associada com o desenvolvimento do endurecimento em grãos secos armazenados, reconhecido como fenômeno *hard-to-cook* (HTC) (BERRIOS *et al.*, 1999). Esse fenômeno reflete a falta de separação celular dos tecidos dos colitédones durante o cozimento, conseqüentemente acontecendo um aumento no tempo de cocção, acarretando gastos adicionais com energia, com qualidade nutricional inferior, principalmente pela redução de aminoácidos essenciais, perda de vitaminas, alterações de sabor, perda da consistência do caldo, modificação da cor dos grãos e baixa aceitação pelos consumidores (WALDRON *et al.*, 2003).

Para Liu (1995) e Shiga *et al.* (2004), o fenômeno de endurecimento dos grãos está relacionado a mecanismos múltiplos ainda não totalmente esclarecidos, como a gelatinização do amido, desnaturaçãõ de proteínas e perdas de frações da parede celular. Outras explicações apontam para a formação de pectatos insolúveis, lignificação da lamela média, oxidação ou polimerização lipídica, presença de ligações cruzadas entre proteínas hidrolisadas e, ou, polifenóis (GARCÍA *et al.*, 1998; CARBONARO *et al.*, 2005).

Condições de armazenamento controladas são essenciais para a conservação da qualidade do feijão. O teor de umidade dos grãos de feijão, temperatura de armazenagem e umidade relativa do ar são os parâmetros mais críticos de serem controlados. A qualidade de cocção de feijões é perdida rapidamente quando a temperatura de armazenamento sofre elevação, particularmente num teor de umidade abaixo de 10% (BERRIOS *et al.*, 1999).

O tratamento térmico melhora significativamente a qualidade da proteína em feijão, pela destruição ou inativação de fatores antinutricionais

termolábeis (WANG *et al.*, 2010), além do que a cocção promove uma redução significativa também nos teores de ácido fítico e taninos (KHALIL; MANSOUR, 1995; WANG *et al.*, 2008), que afetam a biodisponibilidade de nutrientes para os consumidores (WELCH, 2002).

### **3.3.2 Propriedades sensoriais**

A qualidade dos alimentos é avaliada por meio da percepção dos órgãos dos sentidos humanos. Para tanto, os atributos que determinam a aceitação ou rejeição de um produto pelo consumidor podem ser analisados por avaliadores treinados ou não treinados.

Para Romero Del Castillo *et al.* (2008), a utilização da análise sensorial como ferramenta para seleção de novas cultivares de feijão por programas de melhoramento genético é atual. Faz-se uso limitado de informações, tendo em vista a pequena quantidade de grãos disponíveis, quando se devem analisar linhagens novas, tornando a degustação por um número maior de pessoas impraticável. Há que se levar em consideração que a precisão do experimento deve ser representativa, obtida a partir de testes sensoriais que possibilitarão identificar cultivares com qualidade tecnológica superior.

Geralmente, o consumidor tem preferência por feijão recém colhido, por este apresentar características sensoriais que satisfazem suas necessidades mais intensamente.

Segundo Sgarbieri (1987), a qualidade nutricional do feijão aumenta com o cozimento, pois torna a textura macia e bem palatável; produzindo o gosto característico do feijão cozido; eliminando compostos tóxicos (fitatos, inibidores de proteases, lectinas e polifenóis); geleificando o amido, o que leva a produção de melhor textura e caldo mais viscoso; além de aumentar o grau de digestibilidade protéica e de carboidratos presentes.

Para Waldron *et al.* (2003) é o consumidor quem decide que alimento comprar, além de onde, como e quando, e que fatores como qualidade, valor e experiência são relevantes para a escolha e satisfação desses consumidores.

Fatores genéticos e ambientais, bem como sua interação, são responsáveis pela composição química das plantas. No entanto, é a composição química que afeta o valor nutricional e as propriedades sensoriais dos alimentos de origem vegetal, estando essas propriedades relacionadas aos fatores já mencionados.

De acordo com Martin e Fitzgerald (2002), em grãos e, particularmente em feijão, acredita-se que as moléculas responsáveis pela textura das sementes são proteínas, amido, amilose e amilopectina. Enquanto isso, a sacarose está relacionada à doçura e os ácidos cítrico e málico, responsáveis pela acidez (SÁNCHEZ-MATA *et al.*, 2002). Para Florez *et al.* (2009), muito pouco é conhecido sobre as outras moléculas responsáveis pelo gosto.

Conforme Pujolà *et al.* (2007), um dos mais apreciados aspectos da ingestão de feijão é sua textura, embora os principais componentes químicos responsáveis por estas características sejam incertos, tanto em relação aos cotilédones, quanto ao tegumento.

### **3.3.3 Cor do tegumento**

Para a maioria dos produtos alimentícios, propriedades visuais são os critérios mais importantes para os consumidores durante a seleção para sua aquisição. De acordo com Fernandez *et al.* (2005), a impressão visual é uma mistura de cor, formato e tamanho do produto, fatores que determinam sua qualidade comercial.

Com relação à coloração do tegumento de feijões, tem-se verificado que as variedades diferem quanto à susceptibilidade ao escurecimento.

O escurecimento do grão de feijão, principalmente do grupo Carioca, antes e após a colheita, tem influência em sua aceitação comercial. Esse fenômeno irreversível apresenta várias causas, entre elas reações químicas (oxidação de leucoantocianinas, catalisadas pelo oxigênio e luz), enzimáticas (presença de polifenoloxidase) e não-enzimáticas (reação de Maillard, devido ao aquecimento de misturas de aminoácidos e carboidratos). O escurecimento do tegumento tem sido atribuído à presença de compostos fenólicos (BASSINELO, 2004).

Nasar-Abbas *et al.* (2009) afirmam que as condições de armazenagem influenciam fortemente a estabilidade da cor em muitos tipos de sementes de feijão durante a pós-colheita, entre estas condições destacam-se fatores como temperatura, umidade relativa, teor de umidade da semente, além da luz.

A oxidação de compostos fenólicos devido à presença do oxigênio ambiente tem sido apontada como o fator responsável pela descoloração em diversas variedades de feijão. No entanto, a descoloração durante o armazenamento relacionada com o oxigênio atmosférico é controlada frequentemente pelo emprego de técnicas de embalagem com atmosfera modificada.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria-prima

O feijão do grupo Carioca foi adquirido de um produtor rural do município de Domingos Martins, no Espírito Santo. Os grãos utilizados no experimento (100 kg) não passaram por fumigação. A colheita foi realizada no mês de fevereiro de 2010, tendo sido plantados no mês de novembro de 2009, pertencente, portanto, à safra das “águas”.

### 4.2 Metodologia

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Feijão do Departamento de Fitotecnia; Laboratórios de Análise Sensorial e de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), todos situados no *campus* da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Os grãos foram selecionados, submetidos à lavagem em água corrente, drenados em peneira e submetidos à secagem natural. Em seguida, foram armazenados em sacos de polietileno *nylon* com 0,10 mm de espessura, 32 cm de largura e 45 cm de comprimento e, mantidos em temperatura de refrigeração ( $4 \pm 2$  °C), até realização do experimento. Foram

realizadas também análises para determinação do teor de umidade inicial dos grãos.

### **4.3 Aplicação dos revestimentos**

A fécula de mandioca foi adquirida em supermercado no município de Viçosa-MG e a cera de carnaúba doada pela Indústria Pontes do estado do Ceará.

Os revestimentos foram formulados utilizando como bases poliméricas um carboidrato (fécula de mandioca 1%) e um lipídeo (emulsão de cera de carnaúba, na concentração de 4%), separadamente ou formando uma solução filmogênica de 50% de cada composto. Em cada revestimento foram acrescentados os aminoácidos metionina + cisteína, nas concentrações recomendadas pela FAO/WHO (2007), para crianças na faixa etária de dois a cinco anos.

Os grãos de feijão foram imersos na solução, onde permaneceram por cerca de um minuto, sendo então drenados em peneira, seguindo para a etapa de secagem, realizada em estufa de secagem, à temperatura de 25 °C, durante 12 horas.

Os tratamentos foram os seguintes: controle (sem revestimentos e sem aminoácidos), fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), para as temperaturas ambiente e de refrigeração, totalizando oito tratamentos.

O período de armazenamento dos grãos de feijão foi de 60 dias, em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 0,09 mm, 25,5 cm de largura e 35 cm de comprimento, sob condições refrigeradas ( $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa) e temperatura ambiente (16,9 °C, 77,6% de umidade relativa). As análises sensorial e físico-químicas foram realizadas a cada 15 dias.

## **4.4 Avaliação da qualidade tecnológica dos grãos**

Para cada tratamento os grãos de feijão foram avaliados quanto à:

### **4.4.1 Determinação do tempo de cocção**

As amostras foram previamente imersas em água destilada, por 12 horas. Para o teste de cocção utilizou-se o aparelho de Mattson, de acordo com metodologia descrita por Tomé *et al.* (2000). Os grãos foram considerados cozidos quando a haste os atravessou, sendo o tempo de cocção da amostra registrado, quando a 13<sup>a</sup> haste, de um total de 25, penetrou o grão. A análise foi realizada em três repetições.

### **4.4.2 Avaliação sensorial**

#### **4.4.2.1 Preparo e apresentação das amostras**

As amostras de cada tratamento (1 kg de feijão e 3 L de água) foram cozidas em panela de pressão doméstica, durante 25 minutos. Os grãos não foram submetidos à maceração antes do cozimento. Após o tempo de cozimento foram adicionados às amostras sal, óleo e alho.

Aproximadamente 50 g de cada amostra foram servidas para cada provador, em pires de fundo preto, codificados em números de três dígitos, para avaliação do aroma, sabor e impressão global.

#### **4.4.2.2 Teste de aceitação**

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV, em cabines individuais com luz branca, no período da manhã (entre 9 e 12 horas) e à tarde (entre 14 e 17 horas). Participaram do teste 40 provadores não treinados, consumidores de feijão, com grau de escolaridade de ensino médio a superior, com faixa etária compreendida entre 15 e 60 anos, recrutados aleatoriamente.

Os provadores avaliaram aroma, sabor e impressão global, por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos (CHAVES e SPROESSER, 2002), contida em um questionário fornecido aos provadores (Figura 1).

Nome: _____ Data: ____/____/____	
Faixa etária (em anos): ( ) 15 - 20 ( ) 21 - 30 ( ) 31 - 40 ( ) 41 - 50 ( ) 51 - 60 ( ) acima de 60	
- Você consome feijão? Com qual periodicidade? ( ) Não consome ( ) Diariamente ( ) Semanalmente ( ) Outros	
Por favor, avalie a amostra de feijão, utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo (aroma, sabor e impressão global) do produto.	
<p>9 – Gostei extremamente</p> <p>8 – Gostei muito</p> <p>7 – Gostei moderadamente</p> <p>6 – Gostei ligeiramente</p> <p>5 – Nem gostei nem desgostei</p> <p>4 – Desgostei ligeiramente</p> <p>3 – Desgostei moderadamente</p> <p>2 – Desgostei muito</p> <p>1 – Desgostei extremamente</p>	<p><b>Código da amostra:</b> _____</p> <p>Aroma: _____</p> <p>Sabor: _____</p> <p>Impressão Global: _____</p>
	<p><b>Código da amostra:</b> _____</p> <p>Aroma: _____</p> <p>Sabor: _____</p> <p>Impressão Global: _____</p>
	<p><b>Código da amostra:</b> _____</p> <p>Aroma: _____</p> <p>Sabor: _____</p> <p>Impressão Global: _____</p>
	<p><b>Código da amostra:</b> _____</p> <p>Aroma: _____</p> <p>Sabor: _____</p> <p>Impressão Global: _____</p>

Figura 1 – Ficha de resposta utilizada no teste de aceitação de feijão.

#### 4.4.3 Colorimetria

As amostras foram analisadas colorimetricamente quanto às coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em colorímetro Colorquest XE HunterLab, utilizando-se o iluminante padrão D65 e observador a  $10^\circ$  (Sistema CIE-Lab). A

leitura das coordenadas foi realizada em cinco pontos distintos de cada amostra dos grãos crus.

#### **4.5 Delineamento experimental e análise estatística**

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos dispostos num esquema fatorial 4 x 2 x 5, sendo quatro revestimentos, duas temperaturas de armazenagem (ambiente e de refrigeração), cinco períodos de armazenamento, em três repetições. As unidades experimentais foram representadas pelos tratamentos acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, armazenados em bancada de laboratório, sem controle das condições de luminosidade, e sob refrigeração, em refrigerador doméstico.

Os dados de tempo de cocção e cor foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F. Para as interações significativas foi realizado o desdobramento dos dados, onde a partir dos valores obtidos foram feitas análises de regressão em função do tempo de armazenamento. Na análise de regressão, além da significância dos efeitos dos componentes ( $p < 0,05$ ), foi utilizado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) como critério adicional para a escolha do modelo.

Para a análise sensorial do teste de aceitação, os 40 provadores não treinados foram considerados como 40 repetições. O delineamento em blocos casualizados foi utilizado, tendo os dados sido submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos contrastes dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

As análises foram realizadas com o software Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>, 2009), versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa-MG.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Tempo de cocção

Os tratamentos armazenados sob refrigeração apresentaram tempos de cozimento menores (23,79 a 28,01 minutos), quando comparados aqueles armazenados em temperatura ambiente (22,66 a 30,31 minutos). Em trabalho realizado por Brackmann *et al.* (2002), observou-se que quando grãos de feijão foram armazenados em ambiente com baixas temperaturas, houve redução no tempo de cocção.

Os tratamentos não apresentaram diferença entre si. Pelos dados obtidos a partir da análise de variância pode-se observar que houve interação significativa entre tratamento *versus* tempo, e temperaturas *versus* tempo de armazenamento.

O modelo linear foi o que melhor ajustou os resultados obtidos, apesar do baixo valor de  $R^2$ . Na Figura 2 são mostradas as regressões dos tratamentos para o tempo de cocção, durante o período de armazenamento.

Como pode ser visto Figura 2, somente o tratamento Caa (Figura 2E) apresentou  $R^2$  com valor alto, o que explicou a variabilidade do tempo de cocção durante o período de armazenamento em temperatura ambiente (16,9 °C, 77,6% de umidade relativa).

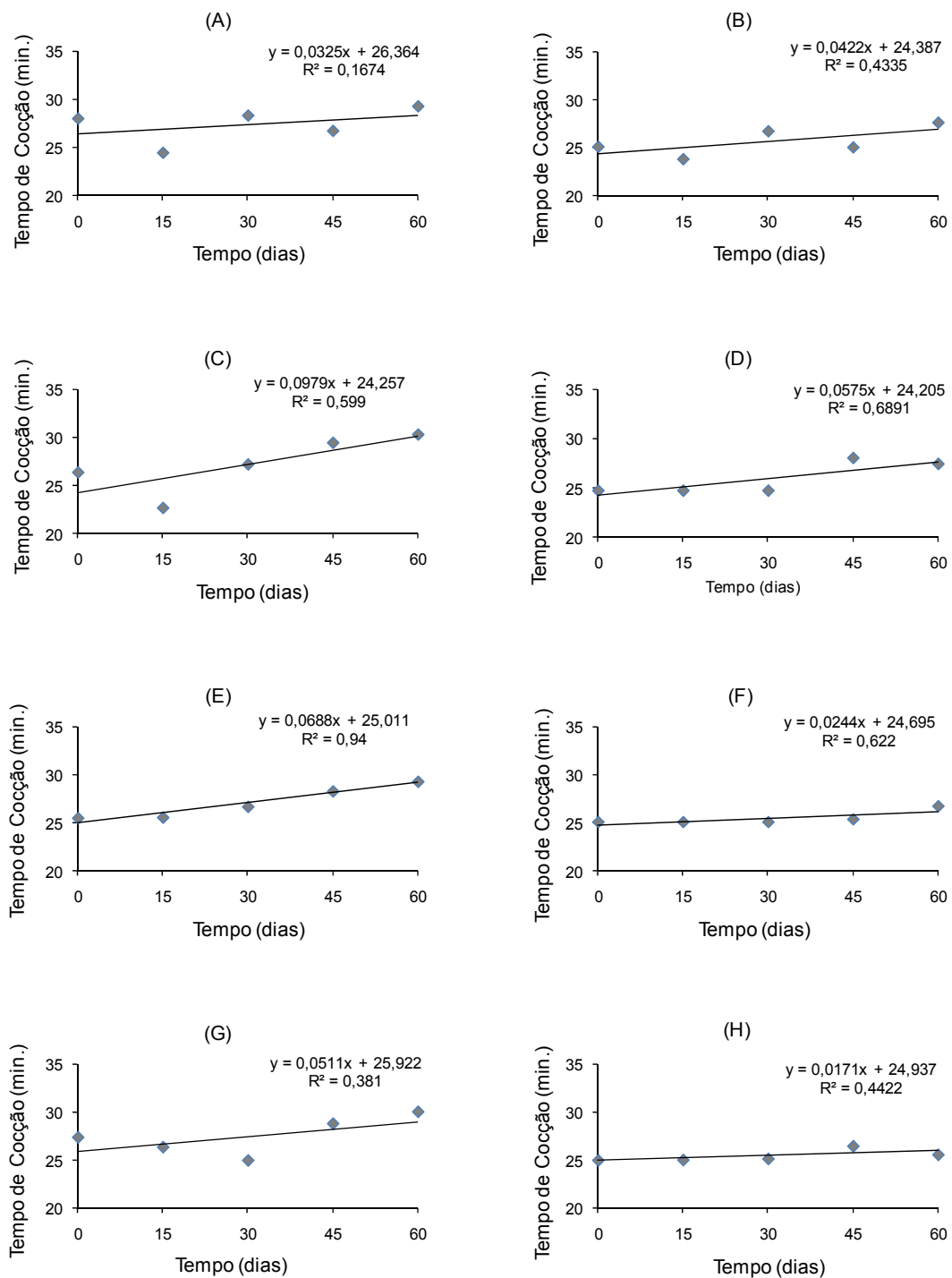


Figura 2 – Valores médios do tempo de cocção para os tratamentos-controle, Fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), Cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e Fécula de mandioca + Cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C, E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente, por 60 dias.

Oliveira (2009) avaliando tempos de cocção de cultivares de feijão obteve uma média de 21,4 min para o cozimento de feijão Carioca durante seis meses de armazenamento refrigerado (0 °C e umidade relativa de 50%).

Na Figura 3 são mostradas as etapas da realização do teste de cocção.

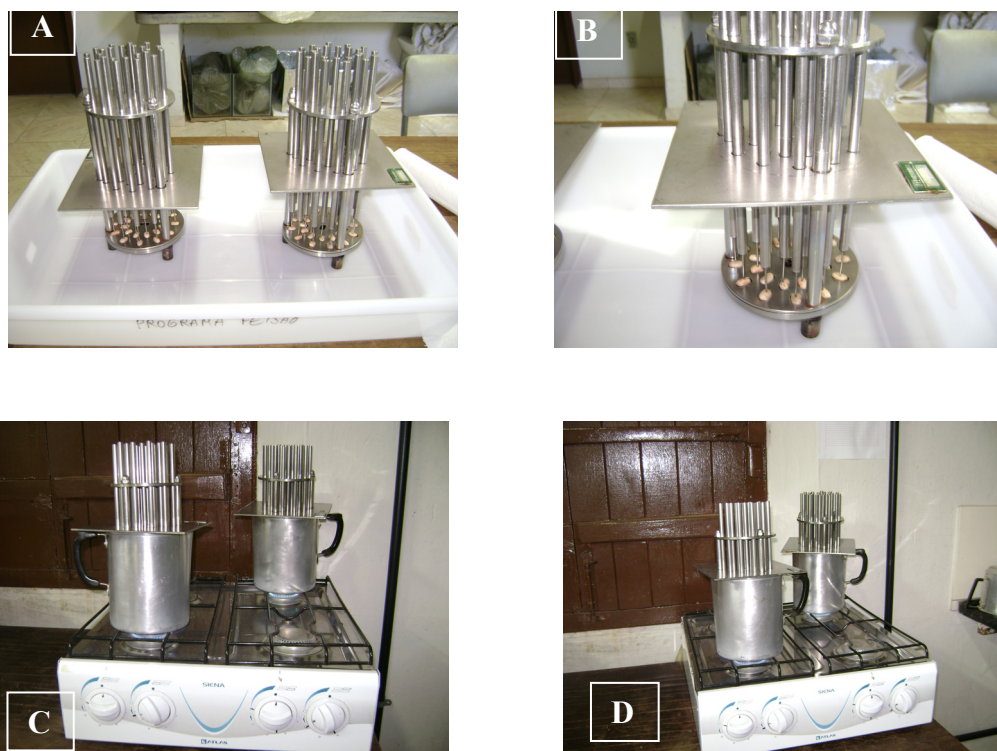


Figura 3 – Etapas do teste de cocção utilizando aparelho de Mattson: vista dos grãos de feijão no aparelho antes da cocção (A e B) e durante a cocção (C e D).

Coelho *et al.* (2009) avaliaram alterações no tempo de cozimento e dureza de grãos de feijão das variedades Preto e Carioca, submetidos ao envelhecimento natural (grãos estocados em condições ambientais de armazenamento) e acelerado (grãos estocados a 40 °C, com umidade relativa de 76%), num período de 12 meses, tendo observado que houve aumento no tempo de cocção das duas variedades à medida que o tempo de armazenamento aumentou, nos dois tipos de envelhecimento.

## 5.2 Avaliação sensorial

No teste de aceitação, os parâmetros sensoriais aroma, sabor e impressão global foram avaliados para os grãos de feijão cozidos.

Com relação ao aroma, os tratamentos avaliados não apresentaram diferença entre si. No entanto, quando a análise de variância foi realizada, os provadores apresentaram diferença entre si, cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) apresentou um valor baixo (42,4%), não explicando bem essa variação de escores.

Os resultados obtidos para a avaliação sensorial do atributo aroma são mostrados na Figura 4.

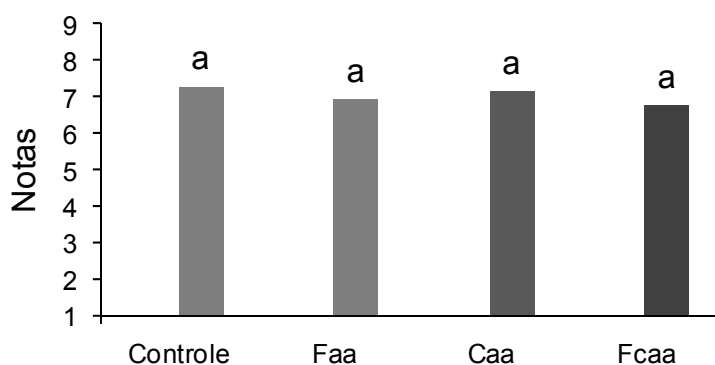


Figura 4 – Valores médios das notas dos provadores para o atributo aroma do feijão. Médias com letras minúsculas similares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O tratamento-controle obteve o maior escore médio, que na escala hedônica estruturada de nove pontos utilizada, corresponde à avaliação entre o “Gostei ligeiramente” (6) e “Gostei moderadamente” (7). Na sequência, os tratamentos Caa, correspondendo ao mesmo conceito do controle, Faa e FCaa, com avaliação entre os conceitos “Gostei ligeiramente” (6) e “Gostei moderadamente” (7), para ambos os tratamentos.

Na Tabela 1 são mostrados os valores médios dos escores atribuídos pelos provadores para o parâmetro aroma, das amostras de feijão analisadas.

De acordo com Oliveira (2009), um período de 20 a 25 minutos de cozimento do feijão em panela de pressão doméstica torna possível a identificação de cultivares que apresentam melhor perfil sensorial. Há

Tabela 1 – Perfil de aceitação do feijão para o atributo aroma

Escala Hedônica	Número de Provadores			
	Controle	Faa	Caa	FCaa
(9) Gostei extremamente	6	2	3	6
(8) Gostei muito	13	14	13	5
(7) Gostei moderadamente	10	12	15	14
(6) Gostei ligeiramente	8	6	5	7
(5) Indiferente	2	3	3	5
(4) Desgostei ligeiramente	1	2	1	2
(3) Desgostei moderadamente	-	1	-	1
(2) Desgostei muito	-	-	-	-
(1) Desgostei extremamente	-	-	-	-
<b>Total de Provadores</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Média<sup>1</sup></b>	<b>7,25<sup>a</sup></b>	<b>6,90<sup>a</sup></b>	<b>7,13<sup>a</sup></b>	<b>6,75<sup>a</sup></b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

concordância com o tempo utilizado neste trabalho, e por ter apresentado uma textura macia dos grãos cozidos, que ainda, apresentaram-se intactos.

Observou-se, então, que os revestimentos aplicados ao feijão não alteraram o aroma.

Para o atributo sabor houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, apesar de o coeficiente de determinação ter apresentado um valor baixo (36,2%), que não explica bem essa variação (Figura 5).

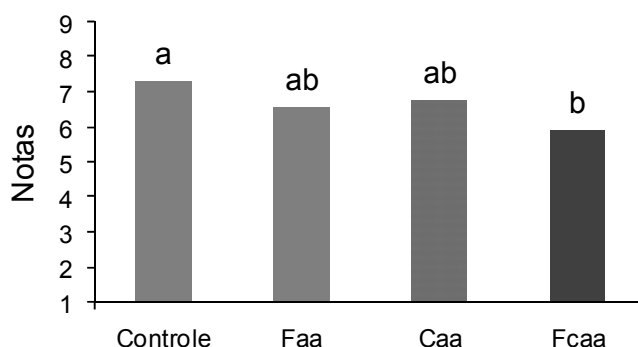


Figura 5 – Valores médios das notas dos provadores para o atributo sabor do feijão. Médias com letras minúsculas similares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O tratamento-controle diferiu ( $p < 0,05$ ) do tratamento FCaa. No entanto, observou-se que os tratamentos que continham os revestimentos não diferiram entre si.

As notas obtidas pelos tratamentos para o atributo sabor classificou o feijão entre os níveis “Indiferente” (5) e “Gostei moderadamente” (7) (Tabela 2).

Tabela 2 – Perfil de aceitação do feijão para o atributo sabor

Escala Hedônica	Número de Provadores			
	Controle	Faa	Caa	FCaa
(9) Gostei extremamente	8	4	2	1
(8) Gostei muito	12	6	13	8
(7) Gostei moderadamente	12	15	11	10
(6) Gostei ligeiramente	3	8	7	7
(5) Indiferente	3	1	3	4
(4) Desgostei ligeiramente	2	4	3	5
(3) Desgostei moderadamente	-	1	1	2
(2) Desgostei muito	-	1	-	3
(1) Desgostei extremamente	-	-	-	-
<b>Total de Provadores</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Média<sup>1</sup></b>	<b>7,35<sup>a</sup></b>	<b>6,58<sup>ab</sup></b>	<b>6,78<sup>a</sup></b>	<b>5,93<sup>b</sup></b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com Martins e Silva (2004), parâmetros sensoriais apresentam sensibilidade tanto em baixas quanto em altas temperaturas, havendo redução significativa da perda da qualidade de atributos como sabor e odor, além da cor, e que parâmetros nutricionais não são significativamente retidos, entre eles ácido ascórbico e o teor de amido.

