

**COMPARAÇÃO QUÍMICA E ENZIMÁTICA  
DE SEIS LINHAGENS DE FEIJÃO**

*(Phaseolus vulgaris L.)*

**ANA MARIA ESTEVES**

2000

ANA MARIA ESTEVES

**COMPARAÇÃO QUÍMICA E ENZIMÁTICA DE SEIS LINHAGENS  
DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras  
para a obtenção do título de Mestre em Ciências, na  
área de concentração em Química, Físico-química e Bioquímica de Alimentos, para  
atender às exigências do Curso de Pós-graduação em  
Ciência dos Alimentos, Área de Concentração em  
Química, Físico-química e Bioquímica de Alimentos, para  
obtenção do título de "Mestre".

Orientadora  
Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
DESCARTADO  
2000

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Esteves, Ana Maria

Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) / Ana Maria Esteves. --Lavras : UFLA, 2000.  
55 p. : il.

Orientadora: Celeste Maria Patto de Abreu.  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Feijão. 2. Digestibilidade. 3. Ligamina. 4. Absorção de água. 5. Valor nutritivo  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-641.6565

**ANA MARIA ESTEVES**

**COMPARAÇÃO QUÍMICA E ENZIMÁTICA DE SEIS LINHAGENS DE  
FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Programa de  
Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, para  
obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 20 de dezembro de 2000**

**Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa**

**UFLA**

**Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela**

**UFLA**



**Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu**  
**UFLA**  
**(Orientadora)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**



**“A vida só pode ser compreendida olhando para trás,  
mas deve ser vivida olhando para frente.”  
( Kierbegaard)**

**Aos meus pais, Antonio e Maria José,  
pelo apoio e confiança; aos meus irmãos  
pela amizade e incentivo.  
DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela presença constante em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade e acolhimento.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos, a todos os seus professores e funcionários, pela oportunidade e ajuda.

À minha orientadora, Celeste Maria Patto de Abreu, pela compreensão e auxílio, e, principalmente, pela amizade e incentivo.

Ao Departamento de Química, seus professores e funcionários, pelo apoio e colaboração.

Ao Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pelo fornecimento do feijão para o experimento.

Às laboratoristas Tina e Sandra, pela colaboração e amizade.

À professora Vânia Déa de Carvalho, pelo apoio e amizade.

À professora Angelita Duarte Corrêa, pela colaboração.

À amiga Renata Licciardi, pela valiosa contribuição e amizade.

Às amigas Marlúcia e Patrícia pela presença e amizade.

A todos os colegas de curso, pela convivência e troca de experiências.

A todos os amigos, que mesmo distante, contribuíram com apoio e incentivo.

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Cultura e Produção .....	3
2.2 Cultivares .....	5
2.3 Composição Química.....	6
2.4 Umidade.....	7
2.5 Proteínas.....	7
2.6 Minerais .....	8
2.7 Capacidade de Absorção de Água .....	10
2.8 Polifenóis .....	11
2.9 Peroxidase e Polifenoloxidase.....	13
2.10 Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	15
2.11 Valor Nutricional.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 Linhagens de Feijão.....	18
3.2 Proteína Bruta .....	19
3.3 Fibra e Lignina .....	19
3.4 Cinzas .....	19
3.5 Minerais .....	19
3.6 Polifenóis .....	20
3.7 Atividade da Enzima Peroxidase.....	20
3.8 Atividade da Enzima Polifenoloxidase.....	20
3.9 Digestibilidade Protéica <i>in vitro</i> .....	21
3.10 Absorção de Água .....	21
3.11 Delineamento Experimental .....	22
4 RESULTDOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1 Proteína Bruta .....	23
4.2 Fibra.....	24
4.3 Cinzas .....	25
4.4 Minerais .....	26
4.4.1 Cálcio.....	26
4.4.2 Magnésio.....	27



4.4.3 Fósforo .....	28
4.4.4 Potássio .....	29
4.4.5 Ferro.....	30
4.4.6 Cobre.....	31
4.4.7 Zinco .....	32
4.4.8 Manganês .....	33
4.4.9 Enxofre.....	34
4.5 Lignina .....	35
4.6 Polifenóis .....	36
4.7 Atividade da Peroxidase .....	38
4.8 Atividade da Polifenoloxidase.....	39
4.9 Digestibilidade Protéica <i>in vitro</i> .....	40
4.10 Capacidade de Absorção de Água .....	41
5 CONCLUSÕES .....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	52

## RESUMO

**ESTEVES, ANA MARIA. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L). LAVRAS: UFLA, 2000. 55pp. (Dissertação - Mestre)\***

O feijão é uma importante fonte de proteína na dieta do povo brasileiro, estando presente na alimentação da população rural e urbana, que têm preferência pelo produto de colheita mais recente, já que nessa época o tempo de cocção é menor. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de comparar seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L), através de análises químicas e enzimáticas, após a colheita. Os feijões foram provenientes do Departamento de Biologia, setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA)/Lavras/MG. Foram colhidos em novembro/1999, secos ao sol até umidade entre 12 e 14%. Os grãos secos foram moídos em moinho refrigerado e guardados em frascos de vidro, em temperatura ambiente, até a realização das análises. As linhagens IAC-Carioca-Aruã, CI 107 e Ouro Negro têm boa capacidade de absorção de água, enquanto as linhagens G 2333, Carioca-80 e Amarelinho têm pouca capacidade de absorção de água. A digestibilidade protéica *in vitro* foi mais elevada na linhagem Ouro Negro, e mais baixa na linhagem IAC-Carioca-Aruã. A linhagem G 2333 apresentou teores mais elevados de peroxidase e polifenoloxidase. Quanto aos minerais, a linhagem Amarelinho se destacou nos teores de fósforo, cobre e enxofre, enquanto a linhagem CI 107 se destacou nos teores de fósforo, ferro, cobre e zinco. A linhagem Carioca-80 se destacou em magnésio e manganês.

---

\* Comitê Orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA (Orientador), Dra. Angelita Duarte Corrêa - UFLA, Evódio Ribeiro Vilela - UFLA.

## ABSTRACT

ESTEVES, ANA MARIA. Comparison chemical and enzymatic of six bean lineages (*Phaseolus vulgaris* L.) LAVRAS: UFLA, 2000. 55p. (Dissertation - Masters in Food Science)\*

The bean is an important protein source in the diet of the Brazilian people, being present in the feeding of the rural and urban population, that have preference for the product of more recent crop, since in that time the time of cooking is smaller. This work was developed with the objective of comparing six bean lineages (*Phaseolus vulgaris* L.), through analyses physical-chemistries, chemistries and enzymatic, after the harvest. The beans were coming of the Department of Biology, section of Genetics and Improvement of Plants of the Federal University of Lavras (UFLA)/Lavras /MG. They were picked in November/1999, dry in the sun even humidity among 12 and 14%. The dry grains were minced in refrigerated mill and kept in glass flasks, in temperature it sets, for the accomplishment of the analyses in laboratory. The lineages IAC-Carioca-Aruã, CI 107 and Black Gold have good capacity of absorption of water, while the lineages G 2333, Carioca-80 and Amarelinho have little capacity of absorption of water. The *in vitro* protein digestibility was more elevated in the lineage Black, and lower Gold in the lineage IAC-Carioca-Aruã. The lineage G 2333 presented the largest peroxidase texts and polifenoloxidase. With relationship to the minerals, the lineage G 2333 presented larger text of calcium, the lineage Carioca-80 it presented larger text of magnesium and manganese, the lineage Amarelinho it presented larger copper text and match, the lineage CI 107 it presented larger text of zinc and the lineage Gold Black, larger text of iron and potassium.

---

\* Guidance Committee: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA (Major Professor), Dra Angelita Duarte Corrêa - UFLA, Dr. Evódio Ribeiro Vilela - UFLA.

# 1 INTRODUÇÃO

Dentre os vegetais, as leguminosas constituem uma boa alternativa de proteínas e carboidratos, sendo um dos principais suprimentos protéicos em áreas onde fontes de proteína animal são escassas ou caras.

Devido aos problemas de deficiência protéico-calórica, de superpopulação e escassez de alimentos, as leguminosas comestíveis assumem, cada vez mais, importância significativa nas dietas, aliviando a “doença” da má nutrição protéica prevalente nos países subdesenvolvidos.

Dentre as inúmeras leguminosas conhecidas e consumidas atualmente, estão os feijões. No Brasil, os feijões consumidos pertencem ao gênero *Phaseolus*, sendo a semente de leguminosa mais consumida. Fornece algo como 30% da proteína e 25% das calorias diárias da dieta dos brasileiros, particularmente os que vivem na zona rural. Esse gênero compreende mais de 100 espécies, sendo que somente quatro são cultivadas comercialmente: *Phaseolus vulgaris* L, *Phaseolus coccineus* L, *Phaseolus acutifolius* var *latifolius*, *Phaseolus lunatus*. O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) é a espécie mais cultivada, contribuindo com cerca de 95% da produção mundial (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1989). Cresce bem em áreas com chuvas regulares, desde os trópicos até as zonas temperadas. É muito sensível tanto às geadas quanto às altas temperaturas.

O feijão comum teve origem no Novo Mundo, tendo sido levado ao Velho Mundo como planta ornamental após o descobrimento da América. É excelente fonte nutricional, fornecendo nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. Representa a principal fonte de proteínas das populações

de baixa renda e constitui um produto de destacada importância nutricional, econômica e social.

O valor nutritivo da proteína do feijão é baixo quando utilizado como única fonte de proteína, entretanto, quando combinado com arroz, por exemplo, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva. Isto porque, o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados e rico em lisina, e o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados.

Na culinária, os feijões são amplamente utilizados, tanto para doces como para salgados, puros ou junto com outros alimentos. O feijão também possui propriedades terapêuticas. A casca é rica em fibras, que auxilia nas funções intestinais; o ferro é importante na recuperação das anemias e como catalisador de reações, e o cálcio previne e recupera a osteoporose.

A preferência do consumidor brasileiro é pelo produto de colheita mais recente, já que a qualidade do feijão é afetada no decorrer do tempo de armazenamento. Essa perda de qualidade é manifestada pelo aumento no grau de dureza do feijão, causando aumento no tempo de cozimento, além de alterações no sabor e escurecimento do tegumento.

A Universidade Federal de Lavras, através do Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas, desenvolve inúmeros programas de melhoramento genético do feijoeiro.

Com o objetivo de melhorar a qualidade dos grãos, oferecendo subsídios aos melhoristas, o presente trabalho objetivou:

✎ Comparar seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*): G-2333, Carioca-80, Amarelinho, IAC-Carioca-Aruã, CI.107 e Ouro Negro; através de análises físico-químicas, químicas e enzimáticas, após a colheita e secagem.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura e Produção

Segundo Kaplan(1965), os feijões foram originários do continente americano, especificamente do sul dos Estados Unidos, México, América Central e norte da América do Sul. Na Europa, foi introduzido no século XVI, tornando-se, então, uma cultura importante em várias regiões do globo (Gazzola, 1992).

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) ocupa importante papel na alimentação do povo brasileiro, sendo produzido numa área acima de 5,5 milhões de hectares, com produtividade média de 600 kg/ha. A cultura tem sido freqüentemente associada à produção para subsistência, sendo praticada, portanto, em pequenas áreas e com utilização intensiva de mão-de-obra (Soares,1996).

O ciclo de crescimento da planta é também um fator que apresenta grande variação. Ele varia de cerca de 50 dias até mais de 200 dias, e é muito influenciado por outros fatores ambientais, como o fotoperíodo e a temperatura (Singh, 1992).

