

VANESSA BARBOSA DE MORAES

**EFEITO DO RESÍDUO DA MOAGEM A SECO DE MILHO
MICROPULVERIZADO NO METABOLISMO LIPÍDICO, NA
GLICEMIA E NA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM RATOS
ALIMENTADOS COM DIETA DE CAFETERIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

VANESSA BARBOSA DE MORAES

**EFEITO DO RESÍDUO DA MOAGEM A SECO DE MILHO
MICROPULVERIZADO NO METABOLISMO LIPÍDICO, NA
GLICEMIA E NA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM RATOS
ALIMENTADOS COM DIETA DE CAFETERIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 16 de julho de 2009

Prof^ª. Hércia Stampini Duarte Martino
(Co - Orientadora)

Prof^ª. Maria Cristina Dias Paes
(Co - Orientadora)

Prof^ª. Josefina Bressan

Prof^ª. Ana Vlândia Bandeira Moreira

Prof^ª. Neuza Maria Brunoro Costa
(Orientadora)

À minha mãe, exemplo de força.

Ao meu pai, saudades eternas...

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e tornar tudo possível.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente aos professores e funcionários do Departamento de Nutrição e Saúde.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos.

À Prof^ª Neuza Brunoro por acreditar em mim. Seus conhecimentos e experiência foram fundamentais em todas as etapas do meu aprendizado.

À Prof^ª Hércia Stampini pela atenção, paciência e ensinamentos.

À Prof^ª Maria Cristina Paes pelas contribuições e orientação.

À Prof^ª Josefina Bressan e Prof^ª Ana Vlória pelas contribuições e ensinamentos.

Às Prof^{as} Sônia e Valéria por terem aceitado o convite para participarem da banca.

Ao Prof. Paulo Cecon pela contribuição valiosa nas análises estatísticas.

Aos colegas de laboratório de Nutrição Experimental, Bioquímica Nutricional e Análise de Alimentos: Vânia, Gilson, Tatiana, Sabrina, Paulinha, Ana Cristina, Gláucia, Regiane, Frederico, Damiana, Bruno, Silvio e Joana pela ajuda e pela convivência.

À Érica, Luciana, Penélope, pela dedicação. Obrigada por me ajudarem na realização deste trabalho.

Ao Cassiano e Ricardo pela ajuda e solicitude nos procedimentos de laboratório.

Aos amigos que fiz durante este período que me apoiaram e incentivaram.

À minha mãe Vera, às minhas irmãs Isabela e Fabiane, à minha avó Mariazinha e ao meu tio Luizinho, pelo amor, dedicação e orações.

Ao Tiago e Marina com os quais sempre pude contar, obrigada pela paciência, compreensão, apoio e carinho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Vanessa Barbosa de Moraes, filha de Carlos Roberto de Moraes e Vera Lúcia Barbosa de Moraes, nasceu em 06 de julho de 1978, na cidade de Barbacena, Minas Gerais.

Em janeiro de 2003, iniciou o Curso de Nutrição na Universidade Federal de Viçosa – MG, concluindo-o em agosto de 2007.

Em agosto do mesmo ano, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, nível de mestrado, orientada pela Prof^a. Neuza Maria Brunoro Costa, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em julho de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Obesidade	4
2.2 Modelo experimental para estudo de obesidade.....	6
2.3 Dietas hiperlipídicas e obesidade	7
2.4 Fibras Alimentares	9
2.5 Milho	11
2.5.1 Resíduo fibroso de milho	12
3 OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo Geral	15
3.2 Objetivos Específicos	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1 Local do estudo	16
4.2 Ensaio biológico	16
4.2.1 Animais.....	16
4.2.2 Dieta.....	17
4.2.2.1 Composição e preparo das dietas experimentais.....	17
4.2.2.2 Determinação da composição centesimal das dietas experimentais.....	19
4.2.2.3 Determinação da granulometria do resíduo fibroso de milho...	20
4.3 Coleta de amostras de sangue, tecidos e fezes e carcaça.....	20
4.4 Determinação dos parâmetros sanguíneos	21
4.5 Extração de lipídios do fígado dos animais	22
4.6 Análise das carcaças	23
4.7 Análise das fezes	23
4.8 Análise estatística	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Características das dietas experimentais	25
5.2 Granulometria no resíduo fibroso de milho	27
5.3 Ganho de peso e consumo alimentar	27
5.4 Fígado e gordura visceral	30

5.5 Composição corporal dos animais	34
5.6 Características das fezes e absorção de lipídios	35
5.7 Parâmetros bioquímicos	39
6 CONCLUSÕES	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

RESUMO

MORAES, Vanessa Barbosa de. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Efeito do resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado no metabolismo lipídico, na glicemia e na composição corporal em ratos alimentados com dieta de cafeteria.** Orientadora: Neuza Maria Brunoro Costa. Co-orientadores: Hércia Stampini Duarte Martino e Maria Cristina Dias Paes.

O aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade está relacionado ao estilo de vida sedentário e ao excesso de ingestão alimentar, maior ingestão de gordura saturada e carboidrato simples e redução no consumo de frutas, hortaliças e carboidratos complexos. A ingestão de fibra alimentar pode reduzir a absorção de lipídios, aumentar a saciedade, o volume do bolo fecal e acelerar o trânsito intestinal. O resíduo fibroso de milho é constituído da fração do pericarpo do milho, podendo ser fonte de fibra alimentar capaz de reduzir a digestão e absorção de lipídios diminuindo o ganho de peso e o acúmulo de gordura corporal. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos funcionais do resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado nas alterações de consumo alimentar e ganho de peso, deposição de gordura visceral e de lipídios no fígado, composição corporal, composição e peso das fezes, glicemia e perfil lipídico em ratos alimentados com dieta de cafeteria. As amostras de resíduo de milho foram coletadas aleatoriamente e fornecidas pela Unidade de Processamento de Milho da Cooperativa Integrada, localizada em Andará, PR. Foram utilizados 52 ratos (4 grupos, n=13) machos Wistar, adultos, com peso inicial de 249 ± 14 g. Os animais receberam dieta AIN-93M (Grupo 1) e dieta de cafeteria (Grupos 2, 3 e 4), cujos ingredientes foram: ração comercial, biscoito doce, batata palha, chocolate ao leite, *bacon* e patê de fígado de galinha. Nos grupos 3 e 4 foi adicionado o resíduo de milho na proporção equivalente a 100 e 50% do teor de fibra da dieta AIN-93M, respectivamente. Durante o experimento foi controlado o ganho de peso e consumo alimentar, as fezes foram coletadas durante os últimos cinco dias de experimento. Após 35 dias foi realizada a eutanásia, coletados os tecidos, o sangue e as carcaças para as análises. Os dados foram analisados pelo teste de Tukey para as comparações entre três ou mais grupos independentes, ao nível de significância de $p < 0,10$. O grupo cafeteria teve ganho ponderal de 25,9%, enquanto os grupos que receberam resíduo de milho nas concentrações de 100 e 50% ganharam 20,8 e 22,0%, respectivamente, demonstrando que o resíduo de milho foi eficaz na modulação do ganho de peso. O consumo alimentar não diferiu entre os grupos. Os animais que receberam dieta de cafeteria apresentaram maior acúmulo de gordura visceral, no entanto, os grupos que receberam fibra de milho

tiveram menor deposição de lipídios na região visceral, 48,8; 36,0; 43,4%, respectivamente para os grupos cafeteria, cafeteria + 100% de resíduo de milho e cafeteria + 50% de resíduo de milho. A adição de resíduo de milho às dietas de cafeteria não alterou estatisticamente o perfil lipídico dos ratos, no entanto, favoreceu menor acúmulo de lipídios no fígado, sendo 1,46; 1,37 e 1,38 mg/g, respectivamente para os grupos cafeteria, cafeteria + 100% e 50% de resíduo de milho. No estudo não foi encontrada diferença ao nível de 10% de significância para a composição corporal. O peso das fezes úmidas e secas foi diferente para todos os grupos, sendo que a presença de 100% de resíduo de milho aumentou o peso úmido e seco das fezes. Os Grupos cafeteria + 100% e 50% de resíduo de milho apresentaram maior concentração de nitrogênio e lipídios nas fezes. Diante dos resultados foi possível concluir que o resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado pode ser uma fonte alternativa de fibra alimentar no controle do ganho de peso, acúmulo de gordura visceral e de lipídios no fígado, sendo que a adição de 100% do resíduo foi mais eficiente na redução das alterações provocadas pela dieta de cafeteria.

ABSTRACT

MORAES, Vanessa Barbosa de. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Effect of residue from the dry milling of corn micropulverizado on lipid metabolism in blood glucose and body composition in rats fed the cafeteria diet.** Adviser: Neuza Maria Brunoro Costa. Co-advisers: Hércia Stampini Duarte Martino and Maria Cristina Dias Paes.

The increased prevalence of overweight and obesity is related to sedentary lifestyle and excess food intake, increased intake of saturated fat and simple carbohydrate and reduction in consumption of fruits, vegetables and complex carbohydrates. The intake of dietary fiber may reduce the absorption of fat, increase satiety, the amount of fecal weight and accelerate intestinal transit. The fibrous residue of corn consists of the fraction of the pericarp of the corn, may be a source of dietary fiber can reduce the digestion and absorption of lipids by lowering the weight gain and accumulation of body fat. The objective was to evaluate the functional effect of the residue of the dry milling of microfine corn food intake, body weight gain, visceral fat deposition, liver lipids, body composition, fecal composition and weight, blood glucose and lipid profile in rats fed cafeteria diet. Samples of residue of corn were collected randomly and provided by the Office of the Cooperative Corn Processing Integrated, located in Andirá, PR. We used 52 rats (4 groups, n = 13) male Wistar, adult, with initial weight of 249 ± 14 g. The animals received AIN-93M diet (Group 1) and the cafeteria diet (Groups 2, 3 and 4), whose ingredients were commercial chow, sweet biscuit, potato straw, milk chocolate, bacon and chicken-liver paté. In groups 3 and 4 was added the residue of corn in the proportion of 100 and 50% of the dietary fiber content of AIN-93M, respectively. During the experimental period body weight gain and food consumption were monitored, the feces were collected during the last five days of the trial. After 35 days was performed euthanasia, collected tissues, blood and carcasses for analysis. Data were analyzed by the Tukey test for comparisons between three or more independent groups, the significance level of $p < 0.10$. The cafeteria group had weight gain of 25.9%, while the groups receiving corn residue concentrations of 100 and 50% gained 20.8% and 22.0% respectively, showing that the residue of corn was effective in the modulation of weight gain. Food intake did not differ between groups. The animals that received the cafeteria diet had greater accumulation of visceral fat, however, the groups receiving corn fiber had lower deposition of fat visceral, 48.8, 36.0, 43.4%, respectively for groups cafeteria, cafeteria + 100% and 50% residue of corn. The addition of the corn residue to the cafeteria diet did not change statistically the lipid profile of rats, however, favored smaller accumulation of lipids in the liver, being

1.46, 1.37 and 1.38 mg / g respectively for groups cafeteria, cafeteria + 100% and 50% of corn residue. In the study there was no difference at 10% significance for body composition. The weight of wet and dry feces was different for all groups, and the presence of 100% residue of corn has increased the weight of wet and dry stool. Groups cafeteria + 100% and 50% of residue of corn had higher concentrations of nitrogen and lipids in the feces. The results allowed the conclusion that the residue of the dry milling of microfine corn may be an alternative source of dietary fiber in the control of weight gain, accumulation of visceral fat and lipids in the liver, with the addition of 100% of residue was more efficient in reducing the changes caused by the cafeteria diet.

