

**AÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE  
FIBRAS SOBRE FRAÇÕES LIPÍDICAS  
DO SANGUE E FÍGADO DE RATOS**

**MOACIR ROBSON EUFRÁSIO**

**2003**

**MOACIR ROBSON EUFRÁSIO**

**AÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS SOBRE FRAÇÕES  
LIPÍDICAS DO SANGUE E FÍGADO DE RATOS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do Título de “Mestre”.

**Orientadora:**

**Profa. Dra. Maria de Fátima Píccolo Barcelos**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2003**

**MOACIR ROBSON EUFRÁSIO**

**AÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS SOBRE FRAÇÕES  
LIPÍDICAS DO SANGUE E FÍGADO DE RATOS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do Título de “Mestre”.

**APROVADA em 21 de fevereiro de 2003**

**Dr. Raimundo Vicente de Sousa**

**UFLA**

**Dr. Adauto Ferreira Barcelos**

**EPAMIG**

**Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos**  
**UFLA**  
**(Orientadora)**

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

**A Deus,**  
**Aos meus filhos, Carolina e Daniel**  
**Aos meus pais, Moacir e Letice**  
**Aos meus irmãos, Carlos, Carolina (*in memoriam*) e Cássio.**

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e saúde dando-me sempre forças para seguir em frente.

A Professora Dra. Maria de Fátima Píccolo Barcelos, pela orientação segura e dedicada e pela amizade.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Medicina Veterinária na pessoa do Dr. Raimundo Vicente de Sousa pela cessão da infra-estrutura para a realização do experimento e pelo apoio e cooperação.

A Universidade Federal de Alfenas que forneceu os animais para o experimento.

Ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), na pessoa do Dr. Altino Rodrigues Neto, pela oportunidade para a realização do curso.

Ao colega Michel Cardoso De Angelis Pereira pela amizade e ajuda valiosa.

Aos amigos Roger Alexandre Nogueira Gontijo e Ricardo da Silveira Carvalho pela convivência e incentivo durante todo o curso.

Aos colegas do Laboratório de Bioquímica Nutricional, Eliete, Sueli, Andrelisa, Marcos e Juliano pela ajuda no experimento e pela amizade.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, especialmente Maria Aparecida Corrêa (Cidinha), Constantina Maria Braga Torres (Tina), pela atenção e apoio.

Aos colegas do IMA de Lavras, em especial Valdomiro e Manoel, pela valiosa ajuda durante o experimento.

Aos funcionários do Departamento de Medicina Veterinária, na pessoa do Sr. William César Cortez, pelo apoio e cooperação.

E aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste curso de Mestrado, o meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Fibra alimentar.....	3
2.2 Classificação da fração fibra.....	4
2.3 Uso das galactomananas na indústria de alimentos.....	12
2.4 Efeitos fisiológicos da fração fibra .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Ensaio <i>in vivo</i> .....	19
3.2 Análises físico-químicas das fibras purificadas: celulose, carboximetilcelulose, pectina cítrica e goma guar .....	24
3.2.1 Determinação do pH, capacidade de absorção de água e umidade das fibras .....	24
3.3 Análises bioquímicas no soro .....	24
3.3.1 Determinação do colesterol total .....	24
3.3.2 Determinação do HDL colesterol .....	25
3.3.3 Determinação do LDL colesterol .....	25
3.3.4 Determinação do VLDL colesterol .....	25
3.3.5 Determinação dos triacilgliceróis .....	25
3.4 Análises químicas e bioquímicas no fígado .....	26
3.4.1 Determinação dos lipídios totais .....	26
3.4.2 Determinação do colesterol total e triacilgliceróis .....	26
3.5 Análises estatísticas .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1 Análises físico-químicas realizadas nas fibras	

purificadas celulose, carboximetilcelulose, pectina cítrica e goma guar .....	28
4.2 Componentes químicos das dietas experimentais.....	29
4.3 Ganho de peso dos animais e consumo das dietas.....	30
4.4 Análises bioquímicas realizadas no soro dos animais .....	32
4.4.1 Colesterol total .....	32
4.4.2 HDL colesterol.....	34
4.4.3 LDL colesterol .....	35
4.4.4 VLDL colesterol .....	37
4.4.5 Triacilglicerol .....	39
4.5 Análises no fígado .....	40
5 CONCLUSÕES .....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS.....	52



## RESUMO

EUFRÁSIO, Moacir Robson. **Ação de diferentes tipos de fibras sobre frações lipídicas do sangue e fígado de ratos**. Lavras: UFLA, 2003. 54 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)\*.

Objetivando determinar algumas propriedades físico-químicas e os efeitos das fibras solúveis pectina cítrica e goma guar sobre as frações lipídicas do sangue e fígado de ratos wistar consumindo dietas contendo colesterol, utilizou-se 36 animais, que foram distribuídos em um delineamento ao acaso e divididos em seis grupos que constituíram os tratamentos.. Durante um período de cinco dias, os animais receberam dietas padrão para adaptação ao experimento. Após este período, os animais receberam diferentes dietas por 58 dias, compostas por 10 e 15% de pectina e 1% de colesterol, outras compostas por 10 e 15% de goma guar e 1% de colesterol e dois grupos controle um com 5% de celulose e 1% de colesterol e outro com 5% de celulose e sem colesterol. Após os 58 dias recebendo as dietas experimentais, os animais foram sacrificados e colheu-se sangue para as análises de colesterol total, HDL, LDL, VLDL e triacilglicerol e fígado para as análises de colesterol total, triacilglicerol e lipídios totais. Quanto ao pH somente a pectina apresentou caráter ácido e quanto a capacidade de absorção de água os valores para a goma guar e a carboximetilcelulose foram iguais ( $p>0,05$ ). A celulose apresentou valor estatisticamente inferior as demais fibras por tratar-se de fibra insolúvel. O valor médio de umidade para a goma guar mostrou-se superior, quando comparado aos valores das demais fibras. Os ratos alimentados com as fibras purificadas, pectina cítrica e goma guar 10 e 15% tiveram redução significativa do colesterol sérico em relação ao grupo controle contendo 1% de colesterol. Os níveis de HDL não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. As concentrações de LDL apresentaram-se menores nos tratamentos com 10 e 15% das fibras purificadas, pectina cítrica e goma guar em relação ao controle contendo colesterol. Já os níveis de triacilglicerol não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. Conclui-se, neste experimento, que o perfil lipídico pode ser melhorado com a adição na dieta das fibras solúveis pectina cítrica e goma guar.

---

\*Comitê Orientador: Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos – UFLA (orientadora), Dra. Joelma Pereira – UFLA, Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA

## ABSTRACT

EUFRÁSIO, Moacir Robson. **Action of the diferentes tipos de fibers on the lipid fractions blood and liver of rats.** LAVRAS: UFLA, 2003. 54 p. (Dissertation – Master in Food Science)\*

With the objective of determining any physical-chemistries properties and the effects of the soluble fibers pectin citric and guar gum on the lipid fractions blood and liver of wistar rats consuming cholesterol utilizing 36 animals, which were distributed randomly and divided in six groups. During a period of five days, the animals were fed standard diets for them to adapt to the experiment. After this period, the animals were fed different diets for 58 days, their being composed of 10, 15% of citrus pectin and 1% of cholesterol and other composed of 10 and 15% of guar gum and 1% of cholesterol. There was two control groups, with 5% of cellulose and 1% of cholesterol and other with 5% of cellulose and no cholesterol. After the 58 days feeding the experimental diets, the animals were killed and collectade blood to analyses of cholesterol, HDL, LDL, VLDL and triacylglicerol and liver to analyses were cholesterol, triacylglicerol and total lipids. About the pH only the pectin present acid character and about the capacity of absortion of water the values for the guar gum and the carboximetilcellulose were sames ( $p>0,05$ ). The cellulose present estatistic value low the others fiber by refer of insoluble fiber. The midle value of humidity to for guar gum present high, when comparing with values of the others fibers. The rats fed soluble fiber citrus pectin and gaur gum with 10 and 15% presented a significant reduction of serum cholesterol relative to the control group containing 1% of cholesterol. The HDL levels no statistical difference significantly relative to the treatments. The LDL concentrations were lower in the treatments with 10 and 15% of fiber purificates relative to the control containing cholesterol. But the triacylglicerol levels no statical difference significantly in to treatments. It follow that in this experiment, that lipid profile may be improved with the addition of soluble fibers citrus pectin and guar gum

---

\*Guidance Committee: Maria de Fátima Pícolo Barcelos - UFLA (Adviser Professor), Joelma Pereira – UFLA and Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

Na dieta humana a fibra foi considerada, por muito tempo, a porção inerte do alimento, só era quantificada para ser descontada de qualquer valor nutricional e calórico e esteve praticamente ausente da literatura até a década de 50 do século passado.

O termo fibra alimentar *dietary fiber* vem sendo, ultimamente, utilizado na literatura específica, para se referir à fibra alimentar de origem vegetal, que começa a ocupar o lugar que lhe corresponde dentro do arsenal terapêutico atual, sendo considerada como alimento funcional ou nutracêutico capaz de proporcionar ao homem benefícios de saúde, incluindo a prevenção e o controle de determinadas doenças degenerativas.

Componentes da fibra alimentar desempenham papéis fisiológicos importantes na regulação do funcionamento e prevenção de doenças do trato gastrointestinal, assim como no controle e/ou prevenção de certas doenças crônicas e degenerativas. Nas últimas décadas, após estudos epidemiológicos, alguns pesquisadores sugeriram que em populações de várias regiões a baixa incidência de doenças como arteriosclerose, doença diverticular, câncer de cólon e ainda o diabete estavam associadas ao alto consumo de fibras, enquanto o oposto foi observado nos países industrializados (Painter & Burkitt, 1971; Burkitt et al., 1972; Trowell, 1973; Buckeridge & Tiné, 2001), ainda no metabolismo da glicose, as fibras solúveis exercem efeito hipoglicêmico, reduzindo a absorção de glicose pelo atraso do esvaziamento gástrico. Tem sido documentada a ação da fração fibra solúvel, na redução da absorção de alguns nutrientes a exemplo de alguns minerais, daí a importância de introduzir quantidades adequadas de fibras na dieta humana, principalmente em dieta de crianças, que na fase de crescimento, devendo-se evitar quantidades excessivas.

A ingestão diária recomendada para crianças dos 2 aos 18 anos é idade mais 5 gramas por dia e para adultos de 20 a 35 gramas por dia (Scheneeman, 1986).

Tanto fibras solúveis (pectina, gomas, mucilagens, beta-glicanos e alguns tipos de hemicelulose) quanto as fibras insolúveis (celulose, lignina e algumas hemiceluloses) têm apresentado, quando ingeridas, efeitos fisiológicos diferenciados, alguns citados anteriormente no organismo humano (Potty, 1996).

Cerca de 25% das causas de morte no mundo, devem-se às doenças coronarianas, apesar da maior incidência encontrar-se nos países desenvolvidos, essas doenças também afetam a população dos países em desenvolvimento (Stehbens, 1989).

No Brasil, as doenças cardiovasculares estão entre as principais causas de morbidade e mortalidade de indivíduos de ambos os sexos (Santos & Maranhão, 1998). Vários estudos têm demonstrado que o colesterol sanguíneo, bem como as outras frações lipídicas séricas, possuem uma relação direta positiva com o aparecimento de doenças cardiovasculares (Mahan & Scott-Stumpp, 1998), sendo que em vários estudos a inclusão de fibras solúveis na dieta tem se mostrado uma prática importante no controle efetivo dos níveis do colesterol (Neves, 1997).