Em Minas Gerais, o feijão é colhido em duas épocas: época da “seca” – janeiro a março, e época das “águas” – outubro a dezembro; sendo cultivado por cerca de 295 mil agricultores, com predominância dos pequenos e médios. A colheita é feita quando as vagens estão maduras. Logo que as vagens atingem o ponto de seca aconselhável procede-se à debulha, que normalmente é feita através de batedura, com varas flexíveis, no próprio terreiro. Terminada a batedura, as sementes são separadas da palhada por meio de garfos e deixadas ao sol por mais um dia, após o qual inicia-se a ventilação por meio de peneiras, para eliminação de impurezas. A palhada que sobra depois da debulha pode ser

utilizada como adubo orgânico, pode servir na alimentação animal ou ser reduzida a cinza pela queima.

Para serem armazenadas, as sementes do feijoeiro devem ser convenientemente secas, até que seu teor de umidade atinja 12 a 14 %, pois se armazenadas com umidade acima desses teores, em pouco tempo apodrecem atacadas por fungos (Vieira, 1967).

A importância social do feijão, como alimento substituto de proteínas animais, e o consumo generalizado pela população brasileira, justificam o esforço de pesquisas no sentido de obter melhores níveis de produtividade e a garantia do abastecimento interno do produto.

Dentre os principais produtores mundiais de feijão destacam-se o Brasil, a Índia, a China, o México e os Estados Unidos da América. Até o final da década de 70, a produtividade brasileira foi a mais alta (Sartori, 1996).

Os estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais são os principais produtores, constituindo cerca de 60% da população global (Sartori, 1996). Segundo a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), 47,03% das propriedades rurais brasileiras são produtores de feijão.

A demanda por feijão tem aumentado porque a população brasileira cresce na razão de 1,8% ao ano. Para manter o consumo anual em 14 kg per capita, o Brasil precisa aumentar, anualmente, em torno de 50.000 toneladas de feijão, ou o equivalente a 250.000 hectares de novas terras para cultivo (Thung et al. 2000).

A produção mundial de grãos está decrescendo, principalmente por causa dos maiores rendimentos obtidos com outros produtos, contudo, os governos e agências internacionais continuam encorajando a produção destes grãos devido à convicção de que eles possuem uma contribuição especial na alimentação, substituindo o consumo de leite e outros produtos animais (Carpenter, 1981).

## 2.2 Cultivares

Segundo Miranda (1968), a seleção de cultivares de uma cultura como a do feijão envolve diversos aspectos qualitativos e quantitativos relacionados a consumidores e agricultores, com objetivo de obter, durante o processo de seleção, características desejáveis, como elevada produtividade, resistência a pragas, tolerância a déficit hídrico, entre outros fatores. No entanto, a coloração do hilo ou forma do grão é um fator de grande importância, já que pode provocar a rejeição do cultivar pelo consumidor.

O número de cultivares de feijão cultivados no Brasil é desconhecido, mas sabe-se que é elevado (Moura, 1998). A exigência do mercado quanto à cor e ao tipo de grãos é variável de região para região. Por exemplo, no Rio Grande do Sul, em certas regiões de Santa Catarina e Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo, a preferência é pelo feijão preto. Em São Paulo e em algumas regiões de Minas Gerais, a preferência é pelo feijão de “cor”, principalmente o mulatinho, o roxinho e o pardo.

O objetivo do melhoramento do feijoeiro é a obtenção de variedades que apresentem alta produtividade aliada a resistência às doenças, com produção de sementes possuindo forma, tamanho, cor e brilho aceitáveis no mercado. Os grãos de feijão devem possuir características culinárias desejáveis, como: facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia da casca, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento.

De acordo com Vilhordo et al. (1996), as plantas de feijoeiro apresentam dois tipos de hábito de crescimento: determinado e indeterminado. O primeiro é também denominado de arbustivo, devido à planta ser baixa, ereta e muito ramificada. O caule principal termina numa inflorescência quando tiver de quatro a oito entrenós, não apresentando alongamento posterior, mesmo sob condições favoráveis de umidade e temperatura ou quando as folhas forem removidas para impedir a produção de frutos. Nos feijoeiros de hábito



indeterminado, também chamados de volúveis pela capacidade de enrolarem-se em um suporte, a primeira inflorescência aparece do primeiro ao quinto nó do caule principal, e as demais, progressivamente nos nós que são acrescentados durante o desenvolvimento. Em condições favoráveis, as plantas de hábito indeterminado podem continuar desenvolvendo-se por um longo tempo.

De acordo com os dados obtidos sobre hábito de crescimento em feijoeiro, Vilhordo et al. (1996) propuseram a seguinte classificação, baseada principalmente no tipo de orientação de suas ramificações:

Tipo I – determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada

Tipo II – indeterminado, com ramificação ereta e fechada

Tipo III – indeterminado, com ramificação aberta

Tipo IV – indeterminado, prostrado ou trepador

### 2.3 Composição Química

Segundo Barampama e Simard (1993), a composição centesimal do feijão varia de acordo com o local do plantio, fatores ambientais e com o cultivar. Em média, o conteúdo de proteínas situa-se entre 22 e 26%; carboidratos entre 62 e 67%; cinzas entre 3,8 e 4,5%; lipídeos entre 1,9 e 2,0% e fibra bruta entre 3,8 e 5,7%. O feijão (*Phaseolus vulgaris*) possui, em média, de 4,5 a 13% de fibras alimentares (Soares, Della Modesta e Carvalho, 1996).

No armazenamento também ocorrem mudanças na composição química dos grãos de feijão. Durante a estocagem ocorre uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início do armazenamento (Sartori, 1996).

Uma das modificações que ocorrem durante o armazenamento dos feijões é o endurecimento dos grãos, que apesar de não provocar modificações na temperatura de gelatinização do amido, promove alterações químicas e/ou estruturais do mesmo, levando a uma depreciação da qualidade geral e do valor

nutritivo do produto (Paredes-Lopez, Maza-Calvino e Castaneda-Gonzalez, 1989).

## **2.4 Umidade**

A umidade é um fator importante na manutenção da qualidade dos feijões, tanto para os que serão utilizados para sementes como para aqueles que serão destinados ao consumo após armazenamento ( Bunch, 1959). De acordo com Tomé (1998), a manutenção do teor de umidade é primordial para o controle da qualidade durante o armazenamento.

Provavelmente, aceitação ou rejeição de um cultivar pelos agricultores e consumidores estejam relacionadas ao modo como esse cultivar se comporta nas condições de armazenamento (Rios, 2000).

A temperatura de armazenamento e a atividade de água no feijão são fatores-chave na velocidade e intensidade da perda de qualidade. A deterioração do feijão durante o armazenamento em condições ambientais caracteriza-se pelo aumento no tempo necessário para cozimento, aumento no grau de dureza, mudança no sabor e escurecimento do tegumento em alguns cultivares. Uma das principais causas da perda da qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro é o seu alto teor de umidade. Segundo Bragantini (1996), as sementes do feijoeiro recém colhidas freqüentemente apresentam teor de umidade entre 16 e 20%, inadequado para o armazenamento; por isso, para maior segurança no armazenamento, os grãos devem apresentar umidade entre 13 e 14%.

## **2.5 Proteínas**

Apesar do feijão seco ser reconhecido como alimento com elevado teor protéico, o valor biológico dessa proteína é geralmente baixo quando comparado com a maioria das proteínas de outros alimentos. Este valor está diretamente relacionado ao seu baixo nível de aminoácidos

sulfurados, particularmente a metionina, encontrada em suas proteínas (Sgarbieri, 1980).

O feijão é pobre em aminoácidos sulfurados e rico em lisina, e o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados. Assim, a mistura dos dois tipos de alimentos em proporções adequadas resulta numa complementação de proteínas de melhor valor biológico (Gazzola, 1992).

Avaliando a perda da proteína do feijão durante o armazenamento, Antunes e Sgarbieri (1979) revelaram uma redução importante do valor nutritivo das proteínas na variedade Rosinha G-2, armazenada durante 6 meses sob três condições diferentes: a) 12° C e 52% UR; b) 22-25° C e 65-70% UR e c) 37° C e 76% UR.

Hohlberg e Stanley (1987), avaliando feijões armazenados por um período de 10 meses em duas condições: a) 25° C e 65% UR; b) 30° C e 80% UR, verificaram um aumento significativo de pequenos peptídeos provenientes da hidrólise de proteínas de alto peso molecular, além de teores de aminoácidos aromáticos no extrato protéico.

As principais frações solúveis da proteína do feijão (globulinas e albuminas) representam, em média, 75% do total. A proporção entre essas duas frações pode variar de acordo com o cultivar, e a qualidade protéica está relacionada ao teor relativo de cada uma delas (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996). A albumina tem mostrado menor digestibilidade, que não é aumentada pelo aquecimento (Sgarbieri, Antunes e Almeida, 1979).

## 2.6 Minerais

O termo mineral refere-se a elementos químicos inorgânicos encontrados em todos os animais e plantas, em proporções variáveis, sendo participantes ativos em várias reações enzimáticas, constituintes estruturais de órgãos e tecidos, e presentes nos fluidos corporais (Teixeira, 1992).

O teor de vitaminas e minerais é um fator importante na qualidade dos alimentos. Um dos problemas na avaliação do significado nutricional dos dados de consumo dietético é a informação insuficiente a respeito da composição dos alimentos (Krause e Mahan, 1991).

Os elementos minerais apresentam-se no organismo e nos alimentos em combinações orgânicas e inorgânicas. Atualmente são conhecidos 21 elementos minerais essenciais à nutrição, que compreendem cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro, magnésio, ferro, zinco, selênio, manganês, cobre, iodo, molibdênio, cobalto, cromo, flúor, vanádio, níquel, estanho e silício. O corpo humano contém quantidades relativamente pequenas de minerais individuais. Aproximadamente de 4 a 5 g/100g do peso do corpo humano consistem de minerais, comparados com aproximadamente 14 a 16 g/100g de proteínas e 12 a 20 g/100g de gorduras (Lehninger, 1995).

Assim como os outros nutrientes, os teores minerais dos feijões são razoavelmente iguais, exceto quando afetados pelo processamento. O teor de ferro no feijão preto cozido é de 2,6 mg/100g e no feijão branco cozido é de 3,7 mg/100g. O nível médio de magnésio do feijão cozido é aproximadamente 54 mg/100g e do feijão processado, de 31 mg/100g (Holden e Haytowitz, 1998). É recomendada uma ingestão diária de magnésio de 359 mg/dia para homens adultos e 280 mg/dia para mulheres adultas (National... 1989).

O feijão é principalmente rico em potássio (cerca de 1%, correspondente a 25-30% do teor total de minerais), fósforo (0,4%), ferro (0,007%), cálcio, cobre, zinco e magnésio, entre outros, e pobre em sódio, acarretando vantagens nutricionais (Sathe et al., 1984).

Barampama e Simard (1993), analisando quatro variedades cultivadas em Burundi, encontraram um teor médio de 525mg de potássio, 55 mg de cálcio, 7,3 mg de zinco, 7,6 mg de ferro, 0,9 mg de cobre, 465 mg de fósforo e 38 mg de magnésio por 100 g em base seca (b.s).