1 INTRODUÇÃO

Nas regiões brasileiras o milho é consumido na forma de grãos e seus derivados obtidos por meio da moagem seca, processo de refino em que as partes anatômicas do milho (endosperma, pericarpo e gérmen) são separadas mecanicamente (GONÇALVES et al., 2003; PAES, 2008). Neste processo, o pericarpo, fração que reveste o grão, é transformado em um resíduo farináceo, composto essencialmente por hemicelulose, celulose e lignina (>95% fibra bruta), também denominado *corn bran* ou resíduo fibroso de milho, que corresponde a aproximadamente 5% do total dos grãos processados. Este produto apresenta grande importância para a indústria de alimentos na Europa e América do Norte, como fonte de fibra alimentar, sendo utilizado em produtos de panificação e em misturas farináceas prontas para o uso (SUGAWARA et al., 1991).

O resíduo fibroso ou pericarpo de milho ainda é desconsiderado na nutrição humana no Brasil e pouco se conhece a respeito de seus efeitos fisiológicos como possível fonte de componentes bioativos. No entanto, como fonte de fibra alimentar insolúvel, pode apresentar fatores protetores contra várias doenças.

Alguns estudos evidenciaram a influência positiva do consumo de resíduo fibroso de milho nas alterações dos níveis séricos, como decréscimo do LDL-colesterol e alteração do metabolismo de colesterol hepático em porcos da Índia após 4 semanas de estudo (VIDAL-QUINTANAR et al., 1997); redução da concentração de colesterol plasmático em ratos Wistar após 21 dias (EBIHARA; NAKAMOTO, 2001) e diminuição significativa do HDL-colesterol e LDL-colesterol em ratos Sprague Dawley que receberam farelo de milho acrescido a dieta durante 6 semanas (HU et al., 2008).

Outros estudos demonstraram decréscimo significativo do colesterol total, LDL-colesterol e triacilgliceróis em indivíduos hiperlipidêmicos a partir da adição de 18 g/dia de resíduo de milho (EARLL et al., 1988) e de farelo de milho (SHANE et al., 1995) na dieta por 6 semanas. E melhoria na curva de tolerância à glicose em diabéticos, quando a dose diária era de 10 g de farelo de milho durante 6 meses (HANAI et al., 1997).

Segundo BIANCHI; CAPURSO (2002) uma maior ingestão de fibra alimentar aumenta o volume do bolo fecal e acelera o trânsito intestinal, reduzindo a digestão e a absorção de nutrientes. Um consumo adequado de fibra alimentar pode exercer efeito na redução das alterações provocadas pelo consumo de dietas hipercalóricas e hiperlipídicas, como diminuição da ingestão alimentar e absorção de glicose e lipídios.

GALISTEO et al. (2008) em estudo de revisão, demonstraram a relação de elevada ingestão de fibra alimentar com a saciação e saciedade, devido ao maior volume e à menor densidade calórica, acarretando diminuição da ingestão de calorias. As fibras alimentares também podem afetar a secreção de hormônios intestinais ou peptídeos, que podem agir sobre a saciedade.

As fibras alimentares podem ser classificadas pelos seus efeitos fisiológicos quanto à solubilidade em água, em solúveis e insolúveis (ADA, 2002). As solúveis são potencialmente eficazes na regulação dos níveis plasmáticos de glicose, colesterol e triacilgliceróis, por se ligarem à água e formarem gel, reduzindo a absorção desses nutrientes (RIQUE et al., 2002). Apresentam a propriedade de melhorar o perfil lipídico (SHEN et al., 1998), atuando como fator protetor no diabetes mellitus tipo 2 (CHANDALIA et al., 2000) e câncer colorretal (HAAS et al., 2006).

Já as fibras alimentares insolúveis são importantes no fornecimento da massa necessária à ação peristáltica do intestino (RIQUE et al., 2002), pois permanecem intactas ao longo do trato digestório (MORAES; COLLA, 2006).

Estudos utilizando fibra alimentar de frutas e hortaliças demonstram efeitos benéficos no perfil sérico de lipídios e acúmulo de gordura no fígado (CHAU et al., 2004), na redução dos fatores de risco para diabetes e obesidade (SAMRA; ANDERSON, 2007) e na saúde intestinal (PUMAR et al., 2008).

O aumento do número de casos de sobrepeso e obesidade nas últimas décadas tem revelado um quadro epidemiológico preocupante acerca das doenças crônicas não transmissíveis, sendo a obesidade considerada um problema de saúde pública no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Alguns componentes do estilo de vida, particularmente a dieta, têm mostrado relação direta com a obesidade e suas comorbidades (HALPERN et al., 2004). O estímulo ao consumo de alguns nutrientes específicos, provenientes de fontes naturais ou de suplementos, tem recebido considerável atenção. Neste sentido, têm-se relacionado os benefícios de alguns nutrientes como, por exemplo, as fibras alimentares, nos fatores de risco para obesidade e suas alterações.

Os diversos derivados e subprodutos do milho possibilitam sua utilização como excelente fonte de matéria-prima para a indústria de alimentos. Neste contexto, este cereal apresenta importância atual e potencial para o agronegócio brasileiro, sendo que

este produto regional de grande relevância econômica e social necessita de pesquisas que demonstrem um diferencial em suas propriedades funcionais.

É de grande importância que sejam realizados estudos no Brasil que avaliem os efeitos benéficos do resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado nas respostas lipidêmicas, glicêmicas, na modulação do ganho de peso e na função do trato digestório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Obesidade

A obesidade é uma doença multifatorial decorrente de um balanço energético positivo e que apresenta forte associação com o excesso de gordura corporal e morbimortalidade. Predispondo a algumas doenças devido às anormalidades resultantes no perfil lipídico, glicemia e pressão arterial (HALPERN et al., 2004; DUARTE et al., 2006).

Atualmente, a obesidade é considerada uma inflamação crônica de baixa intensidade, podendo ser a característica chave no processo de síndrome metabólica (LI et al., 2008). Está relacionada com patologias como hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo 2, doença arterial coronariana, doença pulmonar obstrutiva crônica e certos tipos de câncer (HALPERN et al., 2004; DUARTE et al., 2006).

Entre outras complicações da obesidade estão as dislipidemias, aumentando os riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (ABADIE et al., 2001) e a esteatose hepática não alcoólica (NASH), que decorre do acúmulo de gordura no fígado (LOVE-OSBORNE et al., 2008).

Estudos têm demonstrado associação entre obesidade, resistência insulínica e esteatose hepática não alcoólica (VENTURI et al., 2004; LOVE-OSBORNE et al., 2008), evidenciando os fatores relacionados à síndrome metabólica. Uma das características metabólicas importantes da obesidade é o depósito de gordura visceral, associado ao aumento nos níveis de ácidos graxos livres na circulação portal e na resistência insulínica sendo estes fatores considerados de risco para o aparecimento de diabetes mellitus e doenças cardiovasculares (CONSENSO LATINO-AMERICANO DE OBESIDADE, 2001).

O tecido adiposo visceral também está fortemente associado com a esteatose hepática não alcoólica, podendo se relacionar com esteatose simples e esteato-hepatite que podem progredir para fibrose, cirrose e carcinoma (LI et al., 2008).

Existem dois tipos de tecido adiposo no corpo, denominados tecido adiposo branco e marrom. O tecido adiposo branco é o mais abundante e o principal tecido relacionado com o estoque de gordura corporal, enquanto o marrom está mais relacionado com o metabolismo energético. As principais células são os adipócitos, que apresentam a capacidade de aumentar seu número e tamanho original em decorrência do

conteúdo de lipídios estocados. Quando a gordura tem uma grande contribuição na dieta, os adipócitos podem liberar os lipídios para as lipoproteínas circulantes (GURR et al., 2002).

Quando a energia na dieta é superior à demanda, o excesso de carboidratos é preferencialmente utilizado para repor os estoques de glicogênio; o excesso de proteínas tende a ser oxidado, depois de suprir as necessidades de síntese protéica e o de lipídios passa a ser convertido em triacilgliceróis e estocado no tecido adiposo (FLATT, 1987; GURR et al., 2002).

O acúmulo de gordura é determinado por um balanço energético positivo que aumenta a quantidade de triacilgliceróis no tecido adiposo. No entanto, estes também podem ser estocados em outros órgãos como músculos, fígado, pâncreas e coração. Este acúmulo de gordura ectópica pode ser a chave entre o aumento da massa gorda e várias patologias. Um acúmulo excessivo destes lipídios no citoplasma das células pode levar à disfunções celulares ou morte celular, conhecido como lipotoxicidade (HERPEN; SCHRAUWEN-HINDERLING, 2008).

A Organização Mundial de Saúde estima que em 2015, aproximadamente, 2,3 bilhões de adultos estarão com sobrepeso e mais de 700 milhões serão obesos em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006).

O aumento do número de casos de sobrepeso e obesidade nas últimas décadas tem revelado um quadro epidemiológico preocupante acerca das doenças crônicas não transmissíveis, sendo a obesidade considerada um problema de saúde pública no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Em um estudo realizado pelo Ministério da Saúde em 2006, constatou-se que 43% dos adultos de todas as capitais brasileiras estavam com excesso de peso, sendo que 11% estavam obesos. Este fenômeno de aumento na prevalência do excesso de peso em detrimento dos casos de desnutrição é denominado de transição nutricional e é visto na maioria dos países latino-americanos (CONSENSO LATINO-AMERICANO DE OBESIDADE, 2001).

HERPEN; SCHRAUWEN-HINDERLING (2008) em um trabalho de revisão mostraram que as conseqüências alarmantes do sobrepeso e obesidade estão ligadas a crianças com excesso de peso, sendo que esta característica pode persistir na adolescência e na fase adulta.

Apesar dos esforços de pesquisadores, profissionais de saúde e dos governos em buscar compreender o processo de desenvolvimento, prevenção e redução da obesidade,

esta vem aumentando na maioria dos países ocidentais, constituindo problema de saúde pública e apresentando elevados custos em saúde (BRAND-MILLER et al., 2002; WOODS et al., 2003).

As mudanças alimentares e a ingestão calórica na obesidade podem ser explicadas em termos biológicos, fisiológicos e comportamentais. Os biológicos podem ser vistos quanto a preferências por alimentos doces e ricos em gordura, os fisiológicos tem relação com o baixo índice glicêmico dos alimentos, a resistência à insulina e o metabolismo do tecido adiposo. Enquanto em termos comportamentais, evidencia-se desconhecimento quanto à nutrição adequada, vulnerabilidade ambiental e preferências por *fast foods* e refrigerantes (DREWNOWSKI; SPECTER, 2004).

Fatores genéticos contribuem para a propensão ao ganho de peso (WOODS et al., 2003), além de outros fatores que se interagem no surgimento e na manutenção da obesidade, como a ingestão de alimentos (dietas com alta densidade calórica e rica em lipídios) e o armazenamento do excesso de energia, bem como fatores neurais, endócrinos, adipocitários e intestinais (HALPERN et al., 2004).

Dentre as alterações na ingestão de alimentos verifica-se elevação no consumo de gorduras, principalmente as saturadas e os açúcares simples associadas com diminuição ou até mesmo ausência no consumo de grãos, hortaliças, frutas e carboidratos complexos (MONTEIRO et al., 2000).

2.2 Modelo experimental para estudo de obesidade

Devido ao crescente número de casos de sobrepeso e obesidade em todo o mundo, tornam-se necessários estudos que possam compreender os elementos envolvidos na fisiopatologia da obesidade, assim diversos modelos experimentais são utilizados para determinar de maneira controlada o papel de cada um dos componentes que envolvem esta patologia.

O modelo que mais se assemelha à obesidade em humanos é o de obesidade exógena, onde é oferecido aos modelos animais um aporte calórico maior, por meio de uma sobrecarga de carboidratos ou gordura, que podem ser oferecidos isoladamente ou em associação. Esta dieta é denominada dieta “ocidentalizada”, de *fast-food* ou dieta de cafeteria (SUREDA et al., 1995; MACQUEEN et al., 2007; SHAFAT et al., 2009).

Os *Rattus norvegicus*, variedade *Albinus*, classe Rodentia, da linhagem Wistar não são modelos muito usados para se avaliar o perfil lipídico, sendo necessário um

período maior de intervenção para se encontrarem alterações significativas (CAMPÍON; MARTÍNEZ, 2004), no entanto, são modelos muito utilizados para indução de obesidade, avaliação do acúmulo de gordura no fígado (ABRALDES et al., 2008) e depósito de gordura visceral (EGUCHI et al., 2008).