Conforme Florez *et al.* (2009), a maioria dos estudos realizados com feijão-comum tratam principalmente dos aspectos nutricionais e da qualidade de cocção. No entanto, pouco se tem descrito acerca do sabor e odor desta leguminosa.

O parâmetro impressão global não apresentou diferença entre os tratamentos, porém, apresentou também um  $R^2$  com valor baixo (44,4%) que não explicou bem a variação do parâmetro estudado.

A faixa de variação do parâmetro impressão global foi localizada entre os termos “Gostei ligeiramente” (6) a “Gostei moderadamente” (7) (Figura 6).

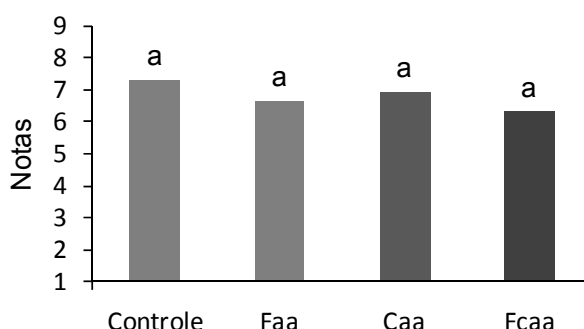


Figura 6 – Valores médios das notas dos provadores para o atributo impressão global do feijão. Médias com letras minúsculas similares nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Yamaguishi (2008) estudou o perfil sensorial de caldo de feijão fermentado e desidratado e observou escores médios para aceitabilidade que foram de 4,1 para o controle e 7,3 para o produto condimentado, e entre as características avaliadas que agradaram os provadores encontravam-se a cor e a manutenção do sabor do feijão, apesar de o mesmo encontrar-se fermentado, o que não alterou a palatabilidade dos provadores.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados das notas atribuídas à impressão global para os tratamentos analisados.

Tabela 3 – Perfil de aceitação do feijão para o atributo impressão global

Escala Hedônica	Número de Provadores			
	Controle	Faa	Caa	FCaa
(9) Gostei extremamente	7	1	2	1
(8) Gostei muito	10	12	11	9
(7) Gostei moderadamente	15	14	17	15
(6) Gostei ligeiramente	5	5	5	3
(5) Indiferente	2	3	3	4
(4) Desgostei ligeiramente	1	2	1	5
(3) Desgostei moderadamente	-	3	1	2
(2) Desgostei muito	-	-	-	1
(1) Desgostei extremamente	-	-	-	-
<b>Total de Provadores</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Média<sup>1</sup></b>	<b>7,30<sup>a</sup></b>	<b>6,63<sup>a</sup></b>	<b>6,93<sup>a</sup></b>	<b>6,30<sup>a</sup></b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conforme Gularte (2002), para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenham um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%. O limite mínimo para definição da aceitabilidade de produtos alimentícios é 7,0. Tendo em vista que algumas médias dos tratamentos com revestimento, tanto em relação ao sabor quanto à impressão global, terem sido inferiores a 7,0, há que se considerar que estas demonstraram uma tendência maior para a aceitação do que para a rejeição das amostras analisadas.

### 5.3 Cor do tegumento

O parâmetro  $L^*$  determina a posição do ponto sobre o eixo vertical de claridade (luminosidade). Na análise de variância para este parâmetro de cor do tegumento do feijão obteve-se interação significativa entre os tratamentos e as temperaturas de armazenamento, evidenciando que os revestimentos apresentaram respostas diferenciadas.

O modelo linear adotado foi o mais adequado. Pela análise de regressão podem ser observados maiores valores de  $R^2$  para os tratamentos armazenados sob temperatura de refrigeração, onde apenas o tratamento Caa (Figura 7F) apresentou um valor inferior.

Em relação ao controle, os valores de  $L^*$  para os tratamentos armazenados à temperatura ambiente foram mais baixos, sendo no tempo zero de 21,49 aumentando até o valor de 39,44 no tempo de 60 dias. Portanto, o tratamento é considerado como uma amostra escura, segundo a escala de cores, cuja coordenada de luminosidade (L) varia de zero (preto puro) a 100 (branco puro). Entre os tratamentos revestidos observou-se que o tratamento Caa apresentou maior valor de  $L^*$  (50,33) no final do armazenamento, indicando, portanto, que à medida que o valor de  $L^*$  vai aumentando, mais clara vai se tornando a amostra. Contrariamente aos resultados encontrados nesta pesquisa, Skowronski *et al.* (2003) observaram que com o avanço da maturação de grãos de feijão da variedade Carioca, os valores de  $L_{\text{Hunter}}$  reduziram linearmente, o que indica escurecimento do tegumento.

Outra característica observada nesta pesquisa é que os tratamentos que continham revestimentos apresentaram uma coloração mais clara do que o controle (Figura 7).

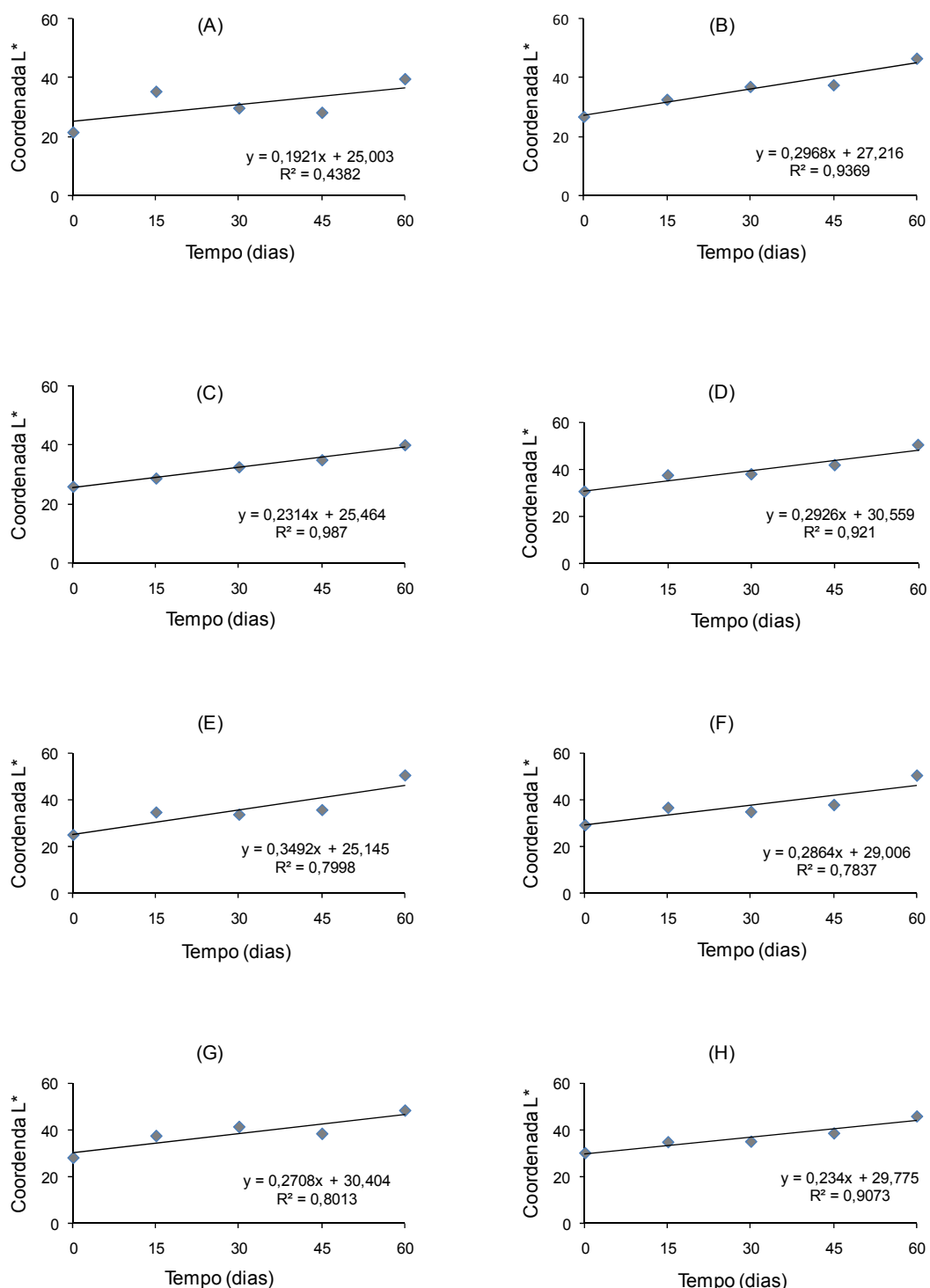


Figura 7 – Valores médios da coordenada  $L^*$  para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C, E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente.

Vieira *et al.* (2006), avaliando a cor de feijão Carioca cv. Pérola, armazenado em silobolsa e ambiente natural, durante 120 dias, observaram que os grãos não apresentaram diferença na cor do tegumento.

De acordo com Oliveira (2009), a luminosidade apresentada por cultivares de feijão do grupo Carioca sofreu modificação durante armazenamento refrigerado a 0 °C, cuja variação do valor de  $L^*$  foi de 52,26 (tempo zero), 42,65 (três meses) e 49,75 (seis meses). Nesta pesquisa, o contrário foi observado para o tratamento-controle, enquanto para os tratamentos revestidos os valores de  $L^*$  foram aumentando durante o período de armazenamento de 60 dias.

Silva *et al.* (2009) compararam os valores de  $L^*$  para amostras de feijão-comum do grupo Carioca, cultivares BRS Pontal (marrom) e WAF75 (branco), tendo observado que os grãos crus apresentaram-se mais claros (44,84 e 63,24), enquanto que os cozidos tornaram-se mais escuros (34,63 e 50,37), respectivamente.

Os valores de cromaticidade  $a^*$  (ponto sobre o eixo (-) verde/vermelho (+)) apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos Faa, Caa e FCaa em relação ao controle. Os tratamentos Faa e Caa diferiram entre si, porém não diferiram do FCaa. De acordo com os dados obtidos, houve uma tendência de cor para o vermelho. Pela análise de variância, o coeficiente de determinação explicou satisfatoriamente 94% dos resultados obtidos, bem como o modelo linear foi o mais adequado (Figura 8).

A comparação das médias entre os tratamentos mostrou que o tratamento-controle apresentou maior valor médio do parâmetro  $a^*$  (9,67), seguido pelos tratamentos Caa (5,67), FCaa (5,23) e Faa (4,92).

Durante o período de armazenamento em temperatura ambiente, os valores médios da coordenada  $a^*$  do controle foram maiores em relação aos demais tratamentos, cuja variação foi de 4,55 a 12,67. Para o tratamento FCaa esses valores oscilaram entre 2,54 e 6,15, valores menores quando comparados aos dos tratamentos Faa e Caa, que foram de 2,98 a 7,21 e de 3,19 a 7,29, respectivamente.

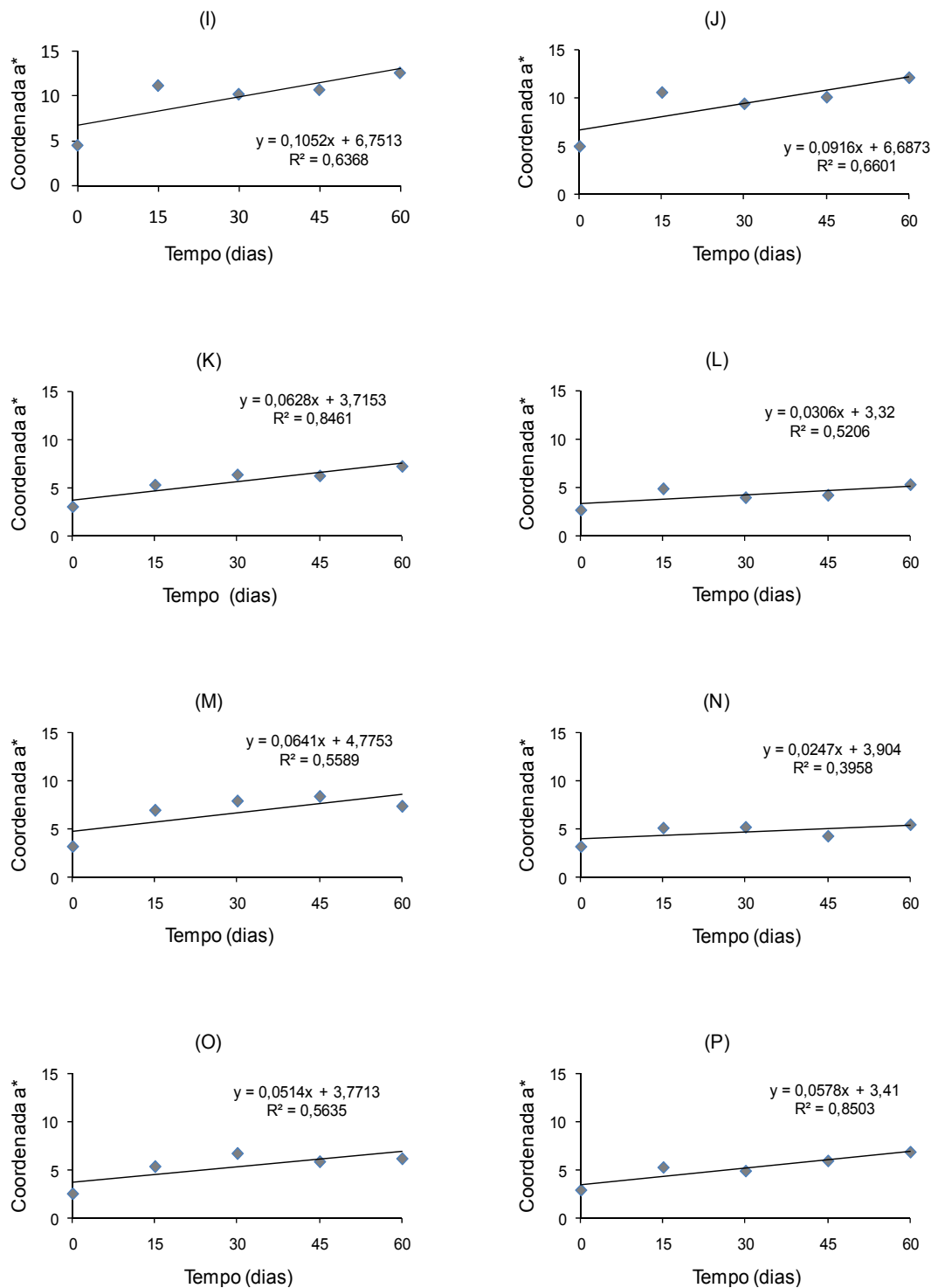


Figura 8 – Valores médios da coordenada  $a^*$  para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (I, K, M e O) e de refrigeração (J, L, N e P), respectivamente.

Com relação aos valores de  $a^*$  encontrados neste trabalho, não houve diferença entre os tratamentos armazenados sob refrigeração, em relação ao armazenamento em temperatura ambiente. O tratamento-controle foi aquele que apresentou maiores valores, enquanto os tratamentos Faa, Caa e FCaa apresentaram valores próximos àqueles da temperatura ambiente.

Faroni *et al.* (2006) avaliaram feijão durante 90 dias, acondicionado em embalagem metálica e mantido em temperatura de laboratório, e observaram que não houve variação na diferença de cor dos tratamentos em relação ao controle.

Segundo Nasar-Abbas *et al.* (2009), tanto a temperatura quanto a duração do período de armazenagem de feijão por um ano influenciaram os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  no tegumento dos grãos. Os mesmos autores afirmaram ainda que os valores de  $a^*$  aumentaram após duas semanas para um valor máximo de  $a^* = 16,8$  ( $> 37$  °C) e então diminuíram quando a temperatura foi de 60 °C.

A coordenada de cromaticidade  $b^*$  indica a variação dos pontos sobre o eixo (-) azul/amarelo (+). Houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre o tratamento-controle e os demais tratamentos, nas temperaturas de armazenagem analisadas. Os tratamentos revestidos não diferiram entre si.

As amostras apresentaram tendência para a coloração amarela, cujos valores aumentaram nos dois primeiros tempos de armazenagem (0 e 15 dias) para o controle; diminuíram aos 30 dias e, voltaram a aumentar aos 45 e 60 dias, tanto para temperatura ambiente quanto para a de refrigeração. Com relação ao tratamento Faa (Figuras 9Q e 9R) observou-se variação nos valores de  $b^*$ , enquanto os tratamentos Caa (Figuras 9U e 9V) e FCaa (Figuras 9X e 9Z) apresentaram aumento nos três primeiros tempos de armazenagem, e diminuição desses valores no tempo final. Uma provável explicação para este fato pode ser dada pela presença da cera de carnaúba no revestimento destes tratamentos, que pode ter formado uma película protetora (Figura 9).

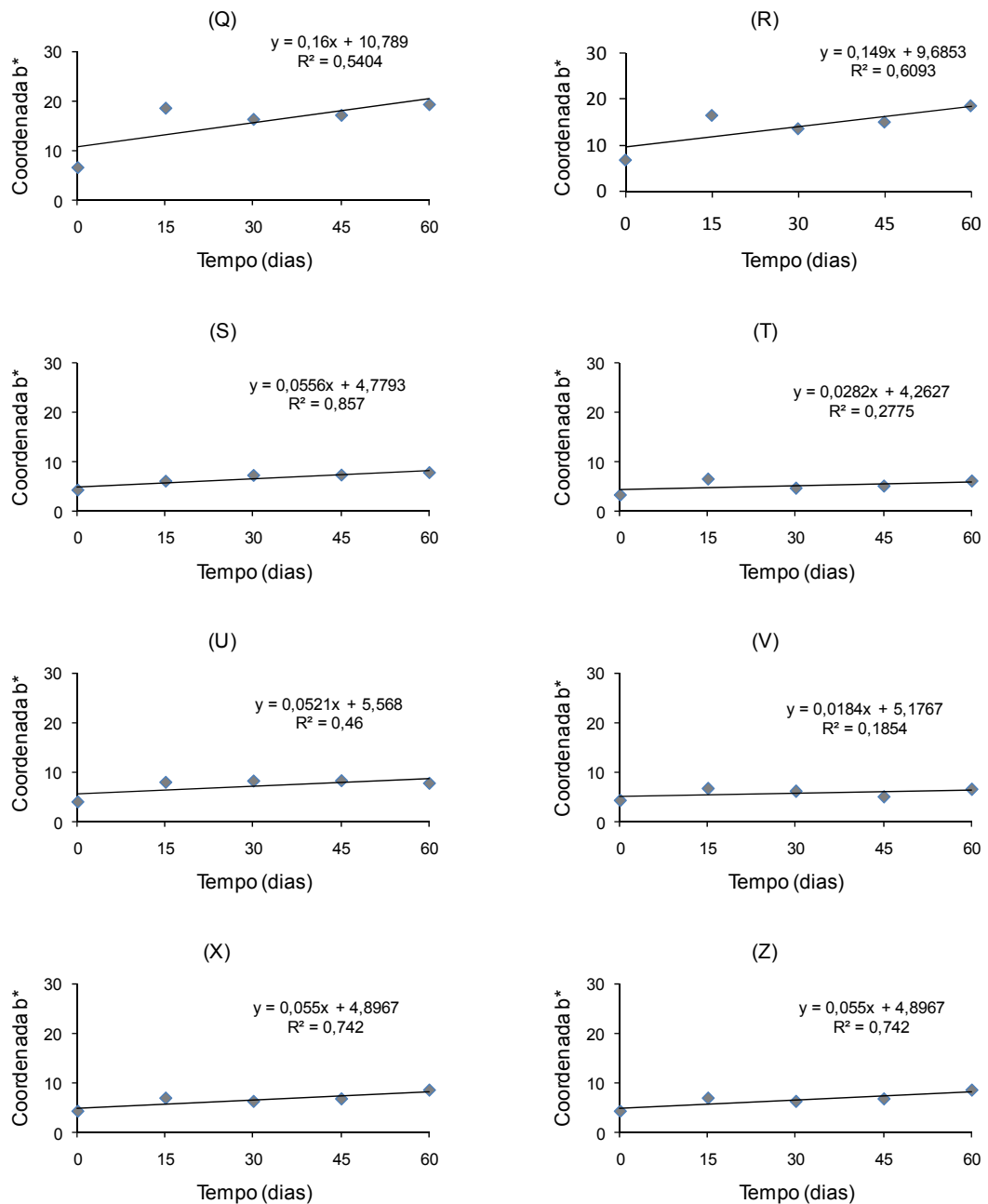


Figura 9 – Valores médios da coordenada  $b^*$  para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (Q, S, U e X) e de refrigeração (R, T, V e Z), respectivamente.

Silva *et al.* (2009) analisaram cultivares de feijão-comum cru e encontraram valores de  $b^*$  variando entre 0,47 a 12,92, indicando tendência para a coloração amarela, corroborando com os dados desta pesquisa.

## 6 CONCLUSÕES

O tempo de cocção para todos os tratamentos não ultrapassou o tempo de 30 minutos, caracterizando um feijão que não apresentou o fenômeno *hard-to-cook* (duro de cozinhar).

As características avaliadas no perfil sensorial indicaram que os revestimentos aplicados no feijão apresentaram boa aceitabilidade pelos provadores. A utilização de revestimentos comestíveis não mostrou diferença em relação ao controle (feijão sem revestimento). Assim, pode-se concluir que os revestimentos testados podem ser usados com aceitação pelo consumidor.

Houve resposta diferenciada do parâmetro de cor luminosidade ( $L^*$ ) para todos os tratamentos. As amostras revestidas tornaram-se mais claras durante o período de armazenamento, enquanto o tratamento-controle apresentou um escurecimento linear. Estes fatos podem ser devido à capacidade antioxidante dos aminoácidos, bem como os revestimentos impedirem a ação da luz, já que a tendência é o escurecimento dos grãos, à medida que aumenta o tempo de armazenagem.

## **CAPÍTULO 2**

### **INFLUÊNCIA DE REVESTIMENTOS NOS FATORES ASSOCIADOS À QUALIDADE SANITÁRIA DO FEIJÃO-COMUM**

#### **1 INTRODUÇÃO**

O feijão-comum é constituído de importante fonte protéica e calórica na dieta de uma parcela significativa da população mundial, em especial nos países onde o consumo de proteína animal é limitado, por razões econômicas, ou religiosas e culturais. Na alimentação do brasileiro, é um alimento relevante pelos seus aspectos econômico, social, nutricional e cultural. Os principais tipos de grãos de feijão-comum produzidos e consumidos no Brasil pertencem às classes preto e cores, principalmente os feijões de tegumento bege com rajas marrons, comercialmente denominados de Carioca.

A qualidade sanitária de sementes é avaliada principalmente pelo teste de sanidade, onde se verifica a presença ou ausência de insetos-praga e micro-organismos.

Na atualidade, as pesquisas por embalagens que não degradam e agridam o meio ambiente estão em crescente expansão, principalmente àquelas obtidas a partir de fontes baratas e renováveis, como carboidratos, proteínas e lipídeos. Como exemplos desses biopolímeros podem ser citados a fécula/amido de mandioca, gomas, ceras, proteínas do soro de leite, que são capazes de formar coberturas, que têm apresentado grande

utilização na conservação de frutas e outros vegetais, aumentando, com isso sua vida útil.

No entanto, poucas são as pesquisas realizadas sobre conservação de grãos com biopolímeros comestíveis. Assim, objetivou-se neste trabalho verificar alguns parâmetros tecnológicos na conservação do feijão-comum.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Observar a ocorrência de alterações nas características da qualidade sanitária do feijão-comum revestido com biopolímeros de fécula de mandioca e cera de carnaúba.

### **2.2 Específicos**

Verificar a influência da umidade e atividade de água na presença ou ausência de insetos-praga e micro-organismos;

Observar os efeitos obtidos com os revestimentos na proteção do feijão contra o inseto-praga *Zabrotes subfasciatus*, através de teste de preferência com chance de escolha;

Verificar o grau de infestação dos grãos de feijão submetidos aos tratamentos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Dados culturais e de produção do feijão-comum

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa amplamente difundida em todo o território brasileiro, sendo um dos produtos da agricultura com importância econômica e social no país. Além disso, o Brasil é também um dos maiores produtores e consumidores deste grão, apresentando destacada relevância na dieta alimentar, por ser uma boa fonte de carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas.

Apesar dos benefícios nutricionais, o consumo de leguminosas tem diminuído nos países industrializados nos últimos anos, uma tendência que provavelmente contribuirá para desequilíbrios nutricionais, associados com dietas que fornecem pouca fibra e ainda dependem da proteína animal (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008).

Segundo Costa (2008), no continente americano, Brasil e México se destacam pelo alto índice de produção, na faixa de 78%, enquanto o Brasil, em se tratando do feijão-comum, é o maior produtor e consumidor mundial.

De acordo com Brackmann *et al.* (2002), o feijão é um dos produtos agrícolas que apresenta baixa tolerância a longos períodos de armazenamento, pois aumenta o tempo de cocção, levando o consumidor a rejeitar esses grãos. As sementes do feijoeiro, como a maioria das espécies, suportam armazenamento por períodos curtos. Entretanto, quando se tem

um armazenamento prolongado, há indução de uma série de processos degenerativos, devido à migração de água do ambiente para as sementes, aumentando o teor de água destas, que combinado com elevadas temperaturas constituem os principais fatores para aceleração da deterioração (ARAGÃO *et al.*, 2002).

Para Oliveira (2009), o feijão do grupo Carioca apresenta uma redução superior a 50% do seu valor comercial após três meses de colheita, por apresentar escurecimento do tegumento, não se recomendando, portanto, seu armazenamento por período superior ao acima citado.

O Brasil por ser o maior produtor e igualmente o maior consumidor mundial de feijão, apresenta uma produtividade para a safra 2009/2010 estimada em 880 kg.ha<sup>-1</sup>, com uma variação de 4,5% em relação à safra 2008/2009. Apresenta também um consumo per capita em torno de 18,0 kg hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, bem como uma produção de 3.546,9 mil toneladas (CONAB, 2010b).

### **3.2 Revestimentos**

Na atualidade há uma maior exigência do consumidor pela aquisição de alimentos mais saudáveis, seguros e naturais, além do que o seu invólucro também deva apresentar características de sustentabilidade. Para Soares *et al.* (2009), esse desafio que visa atender às exigências do consumidor, está pautado no fornecimento de embalagens modernas, que apresentem praticidade, com preservação do alimento, e principalmente que sejam viáveis para o meio ambiente e à economia.