Feijões do cultivar Carioca, estudados por Pinn (1992), apresentaram um teor de 360 mg de potássio, 56 mg de cálcio, 2,7 mg de zinco, 16,5 mg de ferro e 0,7 mg de cobre por 100 g em b.s. Uma porção de 170 g de feijão cozido (65% de umidade) equivale a 10% das necessidades diárias de cálcio e zinco, 20% das de potássio e cobre, 20 a 25% das de fósforo e magnésio e 29 e 55% das de ferro para mulheres e homens, respectivamente (Sathe, Deshpande e Salunkhe, 1984).

Vários minerais atuam também como co-fatores, já que a função catalítica das enzimas não se deve somente à sua constituição protéica, mas também à presença dos co-fatores. Esses co-fatores são íons mono e bivalentes ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) e diferentes substâncias orgânicas (Evangelista, 1992). Aproximadamente um terço de todas as enzimas conhecidas requerem um ou mais íons metálicos para a atividade catalítica (Lehninger, 1995).

Devido ao processo de maceração do feijão, que precede o cozimento, e também ao processo de cozimento, existem perdas de minerais solúveis em água e, principalmente, vitaminas que são sensíveis ao calor (Soares, 1996).

## **2.7 Capacidade de Absorção de Água**

Os termos “hardshell” (casca dura) e “hard-to-cook” (difícil de cozinhar) referem-se a dois fenômenos distintos. De acordo com Sartori (1996), o termo “hard-to-cook” é usado para descrever uma condição em que as sementes requerem um tempo de cozimento prolongado para amolecerem, ou não amolecem mesmo depois de um cozimento prolongado em água fervente. Segundo Bourne (1967), “hardshell” é uma condição em que sementes maduras e secas não absorvem água dentro de um período razoavelmente longo, quando umedecidas.

O fenômeno “hard-to-cook” reduz a taxa de absorção de água, causando, durante a embebição, perda de sais, que é irreversível e acelerada por uma

elevação da temperatura e umidade relativa. Quando o armazenamento ocorre em ambiente de baixa umidade relativa e temperatura elevada, ocorre o aparecimento de "hardshell", sendo esse um fenômeno reversível (Delvalle, Stanley, 1992).

Normalmente, o feijão é embebido em água, à temperatura ambiente por aproximadamente 12 a 14 horas, fazendo com que o tempo de cozimento seja reduzido. Este tempo de embebição é suficiente para hidratar feijões secos que serão enlatados (Junek, Sisteunk e Neeley, 1980).

A disponibilidade de água (líquida ou vapor), a permeabilidade do tegumento e a composição química das reservas das sementes controlam a entrada de água nas sementes (Metivier, 1979). O aumento no tempo de cozimento está relacionado com a capacidade de absorção de água, e é consequência do endurecimento do grão, que ocorre durante o armazenamento (Guevara, 1990). Feijões colhidos antecipadamente têm maior capacidade de absorção de água, e o armazenamento reduz essa capacidade de absorção (Rios, 2000).

## 2.8 Polifenóis

Os polifenóis compreendem um extenso grupo de substâncias que apresentam radicais hidroxilados ligados a um anel benzênico, tendo, portanto, um caráter ácido (Chitarra e Chitarra, 1990).

Fazem parte deste grupo de compostos: fenóis simples e outros glicosilados, ácidos fenol carboxílicos, derivados dos ácidos benzóico e cinâmico,  $\alpha$  - pirones (coumarinas e isocoumarinas), flavonóides (flavonas, antocianinas e catequinas) e quinonas (Harbone, 1989).

Em leguminosas, os taninos são os polifenóis de maior importância. Eles possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro,

compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofílica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos (Haslam, 1979).

Os taninos presentes nas leguminosas consistem uma série de fenóis poliméricos, insolúveis em solventes polares (éter, clorofórmio, benzeno) e levemente solúveis em acetato de etila, água e álcool, formando soluções coloidais, devido à presença de grupos polares (Despande, Cheryan e Salunkee, 1986). São polímeros termoestáveis de quatro a cinco unidades de catequina e estão envolvidos no baixo aproveitamento de nutrientes do feijão (Bressani, 1993). Estes compostos possuem propriedades antimicrobianas, indicando uma possível função como mecanismo de defesa da planta (Scalbert, 1991).

Mejía (1982) verificou uma diminuição significativa dos teores de polifenóis durante o armazenamento, além do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase, da dureza e do tempo de cozimento quando estudou feijões negros (*Phaseolus vulgaris* L) armazenados em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas. ]

Srisuma et al. (1989), armazenando feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) em três condições: a) 5°C e 40% UR; b) 23°C e 73% UR; c) 35°C e 80% UR, durante 9 meses, verificaram um aumento de ácidos fenólicos, principalmente o ácido ferúlico dos grãos endurecidos pela armazenagem em condições elevadas de temperatura e umidade relativa do ar. Esses autores sugeriram que a resistência à cocção dos feijões ocorre em função da interação desses ácidos com pectinas e/ou proteínas na lamela média, provavelmente pela ação catalítica da peroxidase.

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas espécies de leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles a lignina. A lignificação das membranas celulares lhes proporciona uma considerável resistência e rigidez. A formação de lignina devido à

polimerização de fenóis pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Essa enzima pode estar envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones (Hincks e Stanley, 1987). A contribuição dos polifenóis no endurecimento dos feijões pode, também, estar associada com a formação de complexos proteína-lignina.

Os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões através de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro, dificultando a penetração da água, e o segundo, limitando a capacidade de embebição (Moura, 1998).

O teor de lignina em feijões armazenados é mais elevado que em feijões novos. Os teores variam de 8,4 g/100g a 13,4 g/100g de matéria seca para feijões armazenados (Martin-Cabrejas et al., 1997). De acordo com Srisuma et al. (1991) e Champ, Brillouet e Rouau (1986), os teores de lignina variam de 1,4 e 1,9% e 1,2 e 1,7%, respectivamente. Segundo Ologhobo e Fetuba (1982), o feijão Carioca cozido contém, em base seca, de 1,03 g/100g a 2,47 g/100g de lignina.

## **2.9 Peroxidase e Polifenoloxidase**

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento de tecidos vegetais (Whitehead e Swardt, 1982).

A peroxidase é um membro da família das enzimas chamadas oxirredutases que catalisam a oxidação de aminas aromáticas e fenóis pelo peróxido de hidrogênio (Moura, 1998). Possui o grupo prostético ferriprotoporfirina ( $Fe^{++}$ ), que influencia as reações químicas catalisadas pela enzima (Araújo, 1999). Ela catalisa a reação geral:



**$\text{ROOH} + \text{AH}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{ROH} + \text{A}$** , sendo que ROOH pode ser HOOH ou outro peróxido orgânico, como éter peróxido, peróxido de hidrogênio etílico ou peróxido butílico. A reação enzimática processa-se por meio de um número de complexos intermediários (Fox, 1991).

Essa enzima ocorre em plantas, animais e microorganismos e é utilizada para testar a eficiência do branqueamento de frutas e vegetais antes de seu congelamento e armazenamento. Ela é importante sob o ponto de vista nutricional, de coloração e de flavor. Sua atividade está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra inativação da enzima (Araújo, 1999).

A polifenoloxidase (PFO) é encontrada em praticamente todos os tecidos vegetais, em concentrações especialmente elevadas em cogumelo, batata, pêssigo, maçã, banana, manga, folhas de chá, abacate e café.

O pH ótimo de atuação da polifenoloxidase varia com a fonte da enzima e a natureza do substrato. Na maioria dos casos, o pH ótimo de atuação encontra-se na faixa entre 6 e 7, sendo a enzima inativada em pH 4,0 ou abaixo. Sua atividade pode variar em função da variedade, do estágio de maturação e das condições de cultivo; tão logo ocorra a ruptura do tecido, inicia-se a reação de escurecimento (Araújo, 1999). O grupo prostético da polifenoloxidase é o cobre, presente na proporção de um átomo de cobre por molécula (Almeida, 1991).

Em feijão, a coloração dos tegumentos foi medida pela porcentagem de reflectância relativa. O fato do escurecimento do tegumento não ter sido verificado na ausência de oxigênio, apesar da temperatura relativamente elevada (25° C), indica que o escurecimento é devido à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase; na realidade, a única reação de escurecimento que é dependente da presença de oxigênio. Segundo Ellias, Bressani e Flores (1973), em feijões com tegumento colorido, as concentrações

de tanino são elevadas (38 – 43 mg/g) quando comparadas às de feijão com tegumento branco (1 – 3 mg/g). A oxidação de taninos pode ser catalisada pela catecol-oxidase, uma polifenoloxidase presente no próprio tegumento e cuja atividade depende da presença de oxigênio (Luh e Phithakpol, 1972).

O escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas polifenóis oxidases. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina. A ação dessa enzima resulta na formação de pigmentos escuros, freqüentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil e do valor de mercado. A o-quinona formada pode interagir com grupos *amina* e *tiol*, reduzindo a disponibilidade da lisina, metionina, tiamina e de outros nutrientes essenciais.

## **2.10 Digestibilidade Protéica *in vitro***

Um dos principais problemas nutricionais do feijão é a baixa digestibilidade de suas proteínas, quando comparada às proteínas animais (Rios, 2000).

A digestibilidade, avaliada em diferentes experiências, tanto *in vitro* como *in vivo*, situa-se entre 40% e 70% (Sgarbieri, Antunes e Almeida, 1979), sendo baixa em humanos (Bressani, 1993), fato ainda não completamente explicado. A baixa digestibilidade aparente das proteínas do feijão é um fator que influi, negativamente, no seu valor nutritivo.

A digestibilidade dos grãos brancos é melhor que a dos grãos vermelhos (Reddy e Pierson, 1985). Aw e Swanson (1985) relacionaram esse fato ao teor e a natureza dos taninos da casca dos cultivares coloridos, que podem reagir com proteínas, diminuindo a digestibilidade das mesmas e, portanto, diminuindo seu valor nutritivo.

As condições de armazenamento e processamento também influenciam na digestibilidade. Antunes e Sgarbieri (1979) observaram que feijões armazenados em umidade relativa alta apresentam um tempo de cocção elevado. Isto é devido ao desenvolvimento do endurecimento pós-colheita, apresentando também redução proporcional do valor nutricional.

De acordo com Lopes (1990), os compostos fenólicos livres inibem várias enzimas digestivas em sistemas *in vitro*, pois eles estão envolvidos nas ligações da lignina com os carboidratos da parede celular, o que faz reduzir a digestibilidade. Existe também o fato dos fenóis simples precipitarem as proteínas pela formação de um revestimento hidrofóbico, semelhante à complexação taninos-proteínas.

Para Badiale (1979), a baixa digestibilidade dos feijões se deve a dois fatores: passagem rápida dos grãos cozidos pelo tubo digestivo, o que impede a ação de enzimas proteolíticas, ou o fato das proteínas dos grãos serem resistentes à proteólise enzimática. Segundo Lajolo, Genovese e Menezes (1996), o problema está nas moléculas protéicas, como elas interagem entre si e com outros componentes, e como essas interações ocorrem no armazenamento e processo industrial.

A investigação da ocorrência de reações químicas deletérias é um aspecto importante porque o tratamento térmico é essencial para destruir fatores antinutricionais e para tornar o grão palatável e útil como alimento para consumo humano (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996).

## **2.11 Valor Nutricional**

O feijão apresenta componentes e características que tomam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional. Entre eles podemos citar o conteúdo protéico relativamente alto, o teor elevado de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, a fibra alimentar com seus reconhecidos

efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, o alto teor de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B. Ele é uma fonte relativamente boa de vitaminas hidrossolúveis, especialmente tiamina, riboflavina, niacina e folacina, mas não apresenta um conteúdo significativo de vitamina A (Araújo et al. 1996).

