

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO DE MESTRADO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

GIOVANA ERMETICE DE ALMEIDA COSTA

Nutricionista

CORRELAÇÃO ENTRE VALOR NUTRITIVO E TEORES DE FIBRA ALIMENTAR
E AMIDO RESISTENTE DE DIETAS CONTENDO GRÃOS DE
ERVILHA (*Pisum sativum* L.), FEIJÃO-COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.),
GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.) E LENTILHA (*Lens culinaris* Med.)

PROF. ADMAR COSTA DE OLIVERIA

Orientador

CAMPINAS – SP

2005

GIOVANA ERMETICE DE ALMEIDA COSTA

Nutricionista

**CORRELAÇÃO ENTRE VALOR NUTRITIVO E TEORES DE FIBRA ALIMENTAR
E AMIDO RESISTENTE DE DIETAS CONTENDO GRÃOS DE
ERVILHA (*Pisum sativum* L.), FEIJÃO-COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.),
GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.) E LENTILHA (*Lens culinaris* Med.)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Mestre em Alimentos e Nutrição – Área de Nutrição Experimental e Aplicada à Tecnologia de Alimentos.

PROF. ADMAR COSTA DE OLIVERIA

Orientador

CAMPINAS – SP

2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

C823c Costa, Giovana Ermetice de Almeida
Correlação entre valor nutritivo e teores de fibra alimentar e amido resistente de dietas contendo grãos de ervilha (*Pisum sativum* L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Med.) / Giovana Ermetice de Almeida Costa. – Campinas, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Admar Costa de Oliveira
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Leguminosa. 2. Alimentos - Composição. 3. Fibras na nutrição humana. 4. Amido. I. Oliveira, Admar Costa de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Legumes, Food – Composition, Fiber in human nutrition, Starch

Área de concentração: Nutrição experimental e aplicada à tecnologia de alimentos

Titulação: Mestre em Alimentos e Nutrição

Banca examinadora: Admar Costa de Oliveira

Miguel Arcanjo Areas

Semíramis Martins Álvares Domene

Elaine Bahia Wutke

Data de defesa: Fev. 2005

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Admar Costa de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas
Membro

Prof. Dra. Semíramis Martins Alvares Domene
Membro

Prof. Dra. Elaine Bahia Wutke
Membro

*“Ninguém é tão sábio que não necessite aprender mais,
nem tão completo que possa dispensar outros
contributos para o seu crescimento íntimo”*

(Joanna de Angelis)

*“Se um dia tudo lhe parecer perdido, lembre-se que você nasceu sem
nada, e tudo que conseguiu foi através de esforços. E os esforços nunca
se perdem, somente dignificam as pessoas”*

(Charles Chaplin)

*Aos meus pais Décio e Vera pela
confiança e satisfação!*

AGRADECIMENTOS

À minha querida família (pais, irmãs, cunhados, sobrinha, avôs, tios, primos) por fazerem parte da minha vida e me ensinarem a perceber a importância da união familiar, e especialmente pela compreensão de todos nos momentos de ausência e dificuldades.

Ao meu companheiro e amigo, Cris, pelo amor e paciência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Admar pela orientação e intensa sabedoria contribuindo para realização deste trabalho.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas e ao Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (CNPq/EMBRAPA) pelo fornecimento das leguminosas.

À todos os amigos que contribuem de forma singular para a felicidade e coragem para enfrentar a jornada da vida.

Ao querido amigo Guto, ao Paulinho Guimarães do Grupo de Planejamento e Pesquisa – GPP, e ao Professor Emanuel Barbosa, pela realização da análise estatística e preciosas dicas para a construção deste trabalho.

Aos profissionais do Instituto Agrônomo de Campinas pelo auxílio na pesquisa bibliográfica.

Aos professores e colegas do DEPAN, em especial à Soely, que sempre esteve presente e receptiva, como uma “mãezona”, à Suzana (LEB) e à Célis pelo auxílio e cooperação.

À minha querida amiga e companheira de trabalho, Keila, em especial, por tudo que fez por mim. Pelo auxílio, conversas, risadas e angústias, e por ter compartilhado dos mais inusitados momentos na construção deste trabalho.

À Deus pela regência de nossas vidas e conforto espiritual!

SUMÁRIO

INDÍCE GERAL	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
ANEXOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	04
3 REVISÃO DA LITERATURA	05
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÕES	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE GERAL

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
ANEXOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	04
2.1 Objetivo Geral	04
2.2 Objetivos Específicos	04
3 REVISÃO DA LITERATURA	05
3.1 O estudo das fibras alimentares	05
3.2 Amido Resistente (AR)	08
3.3 Fonte de Fibras e Amido Resistente	09
3.4 Efeitos de Fibras e Amido Resistente no funcionamento intestinal	11
3.5 Valor nutricional da proteína de leguminosas	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Material	19
4.1.1 Fontes Protéicas para as dietas experimentais	19
4.1.2 Animais para Experimentação	20
4.2 Métodos	20
4.2.1 Determinações Químicas	20
4.2.1.1 Composição Centesimal das leguminosas	20
4.2.1.1.A Proteína	20
4.2.1.1.B Lipídeos Totais	21
4.2.1.1.C Umidade	21
4.2.1.1.D Cinzas	21
4.2.1.1.E Fibra Bruta	21
4.2.1.1.F Carboidratos	21

4.2.1.2 Fibra Alimentar Solúvel e Insolúvel contidas nos grãos das leguminosas e nas dietas	22
4.2.1.3 Amido Resistente contido nos grãos das leguminosas e nas dietas	22
4.2.2 Ensaio Biológico	22
4.2.2.1 Preparo das leguminosas	22
4.2.2.2 Dietas Experimentais	23
4.2.2.3 Determinação do Valor Nutritivo	25
4.2.3 Tratamento Estatístico	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Características Químicas dos Grãos das Leguminosas	27
5.2 Fibra Alimentar Solúvel e Insolúvel	28
5.3 Amido Resistente	30
5.4 Ensaio Biológico	31
6 CONCLUSÕES	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das fibras e substâncias semelhantes às fibras	06
Tabela 2. Composição das dietas experimentais (g/Kg dieta)	23
Tabela 3. Composição centesimal das leguminosas (g/100 g)	27
Tabela 4. Valores de Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) das leguminosas (g/100 g).	29
Tabela 5. Valores de Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) das dietas experimentais (g/100 g).	29
Tabela 6. Valores de Amido Resistente (g/100 g), em base seca, das leguminosas cruas e cozidas liofilizadas.	31
Tabela 7. Valores de Amido Resistente (g/100 g), em base seca, das dietas experimentais.	31
Tabela 8. Digestibilidades Aparente (DA) e Digestibilidade Protéica Corrigida pela Dieta Aprotéica (DCDA) de dietas contendo caseína, ervilha, feijão-comum e grão-de-bico, utilizadas como fontes protéicas ($12,7 \pm 0,3\%$), em dietas com formulação AIN 93-G para ratos Wistar, durante Balanço de Nitrogênio de 6 dias.	32
Tabela 9. Coeficientes de Correlação entre Fibra Alimentar Insolúvel (FAI), Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Amido Resistente (AR) e os indicadores de valor nutritivo da proteína das dietas experimentais.	33
Tabela 10. Consumo de dieta (g), ganho de peso (g) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) dos ratos Wistar alimentados com dietas experimentais por 10 dias.	35
Tabela 11. Quociente de Eficiência Protéica Líquida (NPR) de caseína, ervilha, feijão-comum, grão-de-bico e lentilha, utilizadas como fontes protéicas ($12,7 \pm 0,3\%$), em dietas com formulação AIN 93-G para ratos Wistar, durante Balanço de Nitrogênio de 10 dias.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grãos crus de Ervilha Maria (<i>Pisum sativum L.</i>)	19
Figura 2. Grãos crus de Feijão-comum carioca ETÉ(<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	19
Figura 3. Grãos crus de Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum L.</i>)	19
Figura 4. Grãos crus de Lentilha Silvina (<i>Lens culinaris Med.</i>)	19
Figura 5. Ratos albinos da linhagem Wistar	20
Figura 6. Gaiolas individuais de crescimento / Laboratório de Ensaio Biológicos do Departamento de Alimentos e Nutrição da UNICAMP.	24
Figura 7. Pesos dos ratos Wistar com 4 dias de adaptação (peso inicial) e após 10 dias de experimentação (peso final) alimentados com dietas experimentais ($p < 0,05$).	36

ANEXOS

Anexo I -	Anexo 1 – Metodologia para Determinação de Fibra Solúvel e Insolúvel (AOAC, 1995)	54
Anexo II -	Anexo 2 – Metodologia para Determinação de Amido Resistente (Faisant, 1995)	57
Anexo III -	Anexo 3 – Protocolo de aprovação da Comissão de Ética na Experimentação Animal – CEEA (Protocolo n° 248-2)	59
Anexo IV -	Carta de aceitação da revista Food Chemistry para publicação do artigo “Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes”.	61

RESUMO

O baixo valor nutritivo das proteínas de leguminosas representa um de seus maiores problemas, sendo tipicamente inferior ao das proteínas animais. Alguns fatores responsáveis são conhecidos, porém, tem sido conferida alguma atenção à ação das fibras alimentares e substâncias semelhantes no organismo, embora os estudos sejam poucos. Neste estudo foram determinados o valor nutritivo e os teores de fibra alimentar e amido resistente de dietas contendo grãos das leguminosas: ervilha (*Pisum sativum* L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Med.). As leguminosas foram utilizadas como fonte protéica (12%) das dietas fornecidas *ad libitum* em ensaio biológico de 14 dias, utilizando-se 96 ratos albinos machos da linhagem Wistar, com 21-23 dias de vida e peso de 45-50g. Foram realizados também tratamentos para controle contendo caseína igualmente ao nível protéico de 12% e aprotéico para fins corretivos. Conforme os dados de Digestibilidade Aparente e Corrigida pela Dieta Aprotéica (DA e DCDA, respectivamente), Quociente de Eficiência Protéica Líquida (NPR) e Eficiência Alimentar (QEA), o grão-de-bico foi a leguminosa de maior destaque devido aos teores próximos aos da dieta contendo caseína, reconhecida por sua qualidade nutricional e por não ter sido detectada fibra solúvel nos seus grãos. Os resultados obtidos com a dieta contendo grão-de-bico foram $74,80 \pm 3,29\%$ para DCDA, $4,28 \pm 0,41$ para o NPR, e $0,47 \pm 0,05$ para o QEA, enquanto que os da dieta contendo caseína foram $85,21 \pm 2,97\%$ para DCDA, $4,24 \pm 0,41$ para o NPR, e $0,48 \pm 0,05$ para o QEA. Para o valor nutritivo de dietas contendo ervilha também se constatou qualidade da proteína, pois se por um lado foi obtida digestibilidade inferior à dos demais grupos (à exceção da dieta de feijão-comum), por outro, os resultados de NPR ($4,53 \pm 0,71$) e de QEA ($0,47 \pm 0,10$), indicadores da qualidade e eficiência da proteína da dieta e da dieta, respectivamente, foram equivalentes ou até superiores aos do grupo controle. O valor nutritivo do feijão-comum e da lentilha foi inferior ao das leguminosas ervilha e grão-de-bico, sendo que a eficiência nutricional dos alimentos pode em parte estar relacionada à quantidade presente de fibras e substâncias semelhantes. Para fibra alimentar solúvel verificou-se correlação negativa significativa para todos os índices de valor nutritivo, indicando ser este um dos fatores responsáveis pela

diminuição da digestibilidade de proteína ($r = -0,6582$, $p < 0,001$), especialmente no caso da dieta de feijão-comum que demonstrou os maiores conteúdos de fibra alimentar solúvel ($1,41 \pm 0,15$ g/100g) e os menores valores de digestibilidade ($47,59 \pm 10,04\%$). Maiores conteúdos de Fibra Alimentar Insolúvel foram associados ao menor Quociente de Eficiência Protéica Líquida – NPR, ($r = -0,5296$, $p < 0,001$), mas sem correlação significativa com a digestibilidade de proteína. Houve correlação positiva entre os teores de Amido Resistente nas dietas e a digestibilidade ($r = 0,7098$, $p < 0,001$), com melhoria da digestão da proteína fornecida nas dietas experimentais.

ABSTRACT

The low nutritional value of legumes proteins represents one of its notable problems, being typically lower than animal proteins. Some responsible factors are known, however some attention has been given to the action of dietary fibers and similar substances in the organism, even so the studies are few. In this study, the nutritional value and dietary fiber and resistant starch levels of legumes grains: pea (*Pisum sativum* L.), common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) e lentil (*Lens culinaris* Med.) were determined. Legumes were used as protein source (12%) of the diets supplied *ad libitum* in a biological assay of 14 days using 96 male albino Wistar rats with 21 to 23-days-old and 45-50g weight. Control treatments with casein also having protein level of 12% and free-protein diet for corrective proposals had been carried. According to the data of apparent digestibility and corrected by the free-protein diet (DA and DCDA, respectively), Net Protein Ratio (NPR) and Quotient of Alimentary Efficiency (QEA), chickpea was the leguminous of higher prominence due to values next to the ones of the casein diet recognized for yours nutritional quality and for not having been detected soluble fiber in its grains. The results founded for the diet containing chickpea were $74.80 \pm 3.29\%$ for DCDA, 4.28 ± 0.41 for the NPR, and 0.47 ± 0.05 for the QEA, while the results for the diet containing casein were $85.21 \pm 2.97\%$ for DCDA, 4.24 ± 0.41 for the NPR, and 0.48 ± 0.05 for the QEA. For the nutritional value of diets containing pea, protein quality was also verified, because if by one side it was founded a lower digestibility in comparison to the other groups (with exception to common-bean diet), on the other hand, the results of NPR (4.53 ± 0.71) and QEA (0.47 ± 0.10) indicators of quality and efficiency of the diet protein and the diet, respectively, values were equal or even higher than the control group. The nutritional value of common-bean and lentil were lower than the peas and chickpea legumes, considering that nutritional efficiency of foods can be, at least in part, associated with the levels of dietary fiber and related substances. For soluble dietary fiber it was verified significantly negative correlation for all nutritional value indices, indicating to be one of the responsible factors for diminishing the protein digestibility ($r = -0,6582$, $p < 0,001$), especially for the diet containing common-bean, that has the highest contents of soluble dietary fiber (1.41 ± 0.15 g/100g) and the lowest values of digestibility ($47.59 \pm 10.04\%$). Higher levels of insoluble dietary fiber were associated with

lower Net Protein Ratio – NPR ($r = -0.5296$, $p < 0.001$) but without significantly correlation with protein digestibility. There was positive correlation between resistant starch contents in the diets and digestibility ($r = 0,7098$, $p < 0,001$), improving the digestion of the protein supplied by the experimental diets.

1 INTRODUÇÃO

As leguminosas são plantas dicotiledôneas caracterizadas pela frutificação em vagens, pertencentes à família *Leguminosae* composta de 600 gêneros e 13.000 espécies, aproximadamente. Apesar desse número expressivo somente algumas espécies são consideradas economicamente importantes como alimentos de alto teor de proteína e baixo custo, sendo amplamente consumidas pela humanidade ao longo dos séculos (Fahl *et al.*, 1998). As leguminosas de grãos constituem a principal fonte de proteína na dieta humana em muitas partes do mundo tropical e subtropical fazendo parte dos hábitos de consumo da população.

Cerca de 20 espécies de leguminosas são usadas como grãos secos, em quantidades apreciáveis na alimentação humana. Entre elas, a ervilha (*Pisum sativum* L.) é altamente consumida em países asiáticos, o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em países da América Latina e da África, o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na Índia e a lentilha (*Lens culinaris* Med.) nos países do Oriente Médio (Morrow, 1991).