O número de pesquisas com revestimentos comestíveis a partir de biopolímeros naturais como polissacarídeos, tem aumentado, tendo em vista seu baixo custo, abundância na natureza, derivados de fontes renováveis, não poluentes e, principalmente por aumentar a vida de prateleira dos alimentos (PARRA *et al.*, 2004; DURANGO *et al.*, 2006; KRISTO; BILIADERIS, 2006; SOARES *et al.*, 2006; ALBANESE *et al.*, 2007; FAMÁ *et al.*, 2007; TALJA *et al.* 2007; BERTUZZI *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2007; CHEN; LAI, 2008; MONTERO-CALDERÓN *et al.*, 2008; OMS-OLIU *et al.*, 2008; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2008; PHAN *et al.*, 2009). Outros biopolímeros

como proteínas e lipídeos (AMARANTE *et al.*, 2001; HOA *et al.*, 2002; BAI *et al.*, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2005; PEREZ-GAGO *et al.*, 2005; VARGAS *et al.*, 2006; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007; HOA *et al.*, 2008) também têm sido bem pesquisados.

De acordo com Giancone *et al.* (2008), os revestimentos são aplicados diretamente sobre a superfície dos alimentos ou aspergidos ou colocados entre os componentes destes, com a finalidade de redução da perda de água, gases, migração de agentes a estes adicionados como ácidos graxos e aromas, ou ainda estabilizando a variação na atividade de água, com manutenção das propriedades de textura do alimento.

Segundo Tanada-Palmu *et al.* (2005), entre as propriedades de funcionalidade dos revestimentos biodegradáveis podem ser mencionadas o transporte de gases (oxigênio, gás carbônico e etileno) e de solutos, a retenção de compostos aromáticos e a incorporação de aditivos alimentícios, como aromas, corantes, nutrientes e ainda agentes antioxidantes e antimicrobianos.

Os revestimentos comestíveis agem pela criação de uma atmosfera modificada em torno do produto, similarmente àquela obtida pelas condições de estocagem em atmosfera controlada ou modificada (CERQUEIRA *et al.*, 2009). Para Diab *et al.* (2001), Durango *et al.* (2006) e Ribeiro *et al.* (2007), a atmosfera modificada criada pelo revestimento comestível protege o alimento desde a aplicação até a aquisição do produto pelo consumidor.

Para Hambleton *et al.* (2009), proteínas e polissacarídeos geralmente formam filmes com boas propriedades mecânicas, mas também de baixa barreira ao vapor de água, devido a sua natureza hidrofílica. Para Ruiz-Ramos *et al.* (2006), as interações entre hidrocolóides e lipídeos determinam a estabilidade e propriedade dos filmes.

Filmes biopoliméricos que contêm ingredientes à base de carboidratos e lipídeos possuem boas propriedades mecânicas e de barreira ao vapor de água (HAMBLETON *et al.*, 2009).

De acordo com Parra *et al.* (2004), polímeros biodegradáveis obtidos a partir de fontes renováveis têm sua importância baseada no controle ou na redução de emissão de CO<sub>2</sub> e no desenvolvimento sustentável de materiais poliméricos à base de carbono.

De acordo com Vicentini *et al.* (1999), os revestimentos comestíveis apresentam bom aspecto, não são pegajosos, são brilhantes e transparentes, melhorando o aspecto visual dos produtos e, não sendo tóxicos, podem ser ingeridos juntamente com o produto protegido, além de se apresentarem como um produto comercial de baixo custo.

Os materiais mais utilizados na composição desses revestimentos são os lipídeos (óleo ou cera de parafina, cera de abelhas, cera de carnaúba, óleo vegetal, óleo mineral), polissacarídeos (celulose e derivados, pectina, amido/fécula, carragena e outras gomas) e proteínas (caseína, gelatina, albumina de ovo, etc.) (BALDWIN *et al.*, 1995). Segundo Hojo *et al.* (2007), a fécula de mandioca é considerada a matéria-prima mais adequada na elaboração de revestimentos comestíveis, por formar películas resistentes e transparentes, pouca barreira à perda de água, proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutos e hortaliças comercialmente atrativos.

A obtenção da película formada a partir da fécula de mandioca baseia-se no princípio da geleificação da fécula, que ocorre acima de 70 °C. A fécula geleificada, quando resfriada, forma filme devido às suas propriedades de retrogradação.

Revestimentos com cera têm aumentado a qualidade pós-colheita de muitas frutas e vegetais, por limitar as trocas gasosas, reduzir a descoloração e perda de água e susceptibilidade de abrasão da pele (MELLENTHIN *et al.*, 1982; HAGENMAIER; BAKER, 1994; BALDWIN *et al.*, 1999; ERGUN *et al.*, 2005).

### **3.3 Teor de umidade**

A conservação de sementes e grãos é influenciada principalmente, por fatores como qualidade fisiológica, sanitária e teor de umidade, e características fundamentais como tipo de embalagem, umidade relativa e temperatura do ar, além do efeito destes fatores sobre o surgimento de micro-organismos e insetos durante o armazenamento.

O teor de umidade é o fator que governa a qualidade do produto armazenado. A eficiência desse armazenamento está associada a um baixo teor de água. Grãos com elevado teor de água favorecem o desenvolvi-

mento de micro-organismos e o surgimento de insetos. Segundo Moura (1998), observa-se também que há mobilidade de substâncias, principalmente de enzimas solúveis, ocorrendo reações indesejáveis, quando esse teor é alto; caso contrário, a água adsorvida à matéria seca impossibilita a ocorrência de reações entre os componentes químicos do grão, mantendo assim sua qualidade.

De acordo com Bragantini (2005), quando o teor de água de grãos e sementes é baixo (faixa entre 11 e 13%, em base úmida), a atividade respiratória é diminuída, reduzindo, com isto, o metabolismo ao mínimo. Portanto, para manutenção da qualidade de sementes armazenadas, é importante o controle do binômio temperatura e umidade, em níveis baixos.

Segundo Rios *et al.* (2002), durante o armazenamento, uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa pode ocorrer em grãos e sementes, cuja velocidade e intensidade dependerão do tempo e temperatura de armazenamento, das características intrínsecas destes, e principalmente do teor de umidade. Outros fatores importantes como período de armazenamento, umidade relativa, grau de contaminação, quantidade de impurezas, porcentual de oxigênio, além dos cuidados durante a colheita, beneficiamento e transporte (GARCIA *et al.*, 2003), levam à perda da qualidade dos grãos (BRACKMANN *et al.*, 2002; ESTEVES *et al.*, 2002; RIOS *et al.*, 2002).

Para o desenho de equipamentos utilizados na plantação, colheita, transporte, estruturas de armazenamento e processamento de grãos de feijão secos é necessário o conhecimento de suas propriedades físicas, em função do teor de umidade (ALTUNTAŞ; YILDIZ, 2007; CETIN, 2007).

O armazenamento de grãos em ambientes com baixa umidade relativa provoca rachaduras no tegumento, além de acelerar a desidratação. Ao contrário, quando existe uma condição de umidade mais elevada, influenciada por flutuações de temperatura, o processo de deterioração torna-se acelerado, favorecendo o ataque por micro-organismos, que por sua vez promove germinação indesejada, inviabilizando o consumo desses grãos (ASSIS, 2004).

### 3.4 Atividade de água

A atividade de água é um dos fatores intrínsecos mais importantes dos alimentos e é uma medida qualitativa que torna possível a avaliação da disponibilidade da água livre. Portanto, quando se determina este parâmetro podem ser previstas reações de oxidação lipídica, escurecimento não enzimático (reação de Maillard), atividade enzimática, desenvolvimento microbiano, além de observar o comportamento de misturas de alimentos com valores de atividade de água diferentes e sistemas de embalagem utilizados (FRANCO; LANDGRAF, 2003).

A atividade de água é um parâmetro utilizado para expressar a disponibilidade de água na camada delgada de ar próxima à superfície dos produtos. Portanto, quanto maior o teor de umidade do produto, maior será sua atividade de água.

A qualidade de feijões pode ser preservada pela manutenção do teor de umidade ou pela atividade de água a um nível onde reações indesejáveis usualmente associadas com o fenômeno *hard-to-cook* são inibidas (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ, 1993).

Para Rigueira *et al.* (2009), a aplicação do frio para resfriar a massa de grãos durante o armazenamento é uma técnica eficiente e econômica, cuja finalidade é a manutenção da qualidade de produtos alimentícios, por proporcionar diminuição nos valores da atividade de água e na taxa respiratória, bem como promover o atraso no desenvolvimento de insetos-praga e dos micro-organismos presentes, independente das condições climáticas da região em estudo.

De acordo com Silva (2004), a maior meta da armazenagem é a conservação da matéria seca, empregando-se para tanto, a secagem. Para as condições de clima do Brasil, o teor de umidade ideal para o acondicionamento de grãos e sementes é de 13%, cujo valor foi estipulado para manter estável a atividade de água do produto, tornando inviável, primordialmente o desenvolvimento fúngico e bacteriano.

Vujanovic *et al.* (2001) afirmaram que a temperatura é mais importante do que a atividade de água na esporulação de espécies de *Aspergillus nidulans*, *A. niger* e *A. ochraceus*. Com relação ao *A. flavus* e ao

*A. versicolor*, a ocorrência da esporulação é dependente tanto da temperatura quanto da atividade de água.

De acordo com Franco e Landgraf (2003), atividade de água, temperatura e disponibilidade de nutrientes são interdependentes. No entanto, a qualquer temperatura, a capacidade de micro-organismos se multiplicarem diminui quando a atividade de água também é reduzida. Quanto mais próxima da temperatura ótima de multiplicação, mais extensa é a faixa de atividade de água em que o crescimento microbiano acontece. A presença de nutrientes também é significativa, tendo em vista a ampliação da faixa de atividade de água nas quais os micro-organismos podem se multiplicar.

### **3.5 Qualidade sanitária**

#### **3.5.1 Micro-organismos presentes em feijão**

Segundo Brackmann *et al.* (2002), depois de colhidos, a respiração e outros processos metabólicos dos grãos continuam ativos, possibilitando, na maioria das vezes, o surgimento de perdas significativas da qualidade. Porém, esses processos podem ser minimizados ou ainda retardados através da redução do teor de umidade, que possibilita um maior tempo de conservação. Apesar do uso dessa técnica, os grãos perdem qualidade, devido principalmente à perda de peso e pelo consumo de energia para realização do processo respiratório, além do aumento de rachaduras e do surgimento de insetos e fungos.

Micro-organismos em sementes podem se proliferar rapidamente sob condições favoráveis (atividade de água, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes) durante a germinação da semente e, subsequentemente, no crescimento das plântulas (PEÑAS *et al.*, 2008).

Segundo Duan *et al.* (2007), enquanto mais de 25 espécies de fungos são conhecidas por invadirem grãos e leguminosas armazenadas, espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* são responsáveis pela maioria dos danos causados ao germe durante o armazenamento.

Doenças de origem fúngica e bacteriana, além de patógenos virais, exercem alguns efeitos deletérios na semente, como redução de sua viabili-

dade, capacidade de germinação e vigor, diminuição da longevidade na conservação, além de causarem mudanças fisiológicas (DUAN *et al.*, 2007).

*Aspergillus* e *Penicillium* são os principais fungos de armazenamento encontrados em sementes de feijão. Segundo Menten (1995), as sementes podem sofrer deterioração durante o armazenamento, pela ação específica desses fungos, que conseguem infectar as sementes secas, com umidade superior ao intervalo entre 13 e 15%. Dentre estes, o colonizador primário é o *Aspergillus*, que vai preparando o substrato para o desenvolvimento de *Penicillium*. Além disso, esses fungos são responsáveis pela perda da viabilidade das sementes durante o armazenamento.

Para Lucca-Filho (1985), os principais objetivos dos testes de sanidade são determinar a condição sanitária da amostra de sementes e, por inferência, a qualidade do lote, fornecendo informações para o serviço de quarentena, sistemas de certificação de sementes, informações sobre a qualidade da semente para o plantio, necessidade de tratamento, fungos de armazenagem e resistência de cultivares.

### **3.5.2 Grau de infestação por insetos-praga**

Segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), o grau de infestação tem como objetivo determinar a porcentagem de sementes de um lote danificado por insetos, como por exemplo, gorgulhos do feijão (*Zabrotes subfasciatus* e *Acanthoscelides obtectus*).

A infestação de sementes pode ocorrer no campo ou durante o período de armazenamento, com prejuízo à qualidade do lote e o comprometimento da comercialização, devido à rápida proliferação dos insetos.

De acordo com Rajendran (2002), produtos de origem vegetal e animal armazenados são atacados por mais de 600 espécies de besouros, 70 de mariposas e cerca de 355 espécies de ácaros, causando perdas quantitativas e qualitativas. Portanto, a contaminação de produtos alimentícios torna-se um importante problema de controle de qualidade de interesse para a indústria de alimentos.

As mais importantes espécies de insetos-praga em feijão-comum são *Acanthoscelides obtectus* e *Zabrotes subfasciatus*. Segundo Rees (2004) e

Souza *et al.* (2010), devido às adaptações desenvolvidas por estes insetos de grãos armazenados, a destruição é frequentemente muito elevada, porque os grãos se tornam inadequados para consumo humano e inviáveis para replantio ou comercialização.

De acordo com Paul *et al.* (2009), o ciclo de vida e a ecologia dos principais insetos-praga em feijão armazenado são similares, embora exista uma diferença entre eles do ponto de vista prático, sendo que *A. obtectus* coloca seus ovos livremente na massa de grãos, sem atacar o tegumento destes, enquanto *Z. subfasciatus* coloca seus ovos diretamente na superfície dos grãos.

De acordo com a ANVISA (2010), o principal método para o controle do caruncho do feijão é o expurgo com agentes fumigantes. No entanto, existem outras técnicas de controle da infestação em feijão, dentre as quais podem-se destacar: substâncias abrasivas (LORINI *et al.*, 2000; LORINI *et al.*, 2003; BAVARESCO, 2007; STATHERS *et al.*, 2008); cultivares resistentes (SOMTA *et al.*, 2008); inibidores enzimáticos e óleos essenciais (TAPONDJOU *et al.*, 2005; BRITO *et al.*, 2006; RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008); componentes e extratos de plantas (ISMAN, 2006; KUMAR *et al.*, 2007; RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008; PAUL *et al.*, 2009); inseticidas botânicos (AZEVEDO *et al.*, 2007); substâncias repelentes (SHIMIZU; HORI, 2009); outros compostos químicos (RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008); tratamentos isolados ou conjuntamente em programas de manejo integrado de qualidade (CERUTI, 2007); substâncias esterilizantes de superfície como o plasma (DHAYAL *et al.*, 2006; CHU, 2007) ou energia ionizante na forma de micro-ondas, frequência de radio, radiação UV, radiação com raios gama, energia magnética, bombardeamento com elétrons, pressão hidrostática e elétrons de baixa energia (BOTELHO *et al.*, 2002; YAO *et al.*, 2005; BLASZCZAK *et al.*, 2007; AL-BACHIR, 2007).

O Brasil, apesar da extensa área agrícola plantada, grande quantidade de grãos não é aproveitada devido, principalmente, ao ataque de pragas e doenças (ALMEIDA *et al.*, 2005).

Faroni *et al.* (1995) afirmam que quando insetos atacam grãos armazenados, podem causar redução da massa e, ou, do volume; aquecimento dos grãos; disseminação de micro-organismos, entre eles a contami-

nação por patógenos, redução do poder germinativo e vigor das sementes; acarretando com isso um aumento nos custos para monitoramento e controle da infestação.

Os insetos estão entre os principais agentes responsáveis por perdas e depreciação de grãos durante a pós-colheita. A infestação por bruquídeos resulta numa redução considerável da qualidade e quantidade de sementes. Esta família inicia a infestação das sementes ainda no campo, onde o dano é menor. Entretanto, após as sementes terem abrigado as larvas nos vários estágios de desenvolvimento, são estocadas, os insetos adultos emergem e põem seus ovos nas sementes vizinhas. Como consequência dessa infestação secundária, em poucos meses frequentemente há perda completa das sementes, e também estas se tornam aquecidas, facilitando o crescimento de fungos filamentosos, tornando-se impróprias para consumo humano, bem como não podendo ser usadas para comercialização ou na agricultura (REES, 2004).

Um tratamento convencional de sementes inclui a utilização de compostos químicos ou processos aplicados, cuja finalidade é reduzir os danos causados pela infestação da superfície e tecidos internos da semente, ou pelo ataque de plantas jovens. De acordo com Spadaro e Gullino (2005), um tratamento ideal seria aquele que é considerado inofensivo para a semente (sem fitotoxicidade), estável para o longo período antes do plantio, com adesão suficiente e uniforme através da pele da semente, sem o perigo de deixar resíduos.

De acordo com Yamada *et al.* (2005), a produtividade de sementes é geralmente diminuída como resultado da infestação por pestes, principalmente bruquídeos. Um pequeno número de bruquídeos tem se adaptado às condições de armazenamento de sementes e se tornaram pestes. Embora muitas sementes de plantas, incluindo as leguminosas, contenham vários compostos tóxicos secundários, como lectinas, inibidores enzimáticos (proteases), alcalóides e saponinas, alguns bruquídeos são capazes de se alimentarem dessas sementes. Espécies de bruquídeos exibem diferenças na sensibilidade a estes metabólitos secundários, sugerindo que certos compostos exercem um papel mais importante que outros na resistência dos insetos.

A transferência de fatores de resistência para variedades de plantas susceptíveis, por reprodução convencional ou engenharia genética pode ser um enfoque promissor para aumentar a resistência das plantas e assim reduzir perdas durante o armazenamento.

### 3.5.3 Aspectos biológicos de *Zabrotes subfasciatus*

O caruncho do feijão (*Zabrotes subfasciatus*) (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) tem sua origem nas regiões tropicais e subtropicais das Américas Central e do Sul, Mediterrâneo e Índia, sendo uma das principais pragas de sementes de leguminosas como *Phaseolus vulgaris* (L.), *Phaseolus lunatus* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp, principalmente durante o período de armazenamento (OLIVEIRA; VENDRAMIM, 1999; MACEDO *et al.*, 2007).

De acordo com Miranda *et al.* (2002), as larvas de *Z. subfasciatus* se alimentam exclusivamente dos grãos, originando, com isso, perdas consideráveis ao atacar os cotilédones, onde constroem galerias, podendo levar à destruição completa dos grãos.

Segundo Hu *et al.* (2009), entre os principais danos causados por bruquídeos têm-se perdas de peso e alterações físicas, levando à diminuição do poder germinativo e nutritivo dos grãos e sementes, bem como o comprometimento do valor comercial.

A alta resistência de determinados genótipos de feijão a *Z. subfasciatus* tem sido relacionada à proteína de reserva arcelina, uma lectina homóloga, presente no feijão, que é reproduzida com sucesso dentro de linhagens de feijões cultivados (CARDONA *et al.*, 1990). Para Macedo *et al.* (2007), a principal característica destas proteínas é a sua habilidade em interagir especificamente com carboidratos e se combinar com glico-componentes da superfície da célula.

De acordo com Moreira *et al.* (2005), *Z. subfasciatus* é uma das únicas espécies de insetos-praga em produtos armazenados que não teve seu feromônio identificado. No entanto, deterrentes de oviposição têm sido relatados em várias espécies de bruquídeos, chamados de feromônios

marcadores de hospedeiros (HMP), que impedem a ocorrência da oviposição de outra espécie nas sementes de feijão (MBATA; RAMASWAMY, 1995).

#### **3.5.4 Preferência alimentar dos insetos-praga do feijão**

Segundo Speranzio (2001), existe controvérsias acerca de as fêmeas adultas serem capazes de selecionar o alimento mais adequado para sua família.

Para Fernandes-da-Silva e Zucolato (1993), estudos de alimentação de insetos demonstraram que em alguns estágios imaturos, estes sejam capazes de escolher a dieta ou o hospedeiro que fornecerá a performance mais adequada às suas necessidades. No entanto, a espécie *Z. subfasciatus* não manifesta chances de escolha alimentar para os imaturos, uma vez que o desenvolvimento destes acontece no interior dos grãos de feijão, sendo a única fonte de nutrientes para sua alimentação.

De acordo com Sadek *et al.* (2010), para a fêmea é importante ovipositar em plantas hospedeiras que asseguram melhores condições para sua descendência.

Fêmeas usam sinais sensoriais emitidos pela planta para transportar informações relativas à qualidade nutricional e a presença de compostos secundários que poderiam ser tóxicos ou afetarem negativamente o desenvolvimento da larva (SADEK *et al.*, 2010). Por outro lado, de acordo com Janz (2002), as fêmeas podem preferir ovipositar em hospedeiros muito pobres do ponto de vista nutricional, mas que ofereçam mais segurança contra inimigos naturais.

Para Marteleto *et al.* (2009), através de experimentos prévios ficou comprovado que *Z. subfasciatus* não tem o comportamento afetado por determinada variedade de feijão, pois as fêmeas ovipositaram maior número de ovos nos grãos das variedades jalo e branco, independentemente das variedades nas quais estas se desenvolveram. Para os mesmos autores, a preferência pelas variedades já citadas pode ter sido decorrente do fato de ambas apresentarem coloração clara, o que poderia ter dificultado a localização do ovo por inimigos naturais que utilizem estímulos visuais no processo de localização do hospedeiro/presa. Entretanto, Ofuya e Credland

(1996) acreditam que a cor não seja um atributo importante que influencie a escolha de grãos por *Z. subfasciatus*.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria-prima

O feijão do grupo Carioca foi adquirido de um produtor rural do município de Domingos Martins, no Espírito Santo. Os grãos utilizados no experimento não passaram fumigação. A colheita ocorreu no mês de fevereiro de 2010, tendo sido plantados em novembro de 2009, pertencentes, portanto, à safra das “águas”.

### 4.2 Metodologia

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (MIP), do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola e Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), situados no *campus* da UFV, em Viçosa-MG.

Os grãos foram selecionados, submetidos à lavagem em água corrente, drenados em peneira e submetidos à secagem natural. Em seguida, foram armazenados em sacos de polietileno *nylon* com 0,10 mm de espessura, 32 cm de largura e 45 cm de comprimento e, mantidos em temperatura de refrigeração ( $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa), até realização

do experimento. Foram realizadas também análises para determinação do teor de umidade inicial dos grãos.

### **4.3 Aplicação dos revestimentos**

A fécula de mandioca foi adquirida em supermercado no município de Viçosa-MG e a emulsão de cera de carnaúba doada pela Indústria Pontes do estado do Ceará.

Os revestimentos foram formulados utilizando como bases poliméricas um carboidrato (fécula de mandioca 1%) e um lipídeo (emulsão de cera de carnaúba, na concentração de 4%), separadamente ou formando uma solução filmogênica de 50% de cada composto. Em cada revestimento foram acrescentados os aminoácidos essenciais metionina + cisteína, nas concentrações recomendadas pela FAO/WHO (2007), para crianças na faixa etária de dois a cinco anos.

Os grãos de feijão foram imersos na solução, onde permaneceram por cerca de um minuto, sendo então drenados em peneira, seguindo para a etapa de secagem, realizada em estufa de secagem, à temperatura de 25 °C, durante 12 horas.

Os tratamentos foram os seguintes: controle (sem revestimentos e sem aminoácidos), fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), para as temperaturas ambiente e de refrigeração, totalizando oito tratamentos.

O período de armazenamento dos grãos de feijão com aproximadamente 13% de umidade, acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 0,09 mm, medindo 25,5 cm de largura por 35 cm de comprimento, foi de 60 dias, mantidos sob condições refrigeradas (refrigerador doméstico, a  $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa) e temperatura ambiente (16,9 °C, 77,6% de umidade relativa), tendo as análises sido realizadas quinzenalmente.

#### 4.4 Análises físico-químicas realizadas

**Teor de umidade:** determinado pelo método gravimétrico, em estufa à  $105 \pm 1$  °C, por 24 horas, até peso constante, com três repetições, segundo metodologia disponível nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As análises foram realizadas em duplicata. Os resultados foram expressos em porcentagem em base úmida.

**Atividade de água:** determinada em aparelho medidor de atividade de água digital, marca TESTO AG 650. As leituras foram realizadas em duplicata para as três repetições de cada tratamento. As amostras foram moídas numa granulometria não muito fina, e a partir dessa farinha é que as análises foram realizadas.

#### 4.5 Avaliação da qualidade sanitária do feijão

**Grau de infestação:** realizado no Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV. A amostra foi composta por três repetições de 100 sementes por tratamento. As sementes foram imersas por 12 horas em água destilada e, posteriormente, examinadas individualmente, sendo registrado o número de sementes de cada repetição que apresentava ovo, larva, lagarta, pupa ou inseto adulto e, ou, orifício indicativo da saída do inseto-praga, conforme recomendação das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). O resultado obtido foi expresso como a média das sementes infestadas por insetos nas três repetições, em porcentagem.

**Teste de sanidade:** Identificação dos patógenos – empregou-se o método do *blotter test* em placas de Petri estéreis, contendo três discos de papel de filtro esterilizados e umedecidos com água destilada estéril, onde foram colocadas cinco sementes por placa, em três repetições para cada tratamento. Em seguida, as placas foram incubadas em B.O.D. à temperatura de  $20 \pm 2$  °C, na ausência de luminosidade, por um período de sete dias (Manual para Análise Sanitária de Sementes, BRASIL, 2009) (metodologia modificada).

**Teste de preferência (com chance de escolha):** foi montada uma arena formada por cinco potes de poliestireno tereftalato (PET) (Figura 10). O pote central foi interligado simetricamente aos demais por tubos de PVC medindo 20 mm de diâmetro. Nos quatro potes equidistantes foram colocados 10 g dos grãos de feijão de cada tratamento e no pote central foram colocados 20 insetos adultos de *Zabrotes subfasciatus*, não sexados e de idade desconhecida. As arenas permaneceram por 24 horas em temperatura ambiente. Após 24 horas foi quantificado o número de insetos por recipiente (MAZZONETTO; BOIÇA JÚNIOR, 1999). Esta análise foi realizada no período final de armazenamento. Para realização do ensaio foi mantida uma criação estoque de *Zabrotes subfasciatus* existente no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, do Departamento de Engenharia Agrícola, em frascos telados, com feijão Carioca, em condições de umidade relativa, temperatura e fotofase do ambiente.

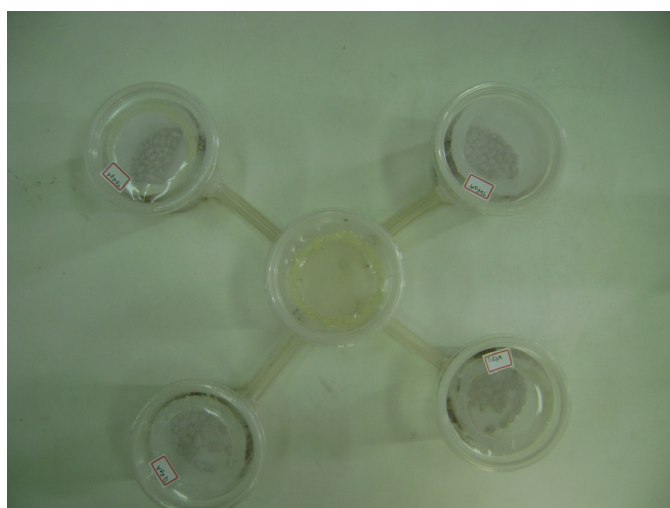


Figura 10 – Arena contendo os tratamentos nos potes equidistantes e no pote central os insetos foram colocados para o teste de preferência com chance de escolha.