Para o Brasil, o feijão representa importante fonte de diversos nutrientes (proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais) e fibras. Ele contribui com 18,5% do consumo de proteínas, e no nordeste chega a representar 34% do ferro consumido (IBGE, 1978).

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro; portanto, a sua contribuição como fonte de proteína e caloria é bastante significativa. Quanto ao aporte de calorias, o feijão ocupa o terceiro lugar, com 11,2% das calorias ingeridas (Soares, 1996).

Muita atenção tem sido dada às proteínas e aminoácidos contidos no feijão. O efeito complementar da combinação de feijão e outros grãos, produzindo complemento protéico, constitui o estudo de muitas pesquisas. O hábito da população brasileira de ingerir arroz com feijão torna o valor biológico da proteína da dieta próximo das proteínas de origem animal (Bressani, 1993).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Linhagens de Feijão

Foram utilizadas seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L): G-2333, Carioca 80, Amarelinho, IAC-Carioca-Aruã, CI.107 e Ouro Negro. Elas foram fornecidas pelo Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA) / Lavras – MG, tendo sido cultivadas no campus da UFLA.

A linhagem G-2333 apresenta grão vermelho; hábito de crescimento tipo IV; ciclo de 90 a 100 dias e porte prostrado.

A linhagem Carioca-80 apresenta grão tipo carioca (bege com estrias marrom, halo amarelo); hábito de crescimento tipo III; ciclo normal (90 dias) e porte prostrado.

A linhagem Amarelinho apresenta grão amarelo; hábito de crescimento tipo III; ciclo de 90 dias e porte prostrado.

A linhagem IAC-Carioca-Aruã apresenta grão tipo carioca; hábito de crescimento II/III; ciclo normal (90 dias) e porte semi-ereto/ereto.

A linhagem CI-107 apresenta grão tipo carioca; hábito de crescimento tipo III; ciclo normal (90 dias) e porte prostrado.

A linhagem Ouro Negro apresenta grão preto; hábito de crescimento tipo III; ciclo normal (90 dias) e porte prostrado.

Após colheita das vagens, o feijão foi seco ao sol até atingir umidade na faixa de 12 a 14 %.

Os grãos foram moídos em moinho refrigerado e as farinhas guardadas em frascos de vidro, em temperatura ambiente, até a realização das análises.

### **3.2 Proteína Bruta**

Foi determinada com base no teor de nitrogênio, dosado pelo método Kjeldahl (semi-micro), conforme procedimento da AOAC (1990). Utilizou-se o fator de correção 0,25 para obter o teor de proteína. Os resultados foram expressos em gramas de proteína por 100 gramas de farinha b.s.

### **3.3 Fibra e Lignina**

Os teores de fibra e lignina foram determinados pelo método gravimétrico de oxidação da lignina pelo permanganato de potássio, proposto por Van Soest, citado por Silva (1981), na fibra detergente neutro/ácido. Os resultados foram expressos em g/100g de farinha b.s.

### **3.4 Cinzas**

Os teores de cinza foram determinados pelo método gravimétrico baseado na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento a 550°C (INSTITUTO...1977)

### **3.5 Minerais**

As determinações de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e S foram feitas segundo Sarruge e Haag (1974) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Os extratos da farinha foram obtidos por digestão nitroperclórica. O P e S foram determinados por colorimetria, segundo método da AOAC (1990); Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e K, por fotometria de chama. Os resultados foram expressos em b.s.

### 3.6 Polifenóis

Foram extraídos pelo método de Swain e Hillis (1959), utilizando metanol (80 g/100g) como extrator e dosados de acordo com método de Folin-Denis, descrito pela AOAC (1990), usando ácido tânico como padrão. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido tânico/100g farinha em b.s.

### 3.7 Atividade da Enzima Peroxidase

A atividade da enzima peroxidase expressa em unidade/g de farinha b.s./minuto) foi determinada de acordo com a técnica descrita por Fermann e Diamond (1967), com algumas modificações. O extrato enzimático foi obtido pela homogeneização de 0,5 g de farinha em 15 mL de tampão fosfato 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, pH 6,0, durante 3 minutos a 4° C. Um mL de extrato enzimático foi incubado com 0,4 mL de peróxido de hidrogênio a 3 g/100g e 2,0 mL de tampão citrato fosfato 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, pH 5,0 e 4,0 mL de guaiacol 0,5 g/100g durante 15 minutos a 30° C. Após serem retirados do banho-maria, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 470 nm. Uma unidade enzimática foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto de reação, nas condições de ensaio. A atividade enzimática da Peroxidase foi expressa em unidade/g de farinha/minuto.

### 3.8 Atividade da Enzima Polifenoloxidase

Determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting e Joslyn (1948), com algumas modificações. O extrato enzimático utilizado no doseamento foi o mesmo da peroxidase. 1,0 mL de extrato foi incubado com 3 mL de L-DOPA (L-3,4 - Dihidroxi-fenol-Alanina) 0,005 mol.L<sup>-1</sup> (substrato), na presença de 1,0 mL de glicina 0,2 M.L<sup>-1</sup>, durante uma hora, a 35° C. Após

serem retirados do banho-maria, os tubos foram colocados no gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 420 nm. Uma unidade de atividade enzimática foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidades de absorbância por minuto de reação, nas condições do ensaio. A atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) foi expressa em unidade/g de farinha/minuto.


### 3.9 Digestibilidade Protéica *in Vitro*

Determinada de acordo com a técnica descrita por Akesson e Stahmann (1964). A farinha (com teor de nitrogênio conhecido) foi digerida com pepsina e pancreatina, em seus pHs ótimos. A reação foi interrompida pela adição de ácido tricloroacético. Após centrifugação, dosou-se nitrogênio no sobrenadante. A caseína foi usada como controle. A digestibilidade encontrada para caseína foi tomada como padrão e seu valor considerado como 100%. As digestibilidades das farinhas foram corrigidas em relação à caseína e os resultados expressos em porcentagens.

### 3.10 Absorção de Água

Os grãos das seis linhagens de feijão foram submetidos ao teste de absorção de água, durante o período de 4 horas; a cada intervalo de uma hora, as amostras foram pesadas. Empregou-se a relação água destilada e peso de amostra de 4:1, ou seja, 80 g de água destilada para cada 20 g da amostra de feijão. Inicialmente foi colocada, em becker de 100 mL, uma cesta de plástico de mesma forma e tamanho; logo em seguida foram adicionados 80 g de água destilada. Feito isso, foi retirada a cesta de cada becker e após um período de 2 minutos de descanso, foi feita a pesagem da cesta, convertendo a um fator de correção. Em seguida, foram pesados 20 gramas de grãos de feijão, que foram adicionados nas cestas e, em seguida, nos beckers contendo água destilada.





Assim, iniciou-se a contagem do tempo de absorção de água. Após cada intervalo de uma hora, retirou-se a cesta, deixando descansar durante um período de 2 minutos; em seguida, a cesta com grãos foi pesada (cesta + água destilada + grãos). Após o intervalo de 4 horas, foi calculada a quantidade de água absorvida pelos grãos. A capacidade máxima de absorção é aparente, pois a quantidade de água foi calculada com base no ganho de peso dos grãos. As absorções foram calculadas em 100 g de grãos. As absorções foram expressas em g/100g de farinha b.s. (Dovlo, 1977).

### **3.11 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos (as seis linhagens) e 4 repetições. As comparações múltiplas entre as médias dos parâmetros estudados foram realizadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas segundo técnicas usuais do software SANEST (Zonta e Machado, 1991).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Proteína Bruta**

Pela tabela 1 do anexo, nota-se que não houve diferença significativa entre os teores de proteínas das diferentes linhagens. Os teores médios de proteínas variaram de 26,48 g/100g a 29,55g/100g para as linhagens IAC-Carioca-Aruã e Amarelinho, respectivamente.

Os teores de proteínas dos feijões estudados no presente trabalho superam os encontrados por Moura (1998), cujos teores estavam entre 21 e 22g/100g nas cultivares Carioca, CMG e H4 e foram semelhantes aos teores encontrados por Rios (2000), entre 25,89g/100g e 28,21g/100g b.s. para as cultivares Carioca, CI 128 e ESAL 550.

Barampama e Simard (1993) também encontraram índices entre 22g/100g e 26g/100g de proteínas em seus estudos com feijões comuns.

Na Figura 1 são mostrados os teores de proteína das farinhas das seis linhagens de feijão estudadas.

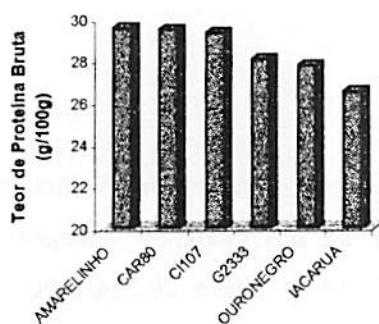


Figura 1 Teores médios de proteína bruta das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.2 Fibra

A fibra resulta quase sempre de paredes celulares de vegetais, sendo constituída de celulose, lignina e polissacarídeos não celulósicos, como: hemicelulose, substâncias pécticas, gomas e mucilagens (Pourchet-Campos, 1990); portanto, a fibra também está envolvida na absorção de água pelos grãos de feijões.

De acordo com a Tabela 1 do anexo, houve diferença significativa no percentual de fibra bruta entre as linhagens. Na Figura 2 são encontrados os teores médios de FDA das farinhas de seis linhagens de feijão. Os teores ficaram entre 4,57g/100g (linhagem CI 107) e 5,83g/100g (linhagem G 2333), o que está de acordo com os resultados encontrados por Barampama e Simard (1993) em feijões (*Phaseolus vulgaris* L), os quais ficaram na faixa de 3,8g/100g a 5,7g/100g e por Moura (1998), que encontrou níveis médios de 5,72g/100g, b.s.de FDA em três cultivares de feijão.

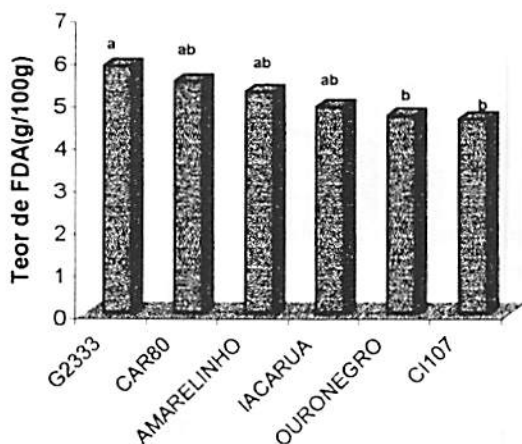


Figura 2 Teores médios de FDA das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.3 Cinzas

A fração cinza, ou residuo mineral fixo, consiste na fração inorgânica do alimento, ou seja, no seu conteúdo de sais minerais.

Houve diferença significativa entre as linhagens estudadas para o parâmetro cinza (Tabela 1 do anexo). Os teores de cinzas (em g/100g b.s.) encontrados foram de 4,47; 4,38; 4,26; 4,12; 4,05 e 3,98 para as linhagens Amarelinho, Ouro Negro, Carioca-80, CI 107, G 2333 e IAC-Carioca-Aruã, respectivamente. Observou-se que a linhagem Amarelinho foi a que apresentou teor mais elevado de cinzas, e a linhagem IAC-Carioca-Aruã o menor (Figura 3). Os teores encontrados coincidem com os valores citados por Sgarbieri, Antunes e Almeida (1979) e Barampama e Simard (1993), que ficaram entre 3,8g/100g e 4,5g/100g.