O consumo de leguminosas é crescente a cada ano, porém as leguminosas de inverno – ervilha, lentilha e grão-de-bico – são pouco consumidas no Brasil, e a produção nacional ainda é pequena, sendo a maioria importada segundo informação do Instituto Agronômico de Campinas. O país importa quase a totalidade da lentilha destinada ao consumo, principalmente do Canadá, Argentina e Estados Unidos. Cerca de 3.000 toneladas de grão-de-bico são importadas anualmente, principalmente do México e do Chile. E a ervilha até os anos 80, era quase totalmente importada; atualmente toda a demanda pode ser atendida pela produção nacional. O feijão-comum é o produto alimentício mais popular e conhecido, tendo sido considerado por muito tempo, o alimento básico de maior importância para a população brasileira, tanto da zona rural como das cidades. Atualmente, o cultivar mais conhecido, difundido e plantado nos principais Estados produtores de feijão, é o “Carioca” ou um de seus derivados, que foram se destacando nos programas de pesquisa em melhoramento genético. Em continuidade ao desenvolvimento de cultivares do tipo Carioca, nos últimos anos, novas variedades com diferentes características, possibilidade de colheita mecânica, e mais resistentes aos patógenos prevalentes nas regiões de cultivo, foram disponibilizadas aos produtores, e em 1999, por

exemplo, foi lançado o IAC Carioca Eté, com alta produtividade e resistência às principais moléstias (Pompeu *et al.*, 1999)

Em geral, as leguminosas são fontes de carboidratos complexos, proteína, fibra alimentar, possuindo teores significativos de vitaminas e minerais e alto valor energético (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Morrow, 1991; Nielsen, 1991,). O conteúdo de proteína nos grãos das leguminosas varia de 17 a 40%, em contraste com 7 a 13% nos grãos dos cereais, e equiparando-se ao teor protéico de carnes (18-25%) (Genovese & Lajolo, 2001; IBGE, 1996). Em alguns estudos tem sido reportado baixo valor nutritivo para leguminosas com considerável influência da digestibilidade de proteína nesses resultados. Muitos fatores vêm sendo analisados, incluindo-se a presença de estruturas protéicas resistentes à digestão, bem como a presença de antinutrientes como inibidores enzimáticos, lectinas, fitatos, taninos, e também as fibras alimentares (Pereira & Costa, 2002; Wong & Cheung, 1998; Hughes, 1991; Nielsen, 1991).

Além das leguminosas serem consideradas uma fonte protéica relativamente barata e ao alcance da população, tem-se a vantagem adicional de serem boa fonte de fibra alimentar sendo proporcionados os benefícios à saúde relacionados a estes compostos, merecendo maior incentivo ao seu consumo e produção.

Considerando as propriedades estudadas a respeito das fibras alimentares, nota-se que muitas são as qualidades atribuídas a elas. Entretanto, ainda há poucos estudos em que se relaciona o tipo de fibra oferecida na dieta, bem como outros carboidratos com propriedades semelhantes às das fibras – como o amido resistente, com o teor estabelecido destes nutrientes em leguminosas, avaliando-se seu valor nutritivo.

Desta forma, neste estudo, os teores de fibra alimentar e de amido resistente contidos nas leguminosas, ervilha (*Pisum sativum* L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Med.) foram determinados e correlacionados com o valor nutritivo de dietas, utilizando 96 ratos machos Wistar recém-desmamados (21-23 dias) em ensaio biológico, avaliando-se, por cálculos das correlações entre variáveis, a influência destes nos Quocientes de Eficiência Alimentar (QEA) e de Eficiência Protéica Líquida (NPR), e na digestibilidade protéica.

Para tanto, foram realizados quatro (4) tratamentos durante 14 dias com dietas experimentais segundo a formulação da AIN 93-G (16 ratos/dieta). O teor de proteína para compor a dieta foi ajustado para 12%, empregando-se como fonte de proteína, de fibra alimentar e de amido resistente as leguminosas em estudo. Foi utilizada dieta controle (caseína), e dieta aprotéica para fins corretivos.

2 OBJETIVO

2.1 - Objetivo Geral

- ◆ Estudar a correlação entre valor nutritivo da proteína e teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel, bem como amido resistente, apresentados pelas dietas experimentais contendo os grãos das leguminosas: ervilha (*Pisum sativum* L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilha (*Lens culinaris* Med.).

2.2 - Objetivos específicos

- ◆ Determinar os teores de Fibra Alimentar Solúvel, Fibra Alimentar Insolúvel e Amido Resistente, contidos nos grãos das leguminosas cruas, cozidas liofilizadas e dietas experimentais;
- ◆ Elaborar dietas experimentais isoenergéticas e isoprotéicas;
- ◆ Avaliar a digestibilidade protéica das leguminosas;
- ◆ Determinar os Quocientes de Eficiência Alimentar (QEA) e de Eficiência Protéica Líquida (NPR) das dietas experimentais.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O estudo das fibras alimentares

Os benefícios das fibras alimentares para manutenção da saúde, prevenção de doenças e também como um componente da terapia médico nutricional, – podendo estas ser obtidas através dos alimentos – têm sido demonstrados.

O estudo sobre fibras foi enfatizado na década de 70 principalmente com os questionamentos dos pesquisadores Denis Burkitt e Hugh Trowell acerca das diferenças entre as patologias existentes no Leste da África em comparação às comunidades ocidentais. Naquela época o conhecimento sobre os benefícios das fibras ainda era pouco, mas se sabia que: “dietas ricas em alimentos contendo material da parede celular de plantas em seu estado natural são protetoras contra uma série de doenças prevalentes nas comunidades ocidentais afluentes, como por exemplo, diabetes, doenças coronarianas, obesidade, doenças da vesícula biliar, doença diverticular e câncer de intestino grosso” (Johnson & Southgate, 1994).

A partir dessas indagações, as pesquisas sobre fibras e os componentes relativos ao conteúdo não absorvível dos alimentos, tomaram proporção mais significativa e outros pesquisadores iniciaram suas investigações procurando também elaborar métodos eficientes para sua determinação. Durante as últimas décadas os conceitos foram aprimorados e, novas definições atribuídas.

O conceito de fibra, originalmente definido como restos indigeríveis de plantas, evoluiu nos últimos anos. Segundo Roberfroid (1993), fibra alimentar é um termo genérico e abrange uma ampla variedade de substâncias que pertencem à família dos carboidratos que são resistentes à hidrólise pelas enzimas alimentares humanas do ponto de vista digestivo, mas que são fermentados pela microflora colônica e assim podem proporcionar efeitos benéficos à saúde.

As fibras possuem diferentes propriedades físicas e vários efeitos fisiológicos, podendo ser classificadas conforme sua hidrossolubilidade, viscosidade, capacidade de retenção de água e ligação aos minerais e moléculas orgânicas. A principal característica

para sua classificação se baseia na hidrossolubilidade (Tabela1); dessa forma são agrupadas em fibras solúveis – pectinas, gomas, mucilagens e hemicelulose tipo A e insolúveis – celulose, lignina, hemicelulose tipo B (Stark & Madar, 1994).

Tabela 1. Classificação das fibras e substâncias semelhantes às fibras

FIBRAS	Fibras Insolúveis (Não hidrossolúveis)	Ligninas Celulose Hemicelulose – tipo B
	Fibras Solúveis (Hidrossolúveis)	Hemicelulose – tipo A Pectinas Gomas Mucilagens
Substâncias Semelhantes às Fibras	Maioria Hidrossolúveis	Inulina Frutooligossacarídeos Amido Resistente Açúcares não absorvíveis

Adaptado de Roberfroid (1993)

De fato, todas as fibras são capazes de, em um meio líquido, captar água até um determinado limite na dependência da sua solubilidade. Nas fibras solúveis a água é incorporada rapidamente e são facilmente decompostas no intestino grosso, sendo que entre 70 e 90% da quantidade ingerida são intensamente decompostas pelas bactérias do cólon; ao contrário das fibras insolúveis, com menor capacidade de incorporação de água, são dificilmente degradadas pelas bactérias, sendo por isso eliminadas praticamente intactas (Borgia *et al.*, 1983).

O carboidrato é o constituinte padrão das fibras alimentares, entretanto, a lignina – polímero fenólico que propicia à parede celular rigidez e impermeabilidade à água, tornando-a insolúvel, – é o único composto que não é um polissacarídeo, mas é também definido como fibra alimentar (ADA, 1997; Johnson & Southgate, 1994). A lignina é constituída por polímeros altamente complexos, sendo o único tipo de fibra alimentar não digerível pelas enzimas e bactérias da microbiota intestinal.

A parede celular das diferentes partes das plantas – folhas, raiz, caule, semente, flor é composta de diversos tecidos, com características próprias em cada região. A fibra alimentar em uma dieta mista, e de fato em muitos alimentos, é derivada de estruturas das

paredes celulares compostas de forma variada, dependendo da espécie, do órgão da planta, da maturidade e quantidades de alimentos vegetais consumidos (Southgate, 1992).

Na matriz de polissacarídeos que formam a parede celular incluem-se os polissacarídeos solúveis em água – designados substâncias pécticas, polissacarídeos insolúveis em água e solúveis em álcalis – denominados hemiceluloses que são, polissacarídeos ramificados, incluindo-se xiloglucano, arabinoxilano, glucomanano, xilano, calose e outros e, ainda, as celulosas, compostos insolúveis tanto em água quanto em álcalis. Essas três frações compõem estruturalmente as fibras alimentares, no entanto, algumas substâncias classificadas como fibras não fazem parte da estrutura da parede celular, mas são classificadas como fibras por suas características físico-químicas. Essas substâncias são conhecidas como gomas e mucilagens, que são heteropolissacarídeos ramificados, de alto peso molecular, formados por distintos tipos de monossacarídeos. Apresentam grande solubilidade em água – pela característica hidrofílica de suas ramificações, sendo provenientes de diversas plantas, dos exsudatos produzidos por elas – gerados por danos físicos e, a partir de algas (Rupérez & Bravo, 2001).

Algumas substâncias, tais como inulina, frutooligossacarídeos, amido resistente e açúcares não absorvíveis, também apresentam características semelhantes às das fibras e recentemente foi proposto classificá-las como pertencentes a este mesmo grupo. Essas substâncias, normalmente presentes na dieta, também são indigeríveis pelas enzimas humanas, sendo fermentadas quase na totalidade no cólon (Slavin, 2003; Gibson, 1999; Jenkis *et al*, 1999; Roberfroid, 1999).

De acordo com Slavin (2003), pode ser definida como Fibra Alimentar Total a soma de todos os carboidratos não digeríveis e a lignina, que são intrínsecos e intactos nos vegetais, e os carboidratos não digeríveis e isolados, cujos efeitos fisiológicos são benéficos ao organismo humano.

3.2 Amido Resistente (AR)

Na literatura científica, assim como para as fibras, também tem sido destacada a função do amido resistente – AR, por sua resistência à hidrólise enzimática e efeitos semelhantes às fibras.

De acordo com o EURESTA – European Resistant Starch Research Group, o AR foi definido como sendo a soma do amido e dos produtos da degradação do amido não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis.

Existem basicamente três tipos de AR: – tipo I: é o amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente os grânulos de amido presos no interior de células devido à parede celular, sendo resistentes simplesmente porque não há acesso das enzimas digestivas a eles, podendo ser afetados pela mastigação e processos de moagem. – tipo II: é o amido nativo que se encontra principalmente em alimentos não cocionados; sua resistência às enzimas é atribuída à sua forma compacta e estrutura parcialmente cristalina, que pode, naturalmente, ser superada pela gelatinização. – tipo III: é formado durante a retrogradação do amido; embora esse tipo consista principalmente em amilose retrogradada, há indícios de que o aumento da resistência enzimática também deva ser considerado pela retrogradação da amilopectina (Delcour & Eerlingen, 1996). Um quarto tipo de AR – do tipo IV, que seria o amido modificado quimicamente, também pode ser constatado (Asp *et al.*, 1996).

É válido ressaltar que as moléculas de amilose e amilopectina constituintes dos carboidratos – amido, são agrupadas, formando-se grânulos cuja forma, tamanho e zonas cristalinas são diferenciadas conforme a origem do amido. Quando aquecidos e em presença de água pode ser verificado um poder absorvivo desses grânulos até uma capacidade de 2000%, com aumento de seu volume até a um ponto em que não há mais presença de água livre na solução pois toda água presente está ligada às cadeias de amilose e amilopectina; esse sistema torna-se viscoso e, com o resfriamento, torna-se gel – geleificação. Na formação do gel, pode haver aproximação suficiente e união das moléculas de amilose para formação de zonas micelares cristalinas, sendo esse processo denominado retrogradação, o que significa nova ligação no grão de amido de partes cristalizadas, como aquelas destruídas na formação do gel (Bobbio, 1984).

Segundo Niba, 2003, alguns fatores interferem na formação do AR, como por exemplo, métodos de conservação do alimento – refrigeração, congelamento, de processos térmicos – frituras, cocção, microondas, e de outros como a procedência, local de cultivo, estocagem. A estrutura física do amido, condições de processamento como umidade, pH e temperatura, mastigação, tempo de trânsito intestinal, presença de inibidores de amilase nos alimentos, e interações com outras estruturas como proteínas e lipídeos também são fatores de interferência na formação de amido resistente (Hoover & Zhou, 2003; Tharanathan & Mahadevamma, 2003)

Dessa forma, muitas são as possibilidades de modificação da estrutura do amido e muito estudo ainda deve ser realizado para melhor caracterizar e conhecer os componentes alimentares ingeridos popularmente e, assim serem compreendidas suas ações no organismo humano. Tecnicamente é possível aumentar o conteúdo de AR em alimentos pelas alterações das condições de processamento, proporcionando-se efeitos desejáveis como, por exemplo, a substituição de gordura, diminuindo-se seus teores. Seu benefício funcional pode ser associado às propriedades vinculadas a esses compostos, de diminuir o fornecimento de energia pela sua ação espessante e diminuir o tempo de liberação de carboidratos, sendo potencialmente benéfico no caso de indivíduos diabéticos que necessitam de um controle mais rigoroso da glicemia. (Tharanathan & Mahadevamma, 2003). A presença de AR em alimentos supõe uma redução do aporte energético, proporcionando entre 2 e 3 kcal/g, em comparação ao valor médio de 4 kcal/g considerado para o amido digerível (Ranhotra *et al.*, 1996; Stephen *et al.*, 1995).

3.3 Fonte de Fibras e Amido Resistente

As fibras alimentares, na maior parte, são o material das paredes celulares das plantas. Os grãos integrais e as leguminosas são particularmente “ricos” em fibras. Entretanto, todas as verduras, frutas, nozes e algas marinhas contêm fibras em menores proporções. A maioria das frutas e vegetais contêm menos de 2 g/porção de fibra total e grande parte dos produtos com grãos refinados contêm menos de 1 g/porção (Marlett & Cheung, 1997).

A Tabela de Composição de Alimentos – IBGE (1996) reporta os teores de fibra bruta das leguminosas (g/100g): ervilha – 4,7, feijão – 4,3, grão-de-bico – 3,4 e lentilha – 3,2. Segundo Li *et al.* (2002), leguminosas cozidas apresentam maior conteúdo de fibra alimentar total, e teores de fibra insolúvel mais altos em relação aos demais grupos de alimentos. A quantidade de fibra solúvel geralmente é baixa perfazendo um total médio de 0,45%. Conteúdo apreciável de amido resistente pode também ser encontrado nas leguminosas (Lintas & Cappeloni, 1992; Tovar *et al.*, 1990).