#### **4.6 Delineamento experimental e análise estatística**

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos dispostos num esquema fatorial  $4 \times 2 \times 5$ , sendo quatro revestimentos, duas temperaturas de armazenagem (ambiente e de refrigeração),

cinco períodos de armazenamento, com três repetições. As unidades experimentais foram representadas pelos tratamentos acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, armazenados em bancada de laboratório, sem controle das condições de luminosidade, e sob refrigeração.

Os dados umidade e atividade de água foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F. Para as interações significativas foi realizado o desdobramento dos dados, onde a partir dos valores obtidos foram feitas análises de regressão em função do tempo de armazenamento. Na análise de regressão, além da significância dos efeitos dos componentes polinomiais ( $p < 0,05$ ), foi utilizado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) como critério adicional para a escolha do modelo.

Os dados do porcentual de sanidade e grau de infestação que apresentaram valores nulos foram ajustados, através de transformação dada pela equação  $(X + 0,5)^{1/2}$  (GOMES, 1985), sendo em seguida submetidos à análise de variância.

Para o teste de preferência foi realizada a análise de variância, e para comparação dos contrastes foi utilizado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

As análises foram realizadas através do software Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>, 2009), versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa - MG.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Teor de umidade

Durante todo o período de armazenamento houve variação nos teores de umidade para todos os tratamentos, onde a temperatura não influenciou esse fenômeno, podendo-se observar um valor do coeficiente de determinação muito baixo (59%). Houve interação significativa da temperatura com o tempo.

A análise de variância apresentou diferença ( $p < 0,05$ ) para o teor de umidade dos tratamentos. Dois grupos de média foram formados, onde o tratamento Faa diferiu dos tratamentos-controle, Caa e FCaa, os quais não diferiram entre si.

O tratamento que apresentou maior valor médio do teor de umidade foi o Faa (15,2%), seguido dos tratamentos FCaa (14,7%), Caa (14,3%) e controle (14,2%). Entre os tempos de armazenamento, aquele que apresentou o maior teor médio de umidade foi o tempo de 15 dias (15,0%), seguido por 45 dias (14,8%), 30 dias (14,6%), 60 dias (14,5%) e dia zero (14,0%) (Figura 2).

Os tratamentos-controle (Figura 2A) e Faa (Figura 2C) mantidos em temperatura ambiente apresentaram diminuição do teor de umidade, enquanto que para os tratamentos Caa (Figura 2E) e FCaa (Figura 2G) houve aumento desse parâmetro.

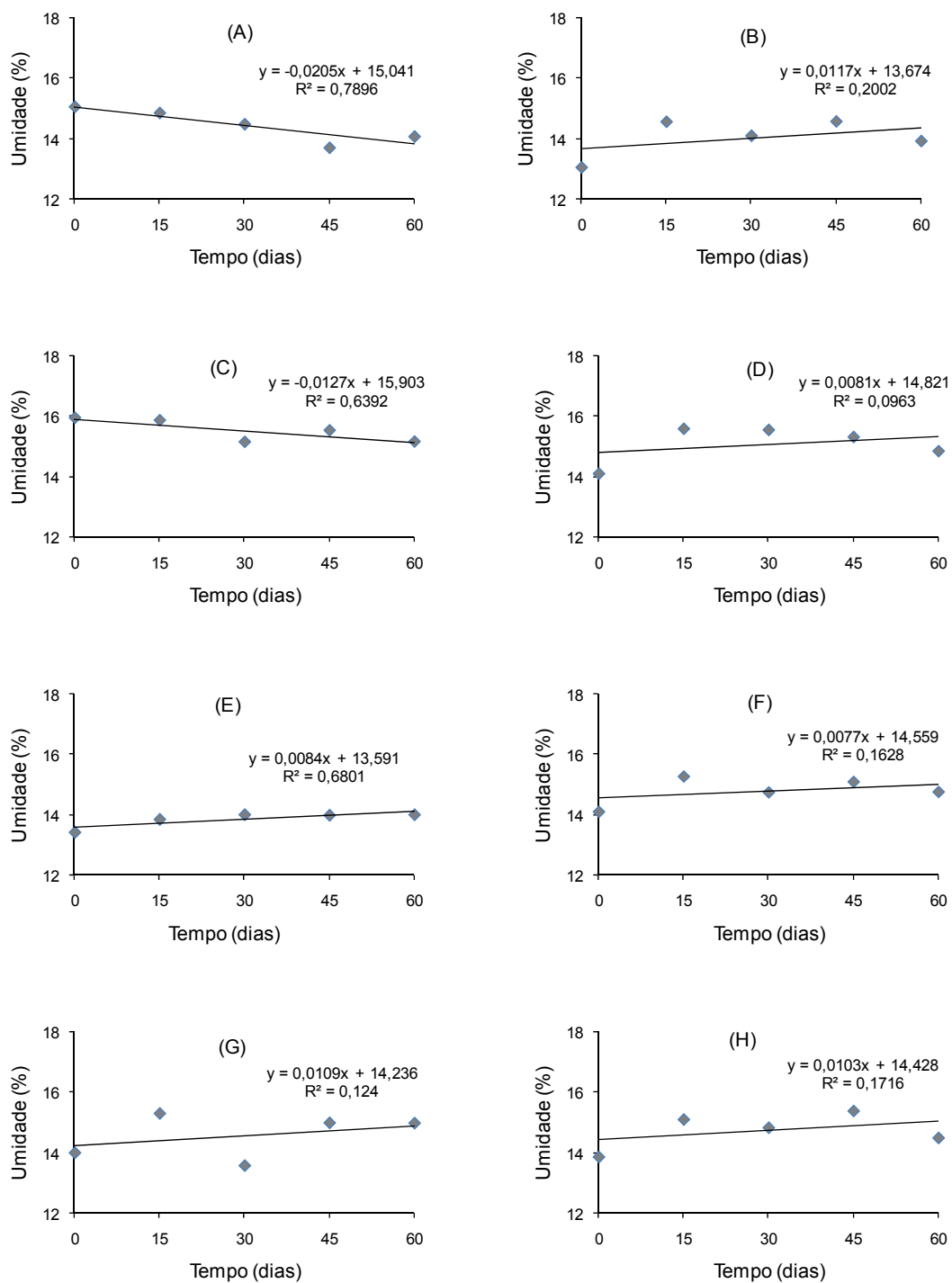


Figura 2 – Porcentual dos valores médios do teor de umidade para os tratamentos-controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (A, C E e G) e de refrigeração (B, D, F e H), respectivamente.

Observou-se pela análise de variância que os tratamentos que continham a cera de carnaúba no revestimento apresentaram diferença em relação apenas ao tratamento que continha a fécula de mandioca (Faa), cujos teores de umidade dentre os três tratamentos revestidos, foi o que apresentou maior valor (15,5%). Portanto, acredita-se que a fécula de mandioca, por ser higroscópica, reteve maior quantidade de água no revestimento.

As variações observadas nos valores de umidade dos tratamentos analisados podem ter recebido influência dos fatores acima citados. Além do que, o tipo de embalagem utilizado no acondicionamento dos grãos (polietileno de baixa densidade), por ser semipermeável, permite troca de umidade com o ambiente. Alves e Lin (2003) utilizaram diferentes tipos de embalagem no armazenamento de feijão da cultivar Carioca, e observaram que o tipo que melhor manteve as características dos grãos foi a de polietileno.

Rios *et al.* (2003) estudaram características de qualidade pós-colheita de três cultivares de feijão-comum, durante oito meses de armazenamento, tendo observado que o teor de umidade decresceu, e que a cultivar Carioca apresentou teores que variaram de 12,32% na colheita antecipada e 13,59% na colheita normal.

Costa *et al.* (2006) avaliaram a composição química de leguminosas, tendo encontrado valores de umidade em feijão-comum de 9,93%, valor este inferior daqueles encontrados nesta pesquisa, que oscilaram entre 13,0 e 15,9%. O aumento no teor de umidade pode ter ocorrido devido aos dois processos de lavagem a que foram submetidos os grãos, e da absorção de água pelos revestimentos.

## **5.2 Atividade de água**

O tratamento Faa apresentou maior valor médio para a atividade de água (0,731), seguido pelos tratamentos FCaa (0,707), Caa (0,692) e controle (0,670). Apesar de as temperaturas não terem apresentado diferença entre si ( $p < 0,05$ ), houve interação destas com o tempo de armazenamento e com os tratamentos. O modelo linear não representou

satisfatoriamente os valores experimentais das variáveis analisadas, fato observado pelos baixos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) (Figura 3).

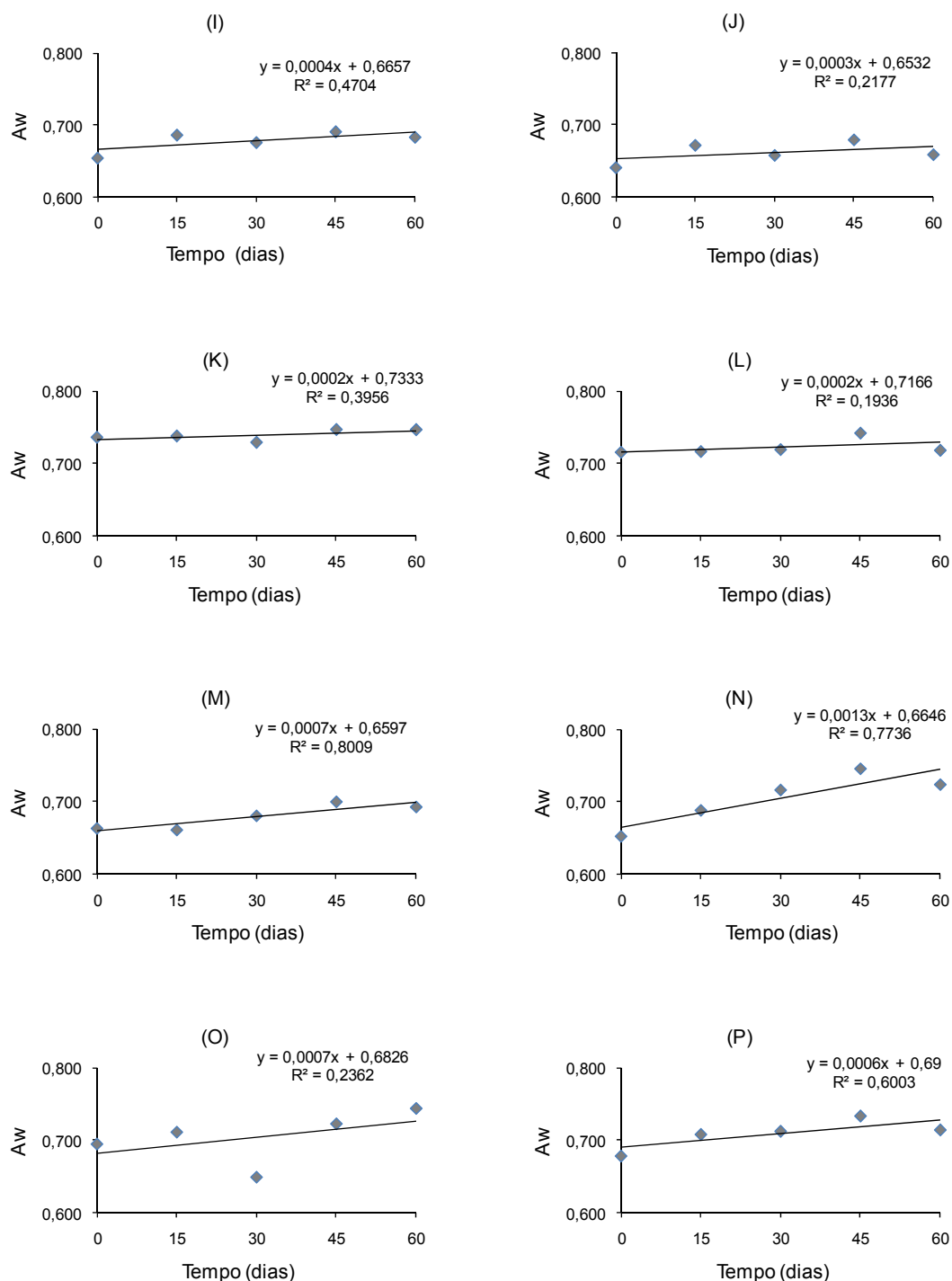


Figura 3 – Valores médios da atividade de água para os tratamentos- controle, fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), armazenados em temperatura ambiente (I, K, M e O) e de refrigeração (J, L, N e P), respectivamente.

Tendo em vista que fungos das espécies *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius* são produtores de aflatoxinas, há que se ter certa preocupação com grãos armazenados, uma vez que estas espécies fúngicas são encontradas em material vegetal, submetido ao ensacamento, além de armazenamento com teores de umidade e temperatura elevados. Outro parâmetro importante é o controle da atividade de água desse material, cujo valor crítico é em torno de 0,7, ou seja, abaixo desse valor tem-se um armazenamento seguro, quando outros parâmetros também são controlados.

Koehler *et al.* (1985) avaliaram a influência da temperatura e da atividade de água em feijão *cowpea*, para a produção de aflatoxina, tendo observado que valores de temperatura entre 21 e 30 °C foi a faixa de maior produção de aflatoxina.

Nos três primeiros tempos de armazenagem dos tratamentos em temperatura ambiente pode ser observado que os valores de  $R^2$  foram maiores do que aqueles na temperatura de refrigeração, levando a crer que tanto o revestimento quanto a embalagem de polietileno apresentaram maior barreira à perda de umidade nesse intervalo, alterando, com isso os valores da atividade de água.

### **5.3 Teste de sanidade**

Conforme resultado obtido com a análise de variância, os tratamentos e as temperaturas não diferiram entre si, durante o período de armazenamento. O melhor modelo de regressão foi o linear, apesar de o valor do coeficiente de determinação ter sido baixo (46%). No entanto, pela comparação de médias, o tratamento que obteve maior valor médio para o percentual de sanidade das sementes foi o Caa (0,81%), seguido dos tratamentos Faa (0,79%), controle (0,76%) e FCaa (0,73%). Na Figura 4 são mostradas fotografias do teste de sanidade.

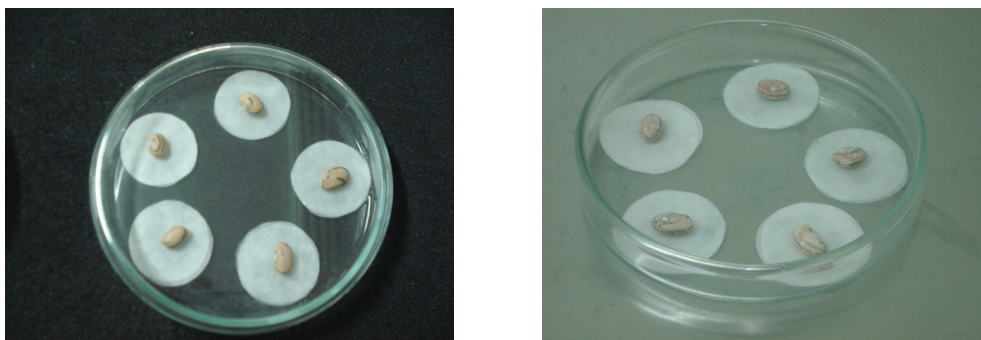


Figura 4 – Teste de sanidade das sementes do feijão realizado em placas de Petri.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos para o teste de sanidade, para os tratamentos armazenados em temperatura ambiente.

Tabela 1 – Resultados dos valores percentuais obtidos no teste de sanidade para os tratamentos, durante o período de armazenamento em temperatura ambiente

Tratamentos	Sanidade <sup>1</sup> (%)				
	T0	T1	T2	T3	T4
Controle	00,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	1,0±0,52 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
Faa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>	1,3±0,60 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
Caa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,9±2,9E-01 <sup>a</sup>	1,0±0,52 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
FCaa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,36E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Valores médios ± desvio-padrão.

T0 = zero dia; T1 = 15 dias; T2 = 30 dias; T3 = 45 dias; e T4 = 60 dias de armazenamento.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas e colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Não houve diferença ( $p < 0,05$ ) para os valores do percentual de micro-organismos em todos os tratamentos e nos tempos de estocagem, independente da temperatura de armazenamento.

Para os tratamentos armazenados à temperatura de refrigeração, os valores obtidos durante todo o período de armazenamento são mostrados na Tabela 2.

Parisi *et al.* (2006) investigaram a presença de *S. sclerotiorum* em sementes de feijão, pelo método do rolo de papel toalha, tendo concluído que o mesmo foi detectado simultaneamente com outros patógenos importantes como *C. lindemuthianum*, *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani*.

Tabela 2 – Resultados dos valores percentuais obtidos no teste de sanidade para os tratamentos, durante o período de armazenamento na temperatura de refrigeração

Tratamentos	Sanidade <sup>1</sup> (%)				
	T0	T1	T2	T3	T4
Controle	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	1,0±0,5 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
Faa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,4 <sup>a</sup>	1,3±0,6 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
Caa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	1,3±0,2 <sup>a</sup>	1,0±0,5 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>
FCaa	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>	0,7±1,4E-16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores médios ± desvio-padrão.

T0 = zero dia; T1 = 15 dias; T2 = 30 dias; T3 = 45 dias; e T4 = 60 dias de armazenamento.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas e colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Teixeira *et al.* (2002) afirmam que além da umidade, composição nutricional e temperatura, um importante fator do ambiente que tem influência sobre os testes de sanidade de sementes é a luz.

A qualidade e a intensidade da luz são aspectos que podem afetar a germinação de conídios, taxa de crescimento, indução de formação de estruturas reprodutivas (MINUSSI *et al.*, 1977), a pigmentação, forma e tamanho de esporos (LEACH, 1962). No entanto, Cochrane (1958) observou que a luz visível e próxima ao ultravioleta apresenta efeito variável, tendo em vista que pode inibir, induzir, ou mesmo não influenciar na produção de esporos de fungos presentes em sementes.

Segundo Teixeira *et al.* (2002), quando amostras de várias sementes foram analisadas para a presença de fungos característicos de cada espécie (sementes), observou-se que o crescimento micelial de *Penicillium* sp. associado às sementes de milho não foi influenciado pelas fontes de luz utilizadas, e que o regime alternado de luz apenas facilitou a identificação dos fungos presentes.

Kang *et al.* (1972) avaliaram testes de sanidade realizados sob diferentes condições de incubação, luminosidade e temperatura, tendo observado que para a maioria dos fungos testados, tanto o escuro quanto a luz contínua foram desfavoráveis ao desenvolvimento e a detecção dos mesmos.

Agarwal e Sinclair (1987) relatam que cultivares respondem de maneira diferente à infecção, podendo haver inibidores ou uma reduzida

permeabilidade do tegumento a soluções aquosas, como a presença de cera na superfície da semente, compacto e uniforme arranjo de células, ou ainda reduzida quantidade de aminoácidos ou compostos fenólicos no tegumento.

Portanto, observou-se no presente trabalho apenas a presença de *S. sclerotiorum*, que pode ter inibido o crescimento de outros fungos ou ainda a temperatura de incubação do teste de sanidade ( $20 \pm 2$  °C) pode ter influenciado no crescimento dos outros fungos, bem como a ausência total de luz, o que não é obstáculo para o crescimento de fungos, como os do gênero *Aspergillus*.

O controle de parâmetros como presença de fungos e bactérias, temperatura, umidade, atividade de água, matriz alimentar e a embalagem utilizada, é fundamental para que a produção de metabólitos secundários seja diminuída ou inibida nos alimentos, principalmente naqueles armazenados.

#### **5.4 Grau de infestação por insetos-praga**

O teste para verificação do grau de infestação foi realizado apenas no tempo final de armazenamento (60 dias). Os dados foram submetidos à análise de variância e de acordo com a Tabela 6 observou-se que os tratamentos e as temperaturas de armazenamento não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi muito baixo (28%), não explicando, portanto, a variação ocorrida entre os resultados obtidos.

Pode ser observado na Tabela 3 que o grau de infestação foi muito baixo, para todos os tratamentos, apesar de o feijão não ter sido fumigado. No tempo zero não foi registrada a presença de nenhuma das características indicativas de infestação por insetos-praga no feijão em estudo.

Para Fleurat-Lessard (2002), a comercialização de grãos somente pode ser obtida se estes se encontram absolutamente livres de insetos vivos. Ainda para o mesmo autor, a detecção de apenas um inseto vivo em um grão na entrega para comercialização é uma razão legal o suficiente para sua rejeição ou para se cobrar do comerciante o tratamento de desinfestação. No entanto, quando se observa os resultados obtidos neste trabalho, não foi identificada a presença de insetos vivos, mas a presença de

galerias, indicativas da presença de insetos, o que pode ter ocorrido ainda antes de sua aquisição.

Tabela 3 – Valores médios obtidos para o grau de infestação dos grãos de feijão-comum aos 60 dias de armazenamento, para os diferentes tratamentos

Tratamentos	Grau de Infestação <sup>1</sup> (%)	
	Temperatura Ambiente (°C)	Refrigeração (°C)
Controle	0,7± 1,36E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>
Faa	0,7± 1,36E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>
Caa	0,9±0,3 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>
FCaa	0,7±1,36E-16 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores médios ± desvio-padrão.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas e colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Brackmann *et al.* (2002) avaliaram cultivares de feijão Carioca e observaram que durante o armazenamento por 19 meses em atmosfera controlada e atmosfera refrigerada houve controle total de insetos, o que não aconteceu quando estes cultivares foram armazenados em temperatura ambiente.

Macedo *et al.* (2007) testaram a atividade anti-inseticida da lectina de folhas de *Bauhinia monandra* contra insetos de feijão, tendo observado que esta proteína produziu uma taxa de mortalidade de 50% em *Z. subfasciatus* e *Callosobruchus maculatus*, quando incorporada na dieta artificial em concentrações de 0,5 e 0,3% (g g<sup>-1</sup>), respectivamente. No entanto, Velten *et al.* (2007) observaram que apesar da proteína de reserva em vários níveis ser efetiva contra *Z. subfasciatus*, essas concentrações não apresentaram nenhum efeito em *A. obtectus*.

Souza e Baldin (2009) verificaram eficiência de pós-vegetais e de terra de diatomácea em grãos de feijão Carioca armazenados, no controle de *Z. subfasciatus*.

Conforme Jermy e Szentesi (2003), Kergoat *et al.* (2007) e Tuda (2007), na natureza, a relação entre bruquídeos e leguminosas é única, e aproximadamente 80% de espécies destes insetos se desenvolvem somente

dentro de sementes de leguminosas. Para Souza *et al.* (2010), as interações entre bruquídeos e suas sementes hospedeiras são complexas e levam ao aparecimento de mecanismos adaptativos que possibilitam estes se reproduzirem e desenvolverem, apesar das defesas da planta.

### 5.5 Teste de preferência

Em relação ao teste de preferência com chance de escolha utilizando o inseto-praga *Z. subfasciatus*, os dados da análise de variância identificaram que houve diferença entre os tratamentos-controle e Faa, enquanto os tratamentos Faa, Caa e FCaa foram iguais. Houve maior atratividade de *Z. subfasciatus* pelo tratamento-controle, pois este tratamento não continha revestimento.

As médias do número do inseto *Z. subfasciatus* para todos os tratamentos são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios do número de insetos nos grãos por tratamento no teste de preferência com chance de escolha

Tratamentos	Quantidade de Grãos Infestados <sup>1</sup>
Controle	3,3 ± 0,6 <sup>a</sup>
Faa	1,0 ± 0,0 <sup>b</sup>
Caa	1,3 ± 0,6 <sup>ab</sup>
FCaa	2,3 ± 1,5 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> Valores médios ± desvio-padrão.

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Hu *et al.* (2009), as antenas de insetos adultos possuem vários tipos de sensilas com funções diferentes e exercem um papel importante no comportamento destes durante a vida adulta. Essas antenas sensilas são importantes receptores sensoriais (olfativos e mecânicos), relacionados com a localização e comportamento de discriminação dos insetos (OCHIENG *et al.*, 2000).

Pelos dados mostrados na Tabela 5 verificou-se que a preferência de *Z. subfasciatus* se deu pelo tratamento-controle, seguido daqueles que

continham a cera de carnaúba em seus revestimentos, e por último, àquele que continha a fécula de mandioca. Sugere-se, portanto, que o inseto tenha percebido olfativamente a presença de compostos voláteis da cera de carnaúba, sentindo-se atraídos por estes, apesar de o tratamento-controle ter apresentado maior média na quantidade de grãos infestados.

Boiça Júnior *et al.* (2002) observaram por meio de teste com chance de escolha, o comportamento de *Z. subfasciatus* em relação a diversos genótipos de feijoeiro, tendo verificado a preferência de oviposição no feijão Carioca. Em contrapartida, Baldin (2001) avaliando genótipos de feijão através de testes com chance de escolha e sem chance de escolha observou que o feijão Carioca apresentou maior atratividade para a presença de *A. obtectus*.

Marteleteo *et al.* (2009) observaram maior emergência de *Z. subfasciatus* em feijão Carioca, em relação ao feijão-branco, sugerindo que o primeiro foi mais atrativo e, ou, mais adequado em sua composição nutricional para o desenvolvimento do inseto. Ainda para os mesmos autores, há referência na contradição de um estudo realizado por Teixeira e Zucolato (2003), onde estes afirmam que consideram o tamanho do grão como um fator primordial na escolha de oviposição dos bruquídeos, pois no caso dos primeiros autores, os grãos do feijão-branco eram maiores que os do Carioca.

## 6 CONCLUSÕES

O teor de umidade e a atividade de água permaneceram praticamente constantes, mas apresentaram diferença entre os tratamentos, e impossibilitaram o desenvolvimento microbiano e a infestação pelos insetos-praga.

Na avaliação da qualidade sanitária foi observado o crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Na realização do teste de preferência para *Z. subfasciatus*, com chance de escolha, pode ser verificado que este apresentou atratividade maior para os grãos sem revestimento (controle) e aqueles revestidos com a cera de carnaúba.

Os tratamentos revestidos foram eficientes na proteção dos grãos contra os insetos-praga do feijão.

## **CAPÍTULO 3**

### **QUALIDADE NUTRICIONAL DE FEIJÃO-COMUM FORTIFICADO COM AMINOÁCIDOS**

#### **1 INTRODUÇÃO**

O feijão é uma leguminosa de importância na alimentação tradicional do brasileiro, principalmente para as classes menos favorecidas economicamente.