Este trabalho teve por objetivos verificar a resposta de algumas propriedades físico-químicas de fontes de fibras alimentares e a ação de diferentes fontes de fibras das dietas, contendo colesterol sobre parâmetros lipídicos séricos e hepáticos, em ratos alimentados pelas mesmas. Os objetivos específicos foram determinar o pH, umidade e capacidade de absorção de água nas fibras comerciais e por meio do ensaio *in vivo*, verificar os teores de colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL, colesterol VLDL e triacilgliceróis no sangue, bem como verificar os teores de colesterol total, triacilgliceróis e lipídios totais do fígado dos animais experimentais

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fibra alimentar

A fibra alimentar encontra-se presente apenas nos alimentos de origem vegetal, trata-se de uma substância inerte, que pode ser fermentada por algumas bactérias, porém, nos não ruminantes, no caso do homem, não sofre ação de enzimas digestivas, motivo pelo qual torna-se não-absorvível (Cummings et al., 1978).

A fibra dos alimentos é a fração originada das paredes celulares, constituída por uma mistura, em proporções variáveis de lignina, celulose e polissacarídeos não celulósicos, organizados em um arranjo molecular específico. Quanto aos polissacarídeos não celulósicos é preciso considerar que a designação cobre compostos muito diferentes desde ricos em ácidos urônicos como as substâncias pécticas, até os que são pobres neles, como as gomas e as mucilagens. A cada tipo de integrante da parede celular, parece corresponder um comportamento, quando no trato digestivo, caracterizando a variação dos efeitos produzidos pela ingestão da fibra (Pourchet-Campos, 1988).

A variabilidade das proporções e mesmo da presença dos integrantes da mistura que resulta da espécie vegetal considerada e, também, do ciclo de vida em que o vegetal se encontra, serve de exemplo a taxa de celulose que aumenta à medida que o vegetal amadurece e, ocorrendo o contrário, com a hemicelulose e a pectina (Southgate, 1987).

Há alguma evidência de que o tamanho, solubilidade, viscosidade, hidratação, troca catiônica e fermentabilidade da partícula influenciam na ação esperada no organismo (Potty, 1996) .

Vários pesquisadores, ao avaliarem as propriedades físicas, químicas, nutricionais e fisiológicas atribuídas às fibras dos alimentos, constataram que

alguns componentes da fibra alimentar influem distintamente no processo da digestão e absorção de alimentos e seus nutrientes (Eastwood et al., 1984; Roehring, 1988 ; Raupp & Sgarbieri, 1996).

No que diz respeito à terminologia utilizada para a fração fibra, é importante diferenciar três conceitos que, todavia, aparecem na literatura geral: fibra crua, fibra vegetal e fibra alimentar. A fibra crua é definida como o resíduo obtido, após tratamento dos vegetais, com substâncias ácidas e alcalinas, conceito este, químico e não biológico. A fibra vegetal está relacionada aos elementos fibrosos da parede celular do vegetal. A fibra alimentar engloba todo tipo de substâncias, sejam estruturais ou não, incluindo a celulose, a lignina, as pectinas, as gomas, etc.

A fibra desempenha na planta de sua procedência, duas funções fundamentais: a função estrutural e a não estrutural. A fibra estrutural inclui componentes da parede celular, tais como a celulose, a hemicelulose, a pectina e a lignina. A fibra não estrutural é encontrada de forma natural em diversas plantas ou é formada por substâncias secretadas pela planta em resposta às agressões ou lesões sofridas. Estes compostos são mucilagens, gomas ou polissacarídeos de algas (Márquez, s/d).

## **2.2 Classificação da fração fibra**

A classificação da fibra que apresenta maior interesse do ponto de vista biológico é aquela relativa ao seu grau de solubilidade em água. As fibras podem ser classificadas quanto à sua solubilidade em água, em fibras insolúveis e solúveis.

Fibras insolúveis são aquelas que formam com a água, misturas de baixa viscosidade e dentre elas, encontram-se: a celulose, algumas hemiceluloses e lignina (Buckeridge & Tiné, 2001).

A celulose, polissacarídeo estrutural insolúvel, possui alto peso molecular, constituído pela junção de 300 a 1.500 unidades de glicose unidos por ligação glicosídica  $\beta(1,4)$ , formando longas cadeias lineares. É o componente mais comum das paredes celulares das plantas. Conseqüentemente, é a substância orgânica mais abundante na natureza. Na parede celular essas moléculas se associam lateralmente, formando longas fibrilas, que apresentam alta resistência à tração, de forma a suportar as altas pressões e trações, às quais a célula está exposta tanto na planta como durante a mastigação. A madeira contém 50% de celulose e o algodão é a celulose praticamente pura (Buckeridge & Tiné, 2001). É encontrada de forma abundante na farinha de trigo integral, na casca do trigo e nos vegetais de uma forma geral (Márquez, s/d).

As hemiceluloses não apresentam, apesar do nome, qualquer relação com a celulose e foram assim denominadas devido ao fato de serem consideradas intimamente relacionadas com o vegetal. Não são quimicamente nem estruturalmente semelhantes à celulose. Diferente da celulose, a hemicelulose não consiste de um único tipo de constituinte químico. O nome se aplica a uma variedade de polissacarídeos que têm solubilidade característica em comum e são constituídos de dois ou mais açúcares. Os arabinoxilanos (polímeros de xilose, na cadeia principal com arabinose na cadeia lateral), que são encontrados em grãos de cereais, são os principais componentes de hemicelulose. Quando analisados por processos enzimáticos, uma porção da hemicelulose em alimentos, contendo fibra é quantificado como parte da fração fibra alimentar insolúvel e o restante como fibra alimentar solúvel (Corrêa, 2001). As paredes celulares das plantas “superiores” podem ser comparadas com estruturas do assim chamado “concreto armado”, no qual as fibrilas de celulose correspondem aos cabos de aço e, entre eles, encontra-se uma matriz do tipo do cimento, constituída principalmente por hemiceluloses e pectinas (Márquez, s/d).

As ligninas são polímeros estruturais de elevado peso molecular, insolúveis em água, ácidos e bases fortes, não são digeridas, nem absorvidas e, também, não são atacadas pela microflora do cólon. Depois dos polissacarídeos, a lignina é o polímero orgânico mais abundante no mundo vegetal, exercendo múltiplas funções à vida das plantas (transporte interno de água, nutrientes e metabólitos, rigidez da parede celular). Podem ligar-se aos ácidos biliares e outros compostos orgânicos, retardando ou diminuindo a absorção desses componentes no intestino delgado (Márquez, s/d).

Fibras solúveis são aquelas que formam misturas de consistência viscosa cuja intensidade da viscosidade depende da origem do vegetal ou fruta utilizada.

Dentre as fibras solúveis encontram-se: as pectinas, as gomas, as mucilagens, os beta-glicanos e algumas hemiceluloses (Gutkoski & Trombeta, 1999; Buckeridge & Tiné, 2001), as quais serão discutidas à seguir.

Aproximadamente um terço das fibras alimentares totais ingeridas com a dieta típica são solúveis. Elas tendem a formar géis, em contato com a água, aumentando a viscosidade dos alimentos parcialmente digeridos no estômago (Becker et al., 1986).

As pectinas são polissacarídeos estruturais ramificados, podendo apresentar elevada solubilidade em água, são ricas em galactose, arabinose e ácido galacturônico o que lhes conferem caráter ácido. O peso molecular das pectinas é habitualmente elevado, conforme a sua estrutura, elas são formadas por diversas centenas ou até 1.000 unidades de monossacarídeos. Embora sejam encontradas em todos os vegetais, alguns alimentos são especialmente ricos em pectinas, como por exemplo a maçã, laranja e cebola. Quando estes vegetais são processados à quente, a pectina é solubilizada e uma solução bastante viscosa é produzida (geléias, por exemplo se estabelecem além de outros fatores pela presença de pectina). O principal componente ácido das pectinas é o ramnogalacturonano, que consiste em um polímero de ácido galacturônico,



interrompido por resíduos de ramnose, aos quais podem ligar-se a polímeros neutros (galactanos e arabinanos), geralmente de cadeia curta (Buckeridge & Tiné, 2001).

As gomas são um grupo muito importante de polissacarídeos, não estruturais, que geralmente se encontram de forma natural em diversas plantas ou são produzidas por elas, em resposta a um dano externo, para reparação de áreas danificadas, existindo, também, gomas de origem bacteriana e sintéticas. Apesar de não serem componentes das paredes celulares, em geral são reconhecidas como constituintes da fração fibra solúvel dos alimentos devido às suas propriedades físico-químicas e nutricionais. As gomas consumidas na dieta são provenientes, principalmente, de aditivos alimentares, sendo esse o uso amplamente difundido das mesmas, devido as suas qualidades reológicas, que facilitam à manufatura de bolos, sorvetes, etc. São diversas as procedências das gomas alimentares, podendo ser classificadas em função da sua origem. A maioria das gomas ou hidrocolóides, obtém-se de vegetais em forma de polissacarídeos de reserva, como as galactomananas ou arabinoxilanos de certas sementes (goma guar, goma de algarroba, psyllium). As galactomananas são assim denominadas, por apresentarem como estrutura genérica uma cadeia principal de manose  $\beta(1,4)$ , com graus variados de ramificação com galactose ligada  $\alpha(1,6)$  (Rupérez & Bravo, 2001).

São encontrados principalmente no endosperma de sementes de plantas, em sua grande maioria da ordem Fabales e das Famílias Mimosaceae, Caesalpiniaceae e Fabaceae, segundo a classificação sugerida por Cronquist (1981). Os rendimentos de galactomananas são muito altos entre as espécies das famílias Caesalpiniaceae e Mimosaceae (15 a 38% do peso da semente) (Dea & Morrison, 1975). Dentre as muitas galactomananas já estudadas, três espécies são utilizadas comercialmente: alfarroba (*Ceratonia siliqua*), guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) e mais recentemente a tara [*Caesalpinia spinosa* (M) Kuntza]. A

galactomanana de alfarroba apresenta relação manose:galactose de 3:1 (Neukon, 1989).

A alfarroba é uma árvore de cultivo centenário, originário do sul da Europa e Oriente Médio, que exige longo período para o início da produção de sementes. O guar é um arbusto nativo da Índia e do Paquistão, atualmente, cultivado na Austrália, África do Sul e Estados Unidos. É uma espécie de cultivo anual, possuindo aproximadamente 0,6 m de altura. A galactomanana extraída das sementes do guar apresenta relação manose:galactose de 1,5:1, apresentando solubilidade em água a partir de temperatura ambiente (Sandford & Baird, 1983).

As gomas podem ser originadas de exsudatos produzidos por diferentes plantas para proteção frente a danos físicos (gomas arábica, karaya, ghatti, tragacanto), ou polissacarídeos de algas (agar, alginatos, carragenatos). Outro grupo importante é constituído pelas gomas de origem microbiana, produzidas por fermentação bacteriana de substratos como a sacarose ou glicose (xantana). Por último, um grupo formado por gomas obtidas a partir de polissacarídeos naturais, através de modificações químicas como aquelas derivadas de polissacarídeos das paredes celulares de plantas (carboximetilcelulose, hidroximetilcelulose) ou polissacarídeos de reserva (dextranos). Em geral, as gomas são polissacarídeos ramificados de alto peso molecular, formado por diferentes tipos de monossacarídeos (galactose, manose, arabinose, glicose, etc.) (Rupérez & Bravo, 2001).