2.3 Dietas hiperlipídicas e obesidade

Dentre as dietas caracterizadas como hiperlipídicas encontra-se a dieta de cafeteria ou dieta Ocidental ou de *fast food*, a qual inclui alimentos altamente calóricos, ricos em lipídios ou em carboidratos. A diferença na composição destas dietas se deve à utilização de alimentos regionais, mas sempre levando em consideração um aporte calórico maior.

O aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade está relacionado ao estilo de vida sedentário e ao excesso de ingestão alimentar, podendo estar ligado ao consumo excessivo de dietas ricas em gorduras saturadas (RASMUSSEN et al., 2007).

A gordura da dieta, além de apresentar importante papel lipogênico devido à elevada densidade calórica, alta eficiência metabólica e alta palatabilidade, também promove menor saciedade e aumento da ingestão alimentar (PRENTICE, 1998). No entanto, estudo de revisão realizado por LITTLE et al. (2007) mostrou que a gordura da dieta tem efeitos no trato digestório que favorecem a supressão do apetite e da ingestão alimentar, pois acarreta hipertrofia da mucosa intestinal, com aumento da capacidade de absorção de lipídios.

PÉREZ-MATUTE et al. (2007) verificaram significativo aumento no peso final e no ganho de peso de ratos machos Wistar que receberam dieta de cafeteria ao final de 35 dias quando comparado com o grupo controle. Estudo realizado por LI et al. (2008) também demonstrou que camundongos fêmeas C57BL/6J^{OlaHsd}, alimentados com dieta de cafeteria por 14 semanas, apresentaram ganho de peso maior do que o controle.

PEREIRA et al. (2003) avaliaram os fatores que justificam a hiperfagia desencadeada pela ingestão de lipídios e encontraram uma relação com elevada palatabilidade e textura característica. Isso pode ser corroborado por SHAFAT et al. (2009) que investigaram a capacidade da dieta de cafeteria em estimular o superconsumo em ratos adultos.

Resultados contraditórios foram verificados por LITTLE et al. (2007), onde a utilização de dietas hiperlipídicas em estudos com animais atenuou os efeitos do lipídio

na função motora e secreção de hormônios gastrointestinais, diminuindo a ingestão alimentar, particularmente quando o animal se tornou obeso.

COVASA; RITTER (2000) verificaram que ratos machos adultos, da linhagem Sprague-Dawley, expostos a dietas com elevados teores em lipídios apresentaram inibição do hormônio colecistoquinina (CCK), aumentando, por conseguinte, a velocidade de esvaziamento gástrico. Os elevados teores de lipídios na dieta favorecem o aumento da digestão e absorção de gordura reduzindo a saciedade, levando a hiperfagia alimentar e ao desenvolvimento de obesidade, além de acarretarem alterações no perfil lipídico, corroborando com a revisão de LITTLE et al. (2007).

Em trabalho realizado por MARGARETO et al. (2001) com ratos da linhagem Wistar, com períodos experimentais de 8 e 30 dias, foi encontrada correlação positiva entre o aumento da ingestão alimentar e o consumo de dieta de cafeteria. Estudo realizado por PÉREZ-MATUTE (2007) utilizando o mesmo modelo animal demonstrou relação da dieta de cafeteria com a adiposidade, a resistência insulínica e o aumento da ingestão alimentar.

Outra característica das dietas hiperlipídicas é seu possível efeito no tecido hepático. MACQUEEN et al. (2007) verificaram que o fígado dos ratos Sprague-Dawley, que receberam dieta de cafeteria por 12 semanas, apresentou ao final do experimento maior peso, visualmente anormais e esteatóticos, entretanto os animais estavam aparentemente saudáveis. Os autores também verificaram aumento nos radicais livres pela produção de malondialdeído, mas estes não danificaram o DNA.

FILHO (2000) descreve que a esteatose se caracteriza pela deposição excessiva de gorduras neutras no citoplasma das células hepáticas. Em uma revisão sobre o acúmulo lipídico no fígado, HERPEN; SCHRAUWEN-HINDERLING (2008) mostraram que este órgão exerce importante papel em inúmeras funções vitais, como estoque de glicogênio, síntese de proteínas plasmáticas, detoxificação de drogas e no metabolismo de lipídios. Normalmente o conteúdo de lipídios no fígado é pequeno (cerca de 5% de gordura por peso corporal) e quando é estocado em excesso é conhecido como esteatose hepática.

MILAGRO et al. (2006) avaliaram a composição corporal de ratos machos, Wistar durante 56 dias utilizando um aparelho específico para análise de composição corporal (EM-SCAN). Verificaram maior proporção de gordura total nos ratos com sobrepeso induzido pela dieta de cafeteria.

Alguns estudos também mostraram relações do consumo de dietas hiperlipídicas nos níveis séricos de glicose e lipídios dos animais experimentais. MARGARETO et al. (2001) estudaram o efeito da dieta de cafeteria em ratos após 8 e 30 dias de experimento e encontraram aumento da glicemia, enquanto PÉREZ-MATUTE et al. (2007) não verificaram alterações nos níveis de glicose plasmática quando a duração do estudo foi de 5 semanas.

Segundo CAMPÍON; MARTÍNEZ (2004) após 42 dias de experimento com dieta de cafeteria não foi verificada alterações nos triacilgliceróis e na glicemia em ratos Wistar. MACQUEEN et al. (2007) verificaram que não houve diferença estatística para o colesterol sérico, entretanto ocorreu redução de HDL-colesterol e aumento dos triacilgliceróis em ratos após 12 semanas de estudo.

2.4 Fibras alimentares

Existe uma variedade de definições para fibra da dieta, sendo algumas baseadas nos métodos analíticos e outras em seus efeitos fisiológicos. Segundo a *Food and Nutrition Board*, fibra alimentar são carboidratos não-digeríveis e lignina presentes de forma intrínseca e intacta nas plantas; fibra funcional os carboidratos não-digeríveis, isolados, que exercem efeitos benéficos ao indivíduo e a fibra alimentar total, a soma da fibra alimentar e da fibra funcional (IOM, 2001).

De acordo com a ASSOCIAÇÃO DIETÉTICA AMERICANA (ADA, 2002), a fibra alimentar é a parte comestível de plantas ou análogos aos carboidratos que são resistentes à digestão e absorção pelo intestino delgado humano, com fermentação parcial ou total no intestino grosso. Enquanto que a *Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* (CCNFSDU), definiram fibra alimentar como polímeros de carboidratos com mais de dez unidades monoméricas que não são hidrolizados pelas enzimas endógenas no intestino delgado humano (THE LANCET, 2009).

As fibras alimentares também podem ser classificadas pelos seus efeitos fisiológicos quanto à solubilidade em água, em solúveis e insolúveis (ADA, 2002). As fibras alimentares solúveis, como pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses são potencialmente eficazes na regulação dos níveis plasmáticos de glicose, colesterol e triacilgliceróis, por se ligarem à água e formarem gel, reduzindo a absorção desses nutrientes (RIQUE et al., 2002). Possuem a propriedade de melhorar o perfil lipídico (SHEN et al., 1998), atuam também como fator protetor contra certas enfermidades

crônicas, como diabetes mellitus tipo 2 (CHANDALIA et al., 2000) e câncer colorretal (HAAS et al., 2006).

Já as fibras insolúveis como lignina, celulose e algumas hemiceluloses permanecem intactas ao longo do trato digestório (MORAES; COLLA, 2006), sendo importantes no aumento do bolo fecal, necessária à ação peristáltica do intestino (RIQUE et al., 2002).

A ingestão de fibras insolúveis aumenta o volume do bolo fecal e este, em contato com as paredes do cólon, acelera o tempo de trânsito intestinal (BIANCHI; CAPURSO, 2002), reduzindo os efeitos indesejáveis da constipação. Estudo realizado por ARYA et al. (2005) demonstrou que o maior risco para a ocorrência de constipação pode ser explicado pela menor ingestão de fibra alimentar insolúvel em mulheres.

De acordo com a ASSOCIAÇÃO DIETÉTICA AMERICANA (ADA, 2002), as fibras alimentares insolúveis aumentam o peso das fezes, promovendo eficiência na laxação, pois melhoram o movimento no intestino grosso e reduzem o tempo de trânsito intestinal. O aumento do peso das fezes é causado pela presença da fibra alimentar e sua ligação com a água, além da fermentação parcial, que aumenta o número de bactérias nas fezes.

O mecanismo de ação das fibras na carcinogênese colorretal pode ser explicada por alterações no tempo de trânsito intestinal e peso das fezes, pela fermentação que acarreta a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) com e acetato, propionato e butirato e alterações no pH luminal (SENGPUTA et al., 2001).

Segundo SAMRA; ANDERSON (2007), o conteúdo de fibra insolúvel de um cereal rico em fibra alimentar, analisado durante o estudo, reduziu o apetite, a ingestão alimentar e melhorou a resposta glicêmica pós-prandial em homens saudáveis, além de causar o aumento da concentração plasmática de CCK.

Em trabalho realizado por JACKSON et al. (1996), foram estudados os efeitos de alguns nutrientes, como gorduras, carboidratos e fibras alimentares no desenvolvimento de tumores mamários em ratos Sprague-Dawley, durante 6 semanas. Os animais que consumiram dietas ricas em fibra alimentar apresentaram menor consumo alimentar e menor ingestão calórica mesmo na presença de dieta hiperlipídica, quando comparado com os grupos que receberam menor conteúdo de fibra alimentar. Neste estudo também foi encontrado menor ganho de peso nos animais quando altas

concentrações de fibra foram utilizadas com dietas ricas em gordura, sugerindo que a fibra alimentar pode interferir na digestão e absorção de nutrientes.

GALISTEO et al. (2008) revisaram estudos que demonstraram a relação de elevada ingestão de fibra alimentar com a saciação e saciedade, devido ao maior volume e à menor densidade calórica, acarretando diminuição da ingestão de energia. Os autores demonstraram ainda que as fibras alimentares podem reduzir a ingestão alimentar por afetar a secreção de hormônios intestinais, como a colecistoquinina e peptídeos, como o peptídeo-1 semelhante ao glucagon (GLP-1), pois estes hormônios estão relacionados com o controle do apetite e da ingestão alimentar.

As fibras alimentares, então, podem ser consideradas como fatores protetores contra diversas doenças. Sua ação no intestino diminui o tempo de trânsito intestinal, reduz a digestão de macronutrientes e absorção de glicose e lipídios, melhorando a glicemia e o perfil lipídico. Além disso, as fibras alimentares aumentam a saciedade, reduzindo a ingestão alimentar contribuindo com a prevenção ao ganho de peso.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Nutrição (SBAN, 1990) a recomendação diária de fibra alimentar é de 20 g ou 8 a 10 g / 1000 kcal. A recomendação de ingestão de fibra alimentar total de acordo com as DRIs (2001) é de 38 g/dia para homens e 25 g/dia para mulheres até 50 anos de idade, entretanto o consumo de fibra alimentar pela população em geral é insuficiente, não alcançando os níveis recomendados (GALISTEO, et al., 2008).

Na alimentação diária usualmente ingere-se uma mistura de fibras alimentares solúveis e insolúveis, dificultando separar seus efeitos benéficos no organismo (ADA, 2002). Os cereais, por exemplo, que em geral, são ricos em fibras insolúveis, contém menores quantidades de fibras solúveis (SILVA; CIOCCA, 2005).

2.5 Milho

O grão de milho é constituído de pericarpo, endosperma e gérmen e, como ocorre nos demais cereais, os nutrientes estão distribuídos de forma heterogênea entre as diferentes estruturas do grão. No pericarpo está a maior parte da fibra, no gérmen se encontra o maior teor de lipídios, os minerais estão mais concentrados na camada logo abaixo do pericarpo e o endosperma é rico em carboidratos e contém também proteínas. A composição dos produtos derivados do milho, portanto, depende de quais partes do grão estes produtos incluem (CALLEGARO et al., 2005; PAES, 2008).