Estudando o efeito do processamento térmico sobre a fibra alimentar de grão-de-bico (*Cicer arietinum*), feijão roxo (*Phaseolus vulgaris*) e lentilha (*Lens culinaris*), Vidal-Valverde & Frias (1991) observaram que após o embeбimento e cozimento dos grãos por ebulição ou sob pressão houve aumento significativo de fibra insolúvel em grão-de-bico e feijão roxo, sob pressão, possivelmente pela diminuição dos teores de fibra solúvel. O teor de hemicelulose aumentou significativamente no cozimento normal de grão-de-bico e, ao contrário, diminuiu em feijão roxo e lentilha.

Méndez *et al.* (1993) analisaram fibra solúvel e insolúvel de feijões submetidos ao embeбimento e cocção sob pressão e encontraram aumento nos valores da fração fibra e de seus componentes. Veena *et al.* (1995) relataram que a fermentação, germinação e cozimento sob pressão das leguminosas grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), caupi (*Vigna unguiculata*) e “greengram” (*Vigna radiata*) tendem a aumentar o teor de fibra alimentar total comparado com os teores das leguminosas cruas, provavelmente devido à presença de amido resistente e resíduos de fibra.

Todos os alimentos de origem vegetal contribuem com o teor de fibras na dieta, porém sua importância varia de acordo com as concentrações presentes e a quantidade ingerida. A dieta do brasileiro tem na mistura “arroz e feijão” pequena parte do aporte de fibras recomendado e ainda assim, quando complementada de frutas e outros vegetais, muitas vezes não atingem a recomendação, segundo a American Heart Association, de 25-35 g de fibras/dia para adultos saudáveis.

As leguminosas contêm geralmente 30-40% de amilose sendo que quando levadas à cocção tendem a retrogradar mais rapidamente e desta forma apresentar conteúdos significativos de amido resistente tipo III (Tharanathan & Mahadevamma, 2003). Tovar & Melito (1996), estudaram a formação de amido resistente de feijões crus e submetidos ao

processamento térmico, observando que os teores encontrados para o material cozido foram consideravelmente mais altos do que os valores encontrados para a leguminosa crua, chegando a 10 vezes mais.

Em estudo realizado por Siljestrom & Björck (1990) ao analisar o teor de amido resistente de algumas leguminosas, foi encontrado um conteúdo aproximado de 6% do total de amido. Em purês infantis autoclavados, à base de ervilha, esses autores reportaram que, o teor de amido resistente pode alcançar 8% do amido total.

A fração de amido resistente encontrada nos alimentos atraiu a atenção dos pesquisadores uma vez que a determinação *in vitro* de fibras alimentares é distorcida pela presença de AR. Este fato é particularmente importante, pois a resistência é altamente afetada pelo processamento. Os alimentos que são submetidos ao processo térmico e em seguida resfriados, contém mais amido resistente devido a retrogradação conforme demonstram os estudos de Hoover & Zhou (2003); Osorio-Diaz *et al.* (2003); Ratnayake *et al.* (2001). Entretanto, a importância nutricional de amido resistente em leguminosas ainda precisa ser melhor avaliada.

3.4 Efeitos de Fibras e Amido Resistente no funcionamento intestinal

Muitas evidências dos efeitos benéficos da fibra alimentar e do amido resistente têm sido aceitas. A hipótese é baseada numa série de propostas a respeito do comportamento e efeitos das paredes celulares de polissacarídeos no intestino delgado durante a digestão, e no intestino grosso durante a formação e passagem das fezes. Os efeitos fisiológicos das paredes celulares de polissacarídeos têm sido amplamente estudados em humanos e animais de laboratório, e uma grande gama de conhecimento foi adquirida sobre a biologia dos intestinos. Está claramente estabelecido que a parede celular de polissacarídeos e substâncias que resistem à digestão como o amido resistente podem afetar o funcionamento de todo o trato digestivo, e de certa forma modificar os processos metabólicos nos quais os intestinos estão envolvidos. Contudo, os polissacarídeos são divergentes no que diz respeito às características biológicas e físicas, como foi descrito anteriormente, proporcionando diferentes efeitos.

Os resíduos alimentares são conduzidos pelo trato digestivo através de contrações musculares precisas, e uma consequência importante da ingestão de fibras e substâncias semelhantes, é a relação entre a motilidade intestinal e as propriedades físicas destes compostos remanescentes. A maioria dos efeitos encontrados na ação destes compostos é benéfica ou neutra, porém ocasionalmente alguns efeitos adversos tais como obstrução do trato alimentar e diminuição da absorção de nutrientes, são reportados (Johnson & Southgate, 1994). Entretanto, Nicklas *et al.* (2000) ao avaliar o impacto da ingestão de lipídeos e fibra, na energia e ingestão de nutrientes, em adolescentes, observou que a pouca ingestão de gordura e elevada ingestão de fibras teve um impacto mínimo no conteúdo energético ingerido e não afetou a ingestão de nutrientes. Adversamente à teoria da diminuição da absorção de nutrientes, o consumo elevado de fibra foi associado com possível maior ingestão adequada das vitaminas A, B6, B12, e C, niacina, tiamina, riboflavina, folacina, magnésio, ferro, zinco, fósforo e cálcio.

De acordo com Eastwood & Morris (1991) os aspectos envolvidos no efeito das fibras na morfologia e função intestinal se devem principalmente a dois fatores: alterações do tecido epitelial do trato digestivo e atividade das enzimas associadas aos processos digestivos. Isto porque qualquer dieta que altere a superfície da mucosa, a velocidade de trânsito, hipertrofia ou hiperplasia das células, provavelmente ocasionará mudanças na atividade enzimática associadas ao intestino. Dependendo do tipo de fibra as mudanças podem ser mais ou menos significativas na alteração do número de células produtoras de enzimas ou na própria célula. O mais comum é atribuir-se às fibras em geral a capacidade de diminuir o aproveitamento de macronutrientes por diminuir a atividade do sistema de transporte e das enzimas líticas (Eastwood, 1990; Gordon, 1990).

A ação primária das fibras no organismo humano ocorre no trato gastrintestinal, apresentando efeitos fisiológicos diferentes. De acordo com Roberfroid (1993) qualquer efeito da fibra alimentar na digestão se deve primordialmente ao seu comportamento gástrico ou no intestino delgado. A taxa de esvaziamento gástrico é influenciada pelas fibras sendo este efeito decorrente da sua viscosidade. Sendo assim as fibras que apresentam maior capacidade de incorporação de água (solúveis) apresentam maior viscosidade retardando o esvaziamento gástrico, ao contrário das fibras que incorporam pouca água (insolúveis) que diminuem o tempo de trânsito. Em geral, as fibras solúveis retardam o trânsito através do estômago e intestino delgado, são facilmente fermentadas pelas bactérias no intestino grosso e não promovem efeito laxativo. Já as fibras insolúveis

apresentam capacidade laxativa, e são lentamente fermentadas ou não sofrem nenhuma fermentação (ADA, 1997).

No que tange às alterações da função intestinal, três pontos devem ser considerados: 1-Modificações na hidrólise e absorção de carboidratos são evidenciadas levando a uma diminuição da resposta glicêmica e por conseqüência, à insulinemia; 2-Alguns estudos reportam a ação das fibras sobre os ácidos biliares supondo-se que o “seqüestro” de ácidos biliares pelas fibras os tornaria indisponíveis para absorção de lipídeos e colesterol, alterando as concentrações lipídicas no sangue; e 3-A ligação das fibras com cátions minerais – como por exemplo o cálcio, magnésio, ferro, cobre e zinco – poderia influenciar a sua absorção, porém a hipertrofia da parede intestinal proporcionada pelas fibras aumentaria a capacidade de absorção (Hughes *et al.*, 1996).

De fato, os efeitos fisiológicos causados pelas fibras como alteração do trânsito gastrintestinal, alteração da sensação de saciedade, ação no nível de colesterol sanguíneo, glicemia e insulina pós-prandial, flatulência e alteração na biodisponibilidade de nutrientes são decorrentes de um conjunto de propriedades físicas desempenhadas em função dos componentes químicos que as compõem (Hopewell *et al.*, 1993; Institute of Food Technologists, 1989; Lajolo *et al.*, 1988).

Com a função de restaurar partículas não absorvidas no lúmen intestinal e resíduos alimentares que escaparam à digestão e absorção no intestino delgado, o cólon possui ainda o objetivo de formar as fezes para eliminação do conteúdo inaproveitável. Neste sentido, a parede celular de polissacarídeos contribuiria para aumentar o bolo fecal uma vez que não pode ser absorvida. O cólon e ceco apresentam microflora contendo mais de 500 tipos de bactérias e o ambiente colônico é pobremente abastecido de nutrientes sendo que os carboidratos não absorvíveis provêm a maior parte dos substratos para o crescimento e metabolismo da flora intracolônica. As bactérias do ceco e do cólon podem hidrolisar, total ou parcialmente, muitos tipos de fibras e fermentar, anaerobicamente, os monossacarídeos resultantes. Essa massa bacteriana contribui significativamente para a fisiologia humana resgatando materiais orgânicos não absorvidos (Johnson & Southgate, 1994).

Burkitt e outros propuseram uma série de mecanismos hipotéticos para explicar a etiologia de muitas doenças do intestino grosso e algumas condições associadas ao trato gastrintestinal. A idéia central era focada no fato de que a constipação aumenta a pressão

intracolônica e prolonga o tempo de esforço durante a evacuação, sendo proposto que o estresse físico crônico associado à altas pressões causaria mudanças degenerativas na parede coloretal e também em grandes veias do baixo abdômen e pernas, eventualmente aumentando o aparecimento de hemorróidas, diverticulites, veias varicosas, etc. Atualmente sabe-se que a ingestão de fibras insolúveis reduz o tempo de trânsito no cólon (Stark & Madar, 1994; Roberfroid, 1993), mas apenas quando o tempo de trânsito é, inicialmente, de mais de 2,5 a 3 dias (ADA, 1997) e que este efeito é o resultado da ação de aumento de volume. As fibras insolúveis, tipicamente, aumentam o peso e o volume fecais, uma vez que elas não se degradam no cólon e podem reter água dentro de uma matriz levando a um aumento do teor de água das fezes e conseqüentemente amolecendo-as. E de fato podem aumentar a freqüência da evacuação quando ela é, inicialmente, baixa (menos de uma vez por dia), para uma vez por dia (ADA, 1997).

Normalmente, as fibras solúveis não diminuem o tempo de trânsito no cólon. Entretanto, uma fibra altamente fermentável, pode acelerar o trânsito no cólon devido aos efeitos dos ácidos graxos de cadeia curta (Topping & Clifton, 2001; Stark & Madar, 1994; Roberfroid, 1993). As fibras solúveis perdem sua capacidade de reter água (geleificação) durante a fermentação e, portanto, julga-se que elas tenham um pequeno efeito sobre o peso fecal. Todavia, as fibras altamente fermentáveis podem aumentar a massa bacteriana e os gases nas fezes, o que, por sua vez, poderia aumentar o peso e o volume das fezes. As fibras solúveis, fermentadas, também têm o potencial de aumentar a água e a consistência macia das fezes, uma vez que as fezes contêm altos níveis de gases e bactérias (Roberfroid, 1993).

Os principais produtos finais da fermentação das fibras são ácidos graxos de cadeia curta, gases (hidrogênio, dióxido de carbono e metano) e energia. Entre os ácidos graxos de cadeia curta, o acetato é o mais abundante, seguido do propionato e do butirato. A fermentação da inulina e frutooligossacarídeos produz altos níveis de ácido lático, o que abaixa, visivelmente, o pH do cólon (Topping & Clifton, 2001; Roberfroid & Delzenne, 1998). Os ácidos graxos de cadeia curta são absorvidos pelo epitélio do cólon. Uma vez dentro do epitélio, eles são usados como "combustível" (butirato) ou passam para dentro da veia portal (principalmente acetato e propionato). Os ácidos graxos de cadeia curta são, então, absorvidos e metabolizados pelo fígado e outros tecidos periféricos. Os gases são excretados através da respiração, flatos ou como parte das fezes (Topping & Clifton, 2001).

Desta forma, as características químicas e físicas das fibras influenciam amplamente no grau em que elas são hidrolisadas e fermentadas, sendo que fibras insolúveis, geralmente, não são degradadas, embora algumas sofram uma hidrólise e fermentação parciais (por exemplo, celulose), e as fibras solúveis são muitas vezes, hidrolisadas e fermentadas sendo a inulina e os frutooligossacarídeos bons substratos para fermentação (Jacobasch *et al.*, 1999; Roberfroid & Delzenne, 1998; Molis *et al.*, 1996; Roberfroid, 1993). A fonte das fibras e sua refinação influenciam na sua susceptibilidade à fermentação. Por exemplo, as fibras finamente moídas são mais acessíveis às enzimas bacterianas e, assim, mais facilmente fermentadas. Dos 20 a 80 g de substrato fermentável que entram no cólon diariamente, cerca de 10 a 20 g derivam de fibras. O restante consiste de amido resistente, proteínas e lipídios não digeridos, bem como substâncias endógenas, tais como secreções intestinais e células esfoliadas (Johnson & Southgate, 1994).

A capacidade das fibras para promover a proliferação epitelial e o desenvolvimento das células em todo o trato intestinal, o que seria benéfico para a aumentar a absorção de nutrientes no intestino grosso, resulta de múltiplos mecanismos. Os resultados de estudos de animais mostram que as fibras intensificam o desenvolvimento da mucosa no íleo e no cólon, conforme medido pelo maior comprimento e peso do órgão e criptas intestinais mais profundas (Roberfroid, 1993). Esta ação é vista tanto com as fibras solúveis como com as fibras insolúveis sendo que interessantemente verificou-se que uma mistura de fibras solúveis e fibras insolúveis se mostrou mais eficaz do que apenas fibras solúveis na prevenção contra a atrofia da mucosa intestinal induzida por dieta líquida (Ebihara & Nakamoto, 1998).

O amido resistente age como as fibras insolúveis mas possui os benefícios fisiológicos das fibras solúveis, podendo ser utilizado como veículo considerando a baixa velocidade de digestão e desta forma contribuindo para absorção mais lenta de glicose mantendo os níveis glicêmicos constantemente mais baixos do que na digestão de carboidratos rapidamente absorvidos (Haralampu, 2000). Aparentemente o amido resistente tem um importante papel no que tange a digestão de carboidratos mas o seu efeito sobre outros nutrientes permanece incerto decorrente de poucos estudos voltados exclusivamente para este composto.

Na literatura científica, muita atenção tem sido dada à fermentação pela microflora colônica de carboidratos como o amido, fibras, inulina e fruto-oligossacarídeos (Wang &

Gibson, 1993). Contudo, estudos que correlacionam os possíveis efeitos benéficos da fermentação de fibra alimentar e amido resistente de diferentes leguminosas, que possuem teores distintos destes carboidratos, não têm sido conclusivos.

Realmente as fibras alimentares apresentam efeitos fisiológicos importantes para a saúde humana ainda que sejam necessários critérios para a sua utilização e maior conhecimento das suas propriedades, bem como dos alimentos que apresentam conteúdos apreciáveis de fibras, caracterizando novas fontes e avaliando os efeitos nutricionais. Sendo assim, a aplicação das informações deve ser sempre avaliada no que tange a veracidade dos fatos que sejam de cunho científico.