Do ponto de vista nutricional o feijão expressa características essenciais que apontam para um consumo consciente, como atribuição a alguns constituintes químicos como sendo benéficos à saúde, entre eles a presença de polifenóis. Possui valor protéico e calórico elevados, apesar de sua proteína ser considerada de baixo valor biológico, além da presença de aminoácidos essenciais, com exceção apenas para os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), que são limitantes no feijão. É também rico em fibras que facilitam o trânsito dos alimentos no intestino, minimizando os riscos de câncer colorretal.

A suplementação e fortificação de alimentos é um tema que vem sendo discutido e, alguns casos como farinhas, leites e bebidas, são exemplos do uso dessa técnica. A adição de nutrientes aos alimentos tem como finalidade principal aumentar seu valor nutricional e fornecer atributos funcionais desejáveis.

Há um interesse maior de uma população mais consciente em buscar alimentos específicos que desempenham um papel importante na manutenção da saúde. Para tanto, o termo “alimentos funcionais” refere-se a estes gêneros de alimentos que oferecem benefícios nutricionais, dietéticos e metabólicos específicos, além de contribuir para o controle e a redução de riscos de algumas doenças, entre elas as crônico-degenerativas, como as cardiovasculares, diabetes, osteoporose, desordens gastrointestinais.

A proteína do feijão apresenta como característica principal o baixo teor dos aminoácidos essenciais, sendo rica em aminoácidos aromáticos como a leucina e lisina. Sua combinação com cereais como arroz ou milho, ricos em aminoácidos sulfurados melhoram a qualidade da proteína ingerida, por disponibilizar os aminoácidos essenciais ao organismo, bem como melhorar sua digestibilidade.

Pesquisas relacionadas com o revestimento de grãos com características comestíveis e adicionados de nutrientes são bastante escassas, bem como o estudo comportamental da sua fisiologia. Daí a necessidade da utilização de aminoácidos na inserção da matriz de revestimentos comestíveis para aplicação em grãos de feijão, bem como sua quantificação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Quantificar a composição química aproximada e o teor de aminoácidos adicionados aos revestimentos que foram utilizados como cobertura para o feijão-comum, quanto à sua migração para o caldo ou para os grãos, através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

### **2.2 Específicos**

Determinar a composição centesimal do feijão-comum analisado e;  
Adicionar aos revestimentos os aminoácidos essenciais limitantes no feijão-comum (metionina e cisteína).

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Valor nutricional do feijão

Nos dias atuais há uma busca incessante por alimentos que possibilitem o suprimento das necessidades nutricionais, apresentando qualidade, segurança e baixo custo.

Uma alimentação desbalanceada, por diversos motivos, entre estes os econômicos, culturais ou religiosos, podem desencadear sérios e inúmeros problemas de saúde e está relacionada à deficiência de minerais e de baixa ingestão de proteína e fibra. Além disso, segundo Boye *et al.* (2010), há um valor estimado de que 149,6 milhões de crianças jovens no mundo, abaixo de cinco anos de idade são desnutridas em termos de peso e idade.

De acordo com Marques e Bora (2000), a deficiência de proteína na primeira infância pode induzir distúrbios irreversíveis e produzir transtornos no desenvolvimento físico e intelectual. Observa-se também que o consumo de alimentos ricos em fibra alimentar é essencial para manutenção da saúde e prevenção de várias doenças crônico-degenerativas não transmissíveis, como câncer, problemas cardiovasculares, constipação intestinal, diabetes e obesidade (HU, 2003; PHILANTO; KORHONEN, 2003; THARANATHAN; MAHADEVAPPA, 2003; JACOBS; GALLAHER, 2004).

Várias recomendações têm sido feitas com a finalidade de minimizar os problemas decorrentes de má nutrição, entre estas, estratégias de

suplementação, fortificação de alimentos e de diversificação da dieta. É importante salientar que para essas sugestões, deve ser levada em consideração a intolerância que determinadas pessoas apresentam quando da ingestão de suplementos, além da elevação dos custos e da necessidade de estímulo de consumo (OLIVARES; WALTER, 2004). Conforme Costa e Liberato (2003), quando um alimento passa pelo processo de fortificação, pode haver geração de alteração na cor e sabor, além de resultar em diminuição da biodisponibilidade mineral. Em relação à diversificação da dieta, isso pode se tornar impossível por razões econômicas ou culturais (FROSSARD *et al.*, 2000).

Os alimentos de origem animal por serem fontes de proteínas de alto valor biológico e minerais biodisponíveis (MOLINA *et al.*, 2001), devido ao custo elevado, tornam-se inacessíveis a uma grande parcela da população. Portanto, tendo em vista esses questionamentos, os vegetais têm se apresentado com elevada importância na dieta.

Entre as leguminosas, o feijão ocupa um lugar importante na nutrição humana, especialmente entre os grupos de baixa renda da população de países em desenvolvimento (SIDDIQ *et al.*, 2010), estando bem estabelecido na culinária de países desenvolvidos também (TANG *et al.*, 2009), apesar da presença de fatores antinutricionais que reduzem a atividade biológica de vários compostos químicos (nutrientes) ou metabólitos, além de afetar a biodisponibilidade desses nutrientes para os consumidores (WELCH, 2002; WANG *et al.*, 2010).

As leguminosas fornecem uma boa quantidade de proteínas, cerca de duas a três vezes mais que os cereais, além de serem rica fonte de fibra dietética, amido (OSORIO-DÍAZ *et al.*, 2003), carboidratos complexos (fibras e amido resistente), minerais e vitaminas (KUTOS *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2006). Entretanto, grãos de feijão secos têm recebido atenção especial na dieta de países desenvolvidos (PUJOLÀ *et al.*, 2007), em parte por problemas de saúde relacionados ao consumo de carne, além da descoberta de benefícios das leguminosas na dieta e proteção que elas exercem contra doenças do cólon (CHAMP, 2001; MATHRES, 2002; HANGEN; BENNINK, 2003).

A especificação da *United States Recommended Daily Allowances* (RDA) para o consumo de feijão para adultos é de uma xícara de feijão seco cozido, cuja quantidade pode suprir os seguintes requerimentos em termos percentuais: 30% de ácido fólico, 25% de tiamina, 10 a 12% de piridoxina e menos de 10% de niacina e riboflavina, 29% de ferro para mulheres e 55% para homens, 20 a 25% de fósforo, magnésio e manganês, aproximadamente 20% de potássio e cobre e 10% de cálcio e zinco (PIRES *et al.*, 2005). No entanto, os minerais de origem vegetal são menos biodisponíveis que aquelas de origem animal. Para Geil e Anderson (1994), a biodisponibilidade de vitaminas em grãos de feijão cozidos e suas interações com outros componentes ainda não estão bem esclarecidas.

Segundo Pires *et al.* (2006), uma mistura protéica de alto valor biológico e boa qualidade é aquela que apresenta boa digestibilidade, fornece quantidade adequada de aminoácidos essenciais e de nitrogênio total.

### **3.2 Composição química do feijão**

A composição química das plantas é determinada por fatores ambientais e genéticos, além de sua interação. Tendo em vista que a composição química afeta o valor nutricional e as propriedades sensoriais de alimentos de origem vegetal, estas propriedades são amarradas à genética da planta, aos efeitos do ambiente e sua interação. No entanto, a importância relativa de cada um destes fatores nas propriedades sensoriais de produtos que chegam até os consumidores é conhecida em poucas espécies e em poucos compostos químicos (FLOREZ *et al.*, 2009).

O feijão é um dos mais tradicionais alimentos da dieta brasileira, principalmente por ser importante fonte de proteína e energia e, segundo Souci *et al.* (2000) e SŁUPSKI (2010), pode competir com a carne, por ser um alimento saudável e nutritivo.

Os grãos possuem de 20 a 35% de proteínas, 1 a 20% de fibras alimentares, 60 a 65% de carboidratos, 1 a 3% de lipídeos, os minerais cálcio, ferro, cobre, zinco, potássio, fósforo e magnésio, além das vitaminas, com destaque para aquelas hidrossolúveis do complexo B, como riboflavina, niacina e folacina, porém são pobres fontes de vitaminas lipossolúveis e de

vitamina C (GEIL; ANDERSON, 1994; COSTA *et al.*, 2006). Além disso, possui baixo teor de gordura e sódio e não contém colesterol, como todo produto de origem vegetal (HOSFIELD, 1991; MORROW, 1991).

De acordo com Geil e Anderson (1994), a composição dos carboidratos totais em feijão tem como principal constituinte o amido, com quantidades pequenas de monossacarídeos e dissacarídeos, entre eles a sacarose.

O teor de amido nas leguminosas é elevado e varia de 22 a 45% e, em sementes de feijão alcança níveis acima de 40% (KRUPA, 2008).

Quimicamente o amido é uma mistura de dois polímeros de glicose: amilose (forma linear) e amilopectina (forma ramificada), e de um terceiro componente menor, conhecido como fração intermediária (amido resistente) (THARANATHAN; MAHADEVAPPA, 2003; TESTER *et al.*, 2004). Do ponto de vista nutricional o amido é um componente heterogêneo e pode ser facilmente dividido em amido digerível e na fração não digerível. Portanto, é atribuído ao amido resistente o efeito protetor contra câncer de cólon (CASSIDY *et al.*, 1994; SORAL-ŠMIETANA, 2000).

Durante o processo de maturação de grãos de feijão os açúcares condensam em amido, com perda da doçura, bem como diminuição do teor de água e aumento dos componentes da fibra dietética (BOGNÅR *et al.*, 1990; WILLS *et al.*, 1999). Por outro lado, nos estágios finais da maturação (senescência), os processos degradativos aumentam com a hidrólise do amido e o consumo de açúcares solúveis na respiração (MUÑOZ DELGADO, 1985).

Segundo Mahadevappa e Raina (1978), os lipídeos neutros são a classe predominante em feijão-comum, cujos percentuais oscilam entre 32 e 45% dos lipídeos totais. Para Reyes-Moreno e Paredez-López (1993), a composição dos ácidos graxos dos lipídeos em grãos de feijão-comum é bem variável, apresentando quantidade substancial de ácidos graxos insaturados, cerca de 65 a 87% dos lipídeos totais.

De acordo com Yoshida *et al.* (2009), o teor de fosfolipídeos em feijão é bem significativo, enquanto os glicolipídeos estão presentes somente como traços, indicando que os fosfolipídeos formam os componentes essenciais das membranas celulares em feijão. Os principais componentes dos ácidos graxos em leguminosas são geralmente os ácidos palmítico,

oléico e linoléico, cuja distribuição varia de acordo com estas classes de lipídeos.

Para Yalçin *et al.* (2007), a busca por alimentos com propriedades funcionais tem aumentado, uma vez que, além de conterem os nutrientes para manutenção das funções do organismo, ainda proporcionam benefícios à saúde. Para tanto, alimentos com teor elevado de fibras podem ser inseridos numa dieta equilibrada, atuando como redutor nos riscos de manifestação de determinadas doenças crônicas não transmissíveis (doenças cardiovasculares, diabetes melitus). As frações solúvel (pectina, algumas hemiceluloses e outros polissacarídeos) e insolúvel (celulose, hemicelulose e lignina), que compõem a fibra alimentar, promovem efeitos fisiológicos distintos no organismo humano (DUNG *et al.*, 2002).

Uma quantidade elevada de carboidratos é observada em grãos de feijão secos, como fibra, variando de 3 a 7% em feijão seco e cozido. Segundo Geil e Anderson (1994), a variabilidade na quantificação se deve às diferentes definições e aos métodos de análise usados. Define-se fibra alimentar como àquela formada por compostos endógenos de plantas da dieta, que são resistentes às enzimas digestivas do homem.

Conforme Moore *et al.* (1998), Vanderhoof (1998) e Maffei (2004), a fração insolúvel das fibras por ser pouco fermentada e ter a capacidade de reter mais água, favorece o aumento do volume fecal e da pressão osmótica, reduzindo o tempo de trânsito dos alimentos pelo trato gastrointestinal. Conseqüentemente, há prevenção da constipação, diverticulite e de câncer de cólon. Enquanto isso, a fração solúvel das fibras são portadoras de elevada capacidade de fermentação pelo intestino, gerando os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), com funções distintas e relevantes na manutenção da fisiologia do intestino, produzindo energia para as células do cólon, melhorando o fluxo sanguíneo, reduzindo o pH, onde atua também como agente hipoglicemiante e hipocolesterolemiantes (OLSON, 1987; MOORE *et al.*, 1998; VANDERHOOF, 1998).

De acordo com Sgarbieri (1996), o teor protéico e a produção do feijão são considerados elevados, mas o valor nutritivo da proteína não é satisfatório, por apresentar teores relativamente baixos de alguns aminoácidos essenciais limitantes. Esses aminoácidos são os sulfurados metionina,

cisteína (COMAI *et al.*, 2007) e a cistina, além do triptofano (AUGUSTIN; KLEIN, 1992; GUEGUEN; CERLETTI, 1994; SATHE, 2002).

As proteínas do feijão também apresentam baixa disponibilidade, quando comparadas às proteínas de origem animal, porém suas propriedades nutricional e funcional têm sido bem investigadas, tendo se mostrado comparáveis às da soja (TANG *et al.*, 2009). Devido a esses fatores, Londero *et al.* (2009) afirmam que a metionina e a cisteína deverão ser suplementadas na alimentação, através da utilização de cereais, para que sejam obtidos os teores dos aminoácidos adequados e recomendados para o suprimento das necessidades diárias do organismo humano. Em relação à metionina, sua síntese no organismo é inadequada para satisfazer as necessidades metabólicas (LAJOLO; TIRAPEGUI, 1998). Entretanto, a cisteína é considerada um aminoácido parcialmente essencial em determinadas condições clínicas, como em crianças prematuras (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Conforme Morales de León *et al.* (2005) e Pires *et al.* (2006), uma proteína é considerada de alto valor biológico ou de boa qualidade quando proporciona quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e não essenciais, bem como quando apresenta maior índice de digestibilidade.

Digestibilidade significa o porcentual de proteínas hidrolisadas pelas enzimas digestivas e que são absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou qualquer outro composto nitrogenado, como peptídeos.

Conforme Antunes *et al.* (1995), Marques e Bora (2000), Guzmán-Maldonado *et al.* (2000) e Ribeiro *et al.* (2007), os teores de metionina e cisteína em feijão variam com o grupo comercial, com a cultivar e com o ambiente de cultivo. Porém, Londero *et al.* (2009) observaram que o controle genético do teor de metionina e cisteína tem sido pouco estudado, e que há dúvidas em relação se os caracteres são dependentes do tegumento que é tecido materno e, ou, dos cotilédones, que são produtos da fecundação.

A baixa digestibilidade aparente das proteínas do feijão pode ser explicada pela baixa digestibilidade das frações protéicas (GENOVESE; LAJOLO, 1996), perdas endógenas como resultado do consumo de feijão (OLIVEIRA; SGARBIERI, 1986; MÁRQUEZ; LAJOLO, 1991), e pela presença de fatores antinutricionais, por exemplo, inibidores de proteases, lectinas,

fitatos, polifenóis (ácido fítico e taninos) e oligossacarídeos (verbascose, estaquiose e rafinose) (GENOVESE; LAJOLO, 1996). Para Nilsen (1991) e Mubarak (2005), a estrutura e conformação das proteínas e a interação das proteínas com outros componentes da semente podem formar complexos, também atribuídos à baixa disponibilidade das proteínas. Além disso, o baixo teor de metionina nos feijões tem piorado o valor nutricional de suas proteínas (MONTROYA *et al.*, 2010).

Diferentes métodos de processamento e tratamentos tradicionais como embebição, cocção e fermentação têm sido usados para melhorar a qualidade nutricional de leguminosas em várias extensões. O tratamento com calor tem sido amplamente utilizado para melhorar o valor nutricional das proteínas de leguminosas (WALKER; KOCHAR, 1982; MUBARAK, 2005).

As leguminosas são usualmente cozidas antes de serem consumidas, pois isto melhora a qualidade da proteína, por promover a destruição ou inativação dos fatores antinutricionais termossensíveis. No entanto, segundo Lisiewska *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2009), a cocção causa consideráveis mudanças na composição de numerosos componentes químicos, entre eles aminoácidos, vitaminas e minerais, dependendo da temperatura e do tempo de tratamento térmico.

Um dos aspectos mais apreciáveis na gastronomia do feijão é sua textura, embora os principais componentes químicos para esta característica sejam incertos, tanto em relação ao tegumento quanto aos cotilédones (CASAÑAS *et al.*, 2002). Em feijão e outros grãos, parece que as principais moléculas responsáveis pela textura das sementes são proteínas, amido, amilose e amilopectina (MARTIN; FITZGERALD, 2002).

Conforme Meng e Ma (2002), as proteínas do feijão têm sido associadas com boas propriedades nutricionais e funcionais, principalmente àquelas de reserva em feijão-comum, como vicilina, legumina e fitohemaglutinina. A vicilina é uma globulina 7S e é frequentemente referida como faseolina, que representa 50% da proteína total (MAKRI; DOXASTAKIS, 2006). A faseolina é uma glicoproteína que contém açúcares neutros em sua estrutura.

Várias tentativas têm sido feitas no sentido de melhorar a qualidade protéica do feijão-comum, por meio de programas de reprodução ou

manipulação genética, cujo alvo tem sido a faseolina, uma vez que é a principal proteína de reserva em sementes, e compondo uma proporção elevada e variável (30 a 50%) da proteína do feijão, apesar do fato de que a mesma seja deficiente em metionina, cisteína e triptofano (GEPS; BLISS, 1984; ARAGÃO *et al.*, 1999; TAYLOR *et al.*, 2008; MONTOYA *et al.*, 2010).

Apesar dos benefícios nutricionais, o consumo de leguminosas tem diminuído nos países industrializados nos últimos anos, uma tendência que é provável em contribuir para desequilíbrios nutricionais, associados com dietas que fornecem pouca fibra e ainda dependem da proteína animal (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008).

Ainda de acordo com Rodríguez *et al.* (2008), como os grãos crus de feijão têm digestibilidade limitada e contêm certos fatores antinutricionais, há necessidade de serem processados antes que possam ser ingeridos. Por este motivo, o consumo de feijão é limitado devido à presença desses fatores, que podem produzir efeitos adversos na nutrição humana e animal.

A digestibilidade protéica é um parâmetro nutricional que avalia de que forma se dará o aproveitamento de uma determinada proteína, sendo influenciada por diversos fatores como compostos fenólicos (formam complexos coloridos com sais de ferro, compostos insolúveis com sais de chumbo e sofrem substituição eletrofílica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos), antinutricionais (inibidores de proteases) e também pelo tratamento térmico (inativa os inibidores de proteases) (MESQUITA *et al.*, 2007).

Segundo Machado *et al.* (2008), na alimentação da população brasileira, o feijão é tido como a principal fonte de proteína, seguido em importância, pela carne bovina e pelo arroz. Esses três alimentos básicos contribuem com 70% da ingestão protéica.

De acordo com Teixeira (2000), com a finalidade de aumentar a produtividade e melhorar o valor nutricional do feijão, há necessidade de um fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes, pela utilização de adubação mineral na cultura do feijoeiro.

Após a colheita do feijão, os grãos apresentam um elevado teor de umidade. Portanto, é necessário que os grãos sejam submetidos à secagem, principalmente se forem conduzidos à armazenagem. Uma das principais

causas da perda da qualidade fisiológica das sementes de feijão se deve ao elevado teor de umidade, inadequado para subseqüente etapa de armazenamento.

De acordo com Bragantini (2005), os grãos armazenados se deterioram lentamente ou mais rapidamente, quando a temperatura aumenta. O teor de umidade dos grãos tem influência direta sobre o processo respiratório. Quando o teor de umidade de ambiente do armazenamento se encontra entre 11 e 13%, o processo respiratório se mantém em nível baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado. No entanto, ao aumentar o teor de umidade, o processo respiratório é acelerado, ocorrendo deterioração dos grãos.

### **3.3 Aminoácidos na proteína do feijão**

Uma alimentação deficiente em nutrientes fundamentais para manutenção e produção de metabólitos pode induzir a distúrbios irreversíveis, como o caso de importantes minerais na dieta como cálcio, zinco e ferro. Além disso, a baixa ingestão de proteínas e fibra conduz a problemas sérios de saúde, tanto físicos quanto intelectuais.

Para minimizar problemas de saúde oriundos de má alimentação, têm sido abordadas novas estratégias de fortificação e suplementação de alimentos e uma dieta diversificada, para manutenção da qualidade de vida.

Segundo Olivares e Walter (2004), quando alimentos são suplementados com algum nutriente, é importante levar em consideração que haverá necessidade de encorajamento da população para o consumo deste produto, bem como há que se pagar mais por este benefício.

Para se que tenha uma alimentação diversificada é necessário também gastos adicionais, e que por outras razões, como a cultural, tornam-se inviáveis.

Conforme Costa e Liberato (2003), quando alimentos são fortificados, alterações de textura (cor e sabor) podem ser observadas no alimento, e podem resultar em certos casos, em menor disponibilidade de alguns minerais (ferro). Para White e Broadley (2005), um aumento da biodisponibilidade no teor de minerais em partes comestíveis de vegetais (biofortifi-

cação), através de métodos genéticos ou de intervenção agrônômica, é considerada uma alternativa racional e eficiente.

Embora sementes de leguminosas contenham quantidade moderadamente alta de proteínas, calorias, alguns minerais e vitaminas, segundo Mubarak (2005), sua utilização na alimentação é limitada pelo baixo teor de aminoácidos sulfurados, baixa digestibilidade protéica e pela presença de vários componentes antinutricionais.

De acordo com Del Piño e Lajolo (2003) pesquisas realizadas com o fracionamento de proteínas do feijão têm apresentado como resultado as três frações solúveis: a faseolina ou globulina G1, globulina G2 e a albumina, sendo a primeira a mais abundante proteína de reserva do feijão, cujo porcentual variou entre 36 e 46%.

Para Chang e Satterlee (1981), os aminoácidos que compõem a principal proteína do feijão (faseolina) têm como característica limitante seu baixo teor em cisteína, metionina e triptofano. No entanto, esta proteína apresenta alto teor em aminoácidos aromáticos (leucina e lisina), contendo ainda, em grande quantidade os ácidos glutâmico (ou glutamina) e aspártico (ou asparagina).

Segundo Antunes (1995), Marques e Bora (2000), Guzmán-Maldonado *et al.* (2000) e Ribeiro *et al.* (2007), o teor dos aminoácidos cisteína e metionina em feijão varia com o grupo comercial, com a cultivar e o ambiente de cultivo. Para estes autores, a proteína do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem sido considerada de baixo valor biológico por apresentar esta deficiência, apesar de conter todos os outros aminoácidos essenciais.

De acordo com Bianchi (1988), a metionina e a cisteína têm sido relacionadas a efeitos benéficos ao organismo, uma vez que formam quelatos solúveis com o ferro, mantendo sua disponibilidade para a absorção pelo intestino. Por outro lado, a metionina exerce ação lipotrópica, atuando na prevenção do acúmulo de gordura no fígado (FRANCO, 2005).

Tendo em vista a carência ou limitação dos aminoácidos sulfurados em feijão, Londero *et al.* (2009) recomendam a suplementação destes aminoácidos na alimentação, com a finalidade de se obter a quantidade

adequada de aminoácidos para o suprimento diário das necessidades do organismo humano.

Para tanto, a ingestão do feijão que é rico em lisina, combinado com consumo conjunto de cereais como arroz e milho, ricos nos aminoácidos sulfurados limitantes no feijão, resultam em um alimento protéico de alto valor biológico, pela disponibilidade desta proteína para o suprimento dos requerimentos nutricionais do homem, tendo-se então, uma dieta balanceada. Quando um aminoácido essencial está ausente ou deixa de ser ingerido na quantidade adequada, a proteína terá uma constituição inadequada, favorecendo, portanto, que se tenha uma dieta carente que se comporta nutricionalmente como aprotéica.

Do total de aminoácidos sulfurados, a metionina é nutricionalmente indispensável, enquanto a cisteína, como um produto metabólico do catabolismo da metionina, é dependente da existência suficiente de metionina para suprir as necessidades de ambos (FAO, 2007).

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) estabeleceu para um indivíduo adulto os padrões de aminoácidos em alimentos, considerando suas necessidades diárias. Para tanto, quando o somatório dos aminoácidos sulfurados metionina + cisteína superar 1,7 g por 16 g de nitrogênio na matéria seca, a proteína apresenta um perfil de aminoácidos sulfurados adequado para utilização na alimentação. No entanto, Ribeiro *et al.* (2007) verificaram que diversas cultivares de feijão, disponíveis para o cultivo no Brasil, apresentaram teor de aminoácidos superior ao padrão considerado adequado pela FAO (FAO, 2007).

De acordo com Londero (2008), a presença de interação entre genótipos do feijoeiro e o ambiente tem sido observada no teor de aminoácidos em feijão, e que há possibilidade em se aumentar estes teores nos grãos de feijão, por meio de programas de melhoramento genético, pois há variabilidade genética. Ainda para a mesma autora, não se tem conhecimento se o teor de metionina e cisteína em feijão está concentrado no tegumento ou nos cotilédones, para que comprove ou não a presença do efeito materno, tendo em vista esses tecidos se encontrarem em gerações diferentes.

A probabilidade em se obter dietas menos calóricas e mais nutritivas poderia, então, ser formulada através da modificação genética da cultivar utilizada (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Outra alternativa para balancear os aminoácidos limitantes no feijão é o revestimento dos grãos com emulsões incorporadas com esses aminoácidos. Revestimentos bioativos têm sido utilizados no revestimento de frutas e outros vegetais, principalmente os minimamente processados. Biopolímeros constituídos por gelatina, triacetina e ácido láurico foram aplicados sobre goiabas brancas, tendo aumentado sua vida útil (FAKHOURI; GROSSO, 2003); coberturas à base de fécula de mandioca foram aplicadas em morango, minimizando a perda de peso e aumentando a vida útil em cinco vezes (HENRIQUE; CEREDA, 1999); recobrimento com película de fécula de mandioca também foi utilizada em manga “surpresa” aumentando a vida de prateleira de sete para 12 dias (SCANACAVA JÚNIOR *et al.*, 2007).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Determinação da composição centesimal**

A composição química aproximada foi determinada usando os métodos da AOAC (1997). As análises dos componentes foram realizadas em duplicata, nas amostras cruas do feijão.

Umidade: método AOAC 925-09;

Lipídeos: método AOAC 920-39;

Proteínas: método AOAC 954-01, usando fator de correção 6,25 nitrogênio-protéico;

Cinzas: método AOAC 923-03;

Fibra bruta: método AOAC 962-09; e

Carboidratos: determinado por diferença [100 - (lipídeos + proteína bruta + cinzas + fibra bruta + umidade)]. Os resultados de lipídeos, proteína, cinzas, fibra bruta e carboidratos foram expressos em base úmida.

### **4.2 Aplicação dos revestimentos**

A fécula de mandioca foi adquirida em supermercado no município de Viçosa-MG e a emulsão de cera de carnaúba doada pela Indústria Pontes do Estado do Ceará.