De acordo com BISOTTO (2003), os Estados Unidos, Brasil, China, México, França e Argentina são os maiores produtores de milho, cujos totais somados correspondem a aproximadamente 35,0 % do total produzido mundialmente. O milho, em nível mundial, apresenta-se como uma das culturas mais expressivas em volume de produção, juntamente com o arroz, o trigo, o sorgo e a soja.

O milho é um dos cereais mais cultivados no Brasil. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstraram uma previsão de produção de 51,6 milhões de toneladas para o ano de 2009, estimulada pelo aumento do plantio nos principais estados produtores.

A cultura do milho no Brasil apresenta forte dispersão geográfica sendo produzido, em quase todo o território nacional. O que demonstra a grande importância social e econômica do produto e fornece evidências de que existem grandes variações nas formas de produção, determinadas por condições diferentes de clima, solo e diversidade de sistemas tecnológicos empregados (BISOTTO, 2003).

No Brasil, cerca de 4% do total de milho produzido é consumido diretamente como alimento e cerca de 10% são destinados ao processamento nas indústrias alimentícias, que transformam os grãos em diversos produtos consumidos na dieta humana, como o amido, fubá, farinhas, canjica, canjiquinha, flocos de milho, pipoca de milho, dentre outros (ABIMILHO, 2008).

2.5.1 Resíduo fibroso de milho

Nas regiões brasileiras o milho é consumido na forma de grão e seus derivados obtidos por meio da moagem seca, processo de refino em que as partes anatômicas do milho (endosperma, pericarpo e gérmen) são separadas mecanicamente (GONÇALVES et al., 2003; PAES, 2008). Neste processo, o pericarpo, fração que reveste o grão, é transformado em um resíduo farináceo, composto essencialmente por hemicelulose, celulose e lignina (>95% fibra bruta), também denominado *corn bran* ou resíduo fibroso de milho, que corresponde a aproximadamente 5% do total dos grãos processados. Este produto apresenta grande importância para a indústria de alimentos na Europa e na América do Norte, como fonte de fibra alimentar, sendo utilizado em produtos de panificação e em misturas farináceas prontas para o uso, além de alimentos processados. Entretanto, nestes países a fibra alimentar é produzida por meio da moagem úmida dos grãos (SUGAWARA et al., 1991).

ALESSI et al. (2003) estudaram a caracterização do processamento da farinha de milho biju para o aproveitamento dos subprodutos e encontraram elevadas concentrações de fibra alimentar nos subprodutos gerados pela agroindústria. No entanto, estes são pouco aproveitados para alimentação humana, sendo mais utilizados para complementar a ração animal.

A utilização deste produto nos países desenvolvidos tem sido atribuída à comprovação dos efeitos benéficos na saúde, como no funcionamento do intestino grosso e na influência sobre os fatores de risco das doenças cardiovasculares. SUGAWARA et al. (1991) demonstraram que o consumo médio de 5 g/dia do resíduo fibroso de milho por 10 dias, por humanos saudáveis, resultou na redução da atividade de enzimas produzidas pelas bactérias intestinais, reduzindo o risco de desenvolvimento de câncer de cólon.

Apesar de não ser considerada alteração metabólica, a constipação intestinal é um fator importante. Portanto, a elevada concentração de fibra alimentar insolúvel no resíduo de milho e seus possíveis efeitos nesta patologia deve ser considerado.

Segundo VIDAL-QUINTANAR et al. (1997), quando porcos da Índia receberam dietas com concentrações de 7,5 e 10% de cascas de milho não houve diferenças no ganho de peso ou no peso final dos animais ao final de 4 semanas. Resultados semelhantes foram encontrados por EBIHARA; NAKAMOTO (2001), ao estudarem o efeito do tamanho das partículas de farelo de milho na dieta de ratos machos Wistar, que receberam dietas com adição de 5% de farelo, e verificaram que o peso dos animais não foi afetado pela dieta durante os 21 dias de experimento.

ANGUITA et al. (2007) estudaram dietas que apresentavam 54% farelo de milho, com granulometria de 4,0 mm de diâmetro de poro, em porcos em período de crescimento e encontraram menor ingestão alimentar e menor ganho de peso nestes animais após 42 dias de experimento.

Outros estudos demonstraram alterações nos níveis séricos, como decréscimo do LDL-colesterol e alteração do metabolismo de colesterol hepático em porcos da Índia (VIDAL-QUINTANAR et al., 1997); redução da concentração de colesterol plasmático em ratos Wistar (EBIHARA; NAKAMOTO, 2001), diminuição significativa do HDL-colesterol e LDL-colesterol em ratos Sprague Dawley que receberam farelo de milho acrescido a dieta durante 6 semanas (HU et al., 2008) e HANAI et al., (1997) observaram melhoria na curva de tolerância à glicose em diabéticos quando a dose diária era de 10 g/dia durante 6 meses.

Outros estudos demonstraram decréscimo significativo do colesterol total, LDL-colesterol e triacilgliceróis em indivíduos hiperlipidêmicos a partir da adição de 18 g de resíduo de milho na dieta durante 6 semanas (EARLL et al.,1988; SHANE et al., 1995).

A transformação do milho em diversos derivados e subprodutos possibilitam o uso desse cereal como excelente fonte de matéria-prima para a indústria de alimentos. Neste contexto, o milho apresenta importância atual e potencial para o agronegócio brasileiro.

Este projeto faz parte de um projeto maior, onde são analisados vários efeitos deste resíduo fibroso de milho em animais experimentais. Em um estudo anterior foi encontrado baixo conteúdo de fitato no resíduo e alta biodisponibilidade de minerais, como cálcio e ferro, após tratamento com as dietas testes (OLIVEIRA JUNIOR, 2009).

O resíduo fibroso de milho, ainda não é consumido no Brasil como fonte de fibra alimentar, Assim, torna-se importante estudar os componentes bioativos em resíduos de milho de cultivares processados no Brasil, principalmente quando se trata de um resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado. Como este resíduo é fonte de fibra alimentar insolúvel deve-se avaliar seus efeitos na glicemia, no perfil lipídico, na composição corporal e no trato gastrointestinal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado em ratos alimentados com dieta de cafeteria no metabolismo lipídico, na glicemia e na composição corporal.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar os efeitos resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado em ratos alimentados com dieta de cafeteria nos seguintes aspectos:

- consumo alimentar e ganho de peso dos animais;
- deposição de gordura visceral e de lipídios do fígado;
- composição corporal dos animais;
- composição e peso das fezes;
- glicemia e perfil lipídico.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do estudo

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Nutrição Experimental e Desenvolvimento de Novos Produtos e Análise Sensorial do Departamento de Nutrição e Saúde, e no Laboratório de Amido e Farinhas do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

4.2 Ensaio Biológico

4.2.1 Animais

O experimento foi realizado com 52 ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade *Albinus*, classe Rodentia), da linhagem Wistar, adultos, com peso inicial entre 249 ± 14 g, com aproximadamente 54 dias de idade, provenientes do Biotério do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Federal de Viçosa. Os ratos foram divididos em quatro grupos de treze animais, de forma a possibilitar a menor variação possível no peso corporal intra e intergrupo. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais de aço inoxidável, por um período de 35 dias, em ambiente com temperatura controlada a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas (Figura 1).

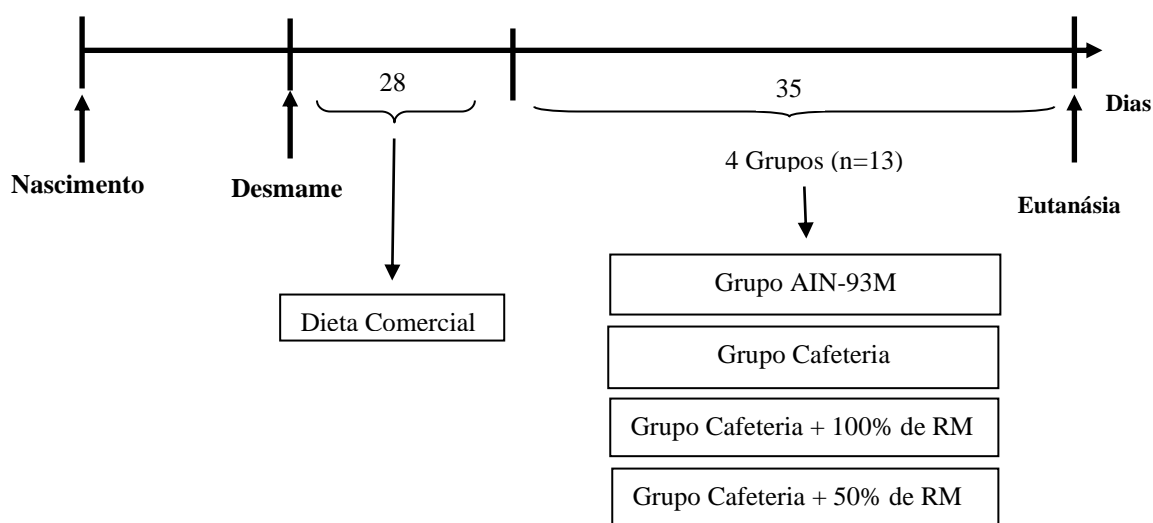


Figura 1 – Desenho Experimental.

O consumo alimentar e o peso dos animais foram monitorados semanalmente para posterior determinação do Coeficiente de Eficácia Alimentar (CEA), dado pela fórmula:

$$\text{CEA} = \frac{\text{Ganho de peso do animal (g)}}{\text{Consumo de dieta (g)}}$$

Durante o período experimental os animais receberam dieta e água *ad libitum*.

4.2.2 Dieta

Os Grupos controle e cafeteria + 100% resíduo de milho receberam a mesma quantidade de fibra alimentar de acordo com as recomendações da AIN-93M (REEVES et al., 1993). A fonte de fibra alimentar na dieta padrão foi a celulose microcristalina, que foi substituída pelo resíduo fibroso de milho nos Grupos cafeteria + 100% resíduo de milho e cafeteria 50% de resíduo de milho. Nas dietas testes foi utilizado o resíduo fibroso de milho (pericarpo de milho), que apresenta 73,4% de fibra total, com 72,73% de fibra insolúvel e 0,67% de fibra solúvel (OLIVEIRA JUNIOR, 2009).

As amostras da fração correspondente ao pericarpo de milho foram fornecidas pela Unidade de Processamento de Milho da Cooperativa Integrada, localizada em Andirá, Paraná. Foram coletadas aleatoriamente nove amostras de aproximadamente 1 kg de resíduo, correspondente a nove lotes diferentes de grãos. As amostras foram coletadas em triplicata para fins de análise, correspondente à porção inicial, média e final do processamento de cada lote de grãos. As amostras de resíduo foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos, seladas logo após a coleta para o transporte da indústria ao laboratório.

4.2.2.1 Composição e preparo das dietas experimentais

A composição da dieta experimental do Grupo 1 (G1) foi baseada na AIN-93M (REEVES et al., 1993). Os ingredientes foram misturados em batedeira semi-industrial da marca Lieme®, sob baixa rotação, por 15 minutos e posteriormente acondicionados em sacos plásticos, identificados e armazenados a 10°C.

Os ingredientes da dieta de cafeteria (G2, G3 e G4) foram: ração comercial, biscoito doce, batata palha, chocolate ao leite, *bacon* e patê de fígado de galinha, adaptado de MILAGRO et al. (2006). Estes foram obtidos no mercado local, pré-

preparados e preparados nos Laboratórios de Elaboração de Novos Produtos do Departamento de Nutrição e Saúde e Amido e Farinhas do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

A ração comercial foi triturada em moinho da marca Zur Erachtung; o biscoito, a batata-palha, o chocolate e o *bacon* foram triturados em multiprocessador doméstico da marca Arno, enquanto o patê foi obtido pelo cozimento do fígado de galinha e posteriormente processado com manteiga em proporções adequadas (960 g:350 g, respectivamente) em multiprocessador doméstico marca Arno. Em seguida todos os ingredientes, incluindo o resíduo fibroso de milho nas concentrações de 100 e 50% (Grupos 3 e 4), foram misturados, amassados e preparados os *pellets*. Estes foram pesados, colocados em sacos de polietileno, identificados e armazenados a 10°C. A quantidade de resíduo de milho adicionada foi calculada, baseada na concentração de fibra alimentar total, de modo que as dietas testes G3 e G4 fornecessem respectivamente 100% ou 50% da quantidade de fibra fornecida na dieta AIN93M (G1). A composição das dietas experimentais está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (g/kg de mistura).