A presença de ramificações lhes confere uma natureza hidrofílica, sendo capazes de dissolver em água e se precipitar em solventes orgânicos (Glicksman, 1982). O termo hidrocolóide ou colóide hidrofílico é utilizado como sinônimo de goma. Originalmente, o termo goma foi aplicado a exsudato natural de plantas e mais tarde se estendeu a materiais insolúveis em água, como chiclete e

látex. Na prática corrente, reserva-se o termo goma para espessantes solúveis em água (Hirata & Souza, 1990).

As mucilagens são polissacarídeos pouco ramificados, que não são componentes da parede celular dos vegetais, sendo encontradas no interior das sementes e nas algas. Na realidade são hemiceluloses neutras, ou seja, pobres em ácidos urônicos, porém não são denominadas dessa forma, para salientar o fato de não serem polissacarídeos estruturais (Márquez, s/d).

Os beta-glicanos são polissacarídeos não amiláceos encontrados nas paredes celulares do endosperma da aveia e cevada. São polímeros compostos por moléculas lineares de glicose, com ligações beta-1,3 e beta-1,4, entre as unidades D-glicopiranosil (Gutkoski & Pedó, 2002).

As hemiceluloses já foram discutidas anteriormente, sendo necessário colocar aqui que parte delas se estabelecem como fibras solúveis, ou seja, conforme revisão de Raupp (1994), a solubilidade das hemiceluloses está associada ao alto grau de ramificações de sua cadeia.

A fração fibra de um alimento, quando analisada, refere-se ao resíduo resultante da extração sequencial do alimento com éter, ácido e álcali diluído. Segundo Van Soest (1978), o método da AOAC não recupera toda a matéria estrutural da planta, sendo, portanto, insuficiente para determinar o total de componentes estruturais.

Outros métodos analíticos, utilizando somente reagentes químicos ou a combinação de procedimentos químicos com algumas enzimas proteolíticas e amilolíticas têm sido propostos e embora não sejam eficientes para determinar o conteúdo total da fibra alimentar, mostraram-se mais acurados para determinar os componentes estruturais fibrosos dos vegetais. Dentre estes, o método com detergente neutro, proposto por Van Soest & McQueen (1973) e também pela AOAC (1990) tem sido um dos mais aplicados.

Os componentes insolúveis fibrosos caracterizados por carboidratos, como a celulose e algumas hemiceluloses, bem como a lignina, um constituinte fenólico da fibra alimentar, têm sido, segundo Scheeman (1986) e Van Soest (1978), parcialmente quantificados pelos procedimentos analíticos convencionais publicados pela *Association of Official Analytical Chemists*, (AOAC) até 1984.

Ainda, os componentes solúveis da fibra alimentar, como algumas hemiceluloses, as substâncias pécicas, as gomas, as mucilagens, os polissacarídeos das algas e os oligossacarídeos indigeríveis não foram ou foram muito pouco quantificados por esses procedimentos analíticos (Olson et al., 1987).

Assim, os dados obtidos pelos procedimentos oficiais da AOAC até 1984 não representam com fidelidade a fibra estrutural dos vegetais e menos ainda a fibra alimentar ingerida com o alimento.

Apesar de não se ter encontrado ainda um método acurado, para a determinação do conteúdo total de fibras alimentícias, pois alguns subestimam enquanto outros superestimam, o método de Prosky et al. (1985) tem sido recomendado por ter mostrado reprodutibilidade aceitável. Esse método não utiliza as enzimas gastro-intestinais, mas sim, as de origem microbiana como a termamyl, uma alfa-amilase estável ao calor; a amiloglicosidase e a protease.

Apesar da tentativa de se uniformizar as diferentes definições e os diferentes métodos, aplicados à fibra alimentar, as divergências ainda persistem.

Os cereais (aveia, cevada, milho, centeio), as frutas (banana, maçã), as leguminosas (feijões, ervilhas), além de couve flor e cenoura entre outros são alimentos ricos em fibras solúveis (pectinas, gomas, mucilagens, beta-glicano, etc).

Os alimentos ricos em fibras insolúveis (celulose, hemicelulose, lignina) estão presentes principalmente nos cereais (farelo de trigo, cereais matinais e

pães integrais), frutas maduras e vegetais (brócolis, feijões verdes, brotos), entre outros.

O conteúdo de fibra alimentar de alguns alimentos (% matéria seca, MS) segundo Berlim (1986) está apresentado na Tabela 1 e segundo Prosky et al. (1985) na Tabela 2

TABELA 1 Conteúdo (% MS) de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total de alguns alimentos, conforme Berlim (1986)

Alimentos	Conteúdo de fibra alimentar (% MS)		
	solúvel	insolúvel	Total
Feijão branco	10,20	9,60	19,80
Brócoli	13,20	17,40	30,60
Cenoura	4,40	10,40	14,80
Laranja	6,50	3,90	10,40

TABELA 2 Conteúdo de fibra alimentar total (% MS) de alguns alimentos, segundo Prosky et al. (1985)

Alimentos	Conteúdo fibra alimentar total (% MS)
Farelo de trigo	42,65
Pão de milho	86,86
Aveia	11,03
Batata	7,25

### 2.3 Uso das galactomananas na indústria de alimentos

Uma das principais aplicações das galactomananas tem sido na indústria de alimentos (40% da produção mundial), onde são utilizadas para estabilizar sorvetes e sobremesas geladas, dando corpo, textura e resistência ao choque térmico e inibem a sinérese em alguns produtos lácteos. As galactomananas são também usadas na manufatura de queijos, para a produção de pães, biscoitos, pizzas e bolos e ainda são utilizadas com finalidades terapêuticas, pois contribuem no controle do colesterol (Evans et al., 1992) e reduzem as concentrações de insulina pós-prandial e glicose, sendo eficientes no tratamento de diabetes (Braaten et al., 1991; Hurley et al., 1996).

As galactomananas são também utilizadas em medicamentos, com a função adicional de regular a velocidade de liberação de drogas de efeitos prolongados e como inibidor de apetite. Graças às suas propriedades hidrofílicas, formam no estômago massa gelatinosa, aumentando a viscosidade do conteúdo gástrico e causando sensação de saciedade (Nurnberg & Rettig, 1974; Baveja et al., 1991).

O consumo de galactomanana (principalmente goma guar), tem aumentado significativamente em vários países nos últimos anos, incluindo o Brasil. É importante observar que galactomananas utilizadas pela indústria brasileira são obtidas através de importação. O laboratório do grupo de Química de Carboidratos, do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Paraná, vem já há algum tempo, estudando galactomananas de espécies nativas brasileiras. Foram realizados ensaios com mais de 30 espécies e entre estas, as sementes de *Mimosa scabrella* (bracatinga), o *Striphnodendron barbatiman* (barbatimão), o *Schizolobium parahybae* (guapuruvu), o *Schizolobium amazonicum* (pinho cuiabano) e *Senna multijuga* (sena) foram selecionadas para o estudo (Ganter et al., 1993).

A extração de galactomananas, em escala comercial (alfarroba ou guar), em geral, envolve a remoção preliminar do tegumento das sementes, após a moagem. Para tanto, as sementes são transformadas em pó fino e os polissacarídeos são extraídos com água quente ou fria, soluções aquosas de álcali ou ácido acético diluído (Dea & Morrison, 1975).

As sementes moídas e deslipidificadas de *M. scabrella*, *S. barbatiman* e *S. multijuga* são refluxadas em metanol:água na proporção de 4:1 (v/v), durante 15 minutos e o resíduo submetido a extrações aquosas sequenciais, a diferentes temperaturas e, em seguida, com hidróxido de sódio aquoso. As sementes de *S. parahybae* e *S. amazonicum* são relativamente grandes e resistentes, apresentando dimensões médias de 2,9 x 1,8 cm e 2,1x 1,3 cm respectivamente. As sementes inteiras foram submetidas à fervura, em água, durante 30 minutos e, em seguida, deixadas a 4 °C, na presença de tolueno, durante 48 horas, até completo intumescimento. Em seguida, isolou-se manualmente o tegumento, endosperma e embrião. Esse processo possibilita, portanto, a obtenção de frações polissacarídeas de maior pureza, permitindo o isolamento das galactomananas, que ocorrem no endosperma, livres de contaminantes do tegumento, em geral carboidratos ou de proteínas provenientes do embrião (Ganter et al., 1993).

#### **2.4 Efeitos fisiológicos da fração fibra**

A ingestão da fibra dietética exerce uma série de ações sobre o aparelho digestivo humano. As fibras insolúveis, tais como a celulose, lignina e algumas hemiceluloses permanecem praticamente intactas através de todo o trato gastrointestinal, sendo benéficas na prevenção da doença diverticular e câncer de cólon, pelo aumento do bolo fecal com fezes mais macias, estimulando o peristaltismo intestinal, acelerando o trânsito intestinal e evitando a constipação;

tendo assim, efeito positivo sobre alguns males como diverticulite, câncer de cólon; devido à diminuição de compostos presentes nas fezes, oriundos de diferentes fontes e que poderiam ou não atuar, em função do tempo de sua retenção no organismo (Burkitt, 1972; Bolton, 1981; Anderson, 1986).

A habilidade da fibra alimentar para proteger o indivíduo contra o câncer de cólon tem sido relacionado aos seus produtos de fermentação, os ácidos graxos de cadeia curta e especialmente aos efeitos antineoplásicos do butirato (protetor do epitélio intestinal) e as habilidades dos ácidos de cadeia curta em diminuir o pH, reduzindo as enzimas microbianas, levando a uma diminuição da conversão de ácidos biliares primários em ácidos biliares secundários considerados cancerígenos (Rupérez & Bravo, 2001).

Eastwood (1984) recomendou o uso de farelo de trigo, maçã, laranja e cenoura para o tratamento de pacientes constipados, bem como para portadores de diverticulite.

As fibras solúveis, tais como gomas, pectinas e mucilagens devido a sua alta viscosidade e capacidade de retenção de água provocam um retardo no esvaziamento gástrico e um aumento do tempo de trânsito intestinal. A fibra solúvel tem sido utilizada no tratamento da obesidade pelo fato de que, no estômago forma géis, causando uma diminuição na absorção de nutrientes, reduzindo o aporte calórico e aumentando o volume do bolo alimentar, causando uma sensação de saciedade e a subsequente redução da ingestão (Krotkiewski, 1984; Becker et al., 1986).

Nos últimos tempos as doenças degenerativas, a exemplo das doenças cardiovasculares, têm sido uma das primeiras causas de morte na população mundial. Embora os fatores genéticos contribuam para a ocorrência das doenças degenerativas, verifica-se que o não-tabagismo, o hábito de exercícios físicos regulares e o uso de uma dieta adequada, livre do excesso de gorduras têm sido úteis para prevenir e reverter quadros das referidas doenças (Neves, 1997). O



Comitê Americano de Nutrição indica que numa dieta a distribuição de se estabelecer em 10 a 15% de proteínas, até 30% de lipídios e 55% de carboidratos. Na dieta, a importância de presença da fração fibra já foi discutida anteriormente e conforme Way III (2000), o excesso da porção lipídica e mais especificamente de gordura saturada e do colesterol mostra-se prejudicial à saúde, apesar do colesterol ser imprescindível em quantidades pré-estabelecidas.