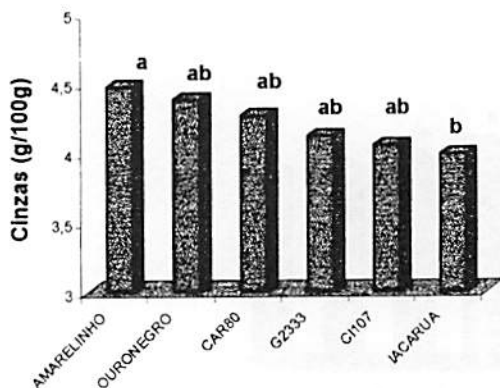


Figura 3 Teores médios de cinza das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4 Minerais

As seis linhagens estudadas apresentaram diferença significativa para todos os minerais estudados (tabela 04 do anexo).

##### 4.4.1 Cálcio

O teor médio de cálcio foi mais elevado na linhagem G 2333 (0,28 g/100g b.s.), e o menor teor foi apresentado pela linhagem CI 107 (0,22 g/100g b.s.), conforme mostra a Figura 4.

Moura (1998) encontrou teor médio de cálcio de 0,22 g/100g b.s., de três cultivares de feijão, estando próximo aos teores encontrados neste trabalho.

Augustin et al. (1981) encontraram, para os grãos de feijão antes e depois do cozimento, teor médio de cálcio de 0,15g/100g de farinha b.s., mostrando que a retenção de cálcio durante o cozimento é de aproximadamente 100%.

Uma porção de 170 g de feijão cozido (65% de umidade) equivale a 10% das necessidades diárias de cálcio e zinco (Sathe, Deshpander e Salunkhe, 1984).

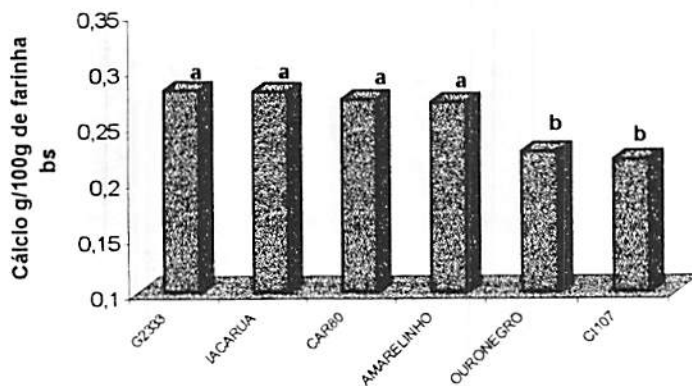


Figura 4 Teores médios de Cálcio das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.2 Magnésio

Pela Figura 5 verifica-se que a linhagem Carioca-80 foi a que apresentou teor mais elevado de magnésio (0,24 g/100g de farinha b.s.), e a linhagem CI 107 o teor mais baixo (0,20 g/100g de farinha b.s.). Resultados semelhantes foram encontrados por Moura (1998), que obteve nível médio de 0,202 g/100g de farinha b.s. para os três cultivares estudados, e também Augustin et al. (1981), que encontraram nível médio de 0,20 g/100g de farinha b.s. de magnésio, para nove classes de feijões produzidos comercialmente nos Estados Unidos. Todavia, foram superiores aos apresentados por Barampama e Simard (1993), que foram em média 0,04 g/100g de farinha b.s. de quatro variedades cultivadas em Burundi.

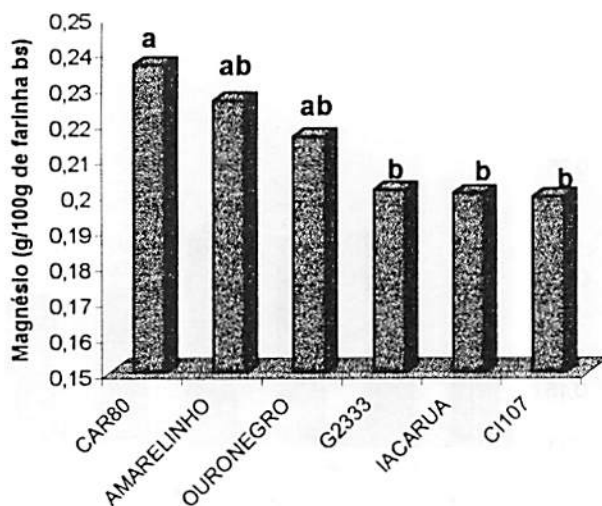


Figura 5 Teores médios de Magnésio das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.3 Fósforo

Observando a Figura 6, nota-se que a linhagem Amarelinho foi a que apresentou teor mais elevado de fósforo (0,46 g/100g de farinha b.s.), e a IAC-Carioca-Aruã teve o teor mais baixo (0,37 g/100g de farinha b.s.).

Esses níveis foram semelhantes aos encontrados por Barampama e Simard (1993), que analisaram quatro variedades cultivadas em Burundi, cujo teor médio de fósforo foi de 0,456 g/100g de farinha b.s.. Porém, os teores encontrados por Moura (1998), variaram entre 0,50 g/100g de farinha b.s. e 0,54 g/100g de farinha b.s., para três cultivares de feijões analisados antes do armazenamento, sendo superiores aos encontrados neste trabalho.

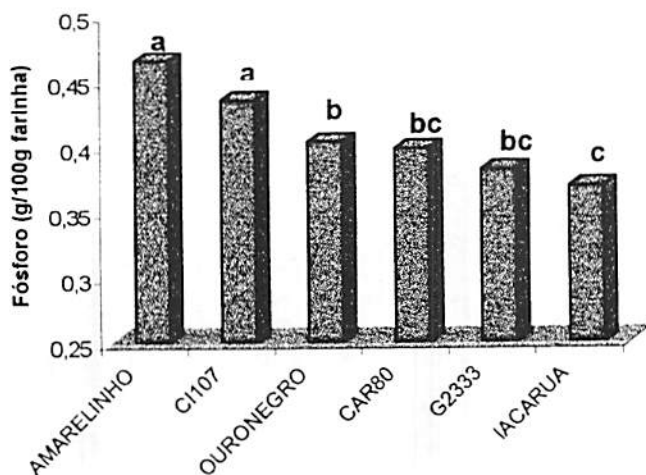


Figura 6 Teores médios de Fósforo das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.4 Potássio

A Figura 7 mostra os teores de potássio encontrados para as linhagens estudadas. A linhagem Ouro Negro apresentou teor mais elevado (1,96g/100g de farinha b.s.) e a IAC-Carioca-Aruã, teor mais baixo (1,55g/100g de farinha b.s.), porém esta não diferiu significativamente das demais.

Estes níveis foram superiores aos encontrados por Moura (1998), que variaram entre 1,190g/100g de farinha b.s. e 1,665g/100g de farinha b.s., para três cultivares estudadas antes do armazenamento, e semelhantes aos de Augustin et al. (1981), que encontraram 1,54g/100g de farinha bs. de potássio.



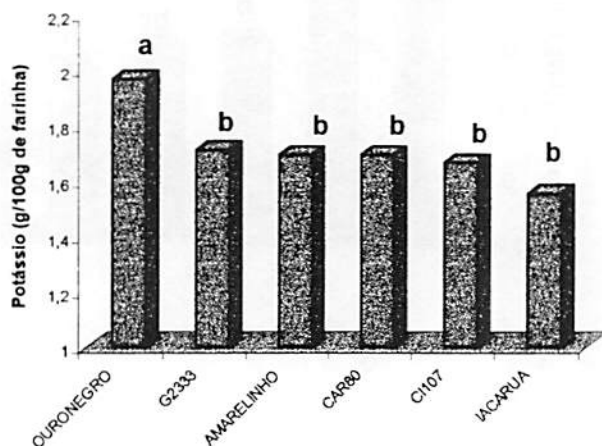


Figura 7 Teores médios de Potássio das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.5 Ferro

A linhagem Ouro Negro foi a que apresentou o teor mais elevado de Ferro (10 mg/100g b.s.), seguida pelas linhagens CI 107 (9,5 mg/100g de farinha b.s.), Carioca-80(9 mg/100g de farinha b.s.), Amarelinho (8,9 mg/100g de farinha b.s.), G 2333 (8,8 mg/100g de farinha b.s.) e IAC-Carioca-Aruã (8,1 mg/100g de farinha b.s.).

Níveis inferiores foram encontrados por Moura (1998), que se situaram entre 8,7 mg/100g de farinha b.s. e 5,6 mg/100g de farinha b.s. para três cultivares de feijão; e foram superiores aos obtidos por Augustin et al. (1981), que encontraram 5,8 mg/100g b.s. de ferro para nove classes de feijão produzidas e comercializadas nos Estados Unidos.

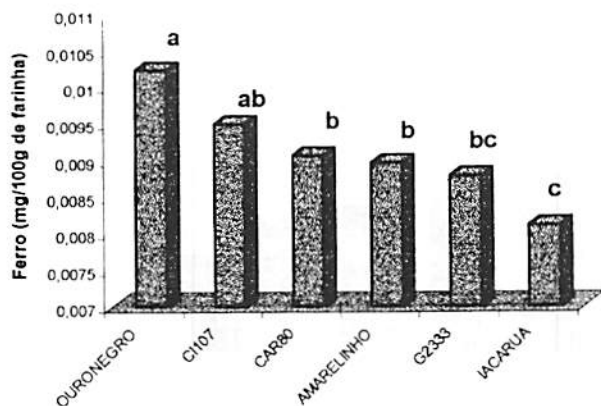


Figura 8- Teores médios de Ferro das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.6 Cobre

A linhagem Amarelinho foi a que apresentou o teor mais elevado de cobre (0,82 mg/100g de farinha b.s.), e a linhagem Carioca-80, o teor mais baixo (0,44 mg/100g de farinha b.s.), conforme mostra a Figura 9.

Esses níveis foram semelhantes aos obtidos por Pinn (1992), que foram de 0,7 mg/100g de farinha b.s., em média, para quatro cultivares de feijão cultivadas em Burundi; e por Augustin et al. (1981), que encontraram 0,69 mg/100g de farinha b.s.

Moura (1998), estudando três cultivares de feijão, encontrou teores médios de cobre entre 0,33 mg/100g de farinha b.s. e 0,14 mg/100g de farinha b.s., inferiores aos encontrados neste trabalho.

O cobre é o grupo prostético da polifenoloxidase, na qual está presente na proporção de um átomo de cobre por molécula (Almeida, 1991).

O cobre é necessário também para o aproveitamento adequado de ferro pelo organismo (Lehninger, 1995).

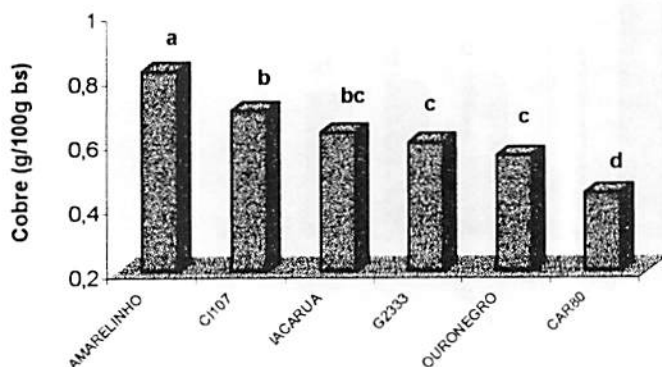


Figura 9 Teores médios de Cobre das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.7 Zinco

Os teores médios de zinco para as seis linhagens estudadas encontram-se na Figura 10. A linhagem CI107 apresentou o teor mais elevado (3,3g/100g de farinha b.s.), e a Ouro Negro, o mais baixo (2,02mg/100g de farinha b.s.).