Os revestimentos foram formulados utilizando como bases poliméricas um carboidrato (fécula de mandioca 1%) e um lipídeo (emulsão de cera de carnaúba, na concentração de 4%), separadamente ou formando uma solução filmogênica de 50% de cada composto. Em cada revestimento foram acrescentados os aminoácidos essenciais metionina + cisteína, nas concentrações recomendadas pela FAO/WHO (2007), para crianças em idade escolar, na faixa etária de dois a cinco anos.

Os grãos de feijão foram imersos na solução, onde permaneceram por um minuto, sendo então drenados em peneira, seguindo para a etapa de secagem, realizada em estufa de secagem, à temperatura de 25 °C, durante 12 horas.

Os tratamentos foram os seguintes: controle (sem revestimentos e sem aminoácidos), fécula de mandioca + aminoácidos (Faa), cera de carnaúba + aminoácidos (Caa) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos (FCaa), para as temperaturas ambiente e de refrigeração, totalizando oito tratamentos.

O período de armazenamento dos grãos de feijão com aproximadamente 13% de umidade, acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 0,09 mm, medindo 25,5 cm de largura por 35 cm de comprimento, foi de 60 dias, mantidos sob condições refrigeradas (refrigerador doméstico, a  $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa) e temperatura ambiente (16,9 °C, 77,6% de umidade relativa), tendo as análises sido realizadas quinzenalmente.

### **4.3 Determinação dos aminoácidos adicionados aos tratamentos**

#### **4.3.1 Preparo das amostras**

Amostras de 100 g de feijão de cada tratamento (controle, Faa, Caa e FCaa), nos tempos de armazenamento de zero, 30 e 60 dias, foram cozidas em 700 mL de água destilada, em panela de pressão doméstica, durante 25 minutos, sem serem submetidas à maceração antes da cocção. Caldo e grãos foram colocados separadamente em recipientes de polipropileno e

armazenados em temperatura de refrigeração ( $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa).

Após 12 horas da cocção e subsequente refrigeração, as amostras foram secas em estufa com temperatura regulada em 40 °C e circulação de ar. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho de facas, acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e congelados em ultra-freezer a -80 °C, até posterior realização das análises.

As amostras foram descongeladas em refrigerador doméstico. Após descongelamento, as amostras dos caldos foram submetidas a duas filtrações: uma em papel de filtro e outra em aparelho de filtração a vácuo Millipore<sup>®</sup> utilizando filtro de 0,45 µm (Millipore<sup>®</sup>).

Para as amostras dos grãos de feijão trituradas foram adicionados 200 mL de água de alta pureza, misturadas e submetidas à filtração a vácuo utilizando filtro de 0,45 µm (Millipore<sup>®</sup>). Em seguida, as amostras foram armazenadas em refrigeração ( $4 \pm 2$  °C, 85% de umidade relativa) para subseqüentes análises.

#### 4.3.2 Derivatização

A solução de derivatização foi preparada com 50 mg de o-phtaldialdeído (OPA) dissolvido em 4,5 mL de metanol, adicionando-se 50 µL de 2-mercaptoetanol (2-ME) e 0,5 mL de tampão bromato de potássio 0,40 M. Após a mistura dos reagentes, a solução foi armazenada em frasco âmbar (escuro) por 24 horas a 4 °C, em refrigerador doméstico (GOMIS *et al.*, 1990; PRIPIS-NICOLAU *et al.*, 2001; PARAMÁS *et al.*, 2006) (metodologia modificada). A cada 48 horas 10,0 µL de 2-ME foi adicionado para manutenção da eficiência do reagente por prazo de validade de três meses.

As soluções padrões e as amostras foram filtradas em filtros de membrana de 0,22 µm e a 0,1 mL do filtrado foi adicionado uma alíquota de 0,2 mL da solução de derivatização, homogeneizada por 60 segundos.

Para análise da cisteína foi acrescentada uma etapa na qual uma alíquota de 0,1 mL de ácido iodoacético (IDA) foi adicionada a 0,2 mL das amostras e submetidas à derivatização.

A solução de IDA foi preparada pela dissolução de 3,5 g de ácido iodoacético em 50 mL de tampão de bromato de potássio e o pH ajustado para 9,5 com NaOH 4 M e o volume final aferido para 100 mL (PRIPIS-NICOLAU *et al.*, 2001) (metodologia modificada).

Para quantificação da cisteína, as amostras do caldo e do feijão cozido após o processo de derivatização, permaneceram sob refrigeração por aproximadamente 12 horas antes de serem injetadas no cromatógrafo.

#### 4.3.3 Quantificação dos aminoácidos

A quantificação dos aminoácidos dos grãos cozidos triturados e do caldo do feijão foi realizada por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detector de fluorescência. O sistema CLAE consiste em duas bombas de alta pressão (modelo LC - 10 AD), com detector de fluorescência RF 10 AxL, interface SCL - 10Avp e o programa Class - VP Shimadzu, versão 6.12, para cálculos das áreas. A separação cromatográfica foi realizada em coluna C<sub>18</sub> (150 x 4,6 mm), fluxo de 1,0 mL. min<sup>-1</sup> e os comprimentos de onda para fluorescência foram 340 nm e 440 nm para excitação e emissão, respectivamente. O volume de injeção foi de 50 µL. O gradiente efetuado pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Gradiente de eluição da metionina no HPLC

	Tempo (min)	Solvente B (%)
	0	5
	65	70
1 mL.min <sup>-1</sup>	70	90
	75	90
	85	5

Para a metionina os solventes utilizados foram o metanol (solvente B) e tampão acetato de sódio  $4,20 \times 10^{-2}$  mol L<sup>-1</sup> pH 6,80 (solvente A).

Na quantificação da cisteína foi usada a fase móvel contendo tampão fosfato pH 7,4 – acetonitrila 89:11 v/v.

A detecção dos derivativos isoindóis da cisteína foi realizada com emissão a 425 nm.

As curvas-padrão da metionina (L - metionina, adquirida da SIGMA-ALDRICHTM, Japão) e da cisteína (L - cisteína, SIGMA-ALDRICHTM, Japão) foram construídas, traçando-se um gráfico das áreas dos picos obtidos pela injeção de 50  $\mu\text{L}$  da solução dos aminoácidos preparada na faixa de 3  $\text{mg mL}^{-1}$ , 2  $\text{mg mL}^{-1}$ , 1  $\text{mg mL}^{-1}$ , 0,5  $\text{mg mL}^{-1}$ , 0,1  $\text{mg mL}^{-1}$  e 0,01  $\text{mg mL}^{-1}$  com seis pontos para a metionina e de 21  $\text{mg mL}^{-1}$ , 10,5  $\text{mg mL}^{-1}$ , 4,2  $\text{mg mL}^{-1}$ , 2, 1  $\text{mg mL}^{-1}$  e 1,05  $\text{mg mL}^{-1}$  com cinco pontos para a cisteína. A repetibilidade do método foi verificada através da injeção das soluções dos aminoácidos em duplicata.

As equações e os coeficientes de determinação da curva padrão para a metionina e cisteína foram  $y = 124064x - 1415,7$ ,  $R^2 = 0,9935$  e  $y = 1\text{E}+07x + 3\text{E}+06$ ,  $R^2 = 0,9922$ , respectivamente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição centesimal do feijão

Os dados obtidos nesta pesquisa para a composição centesimal aproximada para o feijão Carioca cru, bem como aqueles da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos são mostrados na Tabela 2. Quando os dados obtidos nesta pesquisa foram comparados aos dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2006) observou-se que valores mais elevados foram encontrados para proteína bruta e cinzas, indicando que o feijão analisado fornece um balanço protéico significativo para uma dieta equilibrada.

Tabela 2 – Composição centesimal aproximada do feijão Carioca, seco, cru analisado e dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (g 100 g<sup>-1</sup>)

Componentes	Quantidade*	Taco**
Fibra bruta	13,5	-
Proteínas	23,3	20,0
Lipídeos	0,9	1,0
Umidade	11,5	14,0
Cinzas	4,2	3,5
Carboidratos	46,5	63,0

\* Dados do autor (2010).

\*\* Taco (2006).

Wang *et al.* (2009) analisaram o efeito da cocção na composição de feijão-comum e grão de bico, tendo observado que a cocção aumentou significativamente o teor de fibra dietética, proteína bruta, amido e gordura, porém, houve redução no teor de cinzas e carboidratos.

### 5.1.1 Fibras

Pela análise da composição química do feijão-comum cru observou-se um percentual médio de fibra bruta ( $13,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), acima do valor encontrado por Costa *et al.* (2006) que foi de  $8,55 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , para a cultivar IAC carioca Eté. Outros autores encontraram valores abaixo do obtido nesta pesquisa para a mesma variedade de feijão, como Shimelis e Rakshit (2005) que reportam valores que variaram de  $4,66$  a  $5,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  em oito variedades de feijão. Mubarak (2005) encontrou um valor de  $4,63 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  em feijão cru.

Silva *et al.* (2009) avaliaram três cultivares de feijão-comum e encontraram valores para fibra alimentar de  $12,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  para o feijão Carioca.

Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) observaram que amostras de feijão Carioca cozidas em micro-ondas apresentaram maior percentual de fibra insolúvel, além do que o teor em fibra solúvel foi maior em amostras maceradas e cozidas em panela aberta e de pressão.

### 5.1.2 Teor protéico

O teor protéico do feijão analisado foi de  $23,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , sendo este bem mais elevado do que o valor encontrado na tabela TACO (2006), como observado na Tabela 2. No entanto, Silva *et al.* (2009) encontraram teor de proteína de 25,62% para o feijão carioca da cultivar BRS Pontal cru, valor este mais elevado que o determinado nesta pesquisa.

Antunes *et al.* (1995) obtiveram valores do teor médio de proteína para as cultivares Carioca (23,37%) e Carioca Piratã<sup>-1</sup> (23,62%).

Rios *et al.* (2003) observaram valores de proteína bruta em feijão Carioca na faixa de  $24,11 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (colheita normal: 120 dias) e  $30,41 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$

(colheita antecipada: 15 dias antes da colheita normal), sendo esta cultivar a que apresentou melhor comportamento nos dados de composição centesimal durante armazenamento por um período de oito meses.

Coelho *et al.* (2006) encontraram teores de proteína em feijão Carioca (controle) de 21,04 e 21,52% no feijão armazenado por 24 meses. Houve um aumento em relação ao período de armazenamento em condições ambientais e a 5 °C para as duas variedades (dados não apresentados). Ribeiro *et al.* (2007) encontraram valores para proteína bruta em cultivares do grupo cores, cujos valores situaram-se entre 31,94 g 100 g<sup>-1</sup> e 36,32 g 100 g<sup>-1</sup> de matéria seca (cultivar Carioca).

Os resultados da composição centesimal para o teor médio de proteína encontram-se de acordo com valores encontrados por outros pesquisadores acima referidos.

### **5.1.3 Lipídeos**

O teor médio de lipídeos para o feijão-comum, encontrado neste trabalho, foi bem reduzido (0,9 g 100 g<sup>-1</sup>), enquanto Costa *et al.* (2006) obtiveram um teor médio de 2,49 g 100 g<sup>-1</sup>, praticamente três vezes maior que o da presente pesquisa. No entanto, segundo Geil e Anderson (1994), o teor de lipídeos em grãos de feijão varia de 0,8 a 1,5%, e que essa variação pode ser explicada por fatores relacionados com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais e o tipo de solo onde este é cultivado. Silva *et al.* (2009) avaliaram cultivares de feijão-comum cru tendo encontrado um teor de lipídeos de 2,28% para a cultivar Carioca BRS Pontal. Costa *et al.* (2006) encontraram um valor médio de lipídeos de 2,49 g 100 g<sup>-1</sup> para o feijão Carioca cv. IAC carioca Eté.

O teor de lipídeos encontrado nesta pesquisa está condizente com a literatura, pois valores baixos deste parâmetro são característicos em feijões.

### **5.1.4 Umidade**

O teor médio de umidade obtido (11,5 g 100 g<sup>-1</sup>) para os grãos de feijão cru, antes da aplicação dos revestimentos é apresentado na Tabela 2.

Rios *et al.* (2003) obtiveram valores médios de umidade para feijão Carioca de 12,32% para a colheita antecipada (15 dias antes da colheita normal) e 13,59% para a colheita normal (120 dias). O valor de umidade encontrado por Silva *et al.* (2009) para o feijão carioca da cultivar BRS Pontal foi de 9,15%. Costa *et al.* (2006) analisaram feijão Carioca cv IAC carioca Eté e determinaram um teor de umidade de 9,93 g 100 g<sup>-1</sup>.

Pode-se observar que o valor médio de umidade encontrado no presente trabalho está condizente com a literatura consultada.

### 5.1.5 Cinzas

O teor médio de cinzas encontrado nesta pesquisa (4,6 g 100 g<sup>-1</sup>) encontra-se um pouco acima da média, pois segundo Barampama e Simard (1993), os teores de cinzas em feijão oscilam na faixa de 3,8 a 4,5%.

Mesquita *et al.* (2007) determinaram a composição centesimal de 21 linhagens de feijão-comum provenientes da safra das águas e obtiveram valores médios de cinzas variando entre 2,97 e 4,87 g 100 g<sup>-1</sup>. Silva *et al.* (2009) analisaram diferentes cultivares de feijão e encontraram um teor médio de cinzas para o feijão carioca cultivar BRS Pontal de 4,91%, bem próximo ao encontrado nesta pesquisa. Enquanto Costa *et al.* (2006) avaliaram feijão Carioca cv. IAC carioca Eté e encontraram um teor de cinzas de 3,8 g 100 g<sup>-1</sup>.

Verificou-se, portanto, que o valor médio de cinzas para o feijão Carioca obtido neste trabalho foi o esperado. As diferenças encontradas nos diversos trabalhos pode ser devido à variação nos tratamentos culturais, como adubação, tipo de solo, condições hídricas, local de plantio e da cultivar utilizada.

### 5.1.6 Carboidratos

O teor médio de carboidratos (46,5 g 100 g<sup>-1</sup>) obtido por diferença foi expresso em base úmida, como apresentado na Tabela 2.

Silva *et al.* (2009) avaliando a composição centesimal de feijão Carioca cv. BRS Pontal encontrou um teor de carboidratos disponíveis de

45,67%, muito próximo ao valor determinado nesta pesquisa. Costa *et al.* (2006) determinaram a composição centesimal de diferentes leguminosas e encontraram um teor de carboidratos de 54,3 g 100 g<sup>-1</sup> para o feijão Carioca cv. IAC carioca Eté.

Portanto, o valor encontrado para os carboidratos nesta pesquisa é corroborado por outros trabalhos, já citados. Estas diferenças podem estar relacionadas com o tipo de carboidrato que constitui o feijão.

## **5.2 Aminoácidos**

O resultado da análise cromatográfica para a quantificação da metionina e cisteína adicionadas aos tratamentos Faa, Caa e FCaa, e do controle (sem revestimento e sem aminoácidos), para o caldo e para os grãos do feijão cozido nos tempos zero, 30 e 60 dias de armazenamento mostraram diferenças em relação ao teor adicionado e o quantificado.

### **5.2.1 Teor de metionina no caldo e nos grãos do feijão**

Todos os tratamentos apresentaram diferença em relação à concentração de metionina no caldo do feijão. O coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,99$ ) explicou satisfatoriamente a variação apresentada entre os tratamentos, conforme a análise de variância. Os tempos de armazenamento também diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), onde o tempo zero foi diferente dos demais tempos (30 e 60 dias), enquanto estes últimos não diferiram entre si. Pelos dados obtidos a partir da análise de variância pode-se observar que houve interação entre tratamento *versus* tempo de armazenamento.

Os valores médios encontrados para o teor de metionina no caldo do feijão foi maior para o tratamento Faa (12,02 mg mL<sup>-1</sup>), seguido dos tratamentos Caa (4,63 mg mL<sup>-1</sup>) e FCaa (1,31 mg mL<sup>-1</sup>).

O maior valor médio do teor de metionina para o caldo do feijão foi observado no tempo zero (5,87 mg mL<sup>-1</sup>), seguido do tempo de 30 dias (3,97 mg mL<sup>-1</sup>) e do tempo de 60 dias (3,63 mg mL<sup>-1</sup>). Na Figura 1 são mostrados os valores da concentração da metionina contida no caldo do

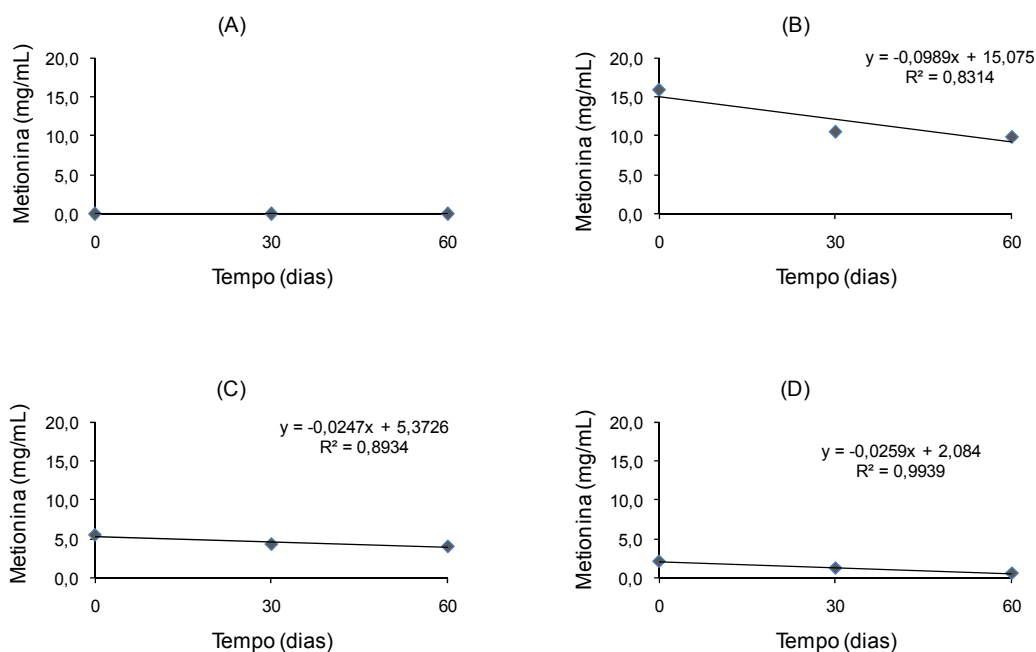


Figura 1 – Valores médios da concentração de metionina no caldo do feijão cozido para os tratamentos-controle (A), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (B), cera de carnaúba - Caa (C) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (D), durante o período de armazenamento de 60 dias.

feijão. Uma provável complexação dos aminoácidos com os revestimentos que continham a cera de carnaúba pode ter ocorrido durante o período de armazenamento, explicando, portanto, a redução do conteúdo de metionina observada neste experimento.

Os resultados da análise de variância para os grãos do feijão cozidos mostraram que houve interação significativa entre tratamentos *versus* tempo. O modelo linear foi o que melhor se ajustou, apesar de o valor do  $R^2$  (83%) não explicar satisfatoriamente a variação ocorrida entre os tratamentos. Houve diferença significativa entre os tratamentos Faa e FCaa, e os tratamentos-controle e Caa também diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

Houve diferença entre os períodos de tempo analisados, onde o tempo zero apresentou maior valor médio na concentração da metionina para os grãos de feijão cozidos ( $0,33 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido  $0,15 \text{ mg g}^{-1}$  e  $0,02 \text{ mg g}^{-1}$  para 30 dias e 60 dias de armazenamento, respectivamente.

A análise de variância mostrou que os tratamentos que apresentaram maiores valores médios para a concentração de metionina nos grãos do

feijão cozido foram o Faa ( $0,31 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido por Caa ( $0,25 \text{ mg g}^{-1}$ ) e FCaa ( $0,11 \text{ mg g}^{-1}$ ) (Figura 2).

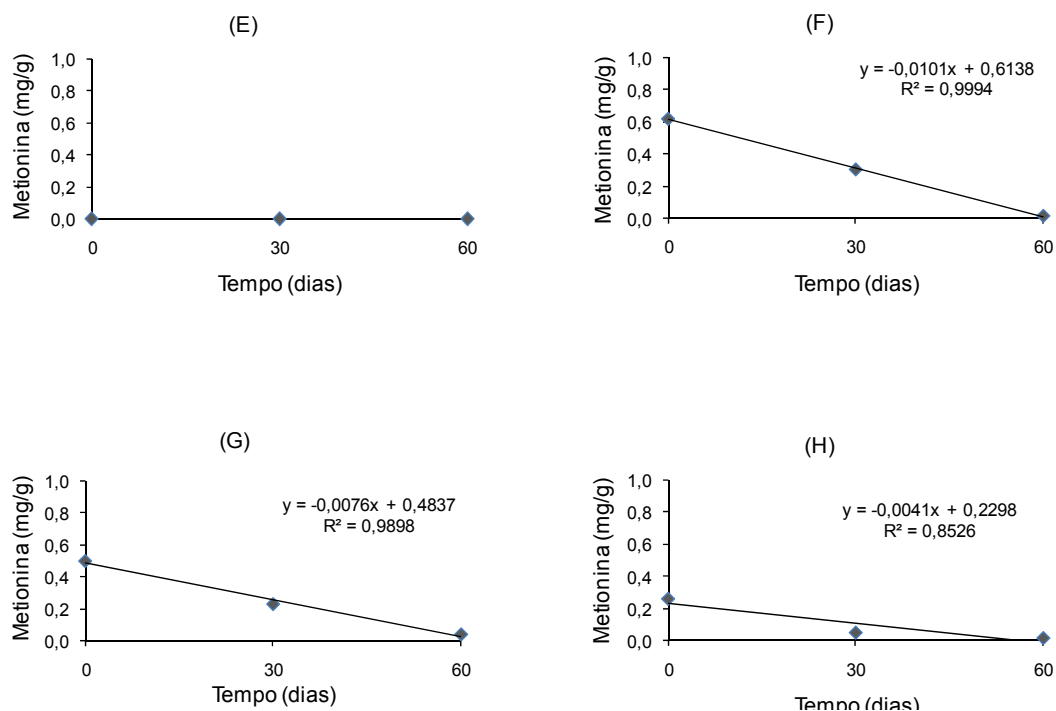


Figura 2 – Valores médios da concentração de metionina nos grãos do feijão cozido para os tratamentos-controle (E), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (F), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (G) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (H), durante o período de armazenamento de 60 dias.

A menor quantidade da metionina obtida quando da análise dos grãos cozidos pode ter se dado pela impermeabilização do tegumento à migração do aminoácido para os cotilédones, podendo os polifenóis terem se complexoado com os aminoácidos. Houve uma redução no conteúdo da metionina para os tratamentos revestidos aos 60 dias de armazenamento, cuja concentração para o tratamento FCaa foi de  $0,1084 \text{ mg g}^{-1}$  do grão de feijão cozido. Tanto no caldo quanto nos grãos do feijão, o tratamento FCaa apresentou menor concentração deste aminoácido.

Como citado pela literatura, diversas cultivares de feijão, entre elas o Carioca, apresentam a metionina como aminoácido limitante em sua proteína, o que foi corroborado neste trabalho, onde o tratamento-controle não apresentou nem traços da metionina.

### 5.2.2 Teor de cisteína no caldo e nos grãos do feijão

A quantificação da cisteína adicionada aos revestimentos dos tratamentos Faa, Caa e FCaa, bem como para o controle, no caldo e nos grãos do feijão cozido são mostrados nas Figuras 3 e 4.

Todos os tratamentos e os tempos de armazenamento apresentaram diferença significativa entre si, em relação à concentração de cisteína no caldo do feijão. O coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,99$ ) explicou satisfatoriamente a variação apresentada entre os tratamentos, conforme a análise de variância, bem como o modelo linear melhor ajustou os resultados encontrados. Pelos dados obtidos a partir da análise de variância pode-se observar que houve interação significativa entre tratamento *versus* tempo de armazenamento.

Pela análise de variância utilizando-se a comparação de médias, observou-se que o tratamento Faa apresentou maior valor médio para a concentração de cisteína no caldo do feijão ( $9,38 \text{ mg mL}^{-1}$ ), seguido pelos tratamentos Caa ( $5,87 \text{ mg mL}^{-1}$ ) e FCaa ( $2,92 \text{ mg mL}^{-1}$ ).

O maior valor médio do teor de cisteína para o caldo do feijão foi observado no tempo zero ( $5,77 \text{ mg mL}^{-1}$ ) seguido de  $4,33 \text{ mg mL}^{-1}$  e  $3,52 \text{ mg mL}^{-1}$ , nos tempos de 30 dias e 60 dias de armazenamento, respectivamente.

Observou-se que os tratamentos que continham cera de carnaúba no revestimento (Caa e FCaa) apresentaram as menores concentrações da cisteína, indicando uma provável complexação deste aminoácido com algum constituinte da cera, ou ainda pela sua possível degradação (Figura 3).

Os resultados obtidos através da análise de variância para a cisteína nos grãos de feijão mostraram que houve interação significativa entre tratamentos *versus* tempo, cujo coeficiente de determinação foi elevado ( $R^2 = 0,99$ ), explicando satisfatoriamente os resultados obtidos. O modelo linear foi o que melhor ajustou os resultados obtidos (Figura 4).

Todos os tratamentos e os tempos de armazenamento apresentaram diferença, onde a maior média apresentada entre todos os tratamentos foi para o tratamento Faa, no tempo zero ( $1,10 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido dos tratamentos Caa ( $0,91 \text{ mg g}^{-1}$ ) e FCaa ( $0,66 \text{ mg g}^{-1}$ ).