3.5 Valor nutricional da proteína de leguminosas

A alimentação envolve um conjunto de alimentos que são consumidos diariamente devendo ser observado a quantidade e a qualidade da proteína para poder avaliá-la. Contudo, quando trata-se de nutrição experimental é possível estudar os componentes de uma determinada fonte protéica e avaliar sua atuação, em experimentação *in vitro* ou *in vivo*, por meio de índices previamente pesquisados.

A determinação do valor nutritivo de proteínas tem sido uma área de considerável interesse desde o princípio da ciência da nutrição. A compreensão da avaliação da qualidade de proteínas inicia com a determinação do conteúdo de nitrogênio, fazendo-se a identificação de compostos nitrogenados presentes nos alimentos e assim, possibilitando estimar seu valor nutritivo sendo que este depende amplamente do padrão e concentração dos aminoácidos essenciais que proporcionam ao organismo a formação de compostos que necessitam de nitrogênio para sua síntese (De Angelis, 1995).

A metodologia para avaliar proteínas abarca desde procedimentos químicos simples, a protocolos sugeridos para estudos em humanos mais elaborados. Desta forma tem sido extensivamente utilizado em nutrição experimental, testes que envolvem a variação de peso corporal, a proteína ingerida, a retenção e excreção de nitrogênio, e o consumo alimentar que podem ser traduzidos pelos índices de valor nutritivo tais como: quociente de eficiência alimentar (QEA), digestibilidade (aparente – DA e corrigida pela dieta aprotéica - DCDA) e eficiência protéica líquida (NPR).

As proteínas de leguminosas têm sido apresentadas como proteínas de pouca qualidade com baixo valor biológico, e muita atenção tem sido dada aos componentes presentes nas leguminosas que impedem que o seu valor nutritivo seja melhor. De fato, entre as limitações nutricionais mais importantes, a baixa digestibilidade das proteínas e a deficiência de aminoácidos sulfurados seriam os principais responsáveis pelo seu baixo valor nutritivo (Bressani & Elias, 1984; Sgarbieri, 1989). Domene (1990), ao estudar o valor nutricional das proteínas de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), feijão-corda (*Vigna unguiculata*, L.), ervilha (*Pisum sativum*, L.) e grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.), encontrou valores de digestibilidade entre 77,6 e 86,3%, sendo que os menores resultados encontrados foram apresentados pelos feijões.

Índices de eficiência protéica líquida e digestibilidade foram significativamente menores do que aqueles apresentados na dieta controle à base de caseína em estudo realizado por Wong & Cheung (1998) para avaliar o valor nutritivo de três leguminosas (*Phaseolus angularis*, *Phaseolus calcaratus* e *Dolichos lablab*) pouco consumidas na China. Os resultados encontrados neste estudo para as dietas contendo as leguminosas apresentaram valor médio de digestibilidade igual a 73,7% e eficiência protéica líquida igual a 4,56, sendo compatíveis com os dados de outras leguminosas popularmente conhecidas.

Contudo, Bressani & Elias (1984) ao analisar 57 amostras de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) de diferentes cores, verificaram que nenhuma relação foi encontrada entre a digestibilidade da proteína e a sua qualidade medida como NPR. O valor médio encontrado neste estudo para digestibilidade foi de $72,7 \pm 3,4\%$ e o de NPR foi de $1,89 \pm 0,25$, sendo que os feijões brancos apresentaram valores de NPR melhores e de digestibilidade maiores que os cultivares de feijões pretos ou roxos. Esses autores constataram que com a suplementação de metionina – aminoácido sulfurado, há um incremento de até 64% na qualidade da proteína de feijões.

O tratamento térmico e o processamento prévio à cocção aplicado às leguminosas, melhora a textura, a palatabilidade e valor nutritivo pela destruição e inativação de compostos tóxicos termo-sensíveis e outros inibidores enzimáticos (Marconi *et al.*, 2000; Khan *et al.*, 1979). Jood *et al.* (1989) observaram que as condições de maceração e cocção melhoram a digestibilidade protéica *in vitro* de cultivares de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) em até 9% para as leguminosas maceradas e coccionadas (valor médio = $66,67 \pm 1,58\%$)

em relação àquelas que não foram maceradas previamente à cocção (valor médio = $58,11 \pm 1,69\%$).

Todavia Helbig *et al.* (2003) ao analisar o efeito da maceração realizada antes de coccionar os grãos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) sobre o valor nutritivo e o conteúdo de fitato e tanino considerados fatores anti-nutricionais, não verificaram diferença significativa entre os vários tratamentos com base em dieta de caseína acrescida de sólidos solúveis encontrados na água de maceração de feijões, dieta de feijões cozidos sem maceração, dieta contendo feijão cozido acrescido da água não absorvida na maceração e dieta contendo feijão cozido descartando a água não absorvida na maceração. Os valores de NPR e de digestibilidade das dietas contendo feijões como fonte protéica, considerando o valor médio igual a $3,47 \pm 0,30$ e $59,20 \pm 2,00\%$ respectivamente, mostraram-se semelhantes estatisticamente, sendo que os melhores resultados foram obtidos pelo grupo que recebeu dieta de feijões cozidos sem maceração, concluindo-se que a maceração não foi eficiente para melhorar o valor nutritivo e também não reduziu o conteúdo de tanino, porém foi capaz reduzir os níveis de fitato em 60.8%.

Segundo vários autores, (Helbig *et al.*, 2003; Hughes *et al.*, 1996; Mendéz *et al.*, 1993; Marquez & Lajolo, 1991; Oliveira & Sgarbieri, 1986), existem muitas razões ainda não totalmente elucidadas para o baixo valor nutritivo de leguminosas, traduzidos pela alta excreção de nitrogênio fecal. A ocorrência de prováveis interações de enzimas digestivas com compostos não-protéicos tais como fibras, carboidratos e taninos, portanto, pode diminuir a digestibilidade de proteínas desses alimentos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Material

4.1.1 – Fontes protéicas para as dietas experimentais

Foram utilizados os grãos das leguminosas: ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivar Maria, feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar IAC-Carioca-Été, grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cultivar IAC-Marrocos e lentilha (*Lens culinaris* Med.) cultivar Silvina (Figuras 1,2,3 e 4), provenientes da coleção de grãos disponíveis no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – CNPH/EMBRAPA, em Brasília/DF, e do Instituto Agrônomo – IAC, em Campinas/SP. Como fonte protéica controle foi utilizada caseína comercial com teor protéico analisado de $87,53 \pm 0,51\%$.

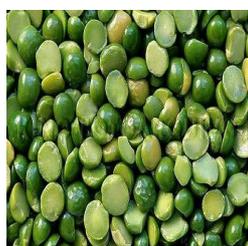


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Legenda:

Figura 1. Grãos crus de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivar Maria

Figura 2. Grãos crus de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar IAC-carioca-ETÉ

Figura 3. Grãos crus de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cultivar IAC-Marrocos

Figura 4. Grãos crus de lentilha (*Lens culinaris* Med.) cultivar Silvina

4.1.2 – Animais para experimentação

Foram utilizados 96 ratos albinos machos da linhagem Wistar (Figura 5), recém-desmamados, com aproximadamente 21 dias de vida e peso de 45-50g, provenientes do Centro Multidisciplinar para Investigação Biológica da Universidade Estadual de Campinas – CEMIB, Campinas, SP. Ao término do ensaio todos os animais foram sacrificados por deslocamento das vértebras cervicais.



Figura 5. Ratos albinos da linhagem Wistar

4.2 – Métodos

4.2.1 – Determinações químicas

4.2.1.1 – Composição centesimal das leguminosas

4.2.1.1 A) Proteína

A proteína bruta foi analisada pelo método semimicro Kjeldahl (AOAC, 1975), utilizando-se como catalisador na fase da digestão o dióxido de titânio (Williams, 1973). Foi utilizado 5,40 como fator de conversão de nitrogênio para proteína nas leguminosas (Mossé, 1990) e 6,38 para o conteúdo de proteína bruta na caseína utilizada na dieta controle (AOAC, 1995).

4.2.1.1 B) Lipídeos Totais

O método empregado para determinação dos lipídeos foi o referido por Bligh & Dyer (1959), no qual a amostra homogeneizada foi submetida à extração utilizando-se os solventes clorofórmio e metanol.

4.2.1.1 C) Umidade

Utilizou-se metodologia proposta por Pearson (1976), sendo a amostra seca em estufa com temperatura de 105°C e posteriormente pesada até peso constante.

4.2.1.1 D) Cinzas

Determinadas após incineração a 550°C em mufla (Lees, 1979), obtendo-se resíduo com alto teor de elementos minerais, equivalente ao conteúdo inorgânico permanente.

4.2.1.1 E) Fibra bruta

A fibra bruta foi determinada segundo metodologia de Scharrer e Kürschner, descrita por Angelucci *et al.* (1987), considerando-a como carboidratos não hidrossolúveis com ácidos e utilizando os ácidos nítrico, tricloroacético e acético para hidrólise.

4.2.1.1 F) Carboidratos

Determinados por diferença pelo cálculo:

$$100 - (\text{proteína bruta} + \text{lipídeos totais} + \text{fibra bruta} + \text{cinzas})$$

4.2.1.2 – Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Insolúvel (FAI) contidas nos grãos das leguminosas e nas dietas

A Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Insolúvel (FAI) foram determinadas segundo os critérios de Asp *et al.* (1983), adotado pela AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* (1995) (Anexo 1), que consiste em um método gravimétrico enzimático. Foram utilizadas para hidrólise as enzimas alfa-Amilase Termoresistente (A – 3360 Sigma), Protease (P – 3910 Sigma) e Amiloglicosidase (A – 0013 Sigma).

4.2.1.3 – Amido Resistente contido nos grãos das leguminosas e nas dietas

O método utilizado para determinação de Amido Resistente foi o proposto por Faisant *et al.* (1995) (Anexo 2), consistindo em um processo enzimático, calculando-se o conteúdo final de amido resistente pela concentração de glicose liberada e analisada (reagentes GOD-PAP, Merckotest 14365).

4.2.2 – Ensaio Biológico

4.2.2.1 – Preparo das leguminosas

Os grãos foram lavados em água corrente, macerados por 16 horas (1:2 p/v), e posteriormente cozidos com o acréscimo de mais um volume de água. Os grãos de feijão-comum e grão-de-bico foram cozidos sob pressão 14,7 psi durante 20 e 40 minutos, cronometrados após a exaustão do ar, respectivamente. Os grãos de lentilha e ervilha foram cozidos por 20 minutos à pressão atmosférica (Domene & Oliveira, 1993). O material cozido foi congelado, liofilizado (Virtis, modelo 10-146 MR-BA) e triturado sob forma de farinha (granulometria 60 mesh).

4.2.2.2 – Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas segundo o “American Institute of Nutrition” (Reeves *et al.* 1993), dieta AIN-93G, para ratos em crescimento, visando atingir o nível protéico de 12% (Goena *et al.*, 1989) (Tabela 2). A composição química das leguminosas cozidas liofilizadas foi utilizada para preparar as dietas. Foram realizados seis tratamentos sendo que quatro deles tiveram as leguminosas como fontes protéicas compondo as dietas de ervilha, dieta de feijão-comum, dieta de grão-de-bico e dieta de lentilha. Os outros dois tratamentos foram elaborados para dieta controle contendo caseína igualmente ao nível protéico de 12% com teor protéico analisado de 87,5%, e dieta aprotéica para fins corretivos. A quantidade de proteína excluída na dieta aprotéica (120g/kg de dieta) foi proporcionalmente distribuída entre os três tipos de carboidratos, mantendo os valores sugeridos para os demais componentes, de acordo com a dieta AIN-93G.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais (g/Kg dieta)

Ingredientes	Dietas*					
	DE	DF	DG	DL	DC	DA
Amido de milho	120,366	71,556	89,286	97,256	430,90	523,766
Amido dextrinizado	148,78	148,78	148,78	148,78	148,78	173,94
Sacarose	112,71	112,71	112,71	112,71	112,71	131,78
Proteína¹	506,54	544,22	564,71	511,95	137,14	-
Óleo de soja	56,58	56,29	32,00	57,92	70,00	70,00
Fibra	4,51	15,93	2,00	20,87	50,00	50,00
Mix Mineral^{**}	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Mix Vitamínico^{**}	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
L-cistina	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Bitartarato de colina	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Tert-butilhidroquinona	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014

* DE = dieta contendo ervilha, DF = dieta contendo feijão-comum, DG = dieta contendo grão-de-bico, DL = dieta contendo lentilha, DC = dieta contendo caseína, DA = dieta aprotéica

¹ Fonte de proteína: quantidade das leguminosas cozidas liofilizadas ervilha, feijão-comum, grão-de-bico e lentilha para as respectivas dietas, e caseína para dieta controle, visando atingir o nível de 12% (120g/kg de dieta) de proteína.

** Mix Mineral e Vitamínico: elaborados segundo AIN-93G (Reeves *et al.* 1993).

O método para execução do ensaio biológico foi submetido à análise da Comissão de Ética na Experimentação Animal – CEEA, tendo sido aprovado, obedecendo aos Princípios Éticos de Experimentação Animal (Anexo 3). Foram utilizados 16 animais para cada tipo de dieta, recebidos com 21-23 dias de idade e peso mínimo de 45-50g. Os animais foram tratados em gaiolas de crescimento individuais (Figura 6), por 14 dias, considerando-se 4 dias para adaptação à dieta e 10 dias para o ensaio biológico, com dieta e água fornecidas *ad libitum*, no Laboratório de Ensaio Biológicos do Departamento de Alimentos e Nutrição da UNICAMP, com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 50-60% e ciclo claro e escuro de 12 horas. O valor protéico da dieta – $12,34 \pm 0,43\%$ – foi analisado e o valor energético – $370,87 \pm 14,43$ Kcal/100 g calculado, considerando-se 4,0 Kcal para proteínas e carboidratos e 9,0 Kcal para lipídeos.



Figura 6. Gaiolas individuais de crescimento / Laboratório de Ensaio Biológicos do Departamento de Alimentos e Nutrição da UNICAMP.

4.2.2.3 – Determinação do Valor Nutritivo

Os seguintes parâmetros foram utilizados para cada grupo de dieta, segundo os critérios de Pellet & Young (1980): consumo de dieta, ingestão protéica calculada pela ingestão de nitrogênio segundo dados de consumo da dieta, ganho de peso corporal, Digestibilidade Protéica Aparente (DA) e Digestibilidade Protéica Corrigida pela Dieta Aprotéica (DCDA), e os Quocientes de Eficiência Alimentar (QEA) e de Eficiência Protéica Líquida (NPR). Os ratos foram pesados no início do experimento – considerando 4 dias de adaptação à dieta, após 6 dias – para determinação da digestibilidade, e após mais 4 dias completando-se 10 dias, para determinação do NPR. As fezes foram coletadas a cada dois dias de experimento e secas à 60°C em estufa. Os cálculos foram realizados pelas equações:

$$\text{QEA} = \frac{\text{ganho de peso}}{\text{consumo de dieta}}$$

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso} + \text{perda de peso em dieta aprotéica}}{\text{proteína ingerida}}$$

$$\text{DA} = \frac{\text{I} - \text{F}}{\text{I}}$$

$$\text{DCDA} = \frac{\text{I} - (\text{F} - \text{Fk})}{\text{I}}$$

Onde:

I = nitrogênio ingerido

F = nitrogênio fecal

Fk = nitrogênio metabólico

4.2.3 – Tratamento Estatístico

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA e testes de confronto de médias de Tukey, considerando $p < 0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre médias. A determinação do grau de associação entre os indicadores de valor nutricional das dietas e os conteúdos de fibra alimentar solúvel e insolúvel e amido resistente foi obtida pela Correlação Linear de Pearson aplicando-se o Método das Variáveis Categóricas. Foi considerada a influência conjunta das três variáveis independentes sobre as variáveis dependentes, e as suas forças foram classificadas segundo Levin (1978), considerando-se, no mínimo, coeficientes moderados de correlação, positivos e negativos, com r entre 0,5 e 0,95 e entre -0,5 e -0,95, respectivamente (Snedecor, 1948). O Programa SAS – The SAS System Institute foi utilizado para execução das análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características Químicas dos Grãos das Leguminosas

Os resultados obtidos na análise da composição centesimal das leguminosas cruas e cozidas liofilizadas estão apresentados na Tabelas 3. O grão-de-bico foi a leguminosa de maior destaque por apresentar teores protéicos menores ($18,46 \pm 1,74$ e $21,25 \pm 0,73$) e de lipídeos totais ($6,69 \pm 0,56$ e $6,73 \pm 0,63$) aproximadamente três vezes maiores que as demais leguminosas, tanto na forma crua quanto na cozida liofilizada respectivamente, havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre os resultados. Os teores de proteína verificados nas leguminosas estão em concordância com dados apresentados por outros autores (Ratnayake, 2001; Sgarbieri., 1989; Chavan *et al.*, 1986; Khan *et al.*, 1979,). Os carboidratos determinados por diferença apresentaram valores estatísticos semelhantes constituindo mais de 50% da composição dos grãos das leguminosas.