Esses níveis estão próximos aos encontrados por Moura (1998), que variaram entre 3,1 e 3,6mg/100g de farinha b.s.; e também ao encontrado por Augustin et al (1981), que foi de 3,2mg/100g de farinha b.s.

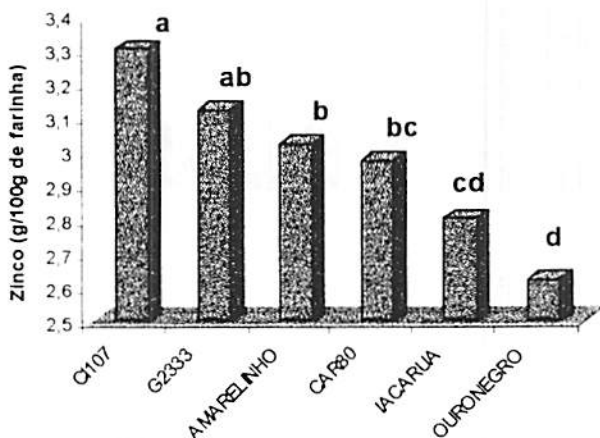


Figura 10 Teores médios de Zinco das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.8 Manganês

O teor mais elevado de manganês foi encontrado na linhagem Carioca-80 (1,4g/100g de farinha b.s.), e o mais baixo, na linhagem IAC-Carioca-Aruã (0,82g/100g de farinha b.s.).

Esses níveis aproximam-se dos encontrados por Moura (1998), que variaram entre 0,87g/100g de farinha b.s. e 1,6g/100g de farinha b.s., para três cultivares estudados.

Os teores encontrados neste trabalho foram superiores aos níveis de manganês encontrados por Augustin et al.(1981), que ficaram na faixa de 0,20g/100g de farinha b.s.

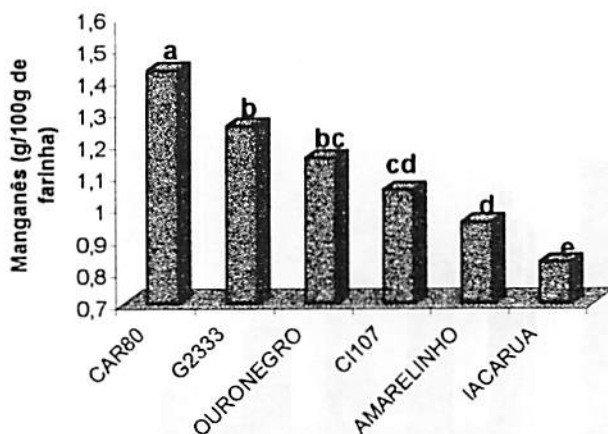


Figura 11 Teores médios de Manganês das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.4.9 Enxofre

Os teores médios de enxofre para as seis linhagens avaliadas estão representados na Figura 12. A linhagem Amarelinho foi a que apresentou teor mais elevado de enxofre (0,14g/100g de farinha b.s.), e a linhagem G2333, o teor mais baixo (0,10 g/100g de farinha b.s.). Observou-se também que as linhagens IAC-Carioca-Aruã, Ouro Negro Carioca-80, CI-107 e G2333 apresentaram teores estatisticamente iguais.

Níveis superiores foram encontrados por Moura (1998), que variaram entre 0,262 e 0,232g/100g de farinha b.s., para três cultivares, antes do armazenamento.

Moura (1998) observou, em seu trabalho, que o maior teor de enxofre ocorreu nas amostras que foram armazenadas com zero hora de secagem, indicando que a secagem antes do armazenamento diminui o teor desse mineral.

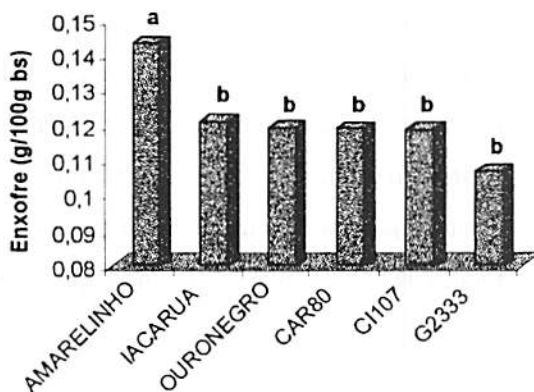


Figura 12 Teores médios de Enxofre das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.5 Lignina

Houve diferença significativa entre as linhagens estudadas para os teores de lignina (Tabela 2 do anexo). De acordo com a figura 7, os teores de lignina em g/100g farinha b.s. encontrados foram de 1,72 (Amarelinho), 1,70 (Ouro Negro), 1,70 (Carioca-80), 1,51 (G2333), 1,27 (CI 107) e 0,96 (IAC-Carioca-Aruã). Notou-se que a linhagem Amarelinho apresentou teor mais elevado de lignina, e a linhagem IAC-Carioca-Aruã o teor mais baixo. Esses resultados estão próximos aos teores encontrados por Champ, Brillouet e Rouau (1986) entre 1,2 e 1,7g/100g e Srisuma et al.(1991) 1,4 e 1,9g/100g.

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas espécies de leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles a lignina (Fennema, 1993). Isto pode explicar os níveis altos (entre 6,1 e

8,2g/100g) encontrados por Martin-Cabrejas et al. (1997) para feijões que apresentam o fenômeno “hard-to-cook”.

A lignificação das membranas celulares lhes proporciona uma considerável resistência e rigidez (Fennema, 1993), e está relacionada aos teores de polifenóis. Pode-se observar, na Figura 6, que a linhagem IAC-Carioca-Aruã apresentou o teor mais baixo de polifenóis e também os menores teores de lignina; como consequência, foi a que apresentou a maior capacidade de absorção de água (Figura 18). Já com a linhagem G 2333 e Amarelinho ocorreu o inverso.

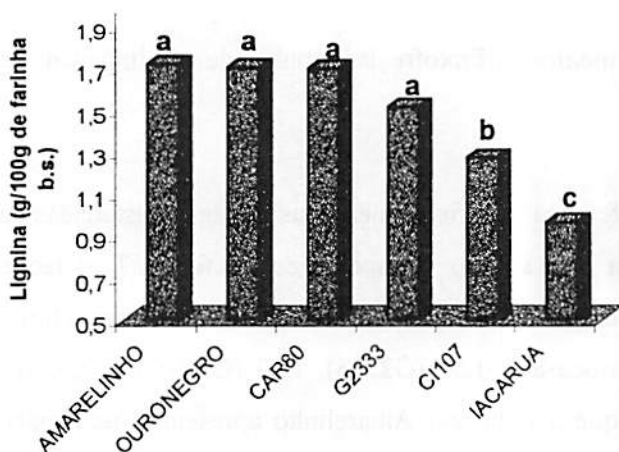


Figura 13 Teores médios de Lignina das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.6 Polifenóis

A Tabela 2 do anexo mostra que houve diferença significativa entre as linhagens para este parâmetro. A linhagem G 2333 foi a que apresentou o teor mais elevado de polifenóis entre as linhagens estudadas, tendo um teor médio de 830,71 mg de equivalentes de ácido tânico/ 100 g de farinha b.s.(Figura 14). A

linhagem IAC-Carioca-Aruã foi a que apresentou o teor mais baixo de polifenóis (537,82 mg de equivalentes de ácido tânico/ 100 g de farinha b.s.). Rios (2000) encontrou teores médios entre 410 e 450 mg de equivalentes de ácido tânico/100 g de farinha b.s., em três cultivares de feijões logo após a colheita, valores esses inferiores aos encontrados neste trabalho.

De acordo com Tibúrcio (1992), o teor de polifenóis em feijão, independente das condições de estocagem e época de plantio, é cerca de 7 a 11 vezes maior na casca que no resto do grão.

O teor de polifenóis parece influenciar a capacidade de hidratação dos grãos, uma vez que a linhagem que apresentou teor mais elevado de polifenóis foi a que apresentou menor capacidade de absorção de água, e vice-versa.

Os polifenóis podem se responsáveis pelo endurecimento dos feijões através de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro, dificultando a penetração da água, e o segundo, limitando a capacidade de embebição.

Segundo Bressani, Hernandez e Braham (1988), existe relação entre a intensidade de coloração da casca e o teor de polifenóis, fato confirmado neste trabalho, pois a linhagem G 2333 apresenta coloração vermelha, enquanto a linhagem IAC-Carioca-Aruã apresenta coloração clara (tipo carioca). Este fato também foi observado por Iadaroza et al. (1989), que observaram que nas amostras claras a concentração de polifenóis foi menor do que nas amostras escuras, para os cultivares Carioca e Catu estudadas. Moura (1998) também relacionou a cor do tegumento com os fenólicos, pois os feijões CMG e H4, de tegumentos mais claros, apresentaram um decréscimo nos teores de polifenóis após o armazenamento, enquanto o cultivar Carioca (com tegumento mais escuro após armazenamento) apresentou um leve aumento nos seus níveis de polifenóis.



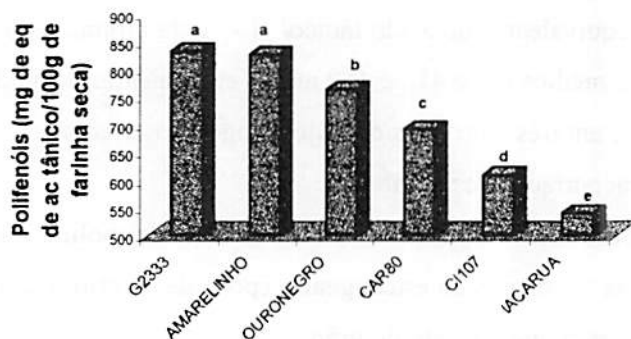


Figura 14 Teores médios de Enxofre das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.7 Atividade da Peroxidase

Observou-se que a atividade da peroxidase (PER) apresentou diferença significativa entre as seis linhagens estudadas (Tabela 2 do anexo). A atividade da PER está representada na Figura 15. A linhagem G 2333 foi a que apresentou maior atividade enzimática (634,54 U/g de farinha) e a Ouro Negro, a menor atividade (431,74 U/g farinha). Esses valores estão próximos aos encontrados por Rios (2000), que foram de 680,20 U/g de farinha para a atividade dessa enzima, para feijões colhidos em época normal e analisados logo após a colheita.

A oxidação enzimática de polifenóis pela PER e polifenoloxidase resulta no escurecimento de tecidos vegetais (Whitehead e Swardt, 1982). Em caso de armazenamento, a G2333 apresentará maior escurecimento por apresentar teor mais elevado de polifenóis e maior atividade da PER.

Esta enzima é importante sob o ponto de vista nutricional, de coloração e de flavor. Sua atividade está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra inativação da mesma (Araújo, 1999).