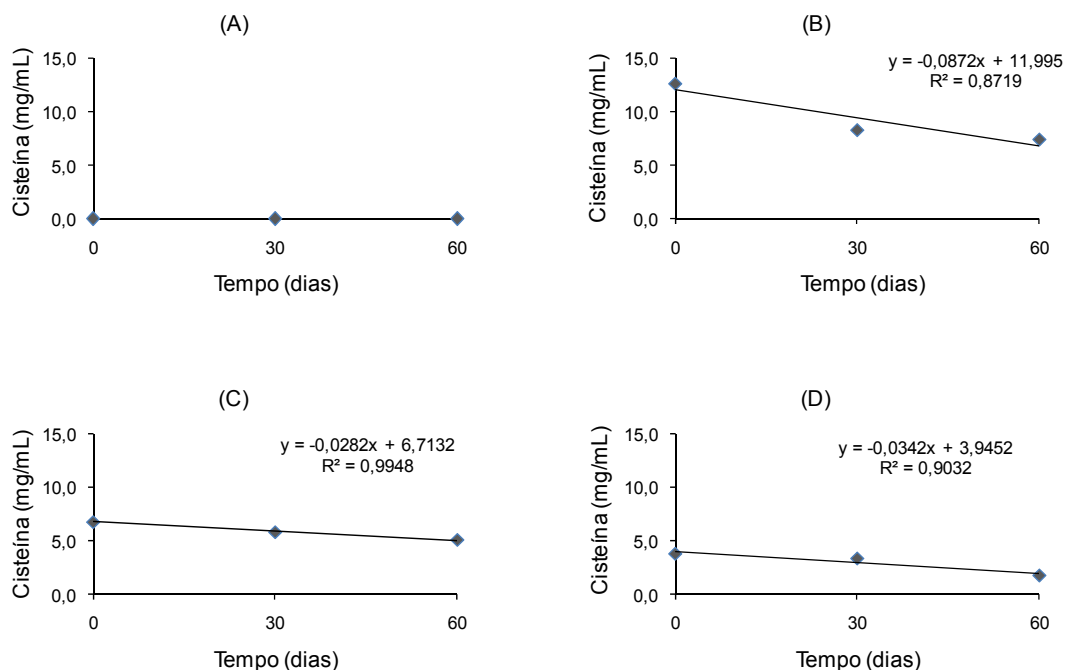


Figura 3 – Valores médios da concentração de cisteína no caldo do feijão cozido para os tratamentos-controle (A), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (B), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (C) e fécula de mandioca + cera de Carnaúba + aminoácidos - FCaa (D), durante o período de armazenamento de 60 dias.

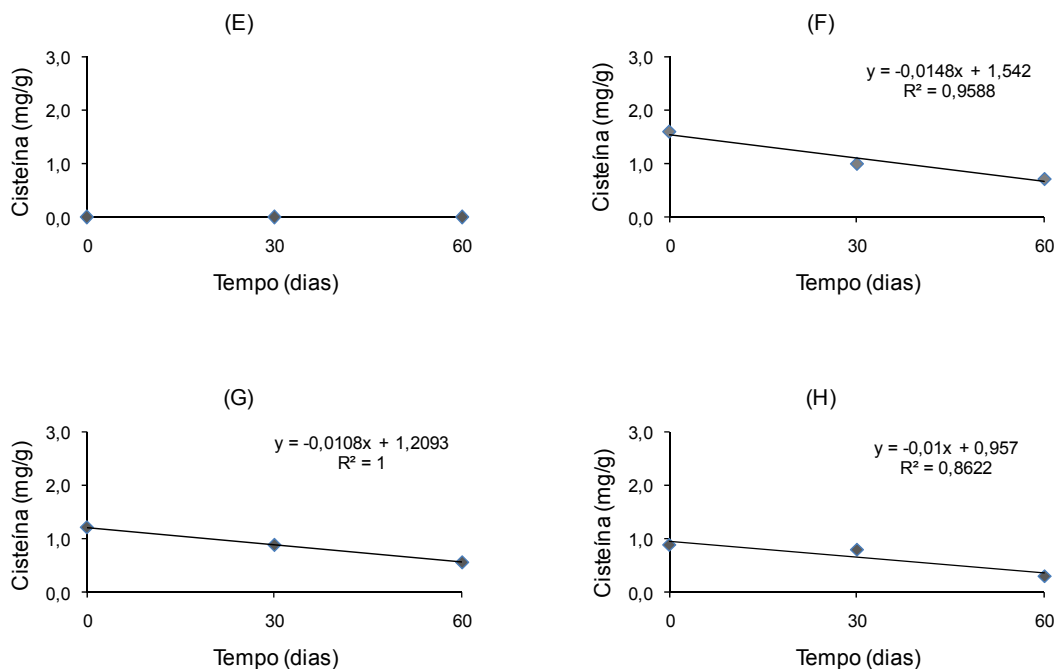


Figura 4 – Valores médios da concentração de cisteína nos grãos do feijão cozido para os tratamentos-controle (E), fécula de mandioca + aminoácidos - Faa (F), cera de carnaúba + aminoácidos - Caa (G) e fécula de mandioca + cera de carnaúba + aminoácidos - FCaa (H), durante o período de armazenamento de 60 dias.

Pela natureza hidrofílica dos aminoácidos adicionados aos revestimentos, a emulsão da cera de carnaúba pode ter formado um complexo indissolúvel com os aminoácidos, não permitindo a migração destes tanto para o caldo quanto para os grãos do feijão.

De acordo com Adsule e Kadam (1989), os taninos presentes no tegumento do feijão são conhecidos por formarem complexos com as proteínas, que resultam em baixa digestibilidade protéica e diminuição, também, da disponibilidade de aminoácidos. Outro fato que deve ser observado é que durante a formação de compostos escuros no tegumento do grão pela polifenoxidase, as quinonas produzidas podem interagir com os grupos amina e tiol, reduzindo a disponibilidade de aminoácidos, entre eles a metionina (BRESSANI; ELIAS, 1980).

Segundo Hernandez *et al.* (1991), as interações covalentes entre proteínas e polifenóis, além de transformações enzimáticas, levam ao escurecimento do tegumento em feijões e, essas interações irreversíveis, quando envolvem aminoácidos essenciais ligados aos polifenóis, promovem diminuição no valor nutricional do alimento, além de ocorrerem modificações na qualidade sensorial.

Candela *et al.* (1997) analisaram amostras de sementes de feijão secas, tendo observado que após a cocção, houve diminuição no teor de matéria seca e, que todos os aminoácidos foram afetados, particularmente tirosina, metionina e treonina.

Sgarbieri e Whitaker (1982) avaliaram 25 variedades de feijão provenientes da América Central e observaram que os teores de metionina e triptofano encontravam-se em baixas concentrações nos grãos de todas as amostras.

Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) estudaram a composição centesimal e nutricional do feijão Carioca e diferentes métodos de cocção, tendo observado que o cozimento dos grãos em micro-ondas preservou mais a disponibilidade dos aminoácidos lisina e metionina.

Ribeiro *et al.* (2010) investigaram a composição de aminoácidos em gerações precoces de feijão e observaram que o cruzamento entre duas cultivares contrastantes, quanto ao teor de metionina, resultou em genótipos

que podem ser selecionados pelo elevado teor de metionina, sem alterar a disponibilidade dos demais aminoácidos.

Exemplificando, uma criança em idade escolar (2 a 5 anos), do sexo masculino, com peso médio de 15 kg, necessita ingerir  $25 \text{ mg kg}^{-1}$  peso corpóreo  $\text{dia}^{-1}$  do somatório dos aminoácidos metionina + cisteína, conforme recomendações da FAO/WHO (2007). Assim, ela necessitará consumir 375 mg desses aminoácidos por dia. Portanto, para suprir essa necessidade diária deve ser ingerida uma porção de 16,45 g do feijão submetido ao tratamento Faa; a porção para o tratamento Caa será de 32,16 g do feijão e; a porção para o tratamento FCaa será de 75,15 g do feijão, correspondendo a 100% da ingestão de leguminosas e aminoácidos, conforme recomendações da RDC nº 359, 23 de dezembro de 2003.

## 6 CONCLUSÕES

As determinações dos teores de fibras, proteínas, lipídeos, cinzas, umidade e carboidratos do feijão apresentaram valores dentro dos tabelados, e, ou, obtidos por diferentes pesquisadores.

Os teores dos aminoácidos metionina e cisteína no tratamento-controle (sem revestimento), tanto nos grãos crus quanto cozidos foi zero, portanto, estes aminoácidos foram limitantes na composição da proteína do feijão-comum analisado.

Os tratamentos que continham a fécula de mandioca no revestimento apresentaram maior concentração dos aminoácidos metionina e cisteína, tanto no caldo quanto nos grãos do feijão cozidos.

A adição dos aminoácidos sulfurados limitantes no feijão-comum (metionina e cisteína) em revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa viável para que a ingestão diária desses aminoácidos forneça uma proteína de boa qualidade e de alto valor biológico na dieta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADSULE, R. N.; KADAM, S. S. Proteins. In: SALUNKHE, D. K.; KADAM S. S. (Ed.). **Handbook of world food legumes**. Nutritional chemistry, processing technology and utilization. Boca Raton, FL: CRC Press. 1989. p. 75-97.

AGARWAL, V. K.; SINCLAIR, J. B. **Principles of seed pathology**. Boca Raton: CRC Press, 1987.

AL-BACHIR, M. Effect of gamma irradiation on microbial load and sensory characteristics of aniseed (*Pimpinella anisum*). **Bioresource Technology**, v. 98, p. 1871-1876, 2007.

ALBANESE, D.; CINQUANTA, L.; Di MATTEO, M. Effects of an innovative dipping treatment on the cold storage of minimally processed Annurca apples. **Food Chemistry**, v. 105, p. 1054-1060, 2007.

ALVES, A. C.; LIN, H. S. Tipo de embalagem, umidade inicial e período de armazenamento em sementes de feijão. **Scientia Agraria**, v. 4, n. 1-2, p. 21-26, 2003.

ALMEIDA, I. P.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; FREIRE, R. M. M.; GUEDES, M. A. Armazenamento de feijão macassar tratado com mamona: estudo da prevenção do *Callosobruchus maculatus* e das alterações nutricionais do grão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 133-140, 2005.

ALTUNTAŞ, E.; YILDIZ, M. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 174-183, 2007.

AMARANTE, C.; BANKS, N. H.; GANESH, S. Characterising ripening behaviour of coated pears in relation to fruit internal atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 51-59, 2001.

ANTON, A. A.; ROSS, K.; BETA, T.; FULCHER, R. G.; ARNTFIELD, S. D. Effect of pre-dehulling treatments of navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 771-778, 2008.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares “Rico 23”, “Carioca”, “Piratã-1” e “Rosinha-G2”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC n° 359, de 23 de dezembro de 2003. D. O. U. de 26/12/2003. **Regulamento Técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional.**

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. SIA - **Sistema de Informações sobre Agrotóxicos**. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_dados\\_agrotoxico.asp](http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_agrotoxico.asp)>. Acesso em: 24 abr. 2010.

(AOAC) INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16<sup>th</sup> ed., 3<sup>rd</sup> rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, v. 2, Chap. 32, p. 1-43, 1997.

ARAGÃO, F. J. L.; BARROS, L. M. G.; SOUSA, M. V.; SÁ, G.; ALMEIDA, E. R. P.; GANDER, E. S.; RECH, E. L. Expression of a methionine-rich storage albumin from the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K., Lecythidaceae) in transgenic bean plants (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, p. 445-449, 1999.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CORRÊA, M. R. Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação-secagem. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 87-92, 2002.

ASSIS, O. B. G. **Tratamento de silanização em grãos de feijão para aumento do tempo de estocagem**: resultados preliminares. Comunicado Técnico – EMBRAPA/São Carlos, SP, 2004.

AUGUSTIN, J.; KLEIN, B. Nutrition composition of raw, cooked, canned and sprouted legumes. In: MATTHEWS, R. H. (Ed.). **Legumes**. Chemistry, technology and human nutrition. New York: Marcel Dekker, Inc., 1992. p. 187-219.

AZEVEDO, F. R.; LEITÃO, A. C. L.; LIMA, M. A. A.; GUIMARÃES, J. A. Eficiência de produtos naturais no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fab.) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) armazenado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 182-187, 2007.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

BAI, J.; HAGENMAIER, R. D.; BALDWIN, E. A. Coating selection for 'Delicious' and other apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 381-390, 2003.

BALDIN, E. L. L. **Efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento de grãos de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. na manifestação da resistência ao caruncho *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae)**. 2001. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2001.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 65, p. 509-524, 1995.

BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZONAS, W.; BRECHT, J. K.; HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 3, 1999.

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

BASSINELLO, P. Z. **Grãos: a qualidade do feijão**. Embrapa, 2004. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_2\\_28102004161635.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html)>. Acesso em: 23 nov. 2010.

BAVARESCO, A. Avaliação de tratamentos alternativos para o controle de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 2, p. 125-133, 2007.

BERRIOS, J. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, W. D. Physicochemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 32, p. 669-676, 1999.

BERTUZZI, M. A.; CASTRO-VIDAURRE, E. F.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Water vapor permeability of edible starch based films. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 972-978, 2007.

BIANCHI, M. L. P. **Biodisponibilidade de ferro em produtos industrializados de soja**. 1988. 187 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1988.

BLASZCZAK, W.; DOBLADO, R.; FRÍAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C.; SADOWSKA J.; FORNAL, J. Microstructural and biochemical changes in raw and germinated cowpea seeds upon high-pressure treatment. **Food Research International**, v. 40, p. 415-423, 2007.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BOTELHO, A. C. G.; TOSCANO, L. C. Comportamento de genótipos de feijoeiro ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) em condições de laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 2, p. 51-55, 2002.

BOGNÁR, A.; BOHLING, H.; FORT, H. Nutrient retention in chilled foods. In: GORMLEY, T. R. (Ed.). **Chilled foods**. The state of art. London: Elsevier Applied Sciences, 1990. p. 305-336.

BOTELHO, A. C. G.; ARTHUR, V.; AMARAL FILHO, B. F. Influência de linhagens de feijão portadoras de variantes da proteína arcelina irradiadas sobre a reprodução de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 2, p. 95-98, 2002.

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria da Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 200 p.

BRESSANI, R.; ELIAS, L. G. The nutritional role of polyphenols in beans. In: HULSE, J. H. (Ed.). **Polyphenols in cereals and legumes**. Ottawa, Canada, 1980. p. 61-72.

BRESSANI, R. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 39, n. 3, p. 419-443, 1989.

BRITO, J. P.; OLIVEIRA, J. E. M.; BORTOLI, S. A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosoruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 96-103, 2006.

CANDELA, M.; ASTIASARAN, I.; BELLO, J. Cooking and warm-holding: Effect on general composition and amino acids of Kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and lentils (*Lens culinaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 4763-4767, 1997.

CARBONARO, M.; GRANT, G.; CAPPELLONI, M. Heat-induced denaturation impairs digestibility of legume (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vicia faba* L.) 7S and 11 S globulins in the small intestine of rat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 65-72, 2005.

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

CARDONA, C.; KORNEGAY, J.; POSSO, C. E.; MORALES, F.; RAMIREZ, H. Comparative value of 4 arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 56, p. 197-206, 1990.

CARVALHO FILHO, C. D.; HONÓRIO, S. L.; GIL, J. M. Qualidade pós-colheita de cerejas cv. Ambrunés utilizando coberturas comestíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 180-184, 2006.

CASAÑAS, F.; PUJOLÀ, M.; BOSCH, L.; SÁNCHEZ, E.; NUEZ, F. Chemical basis for the low sensory perception of the Ganxet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1282-1286, 2002.

CASSIDY, A.; BINGHAM, S. A.; CUMMINGS, J. H. Starch intake and colorectal cancer risk: an international comparison. **British Journal of Cancer**, v. 69, p. 937-942, 1994.

CEREDA, M. P.; BERTOLINI, A. C.; SILVA, A. P.; OLIVEIRA, M. A.; EVANGELISTA, R. M. Películas de almidón para la preservación de frutas. In: CONGRESSO DE POLIMEROS BIODEGRADABLES: Avances y perspectivas, 1995. Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1995.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, A. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 94, p. 372-378, 2009.

CERUTI, F. C. **Rastreabilidade de grãos: conceito, desenvolvimento de software e estudos de casos de manejo de insetos no armazenamento.** 2007. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.

CETIN, M. Physical properties of barbunia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Barbunia) seed. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 353-358, 2007.

CHAMP, M. M. J. **Benefits of pulses in human diet**. In: PROCEEDINGS OF THE FOURTH EUROPEAN CONFERENCE ON GRAIN LEGUMES. Cracow, Poland, AEP (Ed.), 2001. p. 109-113.

CHANG, K. C.; SATTERLEE, L. D. Isolation and characterization of the major protein beans by enzymatic hydrolysis and diffusion. **Journal of Food Science**, 46, p. 1368-1373, 1981.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 83 p.

CHEN, L. S.; LAI, C. H. Mechanical and water vapour barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsoa leaf gum films in the presence of plasticizer. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1584-1595, 2008.

CHU, P. K. Enhancement of surface properties of biomaterials using plasma-based technologies. **Surface and Coatings Technology**, v. 201, p. 8076-8082, 2007.

COCHRANE, V. **Physiology of fungi**. New York: J. Wiley, 1958. 524 p.

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

COELHO, S. R. M.; CIELO, M. A.; TÉO, C. R. P. Pós-colheita de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.): efeito do armazenamento nas propriedades físico-químicas. **Revista Varia Scientia**, v. 6, n. 11, p. 43-49, 2006.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. Non-protein (free and protein-bound) tryptophan content in cereal and legume seed flours. **International Congress Series**, v. 1304, p. 227-232, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março, 2010**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2010a. 42 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Safra 2010/2011. Terceiro Levantamento, dezembro, 2010**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2010b. 47 p.

COSTA, J. G. C.; VIEIRA, N. R. A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. P. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 51-64.

COSTA, N. M. B.; LIBERADO, S. C. Biotecnologia na nutrição e saúde. In: COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia e nutrição**: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos. São Paulo: Nobel, 2003. Cap. 3, p. 71-127.

COSTA, G. E. A.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, p. 327-330, 2006.

COSTA, N. M. B. Biotecnologia e o valor nutricional do feijoeiro. **Documentos**, IAC, v. 85, p. 1745-1748, 2008.

CRUZ, M. A. L.; GOMES, V. M.; FERNANDES, K. V. S.; MACHADO, O. L. T.; XAVIER-FILHO, J. Identification and partial characterization of a chitinase and a  $\beta$ -1,3-glucanase from *Copernicia cerifera* wax. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 40, p. 11-16, 2002.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

Del PIÑO, V. H.; LAJOLO, F. M. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 49-53, 2003.

DHAYAL, M.; LEE, S.-Y.; PARK, S.-U. Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification. **Vacuum**, v. 80, n. 5, p. 499-506, 2006.

DIAB, T.; BILIADERIS, C. G.; GERASOPOULOS, D.; SFAKIOTAKIS, E. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 10, p. 988-1000, 2001.

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

DUAN, C. -X.; WANG, X. -M.; ZHU, Z. -D.; WU, X. F. Testing of seedborne fungi in wheat germplasm conserved in the National Crop Genebank of China. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 6, p. 682-687, 2007.

DUNG, N. N. X.; MANH, L. H.; UDÉN, P. Tropical fibre sources for pigs digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v. 102, n. 1, p. 109-124, 2002.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, v. 17, p. 336-341, 2006.

ERGUN, M.; SARGENT, S. A.; FOX, A. J.; CRANE, J. H.; HUBER, D. J. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 127-134, 2005.

ESTEVEZ, A. M.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; CORREA, A. D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 999-1005, 2002.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 203-211, 2003.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007.

FAMÁ, L.; ROJAS, A. M.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Mechanical properties of cassava-starch edible films containing sorbates. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 38, p. 631-639, 2005.

FAMÁ, L.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Influence of storage at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 70, p. 365-273, 2007.

FARONI, L. R. A.; SILVA, J. F.; SILVA, F. A. P. Pragas e métodos de controle. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p. 363-392.

FARONI, L. R. A.; CORDEIRO, I. C.; ALENCAR, E. R.; ROZADO, A. F.; ALVES, W. M. Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 148-154, 2006.

FAOSTAT. **Crops**. Beans dry. 2008. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 3 abr. 2010.

FAYE, S. **The pulse industry in Western Canada**. Alberta Agriculture and Food. 2007. 29 p.

FERNANDES-DA-SILVA, P. G.; ZUCOLATO, F. S. The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 39, p. 883-887, 1986.

FERNANDEZ, L.; CASTILLERO, C.; AGUILERA, J. M. An application of image analysis to dehydration of apple discs. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 185-193, 2005.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v. 38, p. 191-218, 2002.

FLOREZ, A.; PUJOLÀ, M.; VALERO, J.; CENTELLES, E.; ALMIRALL, A.; CASAÑAS, F. Genetic and environmental effects on chemical composition related to sensory traits in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 113, p. 950-956, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva, 2007. p. 93-193. (WHO Technical Report Series, 935.)

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 182 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9 ed., Rio de Janeiro: Atheneu, 2005. 307 p.

FROSSARD, E.; BUCHER, M.; MÄCHLER, F.; MOZAFAR, A.; HURRELL, R. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 861-879, 2000.

GARCÍA, E.; FILISETTI, T.; UDAETA, J.; LAJOLO, F. M. Hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*): Involvement of phenolic compounds and pectates. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, p. 2110-2116, 1998.

GARCIA, M. J. M.; BIAGGIONI, M. A. M.; FERREIRA, W. A.; KOHARA, E. Y.; ALMEIDA, A. M. Sucessão de espécies de fungos em milho armazenado em sistema vedado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 28, n. 1, p. 03-12, 2003.

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

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

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Effect of bean (*Phaseolus vulgaris*) albumins on phaseolin in vitro digestibility, role of trypsin inhibitors. **Journal of Food Biochemistry**, v. 20, p. 275-294, 1996.

GEPS, P.; BLISS, F. A. Enhanced available methionine concentration associated with higher phaseolin levels in common bean seeds. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 69, p. 47-53, 1984.

GIANCONE, T.; TORRIERI, E.; Di PIERRO, P.; MARINIELLO, L.; MORESI, M.; PORTA, R.; MASI, P. Role of constituents on the network formation of hydrocolloid edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 195-203, 2008.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1985. 159 p.

GOMIS, D. B.; LOBO, A. M. P.; ALVAREZ, M. D. G.; ALONSO, J. J. M. Determination of amino acids in apple extracts by high performance liquid chromatography. **Chromatographia**, v. 29, n. 3/4, p. 155-160, 1990.

GREENER, I. K.; FENNEMA, O. R. Barrier properties and surface characteristics of edible bilayer films. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 6, p. 1393-1406, 1989.

GUEGUEN, I.; CERLETTI, P. In: HUDSON, F. J. B. (Ed.). **New and developing sources of food proteins**. London: Chapman & Hall, 1994. p. 145-193.

GULARTE, M. A. **Manual de análise sensorial de alimentos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2002. 59 p.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; ACOSTA GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 13, p. 1874-1881, 2000.

HAGENMAIER, R. D.; BAKER, R. A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coating. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 42, p. 899-902, 1994.

HAMBLETON, A.; DEBEAUFORT, F.; BONNOTTE, A.; VOILLEY, A. Influence of alginate emulsion-based films structure on its barrier properties and on the protection of microencapsulated aroma compound. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 2116-2124, 2009.

HANGEN, L. A.; BENNINK, M. R. Consumption of black beans and navy beans (*Phaseolus vulgaris*) reduced azoxymethane-induced colon cancer in rats. **Nutrition and Cancer**, v. 44, p. 60-65, 2003.

HARDENBURG, R. E. **Wax and related coatings for horticultural products: a bibliography**. Washington DC: Agricultural Research Service Bulletin, United States Department of Agriculture, 1967. p. 15-51.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, C. M. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv. IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.

HERNANDEZ, T.; HERNANDEZ, A.; MARTINEZ, C. Polyphenols in alfalfa leaf concentrates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 6, p. 1120-1122, 1991.

HERNANDEZ, E.; BAKER, R. A. Candelitta wax emulsion, preparation and stability. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 5, p. 1392-1387, 1991.

HOA, T. T.; DUCAMP, M. N.; LEBRUN, M.; BALDWIN, E. Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. **Journal of Food Quality**, v. 25, p. 471-486, 2002.

HOA, T. T.; DUCAMP, M. N. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoa loc' mangoes in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 150-152, 2008.

HOJO, E. T. D.; CARDOSOS, A. D.; HOJO, R. H.; VILAS BOAS, E. V. B.; ALVARENGA, M. A. R. Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 184-190, 2007.

HOSFIELD, G. L. Genetic control of production and food quality factors in dry bean. **Food Technology**, v. 45, p. 98-103, 1991.

HU, F. B. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: An overview. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 78, p. 544-551, 2003.

HU, F.; ZHANG, G.-N.; WANG, J.-J. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of bruchid beetles, *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). **Micron**, v. 40, p. 320-326, 2009.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

JACOBS, D. R.; GALLAHER, D. D. Whole grain intake and cardiovascular disease: A review. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 6, p. 415-423, 2004.

JANZ, N. Evolutionary ecology of oviposition strategies. In: HILKER, M.; MEINERS, T. (Ed.). **Chemoecology of insect eggs and egg deposition**. Berlin: Blackwell, 2002. p. 349-376.

JENG, T. L.; SHIH, Y. J.; LAI, C. C.; WU, M. T.; SUNG, J. M. Anti-oxidative characterization of NaN<sub>3</sub>-induced common beans mutants. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1006-1011, 2010.

JERMY, T.; SZENTESI, A. Evolutionary aspects of host-plant specialization - a study on bruchids (Coleoptera: Bruchidae). **OIKOS - A Journal of Ecology**, v. 101, p. 196-204, 2003.

KAMPER, S. L.; FENNEMA, O. Use of an edible film to maintain water vapor gradients in foods. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 382-384, 1985.

KAPLAN, H. J. Washing, waxing and coloradding. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Fresh citrus fruits**. Westport : W.F. Wardowski, 1986. p. 379.

KANG, S. C.; NEERGAARD, P.; MATHUR, S. B. Seed health testing of rice. IV. Detection of seedborne fungi on blotters under different incubation conditions of light and temperature. **Proceedings of International Seed Testing Association**, v. 37, n. 3, p. 731-740, 1972.

KERGOAT, G. J.; SILVAIN, J. F.; DELOBEL, A.; TUDA, M.; ANTON, K.-W. Defining the limits of taxonomic conservatism in host-plant use for phytophagous insects: molecular systematics and evolution of host-plant associations in the seedbeetle genus *Bruchus linnaeus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 43, p. 251-269, 2007.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KHALIL, A. H.; MANSOUR, E. H. The effect of cooking autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. **Food Chemistry**, v. 54, p. 177-182, 1995.

KOEHLER, P. E.; BEUCHAT, R. L.; CHINNAN, M. S. Influence of temperature and water activity on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds and meal. **Journal of Food Protection**, v. 48, n. 12, p. 1040-1043, 1985.

KRISTO, E.; BILIADERIS, C. G. Physical properties of starch nanocrystal-reinforced pullulan films. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, p. 146-158, 2006.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.

KRUPA, U. Main nutritional and antinutritional compounds of bean seeds - a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 58, n. 2, p. 149-155, 2008.

KUMAR, R.; SRIVASTAVA, M.; DUBEY, N. K. Evaluation of *Cymbopogon martini* oil extracts for control of postharvest insect deterioration in cereals and legumes. **Journal of Food Protection**, v. 70, p. 172-178, 2007.

LABUZA, T. P.; CONTRERAS-MEDELLIN, R. Prediction of moisture protection requirements for foods. **Cereal Foods World**, v. 26, p. 335, 1981.

LAJOLO, F. M.; TIRAPEGUI, J. Proteínas e aminoácidos. In: DUTRA DE OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. (Ed.). **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998, Cap. 3, p. 41-69.

LEACH, C. M. Sporulation of diverse species of fungi under near ultraviolet radiation. **Canadian Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 151-161, 1962.