Enquanto o colesterol é geralmente classificado com as gorduras, ele não é nem um triglicerídeo nem um ácido graxo, mas um membro de uma classe de compostos conhecidos como esteróis, formados por carbono, hidrogênio e oxigênio em estruturas anelares. Eles são lipídios, uma vez que são solúveis em solventes não-polares, mas não na água (Way III, 2000).

Sua importância fisiológica está no grande papel que ele desempenha no organismo animal, como precursor de ácidos biliares, de hormônios sexuais e esteróides adrenais (cortisol, aldosterona); de vitamina D e, principalmente, como elemento estrutural nas membranas celulares (Brody, 1994).

Entretanto, o colesterol é bastante importante na patogênese das doenças cardiovasculares, como cofator na gênese da aterosclerose das artérias vitais (Murray, 1994 ; Way III, 2000).

Do colesterol presente no organismo animal, um terço é proveniente da dieta, sendo, portanto, a maior parte de origem endógena, principalmente de origem hepática (Brody, 1994).

Por ser insolúvel em meio aquoso, o colesterol é transportado no plasma, sob a forma de estruturas organizadas, denominadas lipoproteínas (Lopes et al., 1996). Uma lipoproteína é uma porção lipídica envolta com proteína, o que a torna hidrossolúvel. As lipoproteínas plasmáticas variam significativamente em tamanho, dependendo da quantidade de gordura contida no *envelope* proteico. A sua densidade depende da relação lipídeo/proteína; se há muita gordura e uma pequena quantidade de proteína a densidade será baixa. Os quilomícrons são

grandes partículas de baixa densidade, formados no intestino e encontrados no sangue logo após uma refeição. Os quilomícrons transportam os lipídios endógenos, que são convertidos no fígado em pequenos pacotes, as lipoproteínas de muito baixa densidade (*very low density lipoprotein* - VLDL), que transportam a gordura para as células. Duas lipoproteínas, em particular, são importantes no transporte do colesterol. As lipoproteínas de baixa densidade (*low density lipoproteins* - LDL) transportam o colesterol para as células, enquanto as lipoproteínas de alta densidade (*high density lipoproteins* - HDL) transportam o colesterol das células para o fígado, para desdobramento e eliminação. Um objetivo importante na prevenção da doença cardiovascular aterosclerótica é reduzir o LDL e elevar o HDL (Way III, 2000).

Determinados tipos de fibras exercem uma influência sobre o colesterol e outras frações lipídicas, tanto no intestino, como nos locais de ação extra-intestinais. A hipercolesterolemia é um dos fatores de risco mais importante no aparecimento da doença coronariana; valores de colesterol total acima de 200 mg/dL e LDL colesterol acima de 130 mg/dL aumentam, de forma significativa, o risco de desenvolvimento de cardiopatia isquêmica (Márquez, s/d).

Estudos realizados em animais e no homem apoiam a hipótese de que a fibra dietética diminui a absorção de lipídios e a reabsorção de sais biliares, aumentando sua excreção fecal e reduzindo os níveis de colesterol no sangue. São diversos mecanismos que justificam essa diminuição, por um lado, a fibra seqüestra, em sua matriz, os produtos de degradação das gorduras (colesterol e triacilgliceróis), diminuindo subseqüentemente sua absorção. Por outro lado, a fibra seqüestra, os ácidos biliares, que serão eliminados pelas fezes, interferindo em sua circulação enterohepática, acarretando uma diminuição da concentração do colesterol plasmático, visto que, este será utilizado para sintetizar os ácidos biliares eliminados (Rupérez & Bravo, 2001). Segundo Judd & Truswell (1982), um outro mecanismo seria o aumento da produção de ácidos graxos de

cadeia curta no cólon, que inibem a síntese do colesterol hepático, reduzindo seus níveis séricos. As fibras solúveis se complexam com os ácidos biliares no intestino delgado e são resgatados no cólon e aí convertidos por bactérias, em ácidos biliares secundários, os quais são mais difíceis de serem absorvidos.

A estrutura em anel do colesterol não pode ser metabolizada a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  em seres humanos. Sendo assim, o anel esterol intacto é eliminado do corpo por conversão em ácidos biliares, os quais são excretados nas fezes (Champe & Harvey, 2000).

Os principais ácidos biliares sintetizados pelo fígado humano são o ácido cólico e o ácido quenodesoxicólico. Antes dos ácidos biliares deixarem o fígado são conjugados a uma molécula de glicina ou taurina, sendo essas novas estruturas denominadas de sais biliares. Após secreção no intestino, os ácidos biliares podem sofrer uma clivagem da ligação peptídica, pela ação de bactérias intestinais, levando a alterações estruturais, produzindo os ácido desoxicólico, a partir do ácido cólico e o ácido litocólico, a partir do ácido quenodesoxicólico. Formam-se, então, os ácidos biliares secundários (Murray et al., 1994).

Kay & Truswell (1980) revisaram 11 estudos sobre a administração de pectina, na forma de cápsulas ou na forma de geléia de frutas, em doses que oscilaram entre 6 a 40 g diárias. Naqueles casos nos quais os indivíduos receberam pelo menos 20 g de pectina ao dia, os níveis de colesterol diminuíram entre 12% e 15% em comparação ao grupo controle. Em diversos estudos foi constatado que a fibra dietética reduz os níveis de colesterol total e de colesterol ligado às LDL plasmáticas, no entanto, sem modificar os outros tipos de lipoproteínas (Bonada & Solá, 1998).

Derivi & Pourchet-Campos (1984) estudaram o efeito hipocolesterolemizante da pectina solúvel presente em feijões, comparando com o efeito da pectina cítrica comercial, adicionada na proporção de 1,3% a rações de base ou hipercolesterolemizantes ingeridas por coelhos durante 60 dias. O

feijão carioca apresentou 1,46% de pectina solúvel e o de corda 0,64%. O consumo de feijão carioca mostrou efeito favorável, mas não significativo, quando 0,6% de colesterol foi adicionado à ração, mantendo baixo o nível de colesterol sérico, semelhante ao que ocorreu com a adição de pectina cítrica.

Anderson et al. (1994) verificaram que ratos recebendo dieta acrescida de 10 g de colesterol e 2 g de ácido cólico/kg, de dieta com 60 g de fibra/kg de dieta utilizando, *psyllium*, goma de aveia, goma guar e pectina tiveram significativa redução na concentração de colesterol sérico e hepático, em relação a ratos alimentados com celulose (fibra controle). Além disso, em ratos alimentados com dietas, contendo soja e farelo de aveia, não houve alterações significativas, no colesterol sérico, mas valores de colesterol hepático foram reduzidos em relação ao grupo controle. Ratos alimentados com farelo de arroz (fibra insolúvel) tiveram significativamente colesterol do fígado mais elevado, menor ganho de peso e menor concentração de triacilgliceróis do soro que os alimentados com celulose. Os níveis de colesterol do fígado e soro foram similares em ratos alimentados com farelo de milho, celulose e farelo de trigo (ricos em fibra insolúvel). Portanto essas observações indicam que a alimentação com fibra solúvel produz concentrações mais baixas de colesterol do fígado e soro que a alimentação com fonte de fibra insolúvel.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos Departamentos de Ciência dos Alimentos (análises químicas e bioquímicas e Medicina Veterinária (ensaio *in vivo*), da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Os diferentes tipos de fibras estudados neste trabalho foram adquiridos de fornecedores específicos e foram analisados físico-quimicamente e *in vivo*. Foram as seguintes:

a) fibra solúvel: pectina, goma guar e carboximetilcelulose (obs. para o ensaio *in vivo* foram estudadas apenas as duas primeiras fibras)

b) fibra insolúvel: celulose

Foi adicionado em cada dieta 1% de colesterol, exceto em uma das dietas controle.

#### 3.1 Ensaio *in vivo*

Foram utilizados 36 ratos albinos (*Rattus norvegicus*) machos da linhagem Wistar, com 32 dias de vida e pesando ao redor de 85 g, provenientes da Universidade Federal de Alfenas - UNIFENAS, Alfenas, MG.

Durante o experimento, os animais foram mantidos em temperatura ambiente (24 °C a 28 °C), com períodos alternados de claro-escuro de 12 horas, com acesso à ração comercial e água *ad libitum*. Após adaptação de cinco dias, em dieta padrão, os animais foram pesados e distribuídos aleatoriamente em gaiolas individuais, onde receberam as respectivas dietas experimentais durante 58 dias. Os tratamentos, portanto, consistiam de dietas preparadas para conterem 1% de colesterol e diferentes fontes de fibras, em duas concentrações (10% e 15%), e duas dietas controle; uma sem colesterol e a outra com 1% de colesterol, ambas com 5% de celulose, apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 Identificação dos tratamentos e quantidades das fontes de fibras utilizadas nas dietas experimentais.

Tratamentos	Fonte básica de fibra da dieta		Colesterol da dieta (%)
	Fonte de fibra	(%)	
A	Pectina cítrica	10	1
B	Pectina cítrica	15	1
C	Goma guar	10	1
D	Goma guar	15	1
E	Celulose	5	0
F	Celulose	5	1

As dietas dos animais foram preparadas com base nas recomendações do American Institute of Nutrition (AIN - 1993), com modificações no tipo e percentual de fibra na dieta. Os outros grupos diferiram no tipo de fibra (pectina e goma guar) e nas concentrações de 10% e 15% destes em substituição à celulose das dietas controle. As fibras com elevado grau de pureza, foram adquiridas de fornecedores específicos. O colesterol utilizado tinha 95% de pureza.

Os ingredientes das dietas foram pesados, misturados manualmente em um recipiente de plástico e peneirados por três vezes, após esse procedimento, adicionou-se o óleo de soja e estes foram peneirados por mais três vezes. Os diferentes tipos de fibras foram adicionados às dietas, as quais foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Durante período de 58 dias, 36 animais receberam as dietas experimentais e água *ad libitum*. Após o período de adaptação e a divisão dos animais em grupos, estes foram pesados semanalmente e o consumo da dieta, calculado a cada três dias, pela diferença de peso entre o oferecido, as sobras e as perdas. Os bebedouros foram lavados e a água trocada a cada três dias. Após

o período de 58 dias, os animais foram submetidos a um jejum de 12 horas e, em seguida, anestesiados com éter etílico, para coleta de sangue através de punção dos grandes vasos abdominais. O sangue foi colhido, centrifugado durante cinco minutos, a 3.000 rpm, para a separação do soro. O soro foi conservado em gelo, para realização das análises químicas. Os animais foram sacrificados e o fígado de cada animal foi retirado, pesado e colocado em estufa de ventilação forçada a  $60 \pm 5$  °C, durante 72 horas, para posteriores análises químicas e bioquímicas.

A Figura 1 apresenta o fluxograma dos procedimentos gerais realizados com os animais, consumindo as dietas experimentais, coleta de amostras e análises realizadas.

Ratos wistar desmamados - Adaptação  
com dieta padrão AIN 93 G / 5 dias



Fase experimental com 6 grupos de 6 animais cada, recebendo  
as dietas experimentais durante 58 dias



Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D	Dieta E	Dieta F
10% pectina	15% pectina	10% guar	15% guar	5% celulose	5% celulose
1% colesterol	1% colesterol	1% colesterol	1% colesterol	sem colesterol	1% colesterol



Coleta de sangue



Sacrifício dos animais  
e coleta do fígado



Análises: colesterol total,  
LDL, HDL, VLDL e  
triacilglicerol



Análises: colesterol  
total, triacilglicerol e  
lipídios totais

FIGURA 1 Fluxograma dos procedimentos gerais realizados com os animais, consumindo as dietas experimentais, coletas de amostras e análises realizadas.