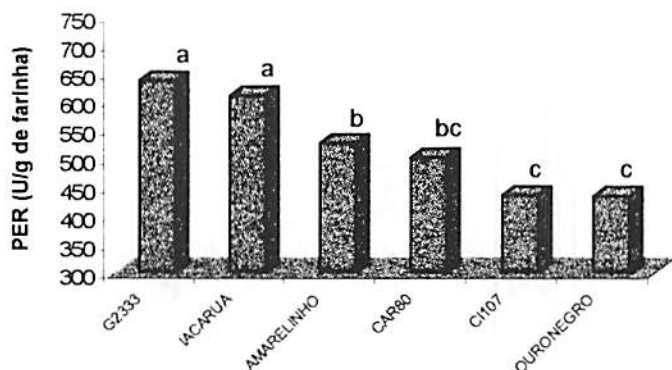


Figura 15 Atividade média da PER das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.8 Atividade da Polifenoloxidase

A atividade da polifenoloxidase (PFO) apresentou níveis médios de 98,17; 86,91; 78,01; 64,93; 63,38 e 59,29 U/g de farinha para as linhagens G2333, Ouro Negro, CI 107, Carioca-80, Amarelinho e IAC-Carioca-Aruã, respectivamente, valores esses que diferem estatisticamente entre si (Tabela 3 do anexo). De acordo com os dados, verifica-se que a linhagem G 2333 apresentou maior atividade da PFO e a IAC-Carioca-Aruã, a menor atividade.

Moura (1998), estudando os cultivares Carioca, CMG e H4, encontrou níveis médios de 238,17; 227,96 e 37,91 U/g de tecido respectivamente, para atividade da PFO. Após 8 meses de armazenamento, os valores encontrados foram de 128,04; 73,87 e 57,88 U/g de tecido, para os cultivares CMG, Carioca e H4, respectivamente.

A oxidação de polifenóis a ortoquinonas pela ação de uma ou múltiplas enzimas leva ao escurecimento enzimático. A PFO pode catalisar a hidroxilação de monofenóis a ortodihidroxifenóis e a oxidação de ortodihidroxifenóis a

ortoquinonas, ambas envolvendo compostos fenólicos e oxigênio molecular (Almeida, 1991).

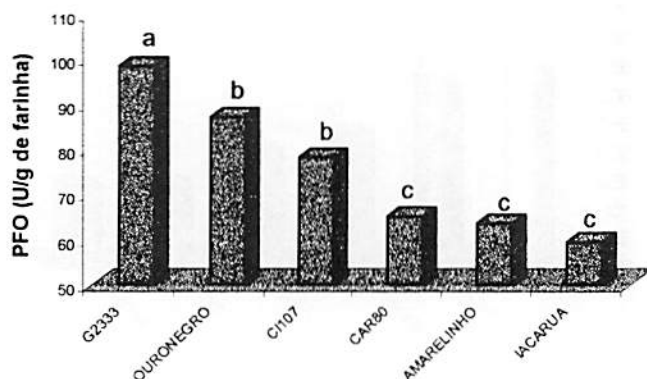


Figura 16 Atividade média da PFO das farinhas de seis linhagens de feijão.

#### 4.9 Digestibilidade Protéica *in vitro*

A análise de variância da digestibilidade protéica *in vitro* das seis linhagens de feijão mostrou que houve diferença significativa entre elas (Tabela 3, do anexo).

A Figura 17 mostra que a linhagem Ouro Negro foi a que apresentou melhor digestibilidade protéica *in vitro* (68,47%), e a Amarelinho, a menor digestibilidade (49,88%), quando comparada com as outras linhagens estudadas, CI 107 (64,38%), Carioca-80 (56,91%), G 2333 (56,14%) e IAC-Carioca-Aruã (53,86%).

Estes dados de digestibilidade protéica estão de acordo com os de Sgarbieri, Antunes e Almeida (1979), que encontraram valores situados entre 40 e 70% avaliando a digestibilidade protéica tanto *in vitro* como *in vivo* de feijões.

Rios (2000), estudando três cultivares de feijão, verificou que o cultivar Carioca foi o que apresentou melhor digestibilidade (52,81%), quando comparado com os cultivares ESAL 550 (52,70%) e CI 107 (48,83%).

Bressani (1983), avaliando a digestibilidade em humanos, também encontrou valores baixos, cerca de 55%.

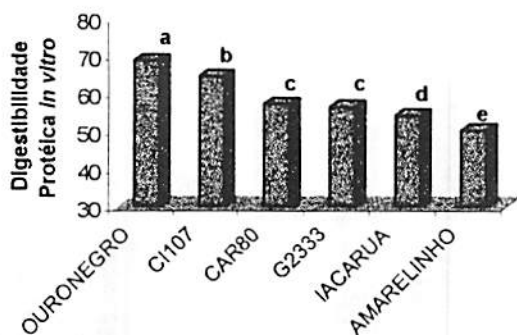


Figura 17 Teores médios de Digestibilidade protéica *in vitro* das farinhas de seis linhagens de feijão. Valores corrigidos para caseína, considerada 100% digerível.

#### 4.10 Capacidade de Absorção de Água

A Tabela 2 do anexo mostra que houve diferença significativa para a capacidade de absorção de água entre as linhagens.

Na Figura 18 encontram-se os níveis médios da capacidade de absorção de água dos grãos das seis linhagens de feijão. Observou-se que a linhagem IAC-Carioca-Aruã apresentou a maior capacidade de absorção de água, tendo um valor médio de 169,14% de água absorvida em relação ao seu peso inicial, enquanto a linhagem G 2333 foi a que apresentou a menor capacidade de

absorção de água, com um valor médio de 119,60% de água absorvida em relação ao seu peso inicial.

Rios (2000) verificou que o cultivar Carioca apresentou 118,19% de água absorvida em relação ao seu peso inicial.

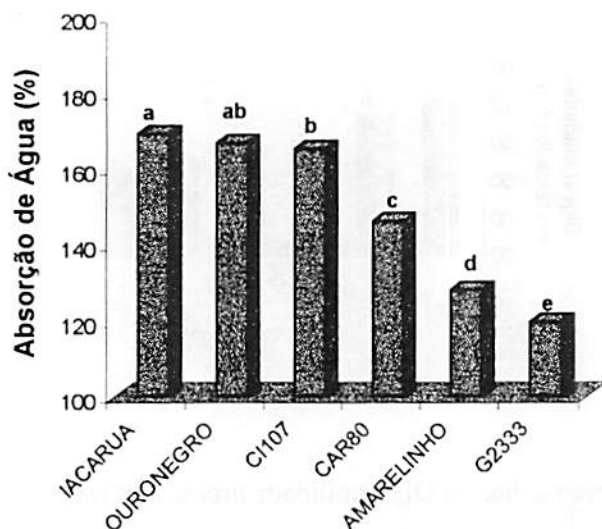


Figura 10 Teores médios de capacidade de absorção de água dos grãos de seis linhagens de feijão.

A capacidade de absorção de água é importante porque influencia no tempo de cozimento, o que significa que a linhagem G 2333 deverá ser a que levará mais tempo para cozinhar, já que absorveu 30% a menos de água em relação à IAC-Carioca-Aruã.

Wyatt (1977) destacou, especificamente para o feijão, características do tegumento, dentre elas espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais, como interferentes na absorção de água.

## 5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente trabalho, concluiu-se que:

- A linhagem G2333 (tegumento vermelho) apresentou a menor capacidade de absorção de água, o teor mais elevado de polifenóis, teores elevados de lignina e FDA e maiores atividades das enzimas PER e PFO; enquanto a linhagem IAC-Carioca-Aruã (tegumento bege) mostrou maior capacidade de absorção de água, teores mais baixos de polifenóis e de lignina, e menor atividade da PFO. Esses resultados sugerem uma relação inversa entre o teor de polifenóis e lignina e a capacidade de absorção de água. Porém, a linhagem Ouro negro apresentou a melhor digestibilidade protéica *in vitro*; elevada absorção de água, apesar dos teores elevados de polifenóis e lignina; os mais baixos teores de cálcio e zinco e os mais elevado teor de ferro.
- A linhagem Amarelinho se destacou nos teores de fósforo, cobre e enxofre, enquanto a linhagem CI 107 se destacou nos teores de fósforo, ferro, cobre e zinco. A linhagem Carioca-80 se destacou em magnésio e manganês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKESON, W. R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.83, p.257-261, 1964.
- ALMEIDA, M. E. M. Estudo de interações entre o emprego de compostos químicos com o tratamento térmico no controle da atividade da polifenoloxidase em frutos e hortaliças Piracicaba:ESALQ, 1991. 112p. (Dissertação em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- ARAÚJO, J. M. A. *Química de alimentos: teoria e prática*. Viçosa:MG. UFV, 1999, 416 p.
- ANTUNES, P. L.,; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) variety Rosinha G2. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 44, p.170 -176, Jan./Feb. 1979.
- A.O.A.C.- *Official methods of analysis of association of analytic chemists*. 15 ed. Washington: 1990.
- AUGUSTIN, J.; BECK, C. B.; KALBFLEISH, G.; KAGEL, L. C. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. *Food Technology*, Chicago, v. 35, n. 3, p. 75-76, Mar.1981.
- AW, T. L.; SWANSON, B.G. Influence of tannins on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality, *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.1, p.67 -71, Jan./Feb. 1985.
- BADIALE, E. *Variação de Metionina em Feijões (Phaseolus vulgaris, L.) armazenados*. Campinas: UNESP, 1979. 99 p. (Dissertação em Ciência dos Alimentos).
- 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, p. 15-67, 1993.

- BOURNE, M. C.** Size density and hardshell in dry beans, **Journal and Food Technology**, v. 21, p. 17A-20A, 1967.
- BRAGANTINI, C.** Produção de sementes. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONEL, F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords). **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. sç 4, p. 639-667.
- BRESSANI, R.** Grain quality of common beans. **Food Reviews International**. New York, v. 9, p. 237-297, 1993.
- BRESSANI, R.; HERNADEZ, E.; BRAHAM, E.** Relationship between content and intake of bean polyphenolics and protein digestibility in humans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 38, p.5-21, 1988.
- BUNCH, H. D.** Temperature, relative humidities factores in maintaining store seed viability. **Seedsmen's Digest**, Oct, 1959.
- CARPENTER, K. J.** The nutritional of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) in perspectives. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 3, p.77, Mar. 1981.
- CHAMP, M.; BRILLOUET, J. M.; ROUAU, X.** Nonstarchy polysaccharides *Phaseolus vulgaris*, *Lens esculenta*, and *Cicer arietinum* Seeds, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v. 34, n.2, p.326-329, Mar./Apr. 1986.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.** Pós – colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e Manuseio. Lavras:ESAL/FAEPE, 1990.
- DELVALLE, J. M.; STANLEY, D. W.** Water absorption and swelling in dry bean seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**. Trumbull, v. 16, n. 2, p. 75-98, Jan. 1992.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D. K.** Tannin analyses of food products, **CRC Critical Reviews in Food Science Nutrition**. Boca Raton, v. 24, p. 401-449, 1986.
- DOVLO, F. E.** Criteria for cooking quality and acceptability of cowpeas. In: HULSE, J.; RACHIE, D. O.; BILLINGSLEY, L. W. **Nutritional standards and methods of evaluation for legume breeders**. Ottawa: IDRC, 1977. p.85-87.