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

LISIEWSKA, Z.; KMIĘCIK, W.; SŁUPSKI, J. Content of amino acids in raw and frozen broad beans (*Vicia faba* var. major) seeds at milk maturity stage, depending on the processing method. **Food Chemistry**, v. 105, p. 1468-1473, 2007.

LISIEWSKA, Z.; SHUPSKI, J.; KMIĘCIK, W.; GĘBCZYŃSKI, P. Availability of essential and trace elements in frozen leguminous vegetables prepared for composition according to the method of pre-freezing processing. **Food Chemistry**, v. 106, p. 576-582, 2008.

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

LONDERO, P. M. G. **Parâmetros genéticos dos caracteres da qualidade nutricional do feijão: fibra alimentar e aminoácidos sulfurados**. 2008. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S. M.; ROSA, D. P.; ROSA, S. S. Efeito materno na expressão dos teores de aminoácidos sulfurados em grãos de feijão. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1884-1887, 2009.

LORINI, I.; SIMONETTO, C.; BONATO, A. L. V. **Pós inertes no controle do caruncho do feijão armazenado *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 6 p. Comunicado Técnico Online, 46. Disponível em: <[http://www.cntp.embrapa.br/biblio/co/p\\_co113.htm](http://www.cntp.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm)>. Acesso em> 24 abr. 2010.

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra diatomácea**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p. Comunicado Técnico Online, 113. Disponível em: <[http://www.cntp.embrapa.br/biblio/co/p\\_co113.htm](http://www.cntp.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm)>. Acesso em: 28 maio 2009.

LUCCA-FILHO, O. A. Importância da sanidade na produção de sementes de alta qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n. 1, p. 113-123, 1985.

MACEDO, M. L. R.; FREIRE, M. G. M.; SILVA, M B. R.; COELHO, L. C. B. B. Insecticidal action of *Bauhinia monandra* leaf lectin (BmoLL) against *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Zabrotes subfasciatus* and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 146, p. 486-498, 2007.

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

MAFFEI, H. V. L. Constipação crônica funcional. Com que fibra suplementar? **Jornal de Pediatria**, v. 80, n.3, p. 167-168, 2004.

MAHADEVAPPA, V. G.; RAINA, P. L. Nature of some indian legume lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p.1241-1243, 1978.

MAIA, L. H.; PORTE, A. L.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim CEPPA**, v. 18, n. 1, p. 105-108, 2000.

MAKRI, E. A.; DOXASTAKIS, G. I. Emulsifying and foaming properties of *Phaseolus vulgaris* and *coccineus* proteins. **Food Chemistry**, v. 98, p. 558-568, 2006.

MARQUES, M. F.; BORA, P. S. Composición química y análisis de aminoácidos de alubias. **Ciência y Tecnología Alimentaria**, v. 2, n. 5, p. 248-252, 2000.

MARQUEZ, U.; LAJOLO, F. M. In vivo digestibility of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: The role of endogenous protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, p. 1211-1215, 1991.

MARTELETO, P. B.; LOMÔNACO, C.; KERR, W. Respostas fisiológicas, morfológicas e comportamentais de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) associadas ao consumo de diferentes variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 178-185, 2009.

MARTIN, M.; FITZGERALD, M. Proteins in rice grains influence cooking properties. **Journal of Cereal Science**, v. 36, p. 285-294, 2002.

MARTINS, R. C.; SILVA, C. L. M. Green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) quality loss upon thawing. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 37-48, 2004.

MATHRES, J. C. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers. **British Journal of Nutrition**, v. 88, p. 273-279, 2002.

MATSUI, K. N.; LOROTONDA, F. D. S.; PAES, S. S.; LUIZ, D. B.; PIRES, A. T. N.; LAURINDO, J. B. Cassava bagasse-kraft paper composites: Analysis of influence of impregnation with starch acetate on tensile strength and water absorption properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 55, p. 237-243, 2004.

MAZZONETTO, F.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Determinação dos tipos de resistência de genótipos de feijoeiro ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 2, p. 307-311, 1999.

MBATA, G. N.; RAMASWAMY, S. B. Factors affecting the stability and recognition of the oviposition marker pheromone of *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.). **Journal of Stored Products Research**, v. 31, n. 2, p. 157-163, 1995.

MELLENTHIN, W. M.; CHEN, P. M., MORGIC, D. M. In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of 'Barlett' and 'd'Anjou' pears. **Horticultural Science**, v. 17, p. 452-454, 1982.

MENG, G.-T.; MA, C.-Y. Thermal gelation of globulin from *Phaseolus angularis* (red bean). **Food Research International**, v. 35, p. 377-385, 2002.

MENTEN, J. O. M. Prejuízos causados por patógenos associados às sementes. In: MENTEN, J. O. M. (Ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. São Paulo: Ciba Agro, 1995. 321 p.

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

MINUSSI, E.; MACHADO, C. C.; MENTEN, J. O. M.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeitos de diferentes regimes de luz na esporulação de *Stemphylium solani* Weber em meio de cultura. **Fitopatologia Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 167-171, 1977.

MIRANDA, J. E.; TOSCANO, L. C.; FERNANDES, M. G. Avaliação da resistência de diferentes genótipos de *Phaseolus vulgaris* à *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, v. 28, p. 571-576, 2002.

MOLINA, S. M. G.; GAZIOLA, S. A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina em sementes. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 205-211, 2001.

MONTERO-CALDERÓN, M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, p. 182-189, 2008.

MONTOYA, C. A.; LALLÈS, J.-P.; BEEBE, S.; LETERME, P. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, v. 43, p. 443-449, 2010.

MOORE, M. A.; PARK, C. B.; TSUDA, H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, v. 27, n. 3, p. 229-242, 1998.

MORALES DE LEÓN, J.; BOURGES, H.; CAMACHO, M. E. Amino acid composition of some Mexican foods. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 55, p. 172-186, 2005.

MOREIRA, M. A. B.; ZARBIN, P. H. G.; CORACINI, M. D. A. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 472-477, 2005.

MORROW, B. The rebirth of legumes. **Food Technology**, v. 45, n. 9, p. 96-121, 1991.

MOTA, W. F. **Conservação pós-colheita do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flaricarpa Deg.*) influenciada por ceras e filme plástico**. 1999. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

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

MUBARAK, A. E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. **Food Chemistry**, v. 89, p. 89-95, 2005.

MUÑOZ DELGADO, J. A. **Refrigeración y congelación de alimentos vegetales**. Madrid: Fundación Española de la Nutrición, 1985.

MYLLÄRINEN, P.; BULEON, A.; LAHTINEN, R.; FORSSELL, P. The crystallinity of amylose and amylopectin films. **Carbohydrate Polymers**, v. 48, n. 1, p. 41-48, 2002.

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

NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. **Food Technology**, v. 45, n. 9, p. 112-114, 1991.

OCHIENG, S. A.; PARK, K. C.; ZHU, J. W.; BAKER, T. C. Functional morphology of antennae chemoreceptors of the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). **Arthropod Structure and Development**, v. 29, n. 3, p. 231-240, 2000.

OFUYA, T. I.; CREDLAND, P. F. The ability of *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera, Bruchidae) to infest and damage seeds of different tropical legumes. **Journal of Stored Products Research**, v. 32, p. 323-328, 1996.

OLIVARES, M.; WALTER, T. Causas y consecuencias de la deficiencia de hierro. **Revista de Nutrição**, v. 4, p. 5-14, 2004.

OLIVEIRA, A. M.; VENDRAMIM, J. D. Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijoeiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 549-555, 1999.

OLIVEIRA, A. C.; SGARBIERI, V. C. Effect of diets containing dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) on the rat excretion of endogenous nitrogen. **Journal of Nutrition**, v. 116, p. 2387-2392, 1986.

OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. Revisão: Principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 7, n. 2, p. 161-165, 2004.

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

OLSON, A.; GRAY, M. G.; CHIU, M. C. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, v. 4, n. 2, p. 71-82, 1987.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO O. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, p. 1862-1870, 2008.

OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PEREZ, L. A.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; BENITEZ-REYES, M. D.; TOVAR, J.; PAREDES-LOPEZ, O. Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 83, p. 1283-1288, 2003.

PARAMÁS, A. M. G.; BÁREZ, J. A. G.; MARCOS, C. C.; GARCÍA-VILLANOVA, R. J.; SÁNCHEZ, J. S. HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen). **Food Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 148–156, 2006.

PARISI, J. J. D.; PATRÍCIO, F. R. A.; OLIVEIRA, S. H. F. Notas técnicas. Método do rolo de papel toalha modificado para a detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de feijão. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 288-290, 2006.

PARRA, D. F.; TADINI, C. C.; PONCE, P.; LUGÃO, A. B. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 475-481, 2004.

PAUL, U. V.; LOSSINI, J. S.; EDWARDS, P. J.; HILBECK, A. Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (both Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. **Journal of Stored Products Research**, v. 45, p. 97-107, 2009.

PAULA JÚNIOR, T. J.; CARNEIRO, J. E. S.; VIEIRA, R. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; TEIXEIRA, H. **Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. 40 p.

PEÑAS, E.; GOMÉZ, R.; FRÍAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C. Application of high-pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts. **Food Control**, v. 19, p. 698-705, 2008.

PEREZ-GAGO, M. B.; SERRA, M.; ALONSO, M.; MATEOS, M.; DEL RIO, M. A. Effect of whey protein and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 77-85, 2005.

PHAN, T. D.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A.; LUU, D. Biopolymer interactions affect the functional properties of edible films based on agar, cassava starch and arabinoxylan blends. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 548-558, 2009.

PHILANTO, A.; KORHONEN, H. Bioactive peptides and proteins. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 47, p. 175-181, 2003.

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

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

PRIPIS-NICOLAU, L.; REVEL, G.; MARCHAND, S.; BELOQUI, A. A.; BERTAND, A. Automated HPLC method for the measurement of free amino acids including cysteine in musts and wines; first applications. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 731-738, 2001.

PUJOLÀ, M.; FARRERAS, A.; CASAÑAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 102, p. 1034-1041, 2007.

RAJENDRAN, S. Postharvest pest losses. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, Inc., 2002. p. 654-656.

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 126-135, 2008.

REES, D. **Insects of stored products**. Canberra, Australia: CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, 2004. p. 419-425.

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

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

RIBEIRO, V. G.; ASSIS, J. S.; SILVA, F. F.; SIQUEIRA, P. P. X.; VILARONGA, C. P. P. Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 203-206, 2005.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 2007.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; MALLMANN, C. A. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1393-1399, 2007.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N. L.; MAZIERO, S. M. Composição de aminoácidos em gerações precoces de feijão obtidas a partir de cruzamentos controlados com parental de alto teor de cisteína. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 364-370, 2009.

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

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Composição de aminoácidos de gerações precoces de feijão obtidas a partir de cruzamentos com parental de alto teor de metionina. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 57-61, 2010.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição. Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 649-655, 2009.

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**, v. 26, n. 3, p. 550-558, 2002.

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**, v. 23, p. 39-45, 2003 (Supl.).

RODRIGUES, V. P. **Copernicia cerifera Mart.:** Aspectos químicos e farmacológicos de uma palmeira brasileira. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

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

RODRÍGUEZ, C.; FRIAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C.; HERNÁNDEZ, A. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine, and ornithine contents during the germination of peas, beans, and lentils. **Food Chemistry**, v. 108, p. 245-252, 2008.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA M. S.; RODRÍGUEZ, F. J.; CARMONA, A. J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 118-127, 2007.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. **LWT- Food Science and Technology**, v. 41, p. 39-147, 2008.

ROMERO DEL CASTILLO, R.; VALERO, R.; CASAÑAS, F.; COSTELL, R. Training, validation and maintenance of a panel to evaluate the texture of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Sensory Studies**, v. 23, n. 3, p. 303-319, 2008.

RUIZ-RAMOS, J. O.; PEREZ-OROZCO, J. P.; BAEZ-GONZALEZ, J. G.; BOSQUES-MOLINA, E.; PEREZ-ALONSO, C.; VERNON-CARTER, E. J. Interrelationship between the viscoelastic properties and effective moisture diffusivity of emulsions with the water vapor permeability of edible films stabilized by mesquite gum-chitosan complexes. **Carbohydrate Polymers**, v. 64, p. 355-363, 2006.

SADEK, M. M.; HANSSON, B. S.; ANDERSON, P. Does risk of egg parasitism affect choice of oviposition sites by a moth? A field and laboratory study. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, p. 135-143, 2010.

SÁNCHEZ-MATA, M.; CÁMARA-HURTADO, M.; DÍEZ-MARQUÉS, C. Identification and qualification of soluble sugars in green beans by HPLC. **European Food Research and Technology**, v. 214, p. 254-258, 2002.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, p. 175-223, 2002.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga "surpresa". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 67-71, 2007.

SGARBIERI, V. C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 1, p. 78-84, 1980.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical and nutritional properties of common beans (*Phaseolus vulgaris*) proteins. **Advances in Food Research**, v. 28, n. 3, p. 93-166, 1982.

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

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

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

SHIMELIS, E. A.; RAKSHIT, S. K. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, p. 331-338, 2005.

SHIMIZU, C.; HORI, M. Repellency and toxicity of troponoid compounds against the adzuki bean beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 45, p. 49-53, 2009.

SHRESTHA, A. K.; ARCOT, J.; PATERSON, J. L. Edible coating materials – their properties and use in the fortification of rice with folic acid. **Food Research International**, v. 36, n. 9-10, p. 921-928, 2003.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 232-237, 2010.

SILVA, S. **Frutas no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. **Grãos Brasil: da semente ao consumo**, v. 3, n. 14, p. 10-14, 2004.

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

SKOWRONSKI, L.; DEL GIUDICE, M. P.; BORÉM, A.; DIAS, D. C. F. S.; CARNEIRO, G. E. S.; CECON, P. R. Qualidade tecnológica de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenagem**, v. 28, n. 2, p. 56-63, 2003.

SŁUPSKI, J. Effect of cooking and sterilisation on the composition of amino acids in immature seeds of flageolet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 1171-1176, 2010.

SOARES, N. F. F.; PIRES, A. C. S.; ENDO, E.; VILELA, M. A. P.; SILVA, A. F.; FONTES, E. A. F.; MELO, N. R. Desenvolvimento e avaliação de filme ativo na conservação de batata minimamente processada. **Revista Ceres**, v. 53, n. 307, p. 387-393, 2006.

SOARES, N. F. F.; LOPES, F. A.; MEDEIROS, E. A. A.; SILVA, W. A.; GOMES, S. G. S.; CHAVES, D. V.; FONTES, E. A. F. Avaliação de revestimento contendo extrato de mostarda e da sanitização na conservação de batata-baroa. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 383-388, 2007.

SOARES, N. F. F.; SILVA, W. A.; PIRES, A. C. S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagem de alimentos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOMTA, C.; SOMTA, P.; TOMOOKA, N.; OOI, P. A.-C; VAUGHAN, D. A.; SRINIVES, P. Characterization of new sources of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) resistance to bruchids, *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 316-321, 2008.

SORAL-ŚMIETANA, M. Resistant starch-nutritional or non-nutritional component of food. **Polish Journal of Food Nutrition and Sciences**, v. 9, n. 50, p. 15-21, 2000.

SOROKA, W. **Fundamental of packaging technology**. Herndon: Institute of Packaging Professionals, 1995.

SOUCI, S. W.; FACHMANN, W.; KRAUT, T. **Food composition and nutrition tables**. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, 2000.

SOUZA, E. S.; BALDIN, E. L. L. Efeito de pós de origem vegetal e de terra diatomácea sobre aspectos da biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) em feijão armazenado. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 76, n. 3, p. 401-408, 2009.

SOUZA, S. M.; UCHÔA, A. F.; SILVA, J. R.; SAMUELS, R. I.; OLIVEIRA, A. E. A.; OLIVEIRA, E. M.; LINHARES, R. T.; ALEXANDRE, D.; ILSVA, C. P. The fate of vicilins, 7S storage globulins, in larvae and adult *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 56, n. 9, p. 1130-1138, 2010.

SPADARO, D.; GULLINO, M. L. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. **Crop Protection**, v. 24, p. 601-613, 2005.

SPERANDIO, L. A. A. **Alguns aspectos do comportamento de oviposição de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) em condições de privação do hospedeiro**. 2001. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2001.

STATHERS, T. E.; RIWA, W.; MVUMI, B. M.; MOSHA, R.; KITANDU, L.; MNGARA, K.; KAONEKA, B.; MORRIS, M. Do diatomaceous earths have potential as grain protectants for small-holder farmers in sub-Saharan Africa? The case of Tanzania. **Crop Protection**, v. 27, p. 44-70, 2008.

**TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS/NEPA – UNICAMP**. Campinas: NEPA-UNICAMP, TACO, 2006. 42 p.

TALJA, R. A.; HELEN, H.; ROOS, Y.; JOUPLIA, K. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. **Carbohydrate Polymers**, v. 67, p. 288-295, 2007.

TANADA-PALMU, P. S. T.; PROENÇA, P. S. P; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; GROSSO, C. R. F. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 291-297, 2005.

TAPONDJOU, A. L.; ADLER, C.; FONTEM, D. A.; BOUDA, H.; RECIHMUTH C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research**, v. 41, p. 91-102, 2005.

TANG, C. H.; CHEN, L.; MA, C.-Y. Thermal aggregation, amino acid composition and in vitro digestibility of vicilin-rich protein isolates from three *Phaseolus* legumes: a comparative study. **Food Chemistry**, v. 113, p. 957-963, 2009.

TAYLOR, M.; CHAPMAN, R.; BEYAERT, R.; HERNANDEZ, C.; MARSOLAIS, F. Seed storage protein deficiency improves sulphur amino acid content in common bean (*Phaseolus vulgaris*): Redirection of sulphur from c-glutamyl-S-methylcysteine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5647-5654, 2008.

TEIXEIRA, I. R. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

TEIXEIRA, H.; ARIAS, S. M. S.; CHITARRA, L. G.; MACHADO, J. C. Eficiência comparativa de lâmpadas fluorescentes na detecção e quantificação de fungos em sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 259-268, 2002.

TEIXEIRA, I. R. V.; ZUCOLATO, F. S. Seed suitability and oviposition behaviour of wild and selected populations of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) on different hosts. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, p. 130-140, 2003.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch - composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151-165, 2004.

THARANATHAN, R. N.; MAHADEVAPPA, S. Grain legumes - a boom to human nutrition. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, p. 507-518, 2003.

TOLEDO, 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**, v. 28, n. 2, p. 1-6, 2008.

TOMÉ, P. H. F.; SANTOS, J. P.; CABRAL, L. C.; CHANDRA, P. K.; GONÇALVES, R. A. Uso da atmosfera controlada pelo CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 25, n. 2, p. 16-22, 2000.

TUDA, M. Applied evolutionary ecology of insects of the subfamily Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 42, p. 337-346, 2007.

VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates. **Nutrition**, v. 14, n. 7/8, p. 595-598, 1998.

van SCHOONHOVEN, A.; CARDONA, C. Low levels of resistance to the bean weevil in dry bean. **Journal of Economic Entomology**, v. 76, n. 4, p. 567-569, 1982.

VARGAS, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 164-171, 2006.

VASCONCELOS, I. M.; MAIA, F. M. M.; FARIAS, D. F.; CAMPELLO, C. C.; CARVALHO, A. F. U.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 54-60, 2010.

VELTEN, G.; ROTT, A. S.; CARDONA, C.; DORN, S. The inhibitory effect of the natural seed storage protein arcelin on the development of *Acanthoscelides obtectus*. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, p. 550-557, 2007.

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R.; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, 1999.

VIEIRA, E. H. N.; BASSINELLO, P. Z.; MELO, L. C.; MOREIRA, G. A.; PEIXOTO, D.; GLODER, E. L. **Avaliação da qualidade tecnológica do feijão armazenado em silobolsa**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2006. (Comunicado Técnico 116).

VILA, M. T. R. **Qualidade pós-colheita de goiabas “Pedro Sato” armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca**. 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

VIÑA, S. Z.; MUGRIGDE, A.; GARCÍA, M. A.; FERREYRA, R. M.; MARTINO, M. N.; CHAVES, A. R.; ZARITZKY, N. E. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated *Brussels sprouts*. **Food Chemistry**, v. 103, p. 701-709, 2007.

VUJANOVIC, V.; SMORAGIEWICS, W.; KRZYSZYŃIAK, K. Airborne fungal ecological niche determination as one of the possibilities for indirect mycotoxin risk assessment in indoor air. **Environmental Toxicology**, v. 16, p. 1-8, 2001.

WALDRON, K. W.; PARKER, M. L.; SMITH, A. C. Plant cell walls and food quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 101-119, 2003.

WALKER, A. F.; KOCHAR, N. Effect of processing including domestic cooking on nutritional quality of legumes. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 41, p. 41-51, 1982.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 842-884, 2009.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; TYLER, R. T.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. J. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, v. 43, p. 589-594, 2010.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants: description, illustrations, identification, and information retrieval**. 1992. Disponível em: <<http://www.delta-intkey.com>>. Acesso em: 26 out. 2010.

WELCH, R. Breeding strategies for biofortified staple plant foods to reduce micronutrient malnutrition globally. In: SYMPOSIUM PLANT BREEDING: A new tool for fighting micronutrient malnutrition. **American Society for Nutritional Sciences**, p. 495-499, 2002.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends in Plant Science**, v. 10, p. 586-593, 2005.

WILLS, R.; GLASSON, B.; GRAHAM D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Zaragoza: Acríbia, 1999. 252 p.

YALÇIN, E.; ÇELİK, S.; AKAR, T.; SAYIM, I.; KÖKSEL, H. Effects of genotype and environment on  $\beta$ -glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, v. 101, p. 171-176, 2007.

YAMADA, T.; MORIYAMA, R.; HATTORI, K.; ISHIMOTO, M. Isolation of two  $\alpha$ -amilase inhibitor genes of tepary bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) and their functional characterization in genetically engineering azuki bean. **Plant Science**, v. 169, p. 502-511, 2005.

YAMAGUISHI, C. T. **Processo biotecnológico para a produção de feijão desidratado com baixo teor de oligossacarídeos da família rafinose**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

YAO, Y.; LI, Y.; YANG, Y.; LI, C. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. **Environmental and Experimental Botany**, v. 54, p. 286-294, 2005.

## **APÉNDICE**

## APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância do tempo de cocção do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	0,8676 <sup>ns</sup>
Temperatura (TEMPER)	1	75,0185*
Tempo	4	43,3547*
TRT* TEMPER	3	1,2631 <sup>ns</sup>
TRT*Tempo	12	5,2432*
TEMPER*Tempo	4	7,1488*
TRT* TEMPER*Tempo	12	2,6382 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	2,4364

<sup>1</sup> Grau de liberdade.\* Significativo a 5% de probabilidade.

ns Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2A – Resumo da análise de variância dos atributos da avaliação sensorial do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio		
		Aroma	Sabor	Impressão Global
Tratamento (TRT)	3	0,9396 <sup>ns</sup>	5,2896*	2,8917 <sup>ns</sup>
Provador	39	3,0383*	5,7293*	4,1404*
Resíduo	117	1,4097	1,7468	1,8190

<sup>1</sup> Grau de liberdade.

\* Significativo a 5% de probabilidade.

ns Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância dos parâmetros de cor do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Tratamento (TRT)	3	255,6807*	148,0581*	570,0891*
Temperatura (TEMPER)	1	48,7943*	30,8662*	25,7150*
Tempo	4	1132,8555*	72,1057*	112,5883*
TRT* TEMPER	3	33,6021*	5,5354*	6,5562*
TRT*Tempo	12	15,2392 <sup>ns</sup>	4,2153*	19,5420*
TEMPER*Tempo	4	24,5024 <sup>ns</sup>	3,9121*	7,0188*
TRT* TEMPER*Tempo	12	12,1686 <sup>ns</sup>	0,8509 <sup>ns</sup>	1,2775 <sup>ns</sup>
Resíduo	80	10,0373	0,6288	1,4624

<sup>1</sup> Grau de liberdade.\* Significativo a 5% de probabilidade.

ns Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4A – Resumo da análise de variância do grau de infestação do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	1,7058 <sup>ns</sup>
Temperatura (TEMPER)	1	0,9600 <sup>ns</sup>
TRT* TEMPER	3	1,5767 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	1,7058

<sup>1</sup> Grau de liberdade.\* Significativo a 5% de probabilidade.

ns Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5A – Resumo da análise de variância do teste de sanidade do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	0,0340 <sup>ns</sup>
Temperatura (TEMPER)	1	0,0003 <sup>ns</sup>
Tempo	4	0,2453*
TRT* TEMPER	3	0,0459 <sup>ns</sup>
TRT*Tempo	12	0,0307 <sup>ns</sup>
TEMPER*Tempo	4	0,1753*
TRT* TEMPER*Tempo	12	0,0381 <sup>ns</sup>
Resíduo	80	0,0411

<sup>1</sup> Grau de liberdade.\* Significativo a 5% de probabilidade.

ns Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância do teste de preferência do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	3,3333*
Resíduo	8	0,7500

<sup>1</sup> Grau de liberdade. \* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7A – Resumo da análise de variância do teor de umidade do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	6,0757*
Temperatura (TEMPER)	1	0,2940 <sup>ns</sup>
Tempo	4	3,3612*
TRT* TEMPER	3	2,8951*
TRT*Tempo	12	0,3889 <sup>ns</sup>
TEMPER*Tempo	4	1,2632*
TRT* TEMPER*Tempo	12	0,4791 <sup>ns</sup>
Resíduo	80	0,4879

<sup>1</sup> Grau de liberdade. \* Significativo, a 5% de probabilidade.

ns Não significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 8A – Resumo da análise de variância da atividade de água do feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio
Tratamento (TRT)	3	0,0197*
Temperatura (TEMPER)	1	0,00001 <sup>ns</sup>
Tempo	4	0,0059*
TRT* TEMPER	3	0,0030*
TRT*Tempo	12	0,0009*
TEMPER*Tempo	4	0,0012*
TRT* TEMPER*Tempo	12	0,0005 <sup>ns</sup>
Resíduo	80	0,0004

<sup>1</sup> Grau de liberdade. \* Significativo, a 5% de probabilidade.

ns Não significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 9A – Resumo da análise de variância da quantificação de aminoácidos adicionados ao feijão-comum do grupo Carioca, revestido com biopolímeros comestíveis, no caldo e nos grãos

Fonte de Variação	GL <sup>1</sup>	Quadrado Médio			
		Cisteína		Metionina	
		Caldo	Grão	Caldo	Grão
Tratamento (TRT)	3	145,2057*	2,0692*	260,9128*	0,1761*
Tempo	2	15,5142*	0,9097*	17,5460*	0,3083*
TRT* Tempo	6	4,5714*	0,1346*	6,4086*	0,0514*
Resíduo	24	0,0662	0,0031	0,5373	0,0121*

<sup>1</sup> Grau de liberdade.\* Significativo, a 5% de probabilidade.