A Tabela 4 apresenta a composição das seis dietas experimentais (g/kg), identificadas com base na porção fibra (tipo e quantidade) e pela presença ou ausência de colesterol.

TABELA 4 Composição das seis dietas experimentais (g/kg) identificadas com base no tipo e quantidade de fibra.

Ingredientes	Dietas* (g/kg)					
	A	B	C	D	E	F
Amido de milho	469,48	419,48	469,48	419,48	529,48	519,48
Caseína	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Sacarose	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Óleo de soja	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Colesterol	10,00	10,00	10,00	10,00	-	10,00
Celulose**	-	-	-	-	50,00	50,00
Pectina**	100,00	150,00	-	-	-	-
Goma-guar**	-	-	100	150	-	-
Pré-mix mineral	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pré-mix vitamíni.	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 colina	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
TBHQ	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Total.	1000	1000	1000	1000	1000	1000

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

\*\*Essa quantidade adicionada na dieta trata-se do material comercial com alta % de pureza.

Determinou-se a umidade das dietas por dessecação em estufa, à 105 °C, até peso constante, segundo AOAC (1990). O extrato etéreo foi determinado através do uso do extrator contínuo, tipo Soxhlet, segundo AOAC (1990). A proteína foi determinada pelo conteúdo de N total (%), segundo método de Kjeldhal (AOAC, 1990) e multiplicado o mesmo pelo fator de 6,25. As cinzas (resíduo mineral fixo) foram determinadas por incineração do material em forno

tipo mufla, a 500° C, segundo AOAC (1990). O carboidrato foi determinado por diferença.

## **3.2 Análises físico-químicas das fibras purificadas: celulose, carboximetilcelulose, pectina cítrica e goma guar**

### **3.2.1 Determinação do pH, capacidade absorção de água e umidade das fibras**

Fibras alimentares comerciais purificadas (goma guar, pectina, carboximetilcelulose e celulose) foram analisadas quanto às suas características físico-químicas (índice de absorção de água, pH e umidade), objetivando verificar se existem diferenças das referidas características entre as fibras estudadas. O índice de absorção de água foi realizado pelo método que teve por base a centrifugação do material (Zaragoza et al., 2001). O pH foi determinado, utilizando-se potenciômetro com eletrodo combinado de vidro. E, a umidade, por método gravimétrico com emprego de calor (AOAC, 1990).

## **3.3 Análises bioquímicas no soro**

### **3.3.1 Determinação do colesterol total**

A determinação do colesterol total no soro sanguíneo dos animais foi realizada, utilizando-se o kit enzimático colorimétrico, marca In Vitro Diagnóstica (CAT 10017). Por essa metodologia o colesterol é determinado após a hidrólise enzimática e oxidação das amostras do soro. Na presença do fenol e da peroxidase ocorre formação do indicador quinoneimina, a partir do peróxido de hidrogênio e 4 – aminofenazona. Ocorre formação de cor vermelha, cuja intensidade é diretamente proporcional à concentração de colesterol na amostra.

As leituras da absorbância foram realizadas em espectrofotômetro Pro-Cary/50, a 500 nm.

### **3.3.2 Determinação do HDL colesterol**

As lipoproteínas de alta densidade (*high density lipoproteins* - HDL), foram determinadas, utilizando-se o kit da marca In Vitro Diagnóstica (CAT 044), com sistema para precipitação de lipoproteínas. Nessa metodologia, os quilomícrons, as lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) são precipitados pelo ácido fosfotúngstico e cloreto de magnésio, após centrifugação da amostra a 4000 rpm por 10 minutos. O colesterol ligado às lipoproteínas de alta densidade (HDL colesterol) é determinado no sobrenadante, utilizando-se a mesma metodologia de dosagem de colesterol total.

### **3.3.3 Determinação do LDL colesterol**

A determinação das lipoproteínas de baixa densidade (*low density lipoproteins* - LDL) é realizada de forma indireta pela diferença entre o colesterol total, o HDL colesterol e o triacilglicerol dividido por 5, segundo Mahan & Escote-Stump (2002).  $LDL = \text{colesterol total} - HDL - \text{triacilglicerol}/5$ .

### **3.3.4 Determinação do VLDL colesterol**

A determinação das lipoproteínas de muito baixa densidade (*very low density lipoproteins* - VLDL) foi realizada de forma indireta através da fórmula  $VLDL = \text{triacilglicerol}/5$ .

### **3.3.5 Determinação dos triacilgliceróis**

Os triacilgliceróis foram determinados, utilizando-se o kit enzimático de marca In Vitro Diagnóstica (Cat. 10724). Nessa metodologia, os triacilgliceróis foram determinados após hidrólise do peróxido de hidrogênio, 4 - aminoantipirina e 4 - clorofenol, em presença da peroxidase com formação de luz vermelha, cuja intensidade é diretamente proporcional à concentração de

triacilgliceróis da amostra. As leituras da absorvância foram realizadas em espectrofotômetro Pro-Cary / 50 a 500 nm.

### **3.4 Análises químicas e bioquímicas no fígado**

#### **3.4.1 Determinação dos lipídios totais**

Para determinar a porcentagem de lipídios totais foi utilizada a metodologia proposta pela AOAC (1990). Os fígados, após serem secos, foram finamente triturados e desengordurados em cartucho de celulose (cerca de 3 gramas da amostra) durante oito horas, em aparelho de Soxhlet, usando éter etílico como solvente. Os cálculos foram feitos em base de matéria seca.

#### **3.4.2 Determinação do colesterol total e triacilgliceróis**

Foi utilizado o método de extração proposto por (Folch et al., 1957) para a extração do colesterol e triacilgliceróis hepáticos. Neste método, 100 mg de fígado, foram triturados em politron durante 3 minutos com 1900 µL de solução clorofórmio-metanol 2:1. Depois deste procedimento, o material triturado foi adicionado de 400 µL de metanol. Este material foi então centrifugado a 3.000 rpm, durante dez minutos. O sobrenadante foi transferido para outro tubo e adicionado de 800 µL de clorofórmio e 640 µL de solução de NaCl a 0,73%. Após este procedimento, houve nova centrifugação a 3.000 rpm durante, dez minutos. Desta vez descartou-se o sobrenadante e o precipitado foi lavado por três vezes com a solução de Folch (3% de clorofórmio, 48% de metanol, 47% de água e 2% de NaCl a 0,2%). Os extratos lipídicos foram secos em estufa a 37 °C. O extrato lipídico seco foi ressuspenso com 1 mL de isopropanol e procedeu-se da mesma forma utilizando “kit” enzimático para as análises do soro.

### **3.5 Análises estatísticas**

Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o software SISVAR 4.0, conforme (Ferreira, 2000). Utilizou-se a análise de variância para as análises estatísticas dos resultados e o teste de Tukey para a comparação dos grupos, todos a 5% de probabilidade.

Para as análises bioquímicas, o delineamento experimental foi delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e quatro repetições, com um total de 24 parcelas experimentais. Ao invés de utilizar 36 parcelas foram utilizadas apenas 24, sendo eliminadas variações muito grandes em alguns resultados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Análises físico-químicas realizadas nas fibras purificadas celulose, carboximetilcelulose, pectina cítrica e goma guar

A Tabela 5 apresenta os resultados da análises físico-químicas realizadas nas fibras purificadas celulose, carboximetilcelulose, pectina e goma guar.

TABELA 5 Valores médios de pH, índice de absorção de água (g gel/ g de fibra na MS) e umidade (%) das fibras comerciais celulose, carboximetilcelulose, pectina e goma guar.

Fibras comerciais	pH	Índice de absorção de água (g gel/g fibra na MS)	Umidade (%)
Celulose	6,42	5,20	6,26
Carboximetilcelulose	7,92	63,91	9,54
Pectina cítrica	3,20	37,16	8,99
Goma guar	6,29	66,60	12,08

De acordo com a Tabela 5, os valores de absorção de água para as fibras solúveis goma guar foram iguais aos da carboximetilcelulose, porém, quando as mesmas foram comparadas aos valores da celulose mostraram-se superiores. Já a pectina, embora tenha um considerável índice de absorção, quando a mesma foi comparada às demais fibras, não apresentou diferença apenas quanto à carboximetilcelulose. A absorção de água da celulose apresentou-se inferior por tratar-se de fibra insolúvel na água.

Burkitt (1982) e Selvedran (1984) relacionam o índice de absorção de água com a composição da parede celular das plantas donde a origem da fibra delimita esta propriedade.

Conforme Zaragoza et al. (2001), a água é considerada solvente universal e é veículo para transportar diferentes substâncias dentro do organismo. A fibra exercerá suas funções específicas de importância no organismo de acordo com a sua afinidade pela água ou compostos solúveis na mesma, formando pontes de hidrogênio e a maneira como ela se apresenta fisicamente.

Segundo Parrot & Trall (1978), tem se avaliado a capacidade de retenção de água de fibras dietéticas, em função do seu pH e as respostas têm sido muito variáveis algumas com maior capacidade de retenção de água em pH ligeiramente ácido e reduzindo esta capacidade em baixo ou alto pH. De acordo com a Tabela 5 a pectina cítrica apresentou caráter ácido.

O valor médio de umidade para a goma guar mostrou-se extremamente superior, quando comparado aos demais valores das fibras solúveis analisadas. Os valores de umidade para carboximetilcelulose foram semelhantes aos da pectina cítrica. No entanto, o valor extremamente baixo de umidade da celulose, justifica-se por se tratar de uma fibra insolúvel.

#### **4.2 Componentes químicos das dietas experimentais**

A Tabela 6 apresenta os teores de umidade, extrato etéreo, proteína, cinzas das dietas experimentais.

TABELA 6 Teores de umidade, extrato etéreo, proteína, cinzas das dietas experimentais.

Dietas*	Umidade (%)	Extrato etéreo <sup>1</sup> (%)	Proteína <sup>1</sup> (%)	Cinzas <sup>1</sup> (%)
A	8,69	7,86	15,09	2,35
B	8,23	8,27	15,05	2,50
C	9,26	7,61	14,84	2,44
D	8,69	7,93	15,42	2,36
E	8,71	8,44	15,79	2,24
F	8,65	7,87	15,68	2,27

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

<sup>1</sup> Dados expressos com base na matéria integral

Os valores médios observados neste trabalho para os teores de umidade, extrato etéreo, proteínas e cinzas, demonstram que as dietas estão dentro do padrão da AIN 93G, apresentando valores previstos para extrato etéreo, lipídios, dentre outros, citados em Material e Métodos.

### 4.3 Ganho de peso dos animais e consumo das dietas

O peso inicial, o ganho de peso dos animais durante o experimento de 58 dias e o ganho de peso médio diário encontra-se na Tabela 7.



TABELA 7 Valores médios de consumo total, consumo médio diário, ganho de peso total e ganho de peso médio diário (GMD) de ratos alimentados por 58 dias com as diferentes dietas.