A divergência na composição química entre as leguminosas e entre diferentes safras pode ser atribuída ao solo, clima, tipo de grão, espécies, assim como variedades de uma mesma espécie (Khan *et al.*, 1979).

Tabela 3. Composição centesimal das leguminosas (g/100 g)

Leguminosas cruas / Leguminosas cozidas liofilizadas						
Leguminosas	Proteína *	Lipídeos	Cinzas	Fibra Bruta	Carboidratos**	Umidade
Ervilha	$21,85 \pm 1,53^a/$	$2,34 \pm 0,01^b/$	$3,00 \pm 0,03^{cb}/$	$10,41 \pm 2,33^a/$	$52,53 \pm 0,04^a/$	$9,88 \pm 0,84^b/$
	$23,69 \pm 1,58^a$	$2,65 \pm 0,07^b$	$3,46 \pm 0,24^b$	$8,98 \pm 1,37^a$	$58,62 \pm 5,21^a$	$2,61 \pm 1,34^b$
Feijão-comum	$20,90 \pm 1,49^{ab}/$	$2,49 \pm 0,22^b/$	$3,80 \pm 0,27^a/$	$8,55 \pm 3,31^b/$	$54,34 \pm 2,94^a/$	$9,93 \pm 0,42^b/$
	$22,05 \pm 2,07^{ab}$	$2,52 \pm 0,09^b$	$4,00 \pm 0,24^a$	$6,26 \pm 0,45^b$	$59,89 \pm 0,57^a$	$5,29 \pm 1,84^a$
Grão-de-bico	$18,46 \pm 1,74^b/$	$6,69 \pm 0,56^a/$	$3,15 \pm 0,20^b/$	$9,88 \pm 2,11^a/$	$54,03 \pm 3,30^a/$	$7,79 \pm 0,85^c/$
	$21,25 \pm 0,73^b$	$6,73 \pm 0,63^a$	$3,48 \pm 0,03^b$	$8,50 \pm 0,55^a$	$57,75 \pm 2,11^a$	$2,29 \pm 1,09^b$
Lentilha	$20,58 \pm 0,37^{ab}/$	$2,15 \pm 0,14^b/$	$2,80 \pm 0,15^c/$	$6,83 \pm 2,42^c/$	$56,41 \pm 4,08^a/$	$11,24 \pm 0,28^a/$
	$23,44 \pm 0,64^a$	$2,36 \pm 0,13^b$	$3,12 \pm 0,37^c$	$5,69 \pm 0,33^b$	$61,77 \pm 1,24^a$	$3,63 \pm 1,16^{ab}$

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$ entre as leguminosas nas respectivas formas (crua e cozida liofilizada)

Os dados representam a média e o desvio-padrão para $n=6$.

* Fator de conversão do nitrogênio em proteína = 5,40

** Determinados por diferença

O tratamento térmico das leguminosas na forma de cocção viabiliza o consumo destes alimentos, uma vez que este processo diminui consideravelmente fatores antinutricionais naturalmente existentes, aumentando a disponibilidade de outros nutrientes, como proteínas e amido (Domene & Oliveira, 1993). A liofilização que consiste em desidratação à frio, conserva o alimento por um período maior em relação às outras técnicas de conservação, além de proporcionar menor perda nutricional (Ratti, 2001; Dalgleish, 1990). Conforme demonstra a Tabela 3, o tratamento térmico associado à liofilização, resultou um pequeno aumento dos teores dos nutrientes à exceção da fibra bruta possivelmente pelo seu abrandamento, estando de acordo com dados encontrados na literatura (Tovar & Melito, 1996; Tovar *et al.*, 1990; Sgarbieri, 1989).

5.2 Fibra Alimentar Solúvel e Insolúvel

As Tabelas 4 e 5 contêm os teores de Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) calculados de acordo com o método da AOAC (1995). Os teores de fibra alimentar solúvel (FAS) aumentaram nas leguminosas cozidas liofilizadas em relação às leguminosas cruas, para as leguminosas ervilha e feijão-comum, o que está de acordo com dados apresentados por Kutoš *et al.* (2003). Contudo, Vidal-Valverde & Frias (1991) sugerem que as fibras solúveis sofrem um abrandamento com a cocção diminuindo seu conteúdo. O grão-de-bico destaca-se mais uma vez, por não ter sido detectado teores de FAS, não descartando-se a possibilidade de ter sido devido à metodologia empregada.

A fibra alimentar insolúvel apresentou aumento para todas as leguminosas cozidas e liofilizadas em relação às cruas, sendo que o resultado apresentado para FAI mostrou-se estatisticamente diferente ($p < 0,05$) somente para o grão-de-bico apresentando os valores mais baixos tanto nas leguminosas cruas quanto nas leguminosas cozidas liofilizadas ($13,85 \pm 0,09$ e $15,44 \pm 0,18$, respectivamente).

Tabela 4. Valores de Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) das leguminosas (g/100 g).

Leguminosas cruas / Leguminosas cozidas liofilizadas				
	Ervilha	Feijão-comum	Grão-de-bico	Lentilha
FAI	20.33 ± 0.40 ^a /	19.86 ± 0.19 ^a /	13.85 ± 0.09 ^b /	19.03 ± 1.27 ^a /
	22.84 ± 1.29 ^a	22.61 ± 0.10 ^a	15.44 ± 0.18 ^b	21.44 ± 2.10 ^a
FAS	1.73 ± 0.26 ^{ab} /	2.42 ± 0.74 ^a /	0.00 ± 0.00 ^c /	1.44 ± 0.11 ^{ab} /
	2.38 ± 0.77 ^a	2.60 ± 0.57 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	1.37 ± 0.52 ^a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$), segundo Teste de Tukey.
Os dados representam a média e o desvio-padrão para $n=4$

Tabela 5. Valores de Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) das dietas experimentais (g/100 g).

	Ervilha	Feijão-comum	Grão-de-bico	Lentilha	Caseína
FAI	11,70 ± 1,56 ^a	13,99 ± 1,41 ^a	9,12 ± 0,04 ^{ab}	13,08 ± 1,21 ^a	5,26 ± 1,06 ^b
FAS	1,19 ± 0,28 ^a	1,41 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,71 ± 0,28 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$), segundo Teste de Tukey.
Os dados representam a média e o desvio-padrão para $n=4$

Bednar e colaboradores (2001) analisaram a composição de alguns alimentos incluindo leguminosas e observaram que o teor de fibra alimentar insolúvel representava 99,7% para lentilhas e um valor de 92% até 100% da quantidade total de fibra alimentar de vários tipos de feijões. O restante percentual deste valor era composto pela fibra solúvel apresentando uma pequena parcela (0,0 – 3,2 g/100g) da composição total da fibra presente nestas leguminosas. Li et al (2002) também encontraram valores de FAS inferiores aos teores de FAI em leguminosas.

A diferença na composição das leguminosas alterou também a composição das dietas experimentais, uma vez que a padronização das quantidades utilizadas para elaboração da dieta depende do valor de proteína determinado nas leguminosas cozidas liofilizadas, para alcançar o nível de 12% desejado. Verifica-se na Tabela 5 que a dieta de feijão-comum apresentou os maiores valores de FAI e FAS entre as dietas experimentais e dieta de

caseína os menores, demonstrando que embora a ervilha cozida liofilizada tenha apresentado o maior valor de FAI (Tabela 4), o valor encontrado na dieta foi diferente.

5.3 Amido Resistente

O processo de cocção pode alterar a integridade das leguminosas, assim como a liofilização provoca aumento da concentração de nutrientes, portanto, estes fatores influenciaram na quantidade final e na análise. Os valores de amido resistente demonstrados na Tabela 6 evidenciam a alteração na composição das leguminosas cruas em relação às leguminosas cozidas liofilizadas verificando-se que, as leguminosas apresentaram menores teores de amido resistente após o tratamento térmico, sendo que o valor médio encontrado foi de $2,23 \pm 0,24$, não tendo apresentado diferença estatística entre as leguminosas ($p < 0,05$).

Kutoš *et al.* (2003) avaliaram a quantidade de amido resistente de amostras cruas de feijão-comum submetidas a diferentes processamentos e verificaram que a quantidade encontrada foi praticamente duas vezes maior nas amostras cruas do que em relação às amostras em que foram empregadas as técnicas de maceração e cocção. Diferentemente, Tovar & Melito (1996), ao estudar o efeito do processamento térmico em algumas variedades de feijões crus e cozidos (convencionalmente e sob pressão), encontraram valores de três a cinco vezes maiores nas amostras cozidas. Nos estudos de Hoover & Zhou (2003); Osorio-Diaz *et al.* (2003); Tharanathan & Mahadevamma (2003); Ratnayake *et al.* (2001) e Tovar & Melito (1996) sobre a determinação de AR em alimentos, verificou-se que o processo térmico induz o aumento dos teores de AR principalmente pela retrogradação da amilose. Tal fato pode ser atribuído ao uso de diferentes métodos de análise utilizado em cada estudo, o que reflete a necessidade de padronização metodológica para obtenção de melhor uniformidade dos dados.

As dietas experimentais apresentaram teores de amido resistente bastante similares (de $12,75 \pm 0,39$ a $14,45 \pm 0,28$) embora a dieta de grão-de-bico tenha apresentado valor estatisticamente diferente das dietas de ervilha e feijão-comum (Tabela 7).

Tabela 6. Valores de Amido Resistente (g/100 g), em base seca, das leguminosas cruas e cozidas liofilizadas.

Leguminosa crua	AR (g/100 g)	Leguminosa cozida	AR (g/100 g)
Ervilha	2,45 ± 0,30 ^b	Ervilha	1,89 ± 0,71 ^a
Feijão-comum	3,72 ± 0,79 ^a	Feijão-comum	2,33 ± 1,23 ^a
Grão-de-bico	3,39 ± 0,96 ^{ab}	Grão-de-bico	2,23 ± 1,15 ^a
Lentilha	3,25 ± 0,42 ^{ab}	Lentilha	2,46 ± 0,16 ^a

Os dados representam a média e o desvio-padrão para n=6.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05), segundo Teste de Tukey.

Tabela 7. Valores de Amido Resistente (g/100 g), em base seca, das dietas experimentais.

Dietas	AR (g/100 g)
Caseína Controle	13,93 ± 0,20 ^{ab}
Ervilha	12,75 ± 0,39 ^b
Feijão-comum	12,79 ± 1,12 ^b
Grão-de-bico	14,45 ± 0,28 ^a
Lentilha	13,97 ± 0,74 ^{ab}

Os dados representam a média e o desvio-padrão para n=6.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05), segundo Teste de Tukey.

5.4 Ensaio Biológico

O valor nutritivo protéico das leguminosas ervilha (*Pisum sativum*) cv. Maria, feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. IAC-Carioca Eté, grão-de-bico (*Cicer arietinum*) cv. IAC-Marrocos e lentilha (*Lens culinaris*) cv. Silvina, foi analisado por meio das dietas em ensaio biológico.

Os valores das Digestibilidades Aparente (DA) e Digestibilidade Protéica Corrigida pela Dieta Aprotéica (DCDA) demonstrados na Tabela 8, foram altamente correlacionados (r= 0,99678, p<0,001). Verifica-se menor teor de DCDA para o grupo que recebeu dieta contendo feijão-comum (47,59 ± 10,04%), o que está de acordo com a literatura (Hughes *et al*, 1996; Melito & Tovar, 1995; Nielsen, 1991; Sgarbieri, 1989).

Tabela 8. Digestibilidades Aparente (DA) e Digestibilidade Protéica Corrigida pela Dieta Aprotéica (DCDA) de dietas contendo caseína, ervilha, feijão-comum e grão-de-bico, utilizadas como fontes protéicas ($12,7 \pm 0,3\%$), em dietas com formulação AIN 93-G para ratos Wistar, durante Balanço de Nitrogênio de 6 dias.

Dietas	Nitrogênio Ingerido (mg)	Nitrogênio Fecal (mg)	Nitrogênio Absorvido (mg)	DA (%)	DCDA (%)
Caseína*	1119,17 ± 290,64 ^a	185,22 ± 28,92 ^d	958,91 ± 279,57 ^a	82,86 ± 3,30 ^a	85,21 ± 2,97 ^a
Ervilha	504,72 ± 180,31 ^c	226,91 ± 41,54 ^c	302,77 ± 187,65 ^b	54,67 ± 12,33 ^c	59,79 ± 11,35 ^c
Feijão-comum	744,72 ± 200,62 ^b	405,77 ± 39,41 ^a	363,91 ± 179,11 ^b	44,13 ± 10,81 ^d	47,59 ± 10,04 ^d
Grão-de-bico	1284,04 ± 262,84 ^a	351,31 ± 42,10 ^b	957,69 ± 242,43 ^a	72,85 ± 3,50 ^b	74,80 ± 3,29 ^b
Lentilha	547,41 ± 149,15 ^{bc}	216,09 ± 45,25 ^{cd}	356,28 ± 140,72 ^b	60,20 ± 9,83 ^c	65,05 ± 8,52 ^c
Aprotéica		24,96 ± 3,90			

Os dados representam a média e o desvio-padrão para n=16.

* Caseína controle

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$), segundo Teste de Tukey.

Devido à sua importância na dieta humana, numerosos estudos têm sido conduzidos com relação à qualidade protéica das leguminosas sobre vários aspectos (Desphande & Damodaran, 1990). O conhecimento das causas da baixa digestibilidade de feijões tal como de leguminosas em geral pode contribuir para sua melhor utilização. Acredita-se que, com a extração da casca dos feijões, pode haver um aumento da qualidade de digestão das proteínas, pela eliminação de fatores antinutricionais, como os taninos (Pereira & Costa, 2002). Fibras solúveis também são consideradas diminuidoras da digestibilidade protéica.

Em estudo realizado por Silvio *et al.* (2000), foi constatado impacto significativo da fermentação de fibras na digestibilidade de nutrientes, em cães alimentados com dietas contendo, como fonte de fibras em 10% do teor da dieta, 100% de celulose; 66% de celulose e 33% de pectina; 66% de pectina e 33% de celulose, e 100% de pectina. Os autores concluíram que, de acordo com o tipo de fibra e da fermentabilidade, segue-se a tendência de que, quanto mais fermentável for a fibra – fibras solúveis, maior a digestibilidade dos componentes da dieta, à exceção da digestibilidade de nitrogênio para a qual houve efeito inverso, levando à uma menor digestibilidade protéica.