INGREDIENTES	G1**	G2**	G3**	G4**
Caseína (% proteína)	140,00	-	-	-
Sacarose	100,00	-	-	-
Amido de Milho (qsp*)	465,60	-	-	-
Amido Dextrinizado	155,00	-	-	-
Óleo de Soja	40,00	-	-	-
Celulose Microcristalina	50,00	-	-	-
Resíduo de Milho	-	-	68,12	34,06
Mistura Mineral	35,00	-	-	-
Mistura Vitamínica	10,00	-	-	-
L-cistina	1,80	-	-	-
Bitartarato de Colina	2,50	-	-	-
Ração comercial	-	142,85	133,12	138,00
Biscoito doce	-	142,85	133,12	138,00
Batata-palha	-	142,85	133,12	138,00
Chocolate ao Leite	-	142,85	133,12	138,00
Bacon	-	142,85	133,12	138,00
Patê	-	285,70	266,24	276,00

* qsp= quantidade suficiente para completar 1000g.

** G1 = grupo controle – AIN93M; G2 = dieta de cafeteria; G3 = dieta de cafeteria + 100% da fibra na forma de resíduo fibroso de milho; G4 = dieta de cafeteria + 50% da fibra na forma de resíduo fibroso de milho.

4.2.2.2 Determinação da composição centesimal das dietas experimentais

As análises para determinação da composição centesimal das dietas experimentais foram realizadas em duplicata para a AIN-93M, no entanto, para as dietas de cafeteria, cafeteria + 100% resíduo de milho e cafeteria + 50% de resíduo de milho foram feitas com três repetições em duplicata.

- Umidade

A umidade foi determinada em estufa a 105°C até peso constante, conforme o procedimento descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

- Cinzas

As cinzas foram determinadas por meio da calcinação das amostras em mufla a 550°C, segundo o método descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

- Lipídios

A determinação de lipídios das amostras (base úmida) foi realizada por extração em Soxhlet, utilizando-se éter etílico, segundo o método da AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

- Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método Kjeldahl, para a quantificação do nitrogênio total, descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984) e o conteúdo de proteína foi calculado pela multiplicação pelo fator 6,25.

- Fibra alimentar

A determinação da concentração de fibra alimentar total (FAT) e fibra alimentar insolúvel (FAI) das amostras de dieta (base úmida) foi feita de acordo com o método enzimático gravimétrico, segundo a metodologia proposta pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1997), utilizando-se as enzimas alfa-amilase termoresistente, protease e amiloglicosidase (Total dietary fiber assay kit, Sigma[®], Missouri, USA). Para a filtração utilizaram-se cadinhos de vidro com placa de vidro sinterizado com porosidade N° 2 (ASTM 40-60) e celite como auxiliar de filtração. A fibra solúvel (FAS) foi obtida por diferença entre FAT e FAI. As análises foram realizadas em duplicata.

- Carboidratos

A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, sendo subtraído de 100 a soma dos teores de lipídios, proteínas, umidade, cinzas e fibra alimentar.

- Colesterol e ácidos graxos saturados

Os teores de colesterol e ácidos graxos saturados das dietas de cafeteria com 100 e 50% de resíduo de milho foram obtidos da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2006), considerando cada alimento utilizado.

4.2.2.3 Determinação da granulometria do resíduo fibroso de milho

Foram peneiradas, manualmente, com auxílio de um pincel, 100 g de cada amostra de resíduo fibroso de milho, em duplicata. Utilizou-se um conjunto de seis peneiras arredondadas e com aberturas das malhas variando de 50, 60, 70, 80, 120 e 140 ABNT. Em seguida, as quantidades retidas em cada peneira e no fundo falso foram pesadas e expressas em percentuais, para traçar a distribuição granulométrica.

4.3 Coleta de amostras de sangue, tecidos e fezes e carcaça

Ao final do período experimental os animais foram eutanaziados com CO₂, após jejum de 12 horas. O sangue foi colhido por punção cardíaca em tubo seco e o soro separado por centrifugação a 2.400 x g em centrífuga da marca Fanem, SP - Brasil, por 15 minutos. Após este procedimento o soro de cada animal foi transferido para três eppendorfs identificados, armazenados em ultrafreezer da marca Thermo Scientific à -80°C para posteriores análises.

O fígado dos animais foi removido, lavado em solução tampão fosfato (Phosphate buffered saline - PBS), pesado em balança da marca Bioprecisa-BS3000A, precisão de 0,1 g. Após a pesagem, um lóbulo foi retirado e armazenado. O restante do órgão foi posteriormente acondicionado em papel alumínio previamente identificado e armazenado em ultrafreezer da marca Thermo Scientific a -80°C, para posterior determinação de lipídios totais.

A gordura visceral dos animais foi retirada e pesada em balança da marca Marte-AS2000C, precisão de 0,01 g. Após este procedimento foi acondicionada em papel alumínio e congeladas em ultrafreezer da marca Thermo Scientific a -80°C.

As carcaças dos animais foram limpas, retirando-se todos os órgãos, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas a -20°C.

A coleta das fezes foi realizada na última semana do experimento, por um período de cinco dias consecutivos. As fezes foram coletadas em frascos plásticos e armazenadas em refrigerador a 10°C, para análises posteriores.

4.4 Determinação dos parâmetros sanguíneos

- Glicose

A glicose foi dosada pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kit comercial da marca Bioclin[®], Brasil. A análise foi realizada no Analisador Automático de Bioquímica, Modelo BS200, Mindray, utilizando-se três microlitros de amostra para cada teste. Os testes foram realizados em duplicata.

- Hemoglobina glicosilada

A hemoglobina glicosilada foi dosada manualmente pelo método de troca catiônica em tubos, utilizando-se kit comercial da marca Katal[®], Brasil. Foram empregados dois tubos, sendo que um continha uma suspensão de resina de troca catiônica fraca capaz de ligar todas as frações de hemoglobina, exceto as frações glicadas e outro contendo a mesma resina na mesma concentração, mas em condições não ligantes para nenhuma das frações. Após a adição de um hemolisado ao primeiro tubo e separação mecânica das frações ligadas e não ligadas, estas últimas retidas no sobrenadante, procedeu-se a leitura espectrofotométrica desta fração em 415 nm, que correspondeu à glicohemoglobina ou hemoglobina glicosilada. Devido às condições não ligantes da resina, a adição do hemolisado ao segundo tubo forneceu, após as mesmas operações, uma leitura espectrofotométrica que correspondeu à hemoglobina total.

A relação entre as duas leituras forneceu o percentual de glicohemoglobina na amostra.

- Colesterol total sérico (CT)

O colesterol total foi dosado pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kit comercial da marca Bioclin[®], Brasil. A análise foi realizada no Analisador Automático de Bioquímica, Modelo BS200, Mindray, utilizando-se três microlitros de amostra para cada teste. Os testes foram realizados em duplicata.

- Lipoproteína de alta densidade (HDL)

A HDL foi dosada pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kit comercial da marca Bioclin[®], Brasil. As lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) foram precipitadas com a mistura de ácido fosfotúngstico e cloreto de magnésio. Após centrifugação o colesterol ligado às lipoproteínas de alta densidade (HDL) foi determinado no sobrenadante por método enzimático colorimétrico. Os testes foram realizados em duplicata.

- Triacilgliceróis (TG)

Os triacilgliceróis foram dosados pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kit comercial da marca Bioclin[®], Brasil. A análise foi realizada no Analisador Automático de Bioquímica, Modelo BS200, Mindray, utilizando-se três microlitros de amostra para cada teste. Os testes foram realizados em duplicata.

4.5 Extração de lipídios do fígado dos animais

Para a extração de lipídios totais no fígado foi utilizada a técnica proposta por FOLCH et al. (1957) adaptada. Foram pesadas aproximadamente 250 mg de amostra, e transferidos para tubos de ensaio secos e identificados, e acrescidos de 5 mL de reagente clorofórmio-metanol (2:1). A amostra foi macerada com bastão de vidro e agitada em vórtex por aproximadamente 3 minutos. Em seguida, foi centrifugada por 10 minutos. Retirou-se o sobrenadante transferindo para um tubo limpo deixando o sedimento da amostra no frasco. Adicionou-se 1 mL de solução de NaCl 0,73% e homogeneizou-se em vórtex por 1 minuto. Aguardou-se a separação das fases, descartando a parte superior com pipeta de Pasteur. A parede interna dos tubos foi lavada com 0,5 mL de solução clorofórmio-metanol-água (3:48:47) sem afetar a parte inferior, descartou-se o sobrenadante (esta operação foi repetida três vezes). Transferiu-se o conteúdo para vidros âmbar, lavando os tubos com clorofórmio duas vezes (0,5 mL). O solvente foi evaporado em estufa aberta a 60°C.

A determinação do teor de lipídios foi dada pela diferença gravimétrica do peso dos vidros âmbar na presença e ausência de amostra.

4.6 Análise de carcaça

A umidade foi determinada em estufa, a 105°C, conforme o procedimento descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

As cinzas foram determinadas por meio da calcinação das amostras em mufla a 550°C, segundo o método descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

A determinação de lipídios foi realizada por extração em Soxhlet, segundo o método da AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldahl, para a quantificação do nitrogênio total, descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984) e o conteúdo de proteína foi calculado por multiplicação pelo fator 6,25.

4.7 Análise das fezes

A umidade das fezes foi determinada em estufa, a 105°C, conforme o procedimento descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

Após a secagem, as fezes foram trituradas e acondicionadas em recipientes plásticos identificados e armazenadas em refrigerador a 10°C para as análises posteriores.

A determinação de lipídios foi realizada por extração em Soxhlet, segundo o método da AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984).

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método adaptado de Kjeldahl, para a quantificação do nitrogênio total, descrito pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1984) e o conteúdo de proteína foi calculado por multiplicação pelo fator 6,25.

O percentual de absorção de lipídios foi calculado pelo balanço de lipídios ingerido e excretado nas fezes, utilizando-se os valores de ingestão alimentar para os cinco dias de coleta de fezes.

4.8 Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e o foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

Para as comparações entre três ou mais grupos independentes, foi utilizada a análise de variância (ANOVA), complementada pelo teste de média de comparações múltiplas de Tukey.

O nível de significância utilizado foi de 10%. Foi escolhido este valor de p devido à utilização de um produto que poderá ser utilizado na alimentação humana como fonte de fibra alimentar e que assim, não acarretará efeitos prejudiciais ao organismo quando consumido em quantidades adequadas. Quando as análises estatísticas foram realizadas utilizando um $p < 0,05$, os resultados encontrados ficaram muito próximos do valor de p, no entanto, não passaram no teste de normalidade.

Os dados foram analisados no software Sistema para Análises Estatísticas (SAEG), versão 9.1 (2007) para análise estatística.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características das dietas experimentais

A composição centesimal das dietas experimentais está apresentada na Tabela 2. A contribuição percentual dos macronutrientes no conteúdo calórico nas dietas de cafeteria (G2, G3 e G4) foi respectivamente de 52,7; 50,9 e 53,1% de calorias como lipídios, 13,2; 14,1 e 13,1% como proteínas e 34,1; 35,0 e 33,8% como carboidratos. O valor calórico apresentado foi 396,18; 368,46 e 399,58 kcal, respectivamente, para cafeteria, cafeteria + 100% resíduo de milho (RM) e cafeteria + 50% RM, o que caracteriza as dietas como hiperlipídicas, normoprotéicas e hipercalóricas. Estes resultados estão de acordo como os dados encontrados por MILAGRO et al. (2006).