Identificação das dietas experimentais *	Consumo total (g)	Consumo médio diário (g)	Ganho de peso total (g)	Ganho de peso médio diário (g)
A	977,30	16,85	218,66	3,77
B	864,78	14,91	174,00	3,00
C	800,04	13,80	149,64	2,58
D	850,86	14,67	198,36	3,42
E	954,10	16,45	235,48	4,06
F	949,46	16,37	229,68	3,96

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Não houve diferença estatística entre os resultados ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Conforme pode ser observado na Tabela 7 não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) nos valores médios do peso dos animais, ganho de peso e ganho médio diário, entre os grupos em estudo, ao longo do período experimental. Isso pode ter acontecido, provavelmente, pelo fato de que as diferentes porcentagens de fibras utilizadas neste experimento não influenciaram na quantidade da dieta consumida pelos animais, fato que pode ser observado na Tabela 7.

Os valores médios observados neste trabalho para o consumo médio diário das diferentes dietas dos ratos expostas na Tabela 7, não apresentaram diferenças significativas ( $p>0,05$ ). Silva (2002), trabalhando com ratos wistar, durante 63 dias, para determinação do perfil lipídico e hepático, os quais foram alimentados com dietas, contendo 5%, 10% e 15% de uma fonte de fibra solúvel (farelo de aveia) e outra de fibra insolúvel (farelo de trigo) não encontrou diferença significativa no ganho de peso e no consumo das dietas. Anderson et

al. (1994), após realizarem um experimento com o objetivo de comparar os efeitos de diversas fontes de fibras sobre o perfil lipídico de ratos, constataram que as suplementações com farelo de trigo (fibra insolúvel) e farelo de aveia (fibra solúvel) não diferiram ao longo do experimento, em relação ao ganho de peso e consumo das dietas.

#### 4.4 Análises bioquímicas realizadas no soro sanguíneo dos animais

##### 4.4.1 Colesterol total

A Tabela 8 apresenta os valores de colesterol total do soro de animais.

TABELA 8 Valores médios de colesterol total (mg/dL) do soro de ratos alimentados por 58 dias com diferentes dietas.

Identificação das dietas*	Colesterol total (mg/dL)
A	76,37 <sup>b</sup>
B	88,48 <sup>b</sup>
C	86,84 <sup>b</sup>
D	77,04 <sup>b</sup>
E	84,59 <sup>b</sup>
F	116,95 <sup>a</sup>

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Vários estudos com interesse de conhecer o efeito da fibra da dieta, principalmente o da fibra solúvel, no controle do colesterol sérico, utilizam ratos

como modelo experimental. Porém, estes são resistentes em desenvolver hipercolesterolemia e aterosclerose, possivelmente devido a um aumento na conversão do colesterol em ácidos biliares no fígado. Esses animais tendem a acumular lipídios no fígado, quando expostos a dietas acrescidas de colesterol e ou ácido cólico (Duarte, 1996).

Os valores médios observados neste trabalho para o colesterol total do soro de ratos, apresentados na Tabela 8, variaram entre 76,37 mg/dL a 116,95 mg/dL para os grupos de animais que consumiram a dieta A (10% pectina) e a dieta F (5% celulose com 1% colesterol) respectivamente. De acordo com a Tabela 8, houve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ), em torno de 38,25% de colesterol total do soro dos ratos alimentados com a dieta F (5% celulose com 1% colesterol), em relação ao grupo controle consumindo a dieta E (5% celulose isento de colesterol). Através desta variável (colesterol total), constatou-se o efeito benéfico das fibras solúveis, pois os grupos de ratos alimentados com as dietas, contendo 10% a 15% de fontes de fibras solúveis apresentaram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nos teores do colesterol de até 34,92%, em relação ao grupo controle consumindo a dieta F (5% celulose com 1% de colesterol).

Arjmandi et al. (1992), trabalhando com 96 ratos durante 21 dias para determinar a influência das fibras celulose, pectina, *psyllium* e farelo de aveia, todos a 10% e do colesterol sobre as frações lipídicas e hepáticas, verificaram que a fibra solúvel (pectina) diminuiu em 21,67% os valores de colesterol total sérico, quando comparada com o grupo controle (10% de celulose com colesterol).

Anderson et al. (1993) estudaram o efeito de dez diferentes tipos de fibra sobre os níveis séricos e hepáticos de ratos alimentados com dietas, contendo colesterol, durante três semanas, sendo a celulose a fibra controle. Ratos

alimentados com fibras solúveis (psyllium, goma guar e pectina) tiveram significativa redução na concentração de colesterol no soro e fígado.

#### 4.4.2 HDL colesterol

Os valores médios de HDL colesterol, no soro dos animais experimentais, consumindo diferentes dietas encontram-se na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios de HDL colesterol (mg/dL) do soro de ratos alimentados por 58 dias com diferentes dietas

Dietas*	HDL colesterol (mg/dL)
A	40,73
B	42,18
C	44,22
D	36,65
E	38,93
F	38,28

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Não houve diferença estatística entre os resultados ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 9, os valores médios observados neste trabalho para o HDL colesterol do soro de ratos, não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ). Sgarbieri & Frias (1998), trabalhando com ratos durante 28 dias, para determinar os efeitos da goma guar sobre os lipídios séricos dos ratos, verificaram que as dietas com 10% e 15% de goma guar aumentaram significativamente os valores de HDL colesterol, em relação ao grupo que se alimentou da dieta isenta de goma guar. Silva (2002), trabalhando com ratos durante 59 dias, para determinação do perfil lipídico e hepático de animais, consumindo fibra solúvel (farelo de aveia 5%,10% e 15%) e fibra insolúvel (farelo de trigo 5%,10% e 15%) verificou que a concentração de HDL colesterol

apresentou-se significativamente maior, em relação ao padrão com 1% de colesterol, nos tratamentos com 5% e 15% de farelo de aveia, sendo que não houve diferença significativa entre os demais grupos e o grupo controle isento de colesterol. Anderson & Gustafson (1987), citados por Neves (1997) realizaram um trabalho duplo-cego no qual oito indivíduos receberam uma dieta suplementada com farelo de aveia durante dez dias, observando que não houve alteração nos valores de HDL colesterol.

#### 4.4.3 LDL colesterol

Os valores médios do LDL colesterol, no soro dos animais experimentais, consumindo diferentes dietas encontram-se na Tabela 10.

TABELA 10 Valores médios de LDL colesterol (mg/dL), no soro de ratos, alimentados com diferentes tipos de fibras durante 58 dias.

Identificação das dietas*	LDL colesterol (mg/dL)
A	20,40 <sup>b</sup>
B	32,72 <sup>b</sup>
C	31,38 <sup>b</sup>
D	28,74 <sup>b</sup>
E	33,08 <sup>b</sup>
F	64,77 <sup>a</sup>

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de (p>0,05) pelo teste de Tukey.

Pode-se observar, através dos resultados médios obtidos para o LDL colesterol do soro de ratos, variaram entre 20,40 mg/dL a 64,77 mg/dL para os grupos que consumiram a dieta A (10% pectina) e a dieta F (5% celulose com 1% de colesterol) respectivamente. De acordo com a Tabela 10, houve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) em torno de 95,79% de LDL colesterol do soro dos ratos alimentados com a dieta F (5% celulose com 1% de colesterol), em relação ao grupo de ratos alimentados com a dieta E (5% celulose isento de colesterol). Através desta variável (LDL colesterol), constatou-se o efeito benéfico das fibras solúveis, pois os grupos alimentados com dietas, contendo 10% e 15% de pectina e 10% e 15% de goma guar apresentaram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ), nos teores de LDL colesterol séricos, de até 68,5%, em relação ao grupo alimentado com a dieta F (5% celulose com 1% de colesterol).

Baig & Cerda, citados por Neves (1997) pesquisaram a respeito das interações que existem entre a pectina e as lipoproteínas do plasma e concluíram que a pectina, quando suplementada na dieta, acarreta redução dos níveis séricos e hepáticos de colesterol, tanto em seres humanos como em animais de experimentação. Os resultados encontrados demonstram que o efeito observado no que diz respeito às frações lipídicas analisadas no soro, quando a fibra solúvel consumida na dieta era a pectina foi nitidamente observada para a fração LDL do soro, o que sugeriu ser este resultado de suma importância, uma vez que as LDL são as principais responsáveis pelas lesões ateroscleróticas, onde sua presença em quantidades elevadas caracterizam as doenças cardiovasculares.

Khan et al., citado por Neves (1997) estudaram o uso de goma guar administrada em forma de cápsulas para seres humanos e constataram que a administração da fibra nessa forma foi efetiva, para diminuir os níveis de colesterol no soro a curto prazo.

Frias & Sgarbieri (1998) realizaram um estudo com ratos wistar, durante 28 dias, para avaliar o efeito de dietas, contendo 0%, 10% e 15% de

goma guar, sobre a concentração sérica de colesterol e de suas frações, sendo observado que a goma guar em concentrações igual ou superior a 10%, foi eficaz no tratamento da hipercolesterolemia em ratos.

Fietz & Salgado (1999) testaram o efeito da pectina (fibra solúvel) e da celulose (fibra insolúvel) sobre os níveis séricos de colesterol e triacilgliceróis em ratos hiperlipidêmicos. Durante 30 dias, os animais foram alimentados com dietas, contendo 5%, 10%, 15% e 20% de pectina e celulose. As dietas com celulose foram as que produziram o menor efeito e, as com pectina, os efeitos foram mais significativos. As dietas com 10% e 15% de pectina apresentaram maior capacidade de reduzir os níveis de colesterol.

Os mecanismos de ação das fibras solúveis ainda permanecem um tanto imprecisos, mas devem envolver sua viscosidade, que aumenta a proteção da mucosa intestinal, interferindo na absorção de lipídios ou pelo fato que ocorre um seqüestro das gorduras e ácidos biliares, eliminando-os nas fezes. Além disso, pode ocorrer um aumento da excreção fecal de ácidos biliares, assim como um seqüestro do colesterol, de modo que sua absorção intestinal fique prejudicada (Rupérez & Bravo, 2001).

#### **4.4.4 VLDL colesterol**

Os valores médios do VLDL colesterol, no soro dos animais experimentais, consumindo diferentes dietas se encontram na Tabela 11.

TABELA 11 Valores médios do VLDL colesterol (mg/dL), no soro dos ratos alimentados por 58 dias com diferentes dietas.

Identificação das dietas*	VLDL colesterol do soro (mg/dL)
A	15,23
B	13,58
C	11,23
D	11,65
E	12,57
F	13,89

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Não houve diferença estatística entre os resultados ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os valores médios observados neste trabalho, para o VLDL colesterol do soro de ratos apresentados na Tabela 11, não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ). Silva (2002), trabalhando com dietas, contendo farelo de aveia (5%,10% e 15%), farelo de trigo (5%,10% e 15%) e dois grupos controle com 5% de celulose com e sem colesterol para determinar o perfil lipídico sérico e hepático de ratos hipercolesterolêmicos, observou diminuição significativa dos valores de VLDL, nos animais alimentados com dietas, contendo 15% dos farelos de aveia e 15% de farelo de trigo.

Acredita-se que a grande partícula de VLDL *flutuante* seja não aterogênica, mas as partículas remanescentes de VLDL, denominadas IDL, possam ser capturadas pelo fígado ou ser transformadas em LDL, tornando-se aterogênicas. Contudo, dietas com um alto teor de colesterol podem levar a aumento dessas partículas remanescentes. Por outro lado, dietas vegetarianas



podem aumentar as "grandes" partículas de VLDL (não aterogênica) (Mahan & Escott-Stump, 2002).

#### 4.4.5 Triacilgliceróis

Na Tabela 12, encontram-se valores médios de triacilgliceróis do soro dos animais alimentados com diferentes dietas.