Hughes *et al.* (1996) também demonstraram a interferência das fibras solúveis, obtendo diminuição da digestibilidade de proteínas, bem como aumento de nitrogênio nas fezes, à medida em que se eleva a ingestão de dietas contendo maiores teores de fibras solúveis. Por outro lado, não demonstraram efeito das fibras insolúveis em seus estudos. Melito & Tovar (1995) relatam que a digestibilidade de proteínas de leguminosas está relacionada ao tipo de preparo recebido antes da ingestão – cocção, maceração, moagem, demonstrando que com a ruptura da parede celular que envolve a proteína, esta se torna livre, tal como ocorre com o amido, sendo promovido um aumento da digestibilidade protéica pela maior acessibilidade dos sucos digestivos aos componentes da dieta.

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação determinados entre FAI, FAS e AR, e os indicadores do valor nutritivo das dietas contendo as leguminosas. Para a fibra alimentar solúvel, apesar de presente em pequenas quantidades, obteve-se significativa correlação com a diminuição da digestibilidade corrigida pela dieta aprotéica ($r=-0,6582$, $p<0,001$), no entanto, para a fibra insolúvel a correlação com este indicador não foi significativa.

Tabela 9. Coeficientes de Correlação entre Fibra Alimentar Insolúvel (FAI), Fibra Alimentar Solúvel (FAS) e Amido Resistente (AR) e os indicadores de valor nutritivo da proteína das dietas experimentais.

	DCDA	QEA	NPR
FAI	0,3183 ^{NS}	-0,1971*	-0,5296***
FAS	- 0,6582***	-0,3174**	-0,2793*
AR	0,7098***	-0,3017*	-0,2017*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; NS: não significativo

DCDA = Digestibilidade Corrigida pela Dieta Aprotéica,

QEA = Quociente de Eficiência Alimentar

NPR = Quociente de Eficiência Protéica Líquida

Comparando-se os níveis de FAI, FAS e AR (Tabelas 5 e 7) com os resultados de DCDA (Tabela 8), nota-se que, na dieta com os maiores teores de FAS – dieta de feijão-comum, os resultados de DCDA foram estatisticamente os menores. Já nas dietas em que não foi identificado qualquer teor de FAS – dieta de caseína e dieta de grão-de-bico, obtiveram-se as melhores porcentagens de digestibilidade. Adicionalmente, verificou-se

maior perda de nitrogênio fecal (Tabela 8) para as dietas que apresentaram maiores teores de FAS.

Os dados obtidos no experimento revelam que dietas com maiores teores de fibra alimentar total, obtidos pela somatória dos componentes definidos como fibra, apresentaram menor digestibilidade, aparentemente devido à contribuição da fibra solúvel. Observa-se que, na dieta contendo grão-de-bico obteve-se o maior índice de DCDA entre as dietas contendo leguminosas ($74,80 \pm 3,29$; Tabela 8) e, no entanto, os valores dos componentes FAI e FAS foram os menores ($9,12 \pm 0,04$ e $0,00 \pm 0,00$, respectivamente), embora o conteúdo de amido resistente tenha sido mais alto que os demais valores encontrados para as outras dietas ($14,45 \pm 0,28$) totalizando os menores de teores de Fibra Alimentar Total posteriormente à dieta controle de caseína.

Verificou-se correlação positiva moderada entre o AR e a digestibilidade ($r = 0,7098$, $p \leq 0,001$) podendo-se sugerir uma possível associação com a diminuição na digestão de amidos mas sem interferência na digestão de proteína; provavelmente por possibilitar que esta fique livre da conjugação com o amido, podendo sofrer a ação enzimática proteolítica no trato digestivo.

Em estudo realizado por Sagum & Arcot (2000) foi verificado que teores de AR presentes após a cocção de três tipos de arroz, não influenciaram a digestibilidade protéica *in vitro* dessas fontes alimentares. Entretanto, Bednar *et al.* (2001) relatam que a presença de AR em grandes quantidades pode afetar a capacidade de absorção de nutrientes – como o próprio carboidrato, e também proteínas.

Devido à divergência na literatura, quanto à quantidade desse composto sobre os aspectos fisiológicos da digestão de nutrientes, em seus diversos níveis, ainda é incerta sua atuação, sendo necessários estudos mais específicos para elucidação do fato.

Os dados de ganho de peso (g) e consumo de dieta (g), indicam que os animais dos grupos que receberam dietas contendo caseína e dietas contendo grão-de-bico (DC e DG, respectivamente) não apresentaram diferença estatística, e valores superiores foram encontrados em relação aos demais grupos experimentais, sendo respectivamente $57,39 \pm 8,23$ e $119,84 \pm 22,71$ para DC, e $52,34 \pm 6,23$ e $113,32 \pm 19,13$ para DG (Tabela 10). As dietas que apresentavam ervilha e feijão-comum em sua composição também proveram resultados estatisticamente equivalentes de consumo de dieta e ganho de peso. Já o grupo

que recebeu dieta contendo lentilha apresentou os menores índices. A Figura 7. ilustra a média dos pesos iniciais e finais dos ratos para cada grupo experimental.

Tabela 10. Consumo de dieta (g), ganho de peso (g) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) dos ratos Wistar alimentados com dietas experimentais por 10 dias.

Grupo Experimental	Consumo de dieta (g)	Ganho de Peso (g)	QEA
Controle ¹	119,84 ± 22,71 ^a	57,39 ± 8,23 ^a	0,48 ± 0,05 ^a
Ervilha	60,20 ± 13,20 ^{bc}	27,14 ± 3,87 ^b	0,47 ± 0,10 ^a
Feijão-comum	76,75 ± 16,78 ^b	29,41 ± 7,72 ^b	0,39 ± 0,08 ^b
Grão-de-bico	113,32 ± 19,13 ^a	52,34 ± 6,23 ^a	0,47 ± 0,05 ^a
Lentilha	47,28 ± 17,59 ^c	14,20 ± 3,69 ^c	0,32 ± 0,06 ^c

¹ Caseína controle. Os dados representam a média e o desvio-padrão para n=16. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05), segundo Teste de Tukey.

O Quociente de Eficiência Alimentar (Tabela 10) é indicativo de um aproveitamento mais eficiente em dietas contendo caseína, ervilha e grão-de-bico com valores estatisticamente semelhantes entre si. O menor resultado de QEA (0,32 ± 0,06) foi obtido na dieta contendo lentilha seguindo-se a do feijão-comum (0,39 ± 0,08), sendo diferentes estatisticamente.

Os grupos que apresentaram melhores índices de eficiência da dieta – controle, ervilha e grão-de-bico, com quociente médio de 0,47 (Tabela 10), foram também aqueles que apresentaram menores teores de fibra alimentar total. Dessa forma, constata-se que a FAS e a FAI pode exercer influência sobre o QEA, sendo que para FAS obteve-se correlação negativa mais significativa (p < 0,01) que as demais frações, tal como verificasse sua ação negativa sobre a digestibilidade, e por conseqüência no ganho de peso (Tabelas 9 e 10) que pode ser otimizado quando há maior aproveitamento da proteína ingerida e maior oferta de energia pelo maior consumo total de dieta.

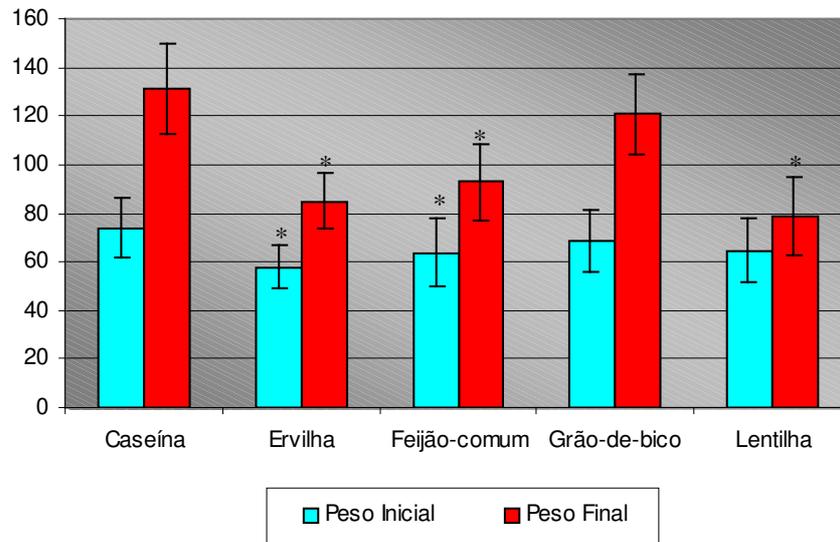


Figura 7. Pesos dos ratos Wistar com 4 dias de adaptação (peso inicial) e após 10 dias de experimentação (peso final) alimentados com dietas experimentais ($p < 0,05$).

Asteriscos indicam diferença estatística para barras de mesma cor, em relação ao grupo controle (caseína), segundo teste de Tukey

O Quociente de Eficiência Protéica Líquida (NPR) foi utilizado como indicador do valor nutritivo da proteína das leguminosas analisadas, e diferenças significativas foram observadas entre os teores das dietas experimentais. Os valores encontrados variaram entre 3,85 e 4,53 (Tabela 11) tendo os grupos que receberam dietas de feijão-comum e ervilha respectivamente os extremos destes valores. Os teores de NPR indicam que as dietas de feijão-comum e lentilha não são tão eficientes em promover o crescimento e manutenção do peso como as outras dietas sendo evidenciado pelos menores valores de QEA. Verificase que a dieta contendo ervilha possui digestibilidade inferior a dieta contendo lentilha e, no entanto valores de QEA maiores, o que provavelmente é caracterizado por uma melhor qualidade da proteína uma vez que apresenta os melhores valores de NPR. Nota-se que a FAI apresentou significativa correlação negativa ($r = -0,5296$, $p < 0,001$) com o NPR, já a FAS demonstrou associação fraca com este índice ($r = -0,2793$, $p < 0,05$).

O ganho de peso dos animais é decorrente, portanto, de uma série de fatores, incluindo a disponibilidade de energia, bem como a quantidade e a qualidade da proteína, obtidas pela ingestão da dieta. A eficiência alimentar – consumo de dieta/ganho de peso, reflete o aproveitamento da dieta para promoção do crescimento no qual esses fatores podem limitá-lo. Uma vez que as dietas foram elaboradas para serem isoenergéticas e

isoprotéicas, a qualidade da proteína e a possível associação de componentes denominados antinutricionais, como as fibras alimentares, que impedem a absorção de nutrientes, parecem ser o motivo encontrado para explicar a diferença entre os resultados obtidos neste estudo.

No tocante à qualidade da proteína, foi verificado no estudo de Jansen (1973), ao analisar a composição de aminoácidos de diferentes leguminosas incluindo o *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum* e *Cicer arietinum*, que a constituição em relação aos teores de aminoácidos varia muito pouco entre as leguminosas mas todas são deficientes em aminoácidos sulfurados, principalmente metionina. Assim, ainda outros fatores, como a característica dos componentes das leguminosas no que tange ao tipo de lipídeos, carboidratos e micronutrientes – vitaminas e minerais, provenientes desta fonte alimentar, podem também ser possíveis causas das diferenças encontradas.

Dois mecanismos podem explicar como a fibra solúvel diminui a digestibilidade de proteínas. O primeiro deles seria o aumento da microflora intestinal e o segundo considera a diminuição da absorção e digestão da proteína. O indício de que a presença de fibras solúveis no trato intestinal aumenta o crescimento microbiano e conseqüentemente mais proteínas seriam incorporadas à microbiota e que uma quantidade menor de proteína estaria disponível para absorção pelo organismo explica a primeira teoria, que soma-se ao segundo mecanismo extensivamente estudado que leva em consideração a capacidade da fibra solúvel em diminuir a velocidade de digestão e absorção pela sua ação espessante e elevada incorporação de água. Apesar da fermentação das fibras ocorrerem em maior proporção no intestino grosso e não no intestino delgado que é o local onde a absorção de nutrientes é realizada em maior magnitude, ainda assim há uma concentração bacteriana no íleo que pode levar ao aumento da fermentação conforme demonstrado nos estudos de Bednar *et al.* (2001).

Tabela 11. Quociente de Eficiência Protéica Líquida (NPR) de caseína, ervilha, feijão-comum, grão-de-bico e lentilha, utilizadas como fontes protéicas ($12,7 \pm 0,3\%$), em dietas com formulação AIN 93-G para ratos Wistar, durante Balanço de Nitrogênio de 10 dias.

Dieta	Consumo de dieta (g)	Proteína ingerida (g)	NPR
Caseína	$119,84 \pm 22,71^a$	$15,19 \pm 2,69^a$	$4,24 \pm 0,41^{ab}$
Ervilha	$60,20 \pm 13,20^{bc}$	$7,40 \pm 1,50^{bc}$	$4,53 \pm 0,71^a$
Feijão-comum	$76,75 \pm 16,78^b$	$9,46 \pm 2,05^b$	$3,85 \pm 0,72^b$
Grão-de-bico	$113,32 \pm 19,13^a$	$13,91 \pm 2,37^a$	$4,28 \pm 0,41^{ab}$
Lentilha	$47,28 \pm 17,59^c$	$5,66 \pm 2,00^c$	$3,99 \pm 0,75^{ab}$

Perda de peso da dieta Aprotéica: $6,46 \pm 1,37$

Os dados representam a média e o desvio-padrão para $n=16$.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$), segundo Teste de Tukey.

Jorgensen *et al.* (2003) relataram em estudo sobre metabolismo energético e balanço de proteína em ratos alimentados com diferentes níveis de fibra alimentar e proteína, que a digestibilidade de nutrientes diminuiu linearmente com o acréscimo de casca de soja – primordialmente fibra insolúvel; e um aumento da ingestão de fibra alimentar foi associado com uma concomitante perda de proteína e energia pelas fezes. Hughes *et al.* (1996) estudando os efeitos da fibra alimentar e taninos na utilização de proteínas de feijões, obtiveram resultados de correlação diferentes. Para eles, a fibra solúvel aumentou significativamente as perdas de nitrogênio nas fezes e conseqüentemente redução da digestibilidade protéica, já a fibra insolúvel e os taninos não apresentaram efeito sobre a perda fecal de nitrogênio e digestibilidade. Contudo nem as fibras solúveis nem insolúveis tiveram efeito sobre o NPR, já os taninos reduziram significativamente os teores. No estudo desses pesquisadores a fibra solúvel parece ser a principal responsável pelos baixos teores de digestibilidade protéica comumente associada com a fibra alimentar nos alimentos. A proporção entre FAI:FAS como fonte de fibra alimentar pode afetar toda a utilização de uma dieta e se torna importante na formulação de preparações alimentares ou na ingestão concomitante de mais de um tipo de alimento, objetivando fornecer as melhores condições de aproveitamento de nutrientes, pela caracterização das fezes e funcionamento intestinal.

Burkhalter *et al.* (2001) constataram que a inclusão de fibras teve um efeito negativo modesto na digestibilidade de nutrientes em estudo realizado com cães alimentados com diferentes proporções de fibra alimentar provenientes da casca de soja e polpa de beterraba nas dietas, sendo que os valores de digestibilidade de proteína encontrados para as dietas com um percentual maior de fibra insolúvel foram menores do que aqueles proporcionados pelas dietas com uma relação menor de fibra insolúvel x fibra solúvel. Os dados sugerem que a adição de uma combinação de FAS e FAI teria um maior efeito benéfico na função intestinal do que uma fração de fibra isoladamente.