O valor calórico das dietas foi maior para os grupos cafeteria e cafeteria + 50 % RM, quando comparados com os outros grupos. Sendo que, a maior densidade calórica foi verificada para a dieta que apresentava adição de 50% de resíduo fibroso de milho. Uma das possíveis explicações para os resultados encontrados seria a dificuldade em se obter uma amostra homogênea nas dietas de cafeteria, pois os ingredientes foram utilizados em fatias ou amassados. Durante a coleta de amostra um pedaço maior de algum alimento pode ter acarretado diferenças nas análises químicas, este resultado não foi encontrado em outros estudos.

Outros trabalhos foram realizados com dieta de cafeteria como um modelo de obesidade exógena para induzir sobrepeso ou obesidade em animais experimentais. No entanto, devido a diferenças na composição das dietas os resultados apresentados mostraram algumas diferenças quanto à distribuição calórica dos macronutrientes. SUREDA et al. (1995) utilizaram biscoitos, *foie-gras*, croissants, doces, toucinho, chocolate, amendoim, cenoura, banana e queijo e encontraram uma distribuição calórica de 34,7% de lipídios, 16,3% de proteínas e 45,8% de carboidrato; enquanto que MACQUEEN et al. (2007) utilizaram biscoito de chocolate, cenoura ralada e ovos e encontraram 18,3% de lipídios, 12,1% de proteínas e 61,6% de carboidratos.

Uma das características da dieta de cafeteria é a elevada concentração de lipídios e de carboidratos simples, o que acarreta diversas alterações no organismo, como acúmulo de gordura no fígado e alterações no perfil lipídico. A dieta utilizada em nosso estudo também foi considerada muito pobre em fibra alimentar, como pode ser

verificado na Tabela 2, corroborando com o modelo adotado por MACQUEEN et al. (2007).

Tabela 2: Composição centesimal das dietas experimentais (g/100g).

Composição	Dietas			
	AIN-93M	Cafeteria	Cafeteria + 100% RM*	Cafeteria + 50% RM*
Umidade	7,38	23,17	22,68	22,32
Lipídio	2,35	23,20	20,84	23,58
Proteína	11,04	13,11	12,98	13,15
Cinzas	2,28	2,84	2,63	2,63
Fibra Alimentar	7,17	3,94	8,62	4,63
Carboidrato	69,79	33,75	32,25	33,69
Densidade Calórica (kcal/g)	3,44	3,96	3,68	4,00
Colesterol (mg)**	-	99,45	92,79	96,20
Ácidos Graxos Saturados**	-	11,42	10,64	11,05

*RM = resíduo fibroso de milho

**Concentrações estimadas com base na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2006).

De acordo com a IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose (2007), a recomendação de ingestão de colesterol deve ser ≤ 200 mg/dia e de ácidos graxos saturados $\leq 7\%$ das calorias totais. Os valores encontrados demonstram que a dieta de cafeteria oferece elevadas concentrações destes lipídios, o que pode favorecer um maior risco de desenvolvimento de obesidade e suas comorbidades, como as doenças cardiovasculares. Estudo de SILVA et al. (2005) com óleo de palma como parte da dieta, oferecido a ratas Wistar encontraram que a utilização de ácidos graxos saturados pode alterar o metabolismo lipídico e favorecer o ganho de peso, com possível influencia no desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. XU et al. (2006) também verificaram que a ingestão de gordura total e gordura saturada são fortes preditores de doenças cardiovasculares em índios americanos.

5.1.1 Granulometria do resíduo fibroso de milho

Pela análise granulométrica do resíduo de milho encontrou-se maior porcentagem (48,93%) de resíduo retido na quarta peneira (80 mesh ou 0,177 mm). A característica da granulometria da matéria-prima constitui aspecto importante na elaboração de produtos alimentícios, pois a distribuição adequada das partículas permite maior uniformidade dos produtos elaborados (ALESSI et al., 2003; BORGES et al., 2006). Como o resíduo fibroso de milho utilizado foi micropulverizado, a melhoria das funções do trato digestório.

5.2 Ganho de peso e consumo alimentar

De acordo com a Tabela 3 pode-se verificar que o de ganho de peso e o coeficiente de eficácia alimentar, diferiram, estatisticamente ao nível de 10 e 1% de significância, respectivamente, sendo que o consumo alimentar não apresentou diferença estatística ao nível de 10%.

Tabela 3: Resumo da análise de variância de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA).

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		GP (g) (n=13)	CA (g) (n=13)	CEA (n=13)
Dieta	3	3403,0260***	2184,9820 ^{NS}	0,4326**
Resíduo	48	1333,2880	5288,9540	0,9625
CV(%)		22,47	9,29	15,07

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

** Diferença significativa a 1%

*** Diferença significativa a 10%

NS Diferença não significativa a 10%

Tabela 4: Valores médios de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para os diferentes grupos experimentais.

Grupos	GP (g) (n=13)	CA (g) (n=13)	CEA (n=13)
AIN-93M (controle)	138,61 ^b	768,18 ^{NS}	0,17 ^b
Cafeteria	174,53 ^a	783,9 ^{NS}	0,22 ^a
Cafeteria + 100%RM	167,46 ^{ab}	798,94 ^{NS}	0,20 ^{ab}
Cafeteria + 50% RM	169,23 ^{ab}	777,23 ^{NS}	0,21 ^a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

NS = não significativo pelo teste de F

A dieta de cafeteria acarretou maior ganho de peso nos animais quando comparada ao Grupo controle (Figura 2). A obesidade induzida pela dieta pode ser observada em outros estudos com animais, SUREDA et al. (1995) verificaram o desenvolvimento de obesidade em ratas Wistar que receberam dieta de cafeteria por 30 dias e os resultados foram corroborados por PÉREZ-MATUTE et al. (2007) e LI et al. (2008).

O ganho de peso dos animais alimentados com 100% e 50% de resíduo de milho não diferiu do Grupo controle. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura, onde não foram verificadas diferenças no ganho de peso e no peso final dos animais quando estes consumiram cascas de milho e farelo de milho, respectivamente (VIDAL-QUINTANAR et al., 1997; EBIHARA; NAKAMOTO, 2001).

Os Grupos cafeteria + 100% RM e cafeteria + 50% RM não diferiram quanto ao ganho de peso do Grupo cafeteria. Estes resultados mostram que quando a dieta de cafeteria foi adicionada de 100 e 50% de resíduo fibroso de milho como fonte de fibra alimentar, o produto foi eficiente em promover ligeira redução no ganho de peso, porém não significativa, reduzindo as alterações provocadas pela dieta hiperlipídica. Sugere-se, portanto, que a fibra alimentar em concentrações adequadas pode interferir na digestão e absorção de gorduras, como foi encontrado em trabalho realizado com ratas Sprague Dawley (JACKSON et al., 1996).

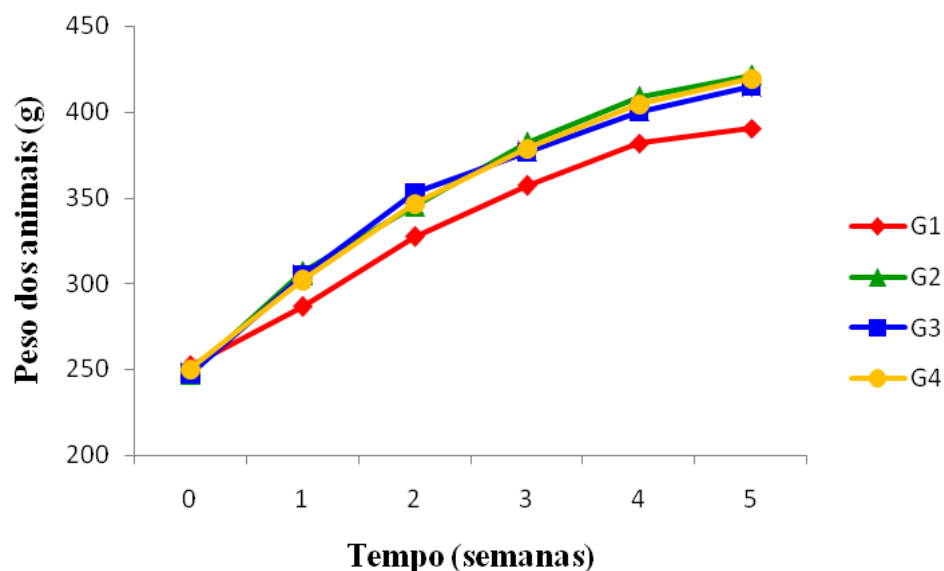


Figura 2: Evolução do ganho de peso dos animais do grupo controle e experimentais. G1 - dieta AIN 93M / G2 - dieta de cafeteria / G3 - dieta de cafeteria + 100% resíduo fibroso de milho / G4 - dieta de cafeteria + 50% resíduo fibroso de milho.

A fibra alimentar quando acrescida à alimentação tende a aumentar o volume e reduzir a densidade calórica. Na dieta com 100% de resíduo de milho (Tabela 2) os animais apresentaram menor ganho de peso quando comparado aos grupos que receberam dieta de cafeteria. Estes dados corroboram a revisão realizada por GALISTEO et al. (2008), que mostrou que dietas com menor densidade calórica favoreceram menor consumo alimentar, aumentam a saciação e saciedade, modulando o peso corporal. No presente estudo, o consumo alimentar dos animais foi controlado, podendo inferir no efeito no ganho de peso em função da composição das dietas experimentais.

Os dados encontrados podem demonstrar que apesar de não ter ocorrido diferença ($p > 0,10$) no consumo alimentar, os grupos que receberam a dieta de cafeteria apresentaram tendência ao maior consumo quando comparado com o controle, devido à maior palatabilidade das dietas ricas em gordura. As dietas experimentais não interferiram no consumo alimentar, apesar de demonstrarem diferenças marginais entre as médias. Resultados contrários foram encontrados por JACKSON et al. (1996), que observaram menor consumo alimentar nas dietas ricas em fibras e gorduras. Estes resultados podem ser difíceis de avaliar, devido aos efeitos dos lipídios e da fibra alimentar, pois as dietas hiperlipídicas tendem a favorecer a hiperfagia alimentar, como

demonstrado no estudo de SHAFAT et al. (2008) com animais e reduzem o apetite, como encontrado por SAMRA & ANDERSON (2007) em homens saudáveis.

O resíduo fibroso de milho é constituído por aproximadamente 74% de fibra alimentar insolúvel, que pode reduzir o apetite e a ingestão alimentar, no entanto estes dados não foram encontrados no presente trabalho (Tabela 4). Estes resultados estão de acordo com os estudos de VIDAL-QUINTANAR et al. (1997) com porcos da Índia e de ANGUITA et al. (2007) com porcos em fase de crescimento, que encontraram que quando a dieta controle foi adicionada de cascas de milho e farelo de milho os animais apresentaram menor ingestão alimentar após, 30 e 42 dias de experimento, respectivamente.

Quando avaliamos os valores do coeficiente de eficácia alimentar para os grupos que receberam dieta de cafeteria adicionada ou não de resíduo de milho estes grupos apresentaram maiores valores de CEA quando comparados ao grupo controle, confirmando os resultados de maior conversão alimentar e ganho de peso para os grupos que receberam dieta hiperlipídica. Ao analisar as dietas dos Grupos cafeteria e cafeteria + 50% RM verifica-se maior densidade calórica (Tabela 2), possivelmente por apresentarem menor concentração de fibra alimentar, contribuindo para o maior ganho ponderal dos animais destes grupos. O grupo que recebeu 100% de fibra de milho apresentou CEA semelhante ao do Grupo controle ($p < 0,10$), menor densidade calórica (Tabela 2) e menor ganho de peso quando comparado aos Grupos cafeteria e cafeteria + 50% RM.