- ELIAS, L. G.; BRESSANI, R.; FLORES, M. Problems and potentials in storage and processing of legumes in Latin America. In: SEMINAR ON POTENTIALS OF FIELD BEANS AND OTHER FOOD LEGUMES IN LATIN AMERICA, Cali, 1973. Proceedings...Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. p.52-87.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Rio de Janeiro/São Paulo: Atheneu, 1992. 644p.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.
- FERHMAN, H.; DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, v. 57, n. 1, p.69-72, Jan.1967.
- FOX, P. F.(ed.) **Food enzymology**. London/New York,: Elisevier Applied Science, 1991.v. 2, 378 p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. 303p. (Circular, 63).
- GAZZOLA, J. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) cozidos através dos coeficientes de eficácia protéica e valor protéico relativo**. Lavras:ESAL, 1992. 61 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- GUEVARA, L. L. V. **Avaliação sensorial e inativação de lipoxigenase em feijão (*Phaseolus vulgaris*,L.) armazenados em condições ambientais**. Lavras, MG:ESAL, 1990. 132p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- HARBONE, J. B. General procedures and measurement of total phenolics, In:DEY, P. M.; HARBONE, J. B. **Methods in plant biochemistry**, San Diego: Academic, 1989. v. 1, p. 2-3.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. **Recent Advances Phytochemistry**, New York, v. 12, p. 475-523, 1979.
- HINCKS, M. J.; STANLEY, D.W. Lignification: evidence for a role in hard-to-cook beans. **Journal Food Biochemistry**, Wetport, v. 11, n. 1, p. 41-58, Mar. 1987.

- HOHLBERG, A. I.; STANLEY, D. W. Hard-to-cook defect in black beans, protein and starch considerations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 35, n. 4, p. 571-576, Jul./Aug. 1987.
- HOLDEN, J.; HAYTOWITZ, D. The nutritional value of Beans. *Annual report of the Baen improvement cooperative (BIC)*. v.41, p.41-44, 1998.
- IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R. E.; FERREIRA, V. L. P. Polyphenol oxidase activity and alterations on colour and levels of condensed tannins during storage of new bean (*Phaseolus*) cultivars. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 154-164, Jul./Dez. 1989.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudo Nacional de Defesa Familiar \_ ENDEF. **Dados preliminares. Consumo alimentar - despesas das famílias.** Tabelas selecionadas, Rio de Janeiro, 1978.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** 3.ed. São Paulo, 1985.
- JUNEK, J. J.; SISTEUNK, W. A.; NEELEY, M. B. Influence of processing methodology in quality attributes of canned dry beans, *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.4, p. 821, Jul./Aug. 1980.
- KAPLAN, L. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). *Economy Botany*, New York, v. 19, n. 4, p. 358-368, Oct./Dec. 1965.
- KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. **Alimentos nutrição dietoterapia.** 7.ed. São Paulo: Roca, 1991. 981p.
- LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional, In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coeds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996, p. 71-99.
- LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica.** São Paulo: Sarvier, 1995. 725p.
- LOPES, C. T. **Digestibilidade “in situ” de bagaço de cana, palha de arroz, de feijão e capim Cameroon tratados termicamente.** Lavras: ESAL, 1990. 33p. (Dissertação – Mestrado em Nutrição de Ruminantes).

- LUH, B. S.; PHITHAKPOL, B. Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in clingpeaches. *Journal of Food Science*. Chicago, v. 37. n. 1, p.264-268, Jan./Fev. 1972.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação de estado nutricional das plantas. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MARTIN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WADRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) during long-term storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.45, n.8, p. 3223-3227, Aug. 1997.
- MEJÍA, E. G. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrition*, Guatemala, v. 32, n. 2, p. 258-274, Jun.1982.
- METIVIER, J. R. Dormência e germinação. In: SHIOGA, P. S. Controle da hidratação e desempenho das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Piracicaba: ESALQ, 1979. 106p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- MIRANDA, C. S. Origem do *Phaseolus vulgaris* L.. *Agronomia Tropical*, Maracay, v. 18, n. 2, p.191-205, Abr. 1968.
- MOURA, A. C. DE 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. Lavras: UFLA, 1998. 70p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Recommended dietary allowances (RDA). 10.ed. Washington, 1989. 283p.
- OLOGHOBO, A. D.; FETUGA, B. L. Carbohydrate constituents of some limabean (*Phaseolus lunatus*) varieties. *Nutrition Reports International*, New York, v. 26, n. 6, p. 981-988, 1982.
- PAREDES-LOPES, O.; MAZA-CALVINO, E.; CASTANEDA-GONZALEZ, J. Effect of the hardening phenomenon on some physico-chemical properties of common bean. *Food Chemistry*, Kidlington, Essex, v. 31, n. 3, p. 225-236, 1989.

- PINN, A. B. R. O. Efeito das radiações gama sobre a biodisponibilidade do ferro em feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.). São Paulo: USP, 1992. 129p. (Dissertação - Mestrado em Nutrição).
- POTING, J. D.; JOSLYN, M. A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. *Archives of Biochemistry*, New York, v. 19, p. 47-63, 1948.
- POURCHET-CAMPOS, M.A. Fibra: a fração alimentar que desafia os estudiosos. *Alimentos e Nutrição*, São Paulo, v.2, p.53-63, anual, 1990.
- REDDY, N. R.; PIERSON, M.D.; Dry beans tannins a reviews of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists'Society*, Champaing, v.62, n.3, p. 541-549,Mar. 1985.
- RIOS, A. de O. Avaliação da Época de Colheita e do Armazenamento no Escurecimento e Digestibilidade de Três Cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Lavras: UFLA, 2000. 59p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coods). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1996. Sç.3, p. 543-562.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, N. P. *Análise química em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. . Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 2. Chemical composition: Carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Cleveland, v. 21, p. 41-91, 1984.
- SCALBERT. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*. Elmsford, v. 30, n. 12, p. 3875-3883, Dec. 1991.
- SGARBIERI, V. C.; ANTUNES, P. L.; ALMEIDA, L. D. Nutrition evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Journal of Food Science*. Chicago, v. 44, n.5, p. 1306-1308, Sept./Oct. 1979.
- SGARBIERI, V. C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.32, n.1, p.78-84, Jan./Fev.1980.

- SILVA, D. J. da. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, 1981. 176 p.
- SINGH, S. P. Breeding for seed yield. In: CRUZ, J. L. **Padrão de acúmulo de matéria seca nos grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) e sua relação com rendimento**. Lavras: ESAL, 1992. 94p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais... Goiânia**, v.2, p.73-79, Oct. 1996.
- SOARES, A. G.; DELLA MODESTA, R.C.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação tecnológica de algumas cultivares de feijão visando avaliar as suas reais potencialidades de consumo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais... Goiânia: EMBRAPA/CNPAS**, v.1, p. 495-497, 1996.
- SRISUMA, N.; HAMMERSCHMIDT, R.; UEBERSAX, M. A.; RUENGSAKULRACH, S.; BENNIK, M. R.; HOSFIELD, G. L. Storage induced changes of phenolic acids and development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris*, var, seafarer). **Journal of the science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 1, p. 63-68, Jan. 1989.
- SRISUMA, N.; RUENGSAKULRACH, S.; UEBERSAX, M. A.; BENNINK, M. R.; HAMMERSCHMIDT, R. Cell wall polysaccharides of navy beans (*Phaseolus vulgaris*), **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C. v. 39, n. 5, p.855-858, Mar.1991.
- SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prumus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Food and Agriculture**, London, v. 10, n.1, p. 63-68, Jan.1959.
- TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: ESAL, 1992. 239p.
- THUNG, M.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CABRERA, J. L. D.; CARNEIRO, G. E. S. Evaluation of large seeded bean in Brazil. **Anual Report of the Bean Improvement cooperative (BIC)**, v. 43, p.140, 2000.

- TIBURCIO, G. T. Alteração na Composição Centesimal nos Polifenólicos e na Digestibilidade *in vitro* da Proteína em Seis Variedades de Feijão Alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) após Armazenamento. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Farmácia, 1992, 54p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- TOMÉ, P. H. F. Avaliação das qualidades tecnológicas de feijão *Phaseolus vulgaris* L. e do controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833), Coleoptera: Bruchiidae durante a exposição em atmosfera controlada pelo CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>. Lavras: UFLA, 1998. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- VIEIRA, C. O feijoeiro comum, cultura, doença e melhoramento. Viçosa: UFV, 1967. 220p.
- VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1965, Sç.2, p. 71-99.
- WHITEHEAD, C. S.; SWARDT, G. H. Extration and activity of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea neriifolia*, *South African Journal of Botany*, Pretória, v. 1, p. 127-130, 1982.
- WYATT, J. C. Seed coat and water absorption properties of seed of nearisogenic snap bean lines differing in seed coat color. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. St. Joseph, v.102, n. 4, p.478-480, Apr. 1977.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. *Manual do SANEST: sistema de análise estatística para microcomputadores*. Pelotas: UFP, 1991. 102p.

## ANEXOS

### LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Resumo das análises de variância dos teores de umidade, proteína, fibra e cinza das seis linhagens de feijão .....	53
2	Resumo das análises de variância da capacidade de absorção de água, polifenóis, lignina e peroxidase das, seis linhagens de feijão .....	53
3	Resumo das análises de variância da polifenoloxidase e digestibilidade protéica <i>in vitro</i> das seis linhagens de feijão	54
4	Resumo das análises de variância dos teores de cálcio, magnésio, ferro, cobre, fósforo, potássio, zinco, manganês e enxofre das seis linhagens de feijão .....	55

**TABELA 01** Resumo das análises de variância do teor de umidade, proteínas, fibra e cinzas dos feijões IAC-Carioca-Aruã, CI 107, G 2333, Amarelinho, Ouro Negro e Carioca 80.

Causas da Variação	Quadrados Médios				
	GL	Umidade	Proteínas	Fibra	Cinzas
Linhagens	5	3.9093**	6.0307NS	0.9773*	0.1465*
Resíduo	18	0.02870	1.9271	0.2583	0.0347
CV(%)		1.383	4.884	9.970	4.430

NS Não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**TABELA 02** Resumo das análises de variância da capacidade de absorção de água, polifenóis, lignina, peroxidase, dos feijões IAC-Carioca-Aruã, CI 107, G 2333, Amarelinho, Ouro Negro e Carioca 80.

Causas da Variação	Quadrados Médios				
	GL	Capacidade de Absorção de Água	Polifenóis	Lignina	Peroxidase
Linhagens	5	1835.8256 **	56849.1664**	0.3721**	29242.1245**
Resíduo	18	1.7692	268.7550	0.0208	897.0904
CV(%)		0.892	2.314	9.786	5.740

NS Não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F



**TABELA 03** Resumo das análises de variância da polifenoloxidase e digestibilidade *in vitro* dos feijões IAC-Carioca-Aruã, CI 107, G 2333, Amarelinho, Ouro Negro e Carioca 80.

Causas da Variação	Quadrados Médios		
	GL	Polifenoloxidase	Digestibilidade <i>In vitro</i>
Linhagens	5	936.3392**	190.1425**
Resíduo	18	17.0362	1.6061
CV(%)		5.494	2.175

NS Não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**TABELA 04** Resumo das análises de variância da cálcio, magnésio, ferro, cobre, fósforo, potássio, zinco, manganês, enxofre dos feijões IAC-Carioca-Aruã, CI 107, G 2333, Amarelinho, Ouro Negro e Carioca 80.

Quadrados Médios										
Causas da Variação	GL	Ca	Mg	Fe	Cu	P	K	Zn	Mn	S
Linhasgens	5	0.0030**	0.00097*	0.000002**	0.0000001**	0.00498**	0.07434**	0.0000002**	0.0000002*	0.000568**
Resíduo	18	0.0003	0.00015	0.0000001	0.0	0.00019	0.00510	0.0	0.0	0.000055
CV(%)		0.2572	5.940	3.898	6.212	3.4	4.173	3.267	4.987	6.170

NS Não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F