O motivo pelo qual o peso das fezes é aumentado com a ingestão de farelos de aveia e trigo foi estudado por Chen *et al.* (1998). O aumento do volume fecal tanto com um como com outro, além de excreção aumentada de nitrogênio nas fezes, foi verificado, embora a diferença na composição da quantidade de fibra insolúvel e solúvel tenha sido significativa. No farelo de trigo há mais de 90% de fibra insolúvel e no farelo de aveia, quantias menos expressivas dessa fração de fibra – apenas 50-60%, sendo o restante percentual composto por frações solúveis de fibras. Os autores verificaram também que a excreção foi maior para o farelo de aveia – que contém teores mais altos de fibra solúvel, corroborando com os dados obtidos nos estudos de outros pesquisadores e em demais fontes alimentares.

Pelo que ficou demonstrado nas Tabelas 8, 10 e 11, o grão-de-bico foi a leguminosa estudada de maior destaque no que diz respeito aos índices de valor nutritivo por apresentar resultados próximos aos valores encontrados para dieta controle contendo caseína, o que poderia indicar uma maior atenção para a produção e desenvolvimento por parte dos agricultores e comerciantes, para a introdução efetiva desta leguminosa na dieta da população brasileira. É de se salientar que esta foi a leguminosa que apresentou os menores teores de FAI e ausência de FAS tanto para a amostra isolada – crua e cozida liofilizada, quanto nas dietas, o que vai ao encontro da hipótese da interferência das fibras alimentares – principalmente pela fração solúvel, na qualidade da digestibilidade protéica das outras dietas que não tiveram resultados tão eficientes.

Com isso, diante da heterogeneidade de objetivos relativos à eficiência da nutrição nas mais diversas situações, pode-se dizer que dentre as leguminosas estudadas, o grão-de-bico seria a melhor do ponto de vista nutritivo; contudo as fibras apresentam funções benéficas ao organismo que devem ser consideradas quando altera-se o enfoque analisado.

A ervilha também se destaca quando se analisa a qualidade protéica da dieta pelos bons resultados dos índices de valor nutritivo QEA e NPR, mesmo apresentando valores de FAI e FAS estatisticamente semelhantes às demais leguminosas, com exceção do grão-de-bico.

Os diferentes resultados de valor nutricional das leguminosas induzem à reflexão acerca da qualidade da dieta ingerida pela população brasileira que tem o feijão como um dos principais alimentos. Um extenso corpo de evidências indica que a ingestão de fibras através de fontes alimentares como as leguminosas, contribuem para a redução de riscos de várias doenças. No entanto, há uma ampla crença que alimentos preparados à base de leguminosas são pouco digeríveis e podem causar desconfortos intestinais, diminuindo seu consumo pela população. As fibras alimentares exercem efeitos diferentes no organismo e desta forma o tipo de fibra e a quantidade presente na alimentação podem ter respostas de valor nutritivo diversas, devendo ser observado o objetivo de sua utilização para obter seu melhor aproveitamento funcional.

A dieta é um importante componente de um complexo estilo de vida e pode exercer um grande impacto na saúde dos indivíduos. Desta forma, a promoção e incentivo à produção e consumo de diferentes fontes alimentares incluindo as leguminosas, deve ser enfatizada nos meios educacionais, sociais e políticos visando aumentar a oferta de nutrientes, bem como proporcionar alternativas às instituições alimentares em nível comercial ou domiciliar, viabilizando custos, oferta de mercado e sobretudo qualidade nutricional.

Pode-se dizer então que FAI e FAS interferem no valor nutritivo das dietas analisadas no que diz respeito aos resultados encontrados de NPR e DCDA, respectivamente, sendo que a fração solúvel mesmo presente em pequenas quantidades pode levar à redução do valor nutritivo pelo impacto negativo que exerce sobre a digestibilidade protéica. Já o AR, embora apresente as características de fibra alimentar, parece não estar relacionado com menores índices de valor nutritivo, tendo influído positivamente na DCDA.

A associação de diferentes tipos de fibras e substâncias semelhantes em um mesmo alimento ou dieta poderia atenuar a influência no valor nutritivo pela sobreposição dos efeitos dos diferentes compostos. Sendo assim, é necessário um maior aprofundamento do estudo para compreender a extensão dessa interferência e a sua magnitude, podendo ser

benéfico ou indesejável dependendo do ponto de vista abordado uma vez que as fibras alimentares estão relacionadas à prevenção de doenças.

Os resultados obtidos neste estudo devem ser melhor investigados, sendo sugerido um maior número de amostras e padronização dos componentes oferecidos pelas dietas experimentais tal como identificação e uniformidade das frações de fibras e teores que compõem as dietas, bem como ensaios com frações protéicas isoladas.

6 - CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos neste estudo concluiu-se que:

1 - O grão-de-bico proporcionou os melhores resultados de valor nutritivo sendo $74,80 \pm 3,29\%$ para DCDA, $0,47 \pm 0,05$ para QEA e $4,28 \pm 0,41$ para NPR estando bem próximos aos valores obtidos para dieta controle em relação a DCDA ($85,21 \pm 3,97\%$), QEA ($0,48 \pm 0,05$) e NPR ($4,24 \pm 0,41$).

2 - A dieta contendo ervilha promoveu alto aproveitamento protéico constatado pelo bom resultado de QEA ($0,47 \pm 0,10$) equiparando-se ao controle, e o mais alto valor de NPR ($4,53 \pm 0,71$), caracterizando esta leguminosa como uma boa fonte de proteína utilizada pelo organismo dos ratos.

3 - A Fibra Alimentar Solúvel (FAS) está associada à diminuição dos valores de Digestibilidade Corrigida pela dieta Aprotéica (DCDA) apresentando significativa associação negativa com o aproveitamento das dietas experimentais ($r = -0,6582$, $p < 0,001$), especialmente no caso da dieta de feijão-comum em que obteve-se os maiores conteúdos de FAS ($1,41 \pm 0,15$ g/100g) e os menores valores de digestibilidade ($47,59 \pm 10,04\%$).

4 - Maiores conteúdos de Fibra Alimentar Insolúvel (FAI) estão associados com menor Quociente de Eficiência Protéica Líquida (NPR) ($r = -0,5296$, $p < 0,001$) mas não apresentaram correlação significativa com a digestibilidade de proteína das dietas.

5 - O Amido Resistente apresentou correlação com DCDA ($r = 0,7098$, $p < 0,001$) interferindo positivamente na digestão da proteína fornecida pelas dietas experimentais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADA - American Dietetic Association (anonymous). Position of The American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. **Journal of American Dietetic Association**, Chicago, v. 97, p. 1157-1159, 1997.
2. ANGELUCCI, E.; CARVALHO, C.R.L.; CARVALHO, P.R.N.; FIGUEIREDO, I.B.; MANTOVANI, D.M.B.; MORAES, R.M. **Manual técnico de análises de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnología de Alimentos, p.52-53, 1987.
3. ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H., SILJESTROM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington D.C., v.31, n.3, p.476-482, 1983.
4. ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutritional implications of resistant starch. **Nutritional Research Reviews**, Wallingford, v.9, p.1-31, 1996.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of analysis**. 11. ed., HORWITZ, W., ed., Washington D.C, AOAC, p.927-928, 1975.
6. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of analysis**. 16. ed., CUNNIFF, P.A., ed., Washington D.C, AOAC, p.55, 1995.
7. BEDNAR, G.E.; PATIL, A.R.; MURRAY, S.M.; GRIESHOP, C.M., MERCHEN, N.R.; FAHEY, G.C. JR. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, p. 276-286, 2001.

8. BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
9. BOBBIO, P.A. **Química do processamento de alimentos**. 13^a. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 232p
10. BORGIA, M.; SEPE, N.; BRANCATO, V.; COSTA, G.; SIMONE, P.; BORGIA, R.; LUIGLI, R. Treatment of Chronic constipation by a Bulk-forming Laxative (Fibrolax (r)). **Journal of International Medical Research**, Hackensack, v.11, p.124-127, 1983.
11. BRESSANI, R. & ELÍAS, L. G. Relacion entre la digestibilidad y el valor proteinico del frijol comum (*Phaseolus vulgaris*) **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.34, n.1, p.189-197,1984.
12. BURKHALTER, T.M.; MERCHEN, N.R.; BAUER, L.L.; MURRAY S.M.; PATIL, A.R.; BRENT, J.L.JR; FAHEY, G.C.JR. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrients digestibilities and fecal characteristics of dogs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, p. 1978-1985, 2001.
13. CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S.; SALUNKHE, D.K. Bioqhemistry and Technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.25, n.2, p.107-158, 1986.
14. CHEN, H.; HAACK, V.S.; JANECKY, C.W.; VOLLENDORF, N.W.; MARLETT, J.A. Mechanisms by which wheat bran and oat bran increase stool weight in humans **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 68, p.711–719, 1998.
15. DALGLEISH, J.McN. Freeze-drying for the food industries. New York: **Elsevier Applied Science**, p.53-88, 1990.

16. DE ANGELIS, R.C. Valor nutricional das proteínas – Métodos de Avaliação. **Cadernos de Nutrição**, São Paulo, v.10, p. 08-29, 1995.
17. DELCOUR, J.A.; EERLINGEN, R.C. Analytical Implications of the Classification of Resistant Starch as Dietary Fiber. **Cereal Foods World**, St. Paul, p. 85-86, 1996.
18. DESHPANDE, S.S.; DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. **Advanced Cereal Science and Technology**, v.10, p.147-241, 1990.
19. DOMENE, S.M.A. Estudo do valor nutricional da proteína de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L.), ervilha (*Pisum sativum*, L.) e grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.) utilizando marcação com nitrogênio 15. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas-SP, 1990.
20. DOMENE, S.M.A., OLIVEIRA, A.C. The use of nitrogen-15 labeling for the assessment of leguminous protein digestibility. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v.39, n.1, p.47-53, 1993.
21. EASTWOOD, M. A. Fiber and gastrointestinal disease. In: Kritchevsky, D.; Bonfield, C. & Anderson, J.W. **Dietary Fiber – Chemistry, Physiology and Health Effects**. New York: Plenum Press, Cap. 19 p. 261-272, 1990.
22. EASTWOOD, M.A.; MORRIS, E.J. Physical properties of dietary fiber that influence physiological function: a model for polymers along the gastrointestinal tract. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, 1991.
23. EBIHARA, K.; NAKAMOTO, Y. Comparative effect of water-soluble and-insoluble dietary fiber on bowel function in rats fed a liquid elemental diet. **Nutrition Research**, New York, v. 18, p. 883-91, 1998.
24. FAHL, José Irineu et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas – Boletim 200**. 6ª. Edição, 1998 - 396 pag.

25. FAISANT, N.; PLANCHOT, V.; KOZLOWSKI, F.; PACCOURET, M.P.; COLONNA, P.; CHAMP, M. Resistent starch determination adapted to products containing high level of resistant starch. **Sciences des Aliments**, Nantes, v.15, n.1, p.83-89, 1995.
26. GENOVESE, M.I., LAJOLO, F.M. Atividade inibitória de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): avaliação crítica dos métodos de determinação, **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.51, n.4, p.386-394, 2001.
27. GIBSON, G.R. Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, n.7, p.1438-1441, 1999.
28. GOENA, M.; MARZO, F.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, L.; TOSAR, A.; FRÜHBECK, G. SANTIDRIÁN S. Effect of the raw legume *Vicia ervilia* on the muscle and liver protein metabolism in growing rats. **Revista Española de Fisiologia**, Madri, v.45 p. 55-60, 1989.
29. GORDON, D.T. Total dietary fiber and mineral absorption. In: Kritchevsky, D.; Bonfield, C.; Anderson, J.W. **Dietary Fiber – Chemistry, Physiology and Health Effects**. New York: Plenum Press, Cap. 07 p. 105-128, 1990.
30. HARALAMPU, S.G. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS₃. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 41, 285-292, 2000.
31. HELBIG, E.; OLIVEIRA, A.C.; QUEIROZ, K.S.; REIS, S.M.P.M. Effect of soaking prior to cooking on the levels of phytate and tannin of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) and the protein value. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v.49, p.81-86, 2003.
32. HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes – a review. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 54, 401-417, 2003.

33. HOPEWELL, R.; YEATER, R.; ULLRICH, I. Soluble fiber: effect on carbohydrate and lipid metabolism. **Progress Food and Nutrition Science**, New York, v.17, p.159-182, 1993.
34. HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v.45, n.9, p.122-124, 1991.
35. HUGHES, J.S.; ACEVEDO, E. BRESSANI, R.; SWANSON, B.G. Effects of dietary and tannins on protein utilization in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, Great Britain, v. 29, n^{os}.3-4, p. 331-338, 1996.
36. IBGE / Tabelas de Composição de Alimentos. 4. ed., 137p. Rio de Janeiro, 1996.
37. INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Dietary fiber. **Food Technology**, Chicago, v.43, n.10, p.133-139, 1989.
38. JACOBASCH, G.; SCHMIEDL, D.; KRUSCHEWSKI, M.; SCHMEHL, K. Dietary resistant starch and chronic inflammatory bowel diseases. **International Journal of Colorectal Disease**, New York, v.14, n.4-5, p.201-211, 1999.
39. JANSEN, G.R. Amino acid supplementation of common beans and other legumes. In: Jaffé. W.G. **Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods**, Caracas, Editorial Excelsior, 1973.
40. JENKINS, D.J.A.; KENDALL, C.W.C.; VUKSAN, V. Inulin, oligofructose and intestinal function. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.129, n.7, p.1431-1433, 1999.
41. JOOD, S.; CHAUHAN, B.M.; KAPOOR, A.C. Protein digestibility (*in vitro*) of chickpea and blackgram seeds as affected by domestic processing and cooking, **Plants Foods for Human Nutrition**, Netherlands, v. 39, p. 149-154, 1989.
42. JOHNSON, I.T.; SOUTHGATE, D.A.T. **Dietary fibre and related substances**. London, 132p., 1994.

43. JORGENSEN, H.; ZHAO, X.Q.; THEIL, P.K.; GABERT, V.M.; KNUDSEN, K.E.B. Energy metabolism and protein balance in growing rats fed different levels of dietary fibre and protein. **Archives of Animal Nutrition**, Oxon, v. 57 (2), p. 83-98, 2003.
44. KHAN, M.A.; JACOBSEN, I.; EGGUM, B.O. Nutritive value of some improved varieties of legumes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 395-400, 1979.
45. KUTOŠ, T.; GOLOB, T.; KAČ, M.; PLESTENJAK, A. Dietary fiber content of dry and processed beans. **Food Chemistry**, Barking, v.80, p. 231-235, 2003.
46. LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W.; FILISETTI-COZZI, T.M.C.C. Considerações sobre carboidratos e fibra. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.38, n.3, p.519-542, 1988.
47. LEES, R. **Manual de análisis de alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1979. p.17, 124-125.
48. LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. Harper & Row, São Paulo. p. 211, 1978.
49. LI, B.W.; ANDREWS, K.W.; PEHRSSON, P.R. Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods, **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 715-723, 2002.
50. LINTAS, C.; CAPELLONI, M. Effect of processing on legume resistant starch. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.46, p. S103-S104, 1992.
51. MARCONI, E.; RUGGERI, S.; CAPELLONI, M.; LEONARDI, D.; CARNOVALE, E. Physicochemical, Nutritional, and Microstructural Characteristics of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Following Microwave Cooking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p.5986-5994, 2000.