TABELA 12 Valores médios de triacilgliceróis (mg/dL), do soro de ratos alimentados por 58 dias com diferentes dietas.

Identificação das dietas*	Triacilgliceróis (mg / dL)
A	68,63
B	67,91
C	56,18
D	58,25
E	62,87
F	69,46

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol. Não houve diferença estatística entre os resultados ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os valores médios observados neste trabalho para os triacilgliceróis do soro de ratos, apresentados na Tabela 12, não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ). A adição de colesterol na dieta, conforme Tabela 12, não aumentou significativamente o nível de triacilgliceróis séricos, quando comparado ao grupo controle isento de colesterol. Fietz & Salgado (1999) realizaram um experimento, utilizando 78 ratos durante 30 dias, os quais foram alimentados com dietas, contendo 5%, 10%, 15% e 20% de celulose ou pectina, no qual observaram que as dietas, contendo 10% e 15% das fibras em estudo, foram efetivas em diminuir os triacilgliceróis séricos dos

animais em estudo. Esta diminuição observada dos triacilgliceróis acontece pelo fato das fibras solúveis provocarem um retardo no esvaziamento gástrico, o que pode levar a uma diminuição nos níveis de triacilgliceróis após refeições gordurosas. As fibras podem agir diminuindo a absorção intestinal de triglicérides, provocando pequeno aumento na quantidade de gordura fecal e contribuindo para reduzir os níveis de triacilgliceróis séricos (Costa et al., 1997).

Por outro lado, parece que as fibras insolúveis, por diminuírem o tempo de trânsito intestinal, diminuem a absorção de gorduras, podendo diminuir os níveis de triacilgliceróis séricos (Raupp, 1996).

#### **4.4 Análises no fígado**

A Tabela 13 mostra os valores das análises realizadas no fígado, tais como: colesterol total, triacilgliceróis, lipídios totais e peso do fígado.

TABELA 13 Valores médios de colesterol total (mg/g), triacilgliceróis (mg/dL), lipídios totais (g/100 g) e peso do fígado de ratos (g) alimentados com diferentes dietas durante 58 dias.

Identificação da dietas*	Colesterol total (mg/g)	Triacilgliceróis (mg/g)	Lipídios totais (g/100g)	peso do fígado (g)
A	20,52 <sup>b</sup>	58,99 <sup>ab</sup>	22,05 <sup>b</sup>	10,12 <sup>a</sup>
B	17,39 <sup>b</sup>	55,38 <sup>ab</sup>	16,55 <sup>bc</sup>	8,57 <sup>a</sup>
C	18,85 <sup>b</sup>	54,28 <sup>ab</sup>	16,60 <sup>bc</sup>	7,63 <sup>a</sup>
D	16,09 <sup>b</sup>	54,44 <sup>ab</sup>	15,85 <sup>bc</sup>	9,68 <sup>a</sup>
E	17,43 <sup>b</sup>	51,28 <sup>b</sup>	13,25 <sup>c</sup>	9,05 <sup>a</sup>
F	39,31 <sup>a</sup>	86,96 <sup>a</sup>	35,02 <sup>a</sup>	10,95 <sup>a</sup>

\*Dietas: A = 10% de pectina e 1% colesterol; B = 15% de pectina e 1% colesterol; C = 10% de goma guar e 1% colesterol; D = 15% de goma guar e 1% de colesterol; E = controle com 5% celulose e sem colesterol; F= controle com 5% de celulose e 1% colesterol.

Médias nas colunas, seguidas por letras iguais não diferem entre si, ao nível de significância de ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os valores médios observados neste trabalho, para o colesterol total do fígado de ratos apresentados na Tabela 13, variaram entre 16,09 mg/g a 39,31 mg/g, para os grupos de animais que consumiram dieta D (goma guar a 15%) e dieta F (5% celulose com 1% de colesterol) respectivamente. De acordo com a Tabela 13, houve um aumento nos valores médios de colesterol total de 125,53%, que foi significativo ( $p < 0,05$ ), no grupo F (5% celulose com 1% de colesterol), em relação ao grupo E (5% celulose sem colesterol). Anderson et al. (1994) verificaram um aumento de mais 300% do colesterol hepático ao incluírem 1% de colesterol e 0,2% ácido cólico às dietas experimentais.

Os valores médios observados neste trabalho para os triacilgliceróis do fígado de ratos apresentados na Tabela 13, variaram entre 51,28 mg/g a 86,96 mg/g, para os grupos de animais, que consumiram dieta E (5% celulose sem

colesterol) e dieta F (5% celulose com 1% de colesterol) respectivamente. Os valores de triacilgliceróis para o grupo F (5% celulose com 1% de colesterol) aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ), em até 69,57%, em relação ao grupo E (5% celulose sem colesterol).

Os valores médios observados neste trabalho, para os lipídios totais do fígado de ratos apresentados na Tabela 13, variaram entre 13,25 g/100g a 35,02 g/100g para os grupos de animais, que consumiram dieta E (5% de celulose sem colesterol) e dieta F (5% de celulose com 1% de colesterol). De acordo com Tabela 13 houve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ), de 164,3% nos valores de lipídios totais do grupo alimentado com a dieta F (5% celulose com 1% de colesterol), em relação ao grupo E (5% celulose isento de colesterol). Os grupos A e B com 10% e 15% de pectina e C e D com 10% e 15% de goma guar respectivamente, ambos com 1% de colesterol apresentaram valores para lipídios totais sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

Os valores médios observados neste trabalho para o peso do fígado de ratos apresentados na Tabela 13 não apresentaram diferença significativa.

Anderson et al. (1994) verificaram uma diminuição no peso relativo do fígado de ratos alimentados com goma guar, *pysillium* em relação aos ratos alimentados com celulose. Gallaher et al. (2000) verificaram que ratos alimentados com dietas, contendo 10% de glucomanana, citosana e glucomanana + citosana, diminuíram o peso do fígado em relação ao grupo controle com 10% de celulose.

## 5 CONCLUSÕES

O índice de absorção de água das fibras solúveis pectina cítrica, goma guar e carboximetilcelulose foram semelhantes e a pectina cítrica foi a que apresentou caráter mais ácido.

A pectina cítrica e a goma guar utilizadas como fonte de fibra solúvel nos dois níveis, mudaram o perfil lipídico dos animais, frente ao controle (fibra insolúvel).

O método utilizado de adição de 1% de colesterol, nas dietas dos animais, mostrou-se efetivo para colesterolemizar os animais em relação ao grupo controle isento de colesterol.

As dietas, contendo 1% de colesterol e as fibras solúveis pectina cítrica e goma guar nos dois níveis foram efetivas em diminuir os níveis hepáticos de lipídios totais, em relação ao grupo controle, consumindo 1% de colesterol.

Os níveis de colesterol total, colesterol LDL, bem como de colesterol total no fígado foram significativamente reduzidos pela utilização de fibras solúveis derivadas de goma guar e pectina cítrica em comparação aos animais alimentados com dieta contendo celulose.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, R. C. G.; QUEIRÓZ, V. M. V.; BITTENCOURT, M. C. B.; SILVA, M. M. S. **Diabetes dieta e receitas especiais**. Viçosa, UFV, 2000. 106 p.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, MN, 1984.

ANDERSON, J. W.; BRYANT, C. A. Dietary fiber: diabetes and Obesity. **American Journal of Gastroenterology**, New York, v. 81, n. 10, p. 898-906, Oct. 1986.

ANDERSON, J. W.; JONES, A. E.; RIDDEL-MASON, S. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. **Journal of Nutrition**, Baltimore, v. 124, n. 1, p. 78-83, Jan. 1994.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1990.

ARJMANDI, B. H.; CRAIG, J.; NATHANI, S.; REEVES, R. D. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. **Journal of Nutrition**, Baltimore, v. 122, n. 7, p. 1559-1565, July 1992.

BAVEJA, S. K.; RAO, K. V. R.; ARORA, J.; MATHUR, N. K.; VINAYAK, V. K. Chemical investigations of same galactomannan gum as matrix tablets for sustained drug delivery. **Indian Journal Chemistry**, New Delhi, v. 30, n. 2, p. 133, Feb. 1991.

BECKER, H. G.; FELDHEIM, W.; KULIKOSKI, W.; SEIBEL, W. Dietary fiber and berad; intake, enrichment, determination and influence on colonic function. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 31, n. 4, p. 306-310, Apr. 1986.

BOLTON, P. R.; HEATON, K. W.; BURROUGHS, L. F. The role of Dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: studies with fruit juice. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 34, n. 2, p. 211-217, 1981.

- BONADA, S. A.; SOLÁ, A. R. Dieta en el manejo del paciente cardío vascular. **Revista Latina de Cardiologia**, Madrid, v. 19, n. 1, p. 47-57, 1998.
- BRAATEN, J. T.; WOOD, P. J.; SCOTT, F. W.; RIEDEL, K. D.; POSTE, L. M.; COLLINS, M. W. Oat gum lowers glucose and insulin after an oral glucose load. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 53, n. 6, p. 1425-1430, June 1991.
- BRODY, T. **Nutritional biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1994. 658 p.
- BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A. Composição Polissacarídica: Estrutura da parede Celular e Fibra Alimentar. In: **Fibra dietética in Iberoamérica: tecnologia y salud**. São Paulo: Sarvier, 2001. p. 27-38.
- BURKITT, D. P. Some diseases characteristic of modern western civilization. **British Medical Journal**, London, v. 1, n. 5848, p. 274-278, 1973.
- BURKITT, D. P.; WALKER, A. R. P.; PAINTER, N. S. Effect of dietary fibre on stools and transit-times, and its role in the causation of disease. **Lancet**, London, v. 30, n. 7792, p. 1408-1412, 1972.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais – uma revisão. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 193-203, jul./dez. 1995.
- CAVALCANTI, M. L. F. Fibras alimentares. **Revista de Nutrição. PUCCAMP**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 88-97, jan./jun. 1989.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 446 p.
- COSTA, R. P.; SILVA, C. C.; MAGNONI, C. D. Importância das fibras na prevenção de doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 12, p. 151-154, 1997.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. p. 12-18.
- CUMMINGS, J. H.; BRANCH, W.; JENKINS, D. J.; SOUTHGATE, D. A.; HOUSTON, H.; JAMES, W. P. Colonic response to dietary fibre from carrot, cabbage, apple, bran. **Lancet**, London, v. 1, n. 8054, p. 5-9, 1978.

DEA, I. C. M. The role of structural modification in controlling polysaccharide functionality. In: YALPANI, M. (Ed.). **Industrial Polysaccharides: genetic engineering structure/property relations and applications**. Amsterdam: Elsevier Sciences, 1987. p. 207-216.

DEA, I. C. M.; MORRISON, A. Chemistry and interactions of seed galactomannans. **Advances Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, New York, v. 31, p. 247-312, 1975.

DERIVI, S. C. N.; S. C. N.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ação da Pectina da fração fibra de leguminosas sobre as taxas de colesterol sérico em Coelhos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 4, n. 2, p. 130-138, jul./dez. 1984.

DUARTE, H. S. **Elaboração e Avaliação de um alimento formulado em pó rico em fibra no controle da hipercolesterolemia**. Viçosa: UFV, 1996. 137 p.

EASTWOOD, M. A. The physiological effect of dietary fiber: on uptake. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 12, p. 19- 36, 1992.