5.3 Fígado e Gordura Visceral

Pode-se verificar na Tabela 5 que o peso do fígado não diferiu significativamente a 10% entre os grupos experimentais estudados. A concentração de lipídios no fígado e peso da gordura visceral diferiram entre os grupos ($p < 0,05$ e $p < 0,10$), respectivamente.

Tabela 5: Resumo da análise de variância das características peso do fígado (PFI), lipídios no fígado (LIFI) e peso da gordura visceral (PGV).

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		PFI (g) (n=13)	LIFI (g) (n=13)	PGV (g) (n=13)
Dieta	3	4,1617 ^{NS}	0,661*	401,6238***
Resíduo	48	5,0542	0,2326	156,5744
CV(%)		15,5	37,12	37,54

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

* Diferença significativa a 5%

*** Diferença significativa a 10%

NS Diferença não significativa a 10%

Tabela 6: Valores médios de peso do fígado (PFI), lipídios no fígado (LIFI) e peso da gordura visceral (PGV) para os diferentes grupos experimentais.

Grupos	PFI (g) (n=13)	LIFI (g) (n=13)	PGV (g) (n=13)
AIN-93M (controle)	13,69 ^{NS}	0,96 ^b	25,23 ^b
Cafeteria	15,00 ^{NS}	1,46 ^a	37,56 ^a
Cafeteria + 100% RM	14,61 ^{NS}	1,37 ^{ab}	34,32 ^{ab}
Cafeteria + 50% RM	14,69 ^{NS}	1,38 ^{ab}	36,19 ^{ab}

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

NS = não significativo pelo teste de F

O peso do fígado dos animais não diferiu do Grupo controle para todos os grupos que receberam dieta de cafeteria ($p > 0,10$) (Tabela 6), estes resultados estão de acordo com os dados encontrados por LAVOIE et al. (2005) quando estudaram os efeitos de uma dieta rica em gordura em ratos Sprague-Dawley por 10, 30 e 50 dias e LI et al. (2008) quando avaliaram camundongos fêmeas C57BL/6J01aHsd que receberam dieta de cafeteria por 14 semanas. Dados contrários foram encontrados por MACQUEEN et al. (2007), que demonstraram aumento no peso deste órgão quando os animais ingeriram grande quantidade de gordura na dieta, por 12 semanas.

A concentração de lipídios no fígado foi superior ($p < 0,10$) para todos os grupos quando comparados ao controle (Figura 3). Os animais que receberam dieta de cafeteria apresentaram maior acúmulo de gordura neste órgão. Quando os grupos foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 10% verificou-se que o Grupo AIN-93M diferiu do Grupo cafeteria ($p < 0,10$), mas quando foi adicionado resíduo de milho à dieta de cafeteria nas concentrações de 100 e 50% ocorreu menor deposição de lipídios no fígado, não diferindo do Grupo controle, mas não foi o suficiente para diferir do Grupo cafeteria. Resultados semelhantes foram encontrados por EBIHARA; NAKAMOTO (2001) com ratos Wistar.

Um maior acúmulo de lipídios no fígado pode caracterizar esteatose hepática, verificado pela alteração na coloração do fígado (Figura 3). Esta característica também foi observada em ratos por LAVOIE et al. (2005) e MACQUEEN et al. (2007). A presença de esteatose hepática não alcoólica (NASH) foi observada em indivíduos obesos (VENTURI et al., 2004) e adolescentes obesos (LOVE-OSBORNE et al., 2008), ressaltando uma possível relação da obesidade com a infiltração de lipídios no fígado.

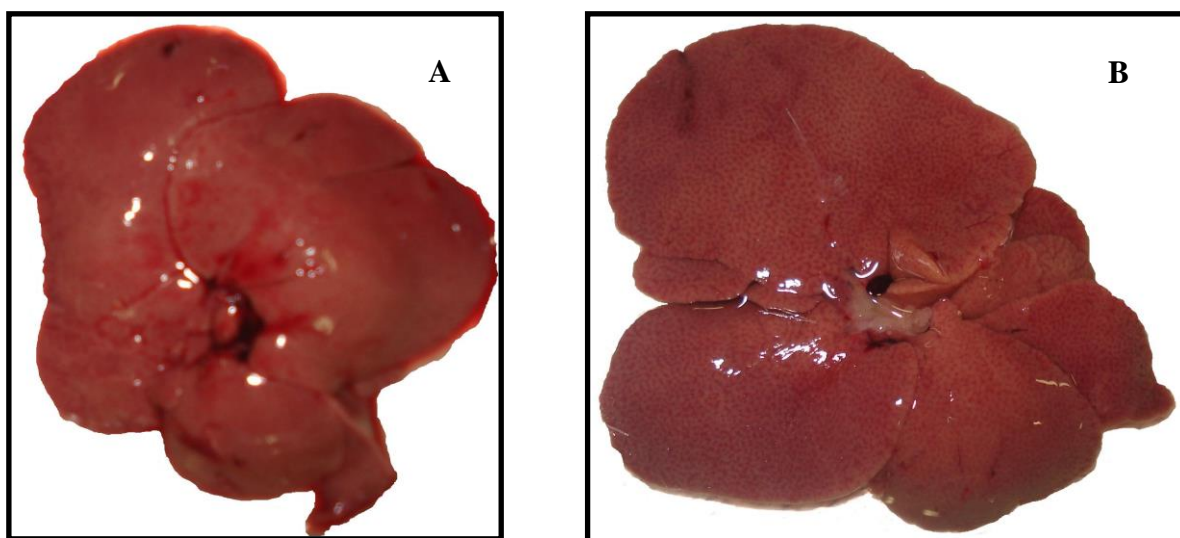


Figura 3: Alteração na coloração do fígado dos animais dos grupos controle (A) e cafeteria (B). A figura B mostra uma coloração pálida do tecido hepático.

Dietas com elevados teores em gorduras saturadas aumentam a concentração sérica de colesterol em 25%, o que acarreta maior deposição de lipídios no fígado, fornecendo quantidades aumentadas de Acetil-CoA às células hepáticas para a formação de colesterol (GUYTON et al., 1996).

Em 2004, LIEBER et al. estudaram o efeito da dieta hiperlipídica em ratos Sprague-Dawley (71% de calorias como lipídios) por 3 meses. Verificaram que este modelo animal apresentava as características chaves da NASH em humanos, como inflamação nas mitocôndrias e nas células mononucleares, além de esteatose, comparado aos animais que receberam dieta padrão, ressaltando mais uma vez os efeitos prejudiciais desta dieta ao organismo.

O resíduo fibroso de milho por ser fonte de fibra alimentar insolúvel pode ter acarretado menor absorção de lipídios no intestino delgado e assim, menor deposição destes no tecido hepático. Entretanto, estudo realizado por VIDAL-QUINTANAR et al. (1997) com porcos da Índia não encontraram efeitos nos lipídios hepáticos quando foram acrescentadas cascas de milho à dieta.

Os resultados encontrados mostraram que apesar de não ter ocorrido alterações no peso do fígado, quando os animais receberam dieta hiperlipídica, ocorreu maior acúmulo de lipídios neste órgão, podendo caracterizar a NASH, sugerindo uma relação com a obesidade.

Na Tabela 6 pode-se verificar que o peso da gordura visceral foi maior ($p < 0,10$) para os Grupos cafeteria e cafeteria + 100% e 50% RM, quando comparados ao controle, demonstrando uma relação entre o consumo de dieta hiperlipídica e acúmulo de gordura visceral. Estes resultados são corroborados com os de MARGARETO et al. (2001), que encontraram conteúdo significativamente maior de tecido adiposo abdominal em ratos machos Wistar durante 8 e 30 dias com consumo de dieta de cafeteria e de EGUCHI et al. (2008), que verificaram aumento significativo de adiposidade central e visceral durante 8 semanas de experimento com ratos machos Wistar que também receberam dieta de cafeteria.

O acúmulo de gordura no tecido adiposo é decorrente de um excesso de gordura na dieta, este excedente é acumulado na forma de triacilgliceróis nos adipócitos, principais células com função de armazenamento de energia. Os dados encontrados eram esperados devido a um maior teor de gordura nas dietas de cafeteria.

Quando os grupos foram comparados entre si para peso da gordura visceral, os animais que receberam resíduo fibroso de milho adicionado a dieta de cafeteria, nos níveis de 100 e 50% foram semelhantes ao Grupo controle ($p < 0,10$). Tal efeito pode ser explicado pela ação das fibras alimentares em reduzir a absorção de lipídios.

5.4 Composição Corporal dos animais

Pode-se verificar na Tabela 7 que os teores de água, lipídios e proteínas das carcaças não diferiram estatisticamente ao nível de 10% de significância entre os grupos.

Tabela 7: Resumo da análise de variância da composição corporal: água (AG), lipídios (LIP) e proteínas (PRO) das carcaças.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		AG (%)	LIP (%)	PRO (%)
Dieta	3	8,8922 ^{NS}	8,8531 ^{NS}	18,2003 ^{NS}
Resíduo	20	46,2286	8,8572	22,482
CV(%)		14,86	24,42	13,16

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

NS Diferença não significativa a 10%

Tabela 8: Valores médios de água, lipídios e proteínas para as carcaças dos animais.

Dietas	Água (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)
AIN-93M (controle)	45,58 ^{NS}	11,08 ^{NS}	37,24 ^{NS}
Cafeteria	44,17 ^{NS}	13,87 ^{NS}	34,03 ^{NS}
Cafeteria + 100% RM	46,09 ^{NS}	12,2 ^{NS}	37,69 ^{NS}
Cafeteria + 50% RM	47,09 ^{NS}	11,58 ^{NS}	35,09 ^{NS}

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

NS = não significativo pelo teste de F

De acordo com os resultados encontrados na Tabela 8, a dieta de cafeteria não alterou a composição corporal dos animais. Resultados contrários foram encontrados por WOODS et al. (2003) que verificaram que ratos Long-Evans alimentados com dieta

hiperlipídica por 10 semanas apresentaram maior percentual de gordura e água na carcaça, CAMPÍON; MARTÍNEZ (2004) e MILAGRO et al. (2006) também verificaram maior gordura corporal nos animais alimentados com dieta de cafeteria por um período de 42 e 56 dias, respectivamente. No entanto, os primeiros autores não encontraram diferenças na massa magra.

As dietas com ou sem o acréscimo de resíduo fibroso de milho também não apresentaram diferenças estatísticas com os demais grupos, podendo demonstrar que os lipídios absorvidos não se acumularam nos tecidos extra-hepáticos. O excesso de gordura da dieta, proveniente da dieta de cafeteria, não se acumulou nos tecidos extra-hepáticos, mas ocorreu aumento de lipídios no fígado e no tecido adiposo visceral. Os resultados encontrados sugerem, portanto, que a composição da dieta pode afetar a deposição de gordura corporal e podem ser decorrentes de diferenças no tempo de experimentação, pois os estudos encontrados utilizaram um período maior de indução de obesidade. Podemos então inferir que o período de 35 dias não foi suficiente para acarretar alterações na composição corporal.

5.5 Características das fezes e absorção de lipídios

Verifica-se na Tabela 9 que a umidade, o pesos das fezes úmidas e secas foram estatisticamente diferentes entre os grupos experimentais ($p < 0,01$).

Tabela 9: Resumo da análise de variância para umidade das fezes (UFE), peso úmido (PUMI) e seco (PSEC) das fezes.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		UFE (%)	PUMI (g)	PSEC (g)
Dieta	3	724,7342**	98,8873**	39,1038**
Resíduo	20	27,2710	2,1083	0,7578
CV(%)		18,53	16,85	14,29

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

**Diferença significativa a 1%

Os resultados de umidade nas fezes mostraram que os Grupos cafeteria, cafeteria + 100% e 50% RM foram estatisticamente superiores ($p < 0,10$) ao Grupo controle, mas semelhantes entre si ($p > 0,10$) (Tabela 10). A umidade fecal nestes grupos pode ser explicada pelo menor tempo de trânsito intestinal, devido à presença de lipídios e fibra alimentar nas dietas.

Tabela 10: Valores médios de umidade das fezes, peso úmido e peso seco das fezes dos diferentes grupos experimentais.