52. MARLETT, J. A.; CHEUNG, T-F. Database and quick methods of assessing typical dietary fiber intakes using data for 228 commonly consumed foods. **Journal of the American Dietetic Association**, 97; 1139-1148, 1997.
53. MARQUEZ, U.M.L.; 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.
54. MELITO, C.; TOVAR, J. Cell walls limit in vitro protein digestibility in processed legume seeds. **Food Chemistry**, Barking, v.53, n.3, p.305-307, 1995.
55. MÉNDEZ, M.H.M.; DERIVI, S.C.N.; FERNANDES, M.L.; OLIVEIRA, A.M.G. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 43, n. 1, p. 66-72, 1993.
56. MOLIS, C.; FLOURIÉ, B.; OURANE, F. Digestion, excretion and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, p. 324-8, 1996.
57. MORROW, B. The rebirth of legumes: legume production, consumption and export are increasing as more people become aware of legumes nutritional benefits. **Food Technology**, Chicago, v.45, n. 9, p.96-121, 1991.
58. MOSSÉ, J. Nitrogen to protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seeds protein content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington D.C., v.38, n.1, p.18-24, 1990.
59. NIBA, L.L. Effect of storage period and temperature on resistant starch and beta-glucan content in cornbread, **Food Chemistry**, Barking, v. 83, p. 493-498, 2003.

60. NICKLAS, T. A.; MYERS, L.; O'NEIL, C.; GUSTAFSON, N. Impact of Dietary Fat and Fiber Intake on Nutrient Intake of Adolescents **Pediatrics**, Elk Grove Village, v. 105, p. e21, 2000.
61. NIELSEN, S.S. Digestibility of legume protein: studies indicate that the digestibility of heated legume protein is affected by the presence of other seed components and the structure of the protein. **Food Technology**, Chicago, v.45, n. 9, p.112-114, 1991.
62. OLIVEIRA, A.C.; SGARBIERI, V.C. Effects of diet Containing Dry Beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) on the Rat Excretion of Endogenous Nitrogen. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.116, n. 12, p. 2387-2392, 1986.
63. OSÓRIO-DIAZ, P.; BELLO-PEREZ, L.A.; SAYAGO-AYERDI, S.G.; BENITEZ-REYES, M.D.P.; TOVAR, J.; PAREDES-LOPES, O. Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.83, n.12, p. 1283-1288, set., 2003.
64. PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el análisis de alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. p.62-68.
65. PELLET, P.L.; YOUNG, V.R. **Nutritional evaluation of protein foods**. 154p. The United Nations University, Tokyo, 1980.
66. PEREIRA, C.A.S.; COSTA, N.M.B. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionai e isentos de germes (germ-free). **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p. 5 –14, 2002.
67. POMPEU, A.S.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; BORTOLETTO, N. IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatô: cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: Reunião nacional de pesquisa de feijão, 6., 1999, Salvador. Resumos expandidos, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 382-383, 1999.

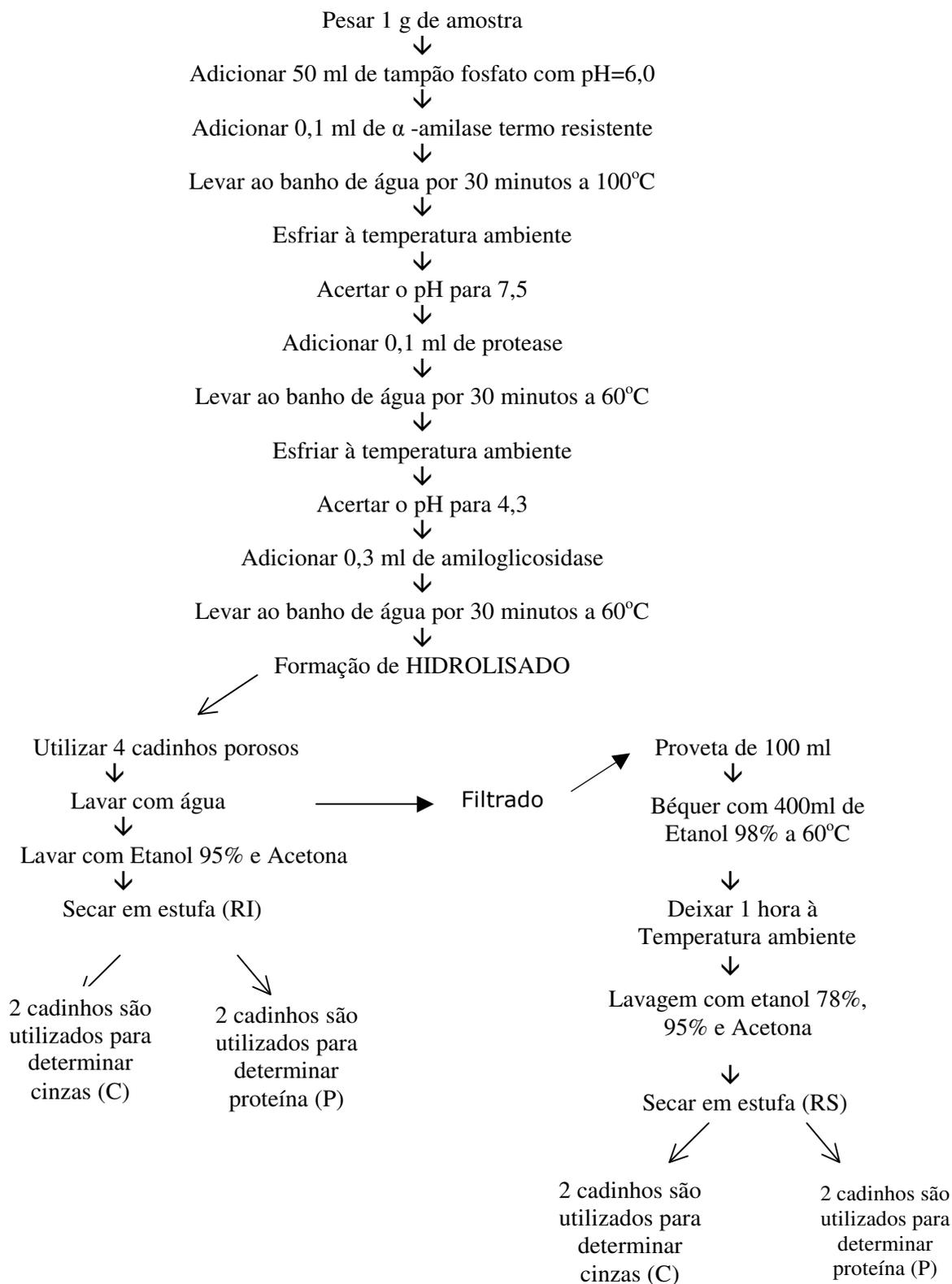
68. RANHOTRA, G.S.; GELROTH, J.A., GLASER, B.K. Energy value of resistant starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.2, p.453-455, 1996.
69. RATNAYAKE, W.S.; HOOVER, R.; SHAHID, F.; PERERA, C.; JANE, J. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field peas (*Pisum sativum L.*) cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v.74, p. 189-202, 2001.
70. RATTI, C. Hot air freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311-319, 2001.
71. REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY JR., G.C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents; final report of the American Institute of Nutrition ad hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, n.11, p.1939-1951, 1993.
72. ROBERFROID, M.B. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food and Science and Nutrition**, Philadelphia, v.33, n.2, p.103-148, 1993.
73. ROBERFROID, M.B. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.129, n.7, p.1398-1401, 1999.
74. ROBERFROID, M.B.; DELZENNE, N.M. Dietary fructans. **Annual Review of Nutrition**, v. 18, p. 117-143, 1998.
75. RUPÉREZ, P.; BRAVO, L. Oligofructanos y gomas. In: Lajolo *et al.* **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**, São Paulo, Varela, 472 pp., 2001.
76. SAGUM, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, Barking, v.70, p.107-111, 2000.

77. SGARBIERI, V.C.. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) **World reviews in Nutrition and Dietetics**. Basel, v.60, n. 46, p. 132-198, jan., 1989.
78. SILVIO, J; HARMON, D.L.; GROSS, K.L.; McLEOD, K.R. Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog. **Nutrition**, New York, v.16, n.4, p.289-295, 2000.
79. SLAVIN, J. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, p. 287-291, 2003.
80. SNEDECOR, G.W. Métodos de Estatística; su Aplicación a Experimentos en Agriculture y Biología, Acme Agency, Buenos Aires, p. 179, 1948.
81. SOUTHGATE, D.A.T. Dietary fiber parts of food plants and algae. In: Spiller, G.A. 2^a ed. **CRC Handbook of Dietary fiber in human nutrition**, New York, CRC Press, 648 pp., 1992.
82. STARK, A.; MADAR, Z.: Dietary fiber. In Functional foods. Goldberg I (Ed). Chapman and Hall, New York, p183-201, 1994.
83. STEPHEN, A.T., SIEBER, G.M., GERSTER, Y.A., MORGAN, D.R. Intake of . Carbohydrate and its components – international comparisons, trends ever time and effects of Changing to low-fat diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.62, n.4, p. 851s-867s, 1995.
84. SILJESTROM, M.; BJÖRCK, I. Digestible and undigestible carbohydrates in autoclaved legumes, potatoes and corn. **Food Chemistry**, Barking, v.38, n.2, p.145-152, 1990.
85. THARANATHAN, R.N. & MAHADEVAMMA, S. Grain legumes – a boon to human nutrition. **Trends in food & Science Technology** v. 14, p. 507-518, 2003.

86. TOPPING, D.L.; CLIFTON, P.M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, v. 81(3), 1031-1064, 2001.
87. TOVAR, J.; BJOERCK, I.M.; ASP, N.G.; Starch content and alpha-amylolysis rate in precooked legume flours. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington D.C , v. 38(9), p. 1818-1823, 1990.
88. TOVAR, J.; MELITO, C. Steam cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington D.C, v. 441, p. 2642-2645, 1996.
89. VEENA, A.; UROOJ, A.; PUTTARAJ, S. Effect of processing on composition of dietary fiber and starch in some legumes. **Nahrung**, Berlin, v.39, n.2, p.132-138, 1995.
90. VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J. Legume processing effects on dietary fiber components. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.5, p.1350-1352, 1991.
91. WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the *in vitro* fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.75, n.4, p.373-380, 1993.
92. WILLIAMS, P.C. The use of titanium dioxide as a catalyst for large scale Kjeldahl determination of the total nitrogen content of cereal grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.24, p.343-348, 1973.
93. WONG, K.H.; CHEUNG, P.C.K. Nutritional assessment of three chinese indigenous legumes in growing rats. **Nutrition Research**, New York, v. 18, n° 09, p. 1573-1580, 1998.

ANEXOS I

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE
FIBRA SOLÚVEL E INSOLÚVEL (AOAC, 1995)**



A metodologia deve ser realizada para as amostras analisadas e também um padrão sem amostra denominado branco utilizado para correção.

As seguintes fórmulas são usadas para cálculo:

$$\% \text{ FAI} = \frac{\text{RI} - \text{P} - \text{C} - \text{BI} \times 100}{m}$$

Onde:

RI = Média do Resíduo Insolúvel da Amostra (mg)

P = Média da Proteína no RI (mg)

C = Média das Cinzas no RI (mg)

m = Média dos Pesos das Amostras (mg)

BI = RI_B - P_B - C_B

RI_B = Média do Resíduo Insolúvel do Branco (mg)

P_B = Média da Proteína do RI_B (mg)

C_B = Média de Cinzas no RI_B (mg)

$$\% \text{ FAS} = \frac{\text{RS} - \text{P} - \text{C} - \text{BS} \times 100}{m}$$

RS = Média do Resíduo Solúvel da Amostra (mg)

P = Média da Proteína no RS (mg)

C = Média das Cinzas no RS (mg)

m = Média dos Pesos das Amostras (mg)

BS = RS_B - P_B - C_B

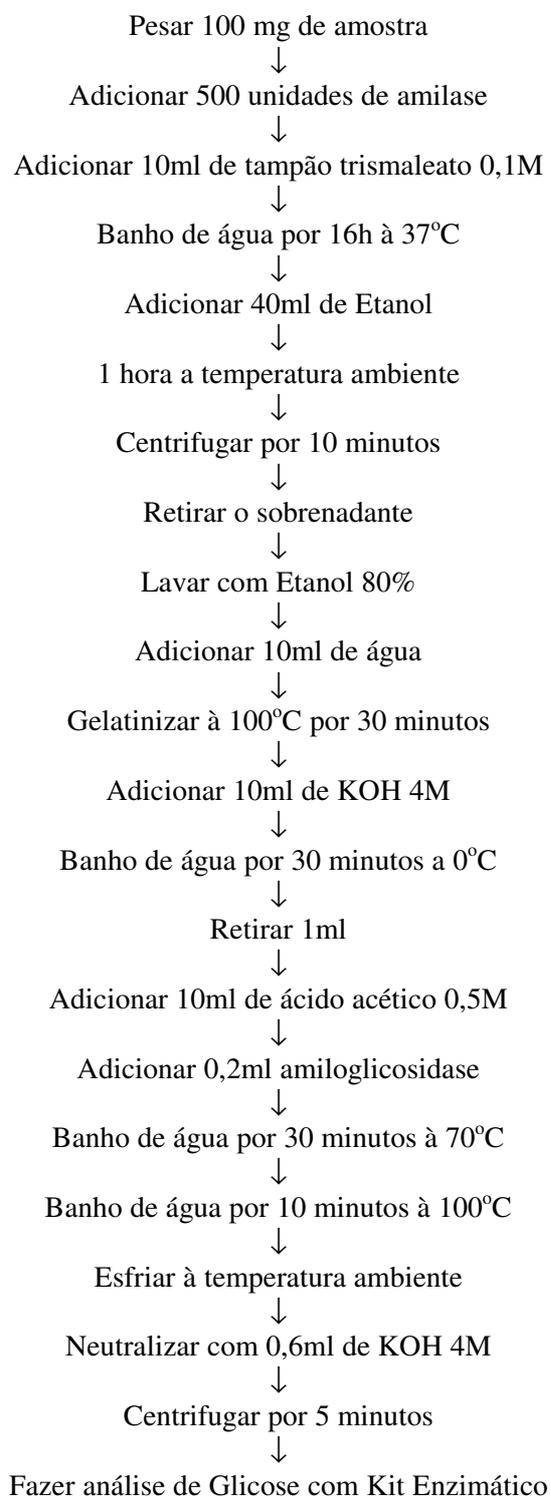
RS_B = Média do Resíduo Solúvel do Branco (mg)

P_B = Média da Proteína do RS_B (mg)

C_B = Média de Cinzas no RS_B (mg)

ANEXOS II

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE
DE AMIDO RESISTENTE (FAISANT, 1995)**



Utilização da seguinte fórmula para cálculo: $\frac{G \times 0,9 \times D}{\text{Peso da amostra}} \times 100$

G=glicose
D= fator de diluição

ANEXO III

**PROTOCOLO DE APROVAÇÃO DA
COMISSÃO DE ÉTICA NA EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL – CEEA
(Protocolo nº 248-2)**

ANEXO IV

**CARTA DE ACEITAÇÃO DA REVISTA FOOD CHEMISTRY PARA
PUBLICAÇÃO DO ARTIGO:**

**“CHEMICAL COMPOSITION, DIETARY FIBRE AND RESISTANT
STARCH CONTENTS OF RAW AND COOKED PEA, COMMON BEAN,
CHICKPEA AND LENTIL LEGUMES”**