EASTWOOD, M. A.; BRYDON, W. G.; BAIARD, J. D.; ELTON, R. A.; HELLIWELL, S.; SMITH, J. H.; PRITCHARD, J. L. Faecal weight and composition, serum lipids, and diet among subjects age 18 to years not seeking health care. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 40, n. 3, p. 628-634, 1984.

EVANS, A. J.; HOOD, R. L.; OAKENFULL, D. G.; SIDHU, G. S. Relationship Between structure and function of dietary fiber: a comparative study of the effects of three galactomannans on cholesterol metabolism in the rat. **British Journal of Nutrition**, London, v. 68, n. 1, p. 217-229, July 1992.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45.; 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIETZ, V. R.; SALGADO, J. M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicérides em ratos hiperlipidemicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 318-321, set./dez. 1999.



FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A. Simple method for isolation and purification of total lipids from animals tissues. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 407-411, May 1957

FOSSETI, P.; PRENCIPE, L. Serum triglycerides determined calorimetrically with enzyme that produces hydrogen peroxidase. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 10, p. 2077-2080, Oct. 1982.

FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v. 18, n. 6, p. 499-502, June 1972.

GALLAHER, C. M.; MUNION, J. H.; WISE, J. **Cholesterol reduction by glucomanana and chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats**. Minnesota: American Society for Nutritional Sciences, 2000. p. 2753-2559.

GANTER, J. L. M. S.; ZAWADZKI-BAGGIO, S. F.; LEITNER, S. C. S.; SIERAKOWSKI, M. R.; REICHER, F. Structural studies on galactomannans from Brazilian seeds. **Journal Carbohydrates Chemistry**, New York, v. 12, n. 6, p. 753-767, 1993.

GLICKSMAN, M. **Food Hydrocolloids**. Boca Raton: CRC Press, 1982. v. 1.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. Aveia – **Composição química, valor nutricional e processamento**, São Paulo: Livraria Varela, 2000. 191 p.

GUTKOSKI, L. C.; TROMBETA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta-glicanas em cultivares de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 387-390, set./dez. 1999.

HARLAND, B. F. Determination of total dietary fiber in food products: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemistry**, Washington, v. 68, n. 4, p. 677- 679, 1985.

HIRATA, R.; SOUZA, W. J. Carboximetilcelulose na indústria alimentícia: uma abordagem técnica. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3/4, p. 168-179, jul./dez. 1990.

HURLEY, S. J.; TOMLIM, J.; BLAKE, D.; ELLIS, P. R.; ROSS-MURPHY, S. B. The effect of guar wheat bread on postprandial blood glucose and the

viscosity of digesta in the ileostomy patient. In: PLANT POLYSACCHARIDE SYMPOSIUM, 1996, Nantes. p. 79.

JUDD, P. A.; TRUSWELL, A. S. Comparison of the effects of high and low methoxyl pectin on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**, London, v. 48, n. 3, p. 451-458, Nov. 1982.

KAY, R. M.; TRUSWELL, A. S. Dietary fiber: Effects on plasma and biliary acids in man. In: SPILLER, G. A.; KAY, R. M. **Medical aspects of dietary fiber**. New York: Plenum, 1980. p. 153-173.

KROTKIEWSKI, M. Effect of guar gum on body-weight hunger ratings and metabolism in obese subjects. **British Journal of Nutrition**, London, v. 52, n. 1, p. 97-105, July 1984.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Bioquímica-princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.

LOPES, L. M.; SOARES, J. A. C.; LOPES, I. E. L.; PINTO, L. E. S. A.; MARTINEZ, T. L. R. Metabolismo das lipoproteínas. In: MARTINEZ, T. L. R.; LOURENÇO, D. M. (Ed. ). **Avaliação e conduta nos riscos trombo e aterogênico**. São Paulo: Art Plus, 1996. p. 61-69.

MAHAN, L. K.; SCOTT-STUMPP. **Krause – Alimentos, nutrição ; dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002. 1157 p.

MANUAL DE PRODUTOS E MÉTODOS – *IN VITRO* DIAGNÓSTICA. Itabira, [19--]. 110 p.

MARLETT, J. A. Comparisons of dietary fiber and selected nutrient compositions of oat and other grain fractions. In: WOOD, P. J. **Oat Bran**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 49-82.

MÁRQUEZ, L. R. **A fibra terapéutica**. 2. ed. 175 p.

MCCLEARY, B. V.; AMADO, R.; WAIBEL, R.; NEUKOM, H. Effect of galactose content on the solution and interaction properties of guar and carob galactomannans. **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 92, n. 2, p. 266, 1981.

MEDINA, E. B.; VILLARROEL, M.; TROC. A. Content of total and Soluble dietary fiber in oat groat in Chile. In: THIRD SOUTH OATS CONGRESS, 3., 1997, Colonia, Uruguai. **Anais...** Colonia, Uruguai, 1997.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W.  
**Harper: bioquímica**. 7. ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 763 p.

NEUKOM, H. Galactomannans: properties and applications. **LeubensmWiss & Technologie**, London, v. 22, n. 2, p. 41-45, 1989.

NEVES, N. M. S. **Nutrição e doença cardiovascular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 109 p.

NURNBERG, E.; RETTIG, E. On the characterization of hydrocolloidal slow-release tablets, illustrated for the example “ Danaden retard ” tablets. **Drugs Made in Germany**, Aulendorf, v. 17, p. 26, 1974.

OLSON, A.; GRAY, G. M.; CHIU, M. C. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 2, p. 71-80, Feb. 1987.  
PAINTER, N. S.; BURKITT, D. P. Diverticular disease of the colon: a deficiency disease of western civilization: **British Medical Journal**, London, v. 2, n. 5759, p. 450-454, 1971.

POTTY, V. H. Physico-chemical aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibers. A critical appraisal. **Journal Food Science Technology**, Mysore, v. 33, n. 1, p. 1-18, Jan./Feb. 1996.

POURCHET-CAMPOS, M. A. Fibra dietética. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. p. 209-215.

POURCHET-CAMPOS, M. A. Fibra e nutrição. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3/4, p. 167-171, jul./dez. 1988.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; FURDA, I.; DeVRIES, J. W.; SCHWEIZER, T. F.; HARLAND, B. F. Determination of total dietary fiber in food products: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemistry**, Washington, v. 68, n. 4, p. 677- 679, 1985.

RAUPP, D. S. **Caracterização nutricional de fibra alimentar solúvel e insolúvel do feijão carioca 80 SH em dietas experimentais com ratos**. 1994. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

RAUPP, D. S.; SGARBIERI, V. C. Efeito de frações fibrosas extraídas de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L. ) na utilização de macro e micronutrientes da dieta pelo rato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 100-107, jul./set. 1996.

ROEHRIG, K. The physiological effects of dietary fiber. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 1-18, 1988.

RUPÉREZ, P.; BRAVO, L. Oligofructanos e gomas. In: **Fibra dietética in Iberoamérica: tecnologia y salud**. São Paulo: Sarvier, 2001. p. 61-75.

SANDFORD, P. A.; BAIRD, J. Industrial utilization of polysaccharides. In: ASPINAL, G. O. (Ed.). **The Polysaccharides**. New York: Academic Press, 1983. v. 2, p. 421-485.

SANTOS, D. S.; MARANHÃO, R. C. Comparação entre homens e mulheres Hipercolesterêmicos de alto risco de desenvolvimento de arteriosclerose. Estudo dos fatores de risco e da resposta ao tratamento com pravastatina. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v. 70, n. 6, p. 383-387, 1998.

SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber: different physiological responses. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 2, p. 81-81, Feb. 1987.

SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber: physical and chemical properties methods of analysis and physiological effects. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 2, p. 104-110, Feb. 1986.

SILVA, M. A. M. **Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue e fígado de ratos**. 2002. Tese (Mestrado) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUTHGATE, D. A. T. Minerais, trace elements and potential hazards. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 45, n. 5, p. 1256-1266, May 1987. Supplement.

STEBBENS, W. J. Diet and atherogenesis. **Nutrition Reviews**, New York, v. 47, n. 1, p. 1-12, Jan. 1989.

TOPPING, D. L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, New York, v. 49, n. 7, p. 195-203, July 1991.

TROWELL, H. The development of the concept of dietary fiber in human nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 31, n. 10, p. S3-S5, Oct. 1978.

TROWELL, H. Dietary fibre ischaemic heart disease and diabetes mellitus. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v. 32, n. 3, p. 151-157, 1973.

VAN SOEST, P. J. Workshop I – Component análisis of fiber in food. Summary and recommendation. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 31, n. 3, p. S75-S76, 1978.

VAN SOEST, P. J.; MCQUEEN, R. W. The chemistry and estimation of fibre. In: Symposium on fibre in human nutrition. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 32, n. 3, p. 123-130, 1973.

WOOD, P.; WEISZ, J.; FEDEC, P. Potential for  $\beta$ -glucan enrichment in brans derived from oat (*Avena Sativa* L.) cultivars of different (1-3), (1-4)-  $\beta$ -D-glucan concentrations. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 1, p. 48-51, Jan./Feb. 1991.

WAY III, C. W. V. **Segredos em nutrição**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000. 296 p.

ZARAGOZA, M. L. Z.; PEREZ, R. M.; NAVARRO, Y. T. G. Propriedades funcionales y metodologia para su evaluación en fibra dietética. In: **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Sarvier, 2001. cap. 14, p. 195-207.

## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>		<b>Página</b>
TABELA 1 <sup>A</sup>	Resumo da análise de variância das concentrações séricas de colesterol total, HDL, VLDL, LDL e triacilglicerol dos grupos experimentais.....	51
TABELA 2A	Resumo da análise de variância do peso do fígado e das concentrações hepáticas de colesterol, triacilglicerol e lipídios totais dos grupos experimentais.....	51
TABELA 3A	..... Estrutura de análise de variância utilizada na avaliação dos efeitos das fibras solúveis pectina cítrica e goma guar sobre parâmetros bioquímicos no sangue e fígado de ratos.....	51
TABELA 4A	Estrutura de análise de variância utilizada para a avaliação do peso e consumo de ração dos animais submetidos às dietas experimentais.....	52

TABELA 1A Resumo da análise de variância das concentrações séricas de colesterol total, HDL, LDL, VLDL e triacilglicerol dos grupos experimentais.

FV	QM					
	GL	Colesterol	HDL	LDL	VLDL	Triacilglicerol
Grupos	5	884,68**	30,59	928,40**	8,96	129,55
Resíduos	18	96,86	73,03	65,55	449,35	652,66
C.V. (%)		11,14	21,27	23,01	38,35	39,99

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

TABELA 2A Resumo da análise de variância do peso do fígado e as concentrações hepáticas de colesterol, triacilglicerol e lipídios totais dos grupos experimentais.

FV	QM				
	GL	Colesterol	Triacilglicerol	Lipídios totais	Peso
Grupos	5	310,12**	719,49**	252,89**	5,54
Resíduo	18	27,48	211,51	8,98	2,19
C.V. (%)		24,27	24,22	15,07	15,86

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 3A Estrutura de análise de variância utilizada na avaliação dos efeitos das fibras solúveis pectina cítrica e goma guar sobre parâmetros bioquímicos no sangue e fígado de ratos.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL
Grupos	5
Resíduo	18
Total	23

TABELA 4A Estrutura de análise de variância utilizada para a avaliação do peso e consumo de ração dos animais submetidos às dietas experimentais.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL
Grupos	5
Resíduo	18
Total	23