Dietas	Fezes		
	Umidade (%)	P úmido (g)	P seco (g)
AIN-93M (controle)	17,03 ^b	6,7 ^c	5,55 ^b
Cafeteria	32,99 ^a	6,71 ^c	4,54 ^c
Cafeteria + 100%RM	31,41 ^a	12,22 ^a	8,26 ^a
Cafeteria + 50% RM	31,23 ^a	9,22 ^b	6,28 ^b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

Alguns estudos demonstraram aumento do teor de água nas fezes devido à presença de fibras insolúveis, pois estas acarretam menor tempo de trânsito intestinal, reduzindo a absorção de água. Estudo realizado por FREITAS et al. (2004) encontraram que a umidade das fezes foi maior quando os animais foram alimentados com polissacarídeo de soja, que apresenta de 75 a 85% de fibra alimentar insolúvel. Os autores relataram que os farelos resistem melhor à degradação pela microbiota intestinal, exercendo efeito físico na massa fecal que se soma à retenção de água. No entanto, este efeito não foi verificado quando ratos receberam farinha de semente de abóbora (fonte de fibra alimentar insolúvel) por 10 dias (PUMAR et al., 2008).

O peso úmido das fezes foi diferente ($p < 0,10$) para os grupos com resíduo de milho comparados com o controle, sendo que o peso úmido das fezes foi menor no Grupo controle e maior para os grupos que receberam resíduo fibroso de milho nos diferentes níveis (Tabela 10). Estudos mostraram que dietas adicionadas de fibra insolúvel apresentam maior habilidade de reter água, sugerindo que um adequado consumo de fibras pode auxiliar na maciez das fezes e reduzir a constipação intestinal.

Apesar das concentrações de fibra alimentar dos Grupos controle e cafeteria + 100% RM serem semelhantes, o resíduo foi mais eficiente nesta função do que a celulose do Grupo controle. Os resultados encontrados por CHAU et al. (2004), que estudaram uma fibra de carambola, rica em fibra alimentar insolúvel, fornecida na dieta para hamsters durante 6 semanas corroboram os dados encontrados em nosso estudo.

Quanto ao peso seco das fezes o Grupo cafeteria + 100% RM diferiram do grupo controle ($p < 0.10$). O Grupo cafeteria + 100% de RM apresentou maior peso seco das fezes possivelmente pelo maior volume fecal em função da maior quantidade de resíduo fibroso de milho (Tabela 10). Entre os grupos que consumiram resíduo de milho o peso da matéria seca fecal foi proporcional ao nível de fibra na dieta. Dados semelhantes foram encontrados por FREITAS et al. (2004) em ratos em fase de crescimento.

As diferenças encontradas no peso e umidade das fezes podem ser justificadas por alterações na constituição das dietas. O Grupo cafeteria que não recebeu acréscimo de fibra à dieta apresentou peso fecal úmido e seco menor que os outros grupos, confirmando os efeitos das fibras alimentares no trato digestório, como redução da constipação intestinal.

Na Tabela 11 pode-se verificar que lipídios e nitrogênio das fezes são estatisticamente diferentes do grupo controle ao nível de 1% de significância. Assim como a absorção de lipídios avaliada.

Tabela 11: Resumo da análise de variância dos lipídios (LIFE) e nitrogênio (NFE) das fezes e absorção de lipídios (ABLI).

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		NFE (mg)	LIFE (g)	ABLI (%)
Dieta	3	0,4236**	132,7937**	119,8405**
Resíduo	48	0,2114	4,6882	5,9553
CV(%)		7,79	43,57	2,52

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

**Diferença significativa a 1%

Tabela 12: Valores médios de lipídios (LIFE) e nitrogênio (NFE) nas fezes e absorção de lipídios (ABLI) para os diferentes grupos experimentais.

Dietas	NFE (mg)	LIFE (%)	LIFE (g)	ABLI (%)	ABLI (g)
AIN-93M (controle)	0,13 ^d	2,95 ^b	1,00 ^c	92,23 ^b	2,35 ^c
Cafeteria	0,26 ^a	9,62 ^a	2,42 ^b	97,75 ^a	25,87 ^a
Cafeteria+100% RM	0,15 ^c	2,80 ^b	2,79 ^a	98,56 ^a	23,96 ^b
Cafeteria +50% RM	0,19 ^b	4,48 ^b	2,52 ^b	98,47 ^a	26,42 ^a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

Ao comparar os grupos experimentais entre si, o teor de nitrogênio encontrado nas fezes foi diferente ($p < 0,10$) para todos os grupos, sendo que o Grupo controle apresentou a menor média, seguidos dos Grupos cafeteria + 100 e 50% de RM. O grupo que recebeu dieta de cafeteria apresentou maior excreção de nitrogênio, sugerindo menor digestibilidade protéica (Tabela 12). As dietas experimentais dos Grupos cafeteria + 100% RM e cafeteria + 50% RM apresentaram concentrações semelhantes em proteína (Tabela 2), indicando que a fermentação das fibras alimentares promove aumento da massa microbiana, o que pode justificar o aumento de nitrogênio fecal de origem microbiana (endógeno), bem como reduzir a digestibilidade das proteínas da dieta (exógeno).

O percentual de lipídios nas fezes apresentado na Tabela 12 mostra diferença estatística apenas no grupo que recebeu dieta de cafeteria quando comparado com o controle. Este resultado pode ser decorrente do excesso de lipídios na dieta, acarretando menor absorção de gordura e presença de esteatorréia.

A presença de lipídios nas fezes foi semelhante para os grupos que receberam resíduo de milho quando comparados ao controle. Uma possível explicação para este resultado é que pode ter ocorrido uma ineficiência no processo de extração de lipídios das fezes, o que poderia ter sido minimizado utilizando um período maior que 8 horas de extração. A absorção de lipídios nos grupos que receberam dieta de cafeteria acrescida ou não de resíduo de milho foram semelhantes (Tabela 12). Pode-se inferir que a fibra alimentar da amostra estudada não interferiu na absorção de lipídios. A

absorção foi semelhante entre os grupos que receberam o resíduo de milho (Figura 6). Alguns autores sugerem que a gordura em excesso presente na dieta apresenta efeitos no trato digestório, devido à hipertrofia da mucosa intestinal, com aumento da capacidade de absorção de gorduras (LITTLE et al., 2007). Assim, como o resíduo de milho foi adicionado a uma dieta com esta característica, não foi eficiente em minimizar os efeitos da absorção de lipídios.

5.6 Parâmetros bioquímicos

De acordo com o quadro de análise de variância apresentado na Tabela 13, os níveis de glicose e a relação HDL/colesterol-total não diferiram estatisticamente ao nível de 10%, enquanto que hemoglobina glicosilada, colesterol-total, HDL-colesterol diferiram ao nível de significância de 1% e triacilgliceróis ao nível de 5% de significância.

Tabela 13: Resumo da análise de variância dos níveis de glicose (GL), hemoglobina glicosilada (HB_{A1c}), colesterol-total (COL), HDL-colesterol (HDL), HDL/Colesterol-total (HDL/COL) e triacilgliceróis (TG).

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		GL (n=13)	HB _{A1c} (n=13)	COL (n=13)	HDL (n=13)	HDL/CO (n=13)	TG (n=13)
Dieta	3	3474,4170 ^{NS}	0,4096**	819,2692**	1790,170**	0,6551 ^{NS}	5943,21*
Resíduo	48	3217,6500	0,5691	129,6691	262,931	0,3601	1836,018
CV(%)		19,31	11,55	15,5	26,55	22,89	31,17

Os resultados foram expressos em mg /dL para todos os parâmetros, exceto para a relação HDL/CO.

F.V = fonte de variação

G.L = grau de liberdade

CV = coeficiente de variação

**Diferença significativa a 1%

* Diferença significativa a 5%

NS Diferença não significativa a 10%

Tabela 14: Valores médios de glicose (GL), hemoglobina glicosilada (HB_{A1c}), colesterol-total (COL), HDL-colesterol (HDL), HDL/Colesterol-total (HDL/COL) e triacilgliceróis (TG) para os diferentes grupos experimentais.

Grupos	GL (n=13)	HB_{A1c} (n=13)	COL (n=13)	HDL (n=13)	HDL/COL (n=13)	TG (n=13)
AIN-93M (controle)	304,92 ^a	1,8 ^b	85,26 ^a	78,03 ^a	0,91 ^a	169,07 ^a
Cafeteria	269,38 ^a	2,18 ^a	68,07 ^b	53,15 ^b	0,78 ^a	130,8 ^{ab}
Cafeteria + 100% RM	300,57 ^a	2,11 ^a	70,15 ^b	53,26 ^b	0,75 ^a	127,5 ^b
Cafeteria + 50% RM	299,80 ^a	2,15 ^a	70,34 ^b	59,76 ^b	0,85 ^a	122,34 ^b

- Os resultados foram expressos em mg /dL para todos os parâmetros, exceto para a relação HDL/CO.

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

RM = resíduo fibroso de milho

Dentre os parâmetros bioquímicos analisados, os níveis glicêmicos não diferiram entre os grupos experimentais (Tabela 14), no entanto, esperava-se encontrar alterações glicêmicas devido à característica da dieta de cafeteria, o que poderia acarretar resistência insulínica. Dados semelhantes foram demonstrados em ratos Wistar por CAMPÍON; MARTÍNEZ (2004), que utilizaram esta dieta por um período de 42 dias e PÉREZ-MATUTE et al. (2007) que usaram o mesmo período de duração do estudo. Resultados contrários foram descritos por MARGARETO et al. (2001), onde encontraram aumento significativo na glicose sérica quando os animais foram alimentados com dieta de cafeteria por um período de 30 dias e MILAGRO et al. (2006) com 56 dias. Os dados da literatura demonstram que o tempo de duração do estudo pode interferir nos resultados, pois os autores citados utilizaram a mesma composição da dieta de cafeteria do presente estudo. Então podemos inferir que o período de 35 dias não foi suficiente para acarretar alterações na glicemia.

Os valores encontrados para hemoglobina glicosilada foram maiores ($p > 0,10$) para os Grupos cafeteria, cafeteria + 100% RM e cafeteria + 50% RM quando comparados ao Grupo controle. A concentração de HB_{A1c} nos grupos com dieta de cafeteria não diferiram entre si, independente da presença do resíduo fibroso de milho. O menor valor encontrado para o Grupo controle reflete o melhor controle dos níveis de glicose durante o processo de glicosilação.

Os níveis de colesterol-total dos grupos com dieta de cafeteria com ou sem resíduo fibroso de milho foram significativamente inferiores ao Grupo controle, mas estes não diferiram entre si. Uma elevada concentração de lipídios e colesterol na dieta, pode ter induzido a um *feedback* negativo, pois inicialmente ocorreu um ligeiro aumento nas concentrações plasmáticas de colesterol. Entretanto, quando este é ingerido em excesso, a concentração crescente inibe a 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA redutase (HMG-CoA-redutase), uma enzima importante na síntese endógena de colesterol, proporcionando assim um sistema de controle intrínseco (*feedback*) para evitar aumento excessivo na concentração sérica de colesterol.

Os resultados de colesterol das dietas adicionadas com resíduo de milho demonstram que a fibra alimentar pode alterar o metabolismo lipídico. Os resultados dos níveis plasmáticos de colesterol não foram alterados, mas ocorreu armazenamento do excesso de gordura alimentar na forma de triacilglicerol em alguns órgãos, como o fígado e o tecido adiposo visceral, como verificado anteriormente. Todavia, HU et al. (2008) encontraram redução dos níveis séricos de colesterol quando utilizaram farelo de milho em ratos Sprague Dawley.

EBIHARA; NAKAMOTO (2001) demonstraram que o farelo de milho pode reduzir o colesterol plasmático em ratos Wistar por aumentar a excreção fecal de ácidos biliares; aumentar a síntese dos produtos de fermentação como o ácido propiônico reduzindo a síntese de colesterol hepático; reduzir a ingestão dietética, que pode causar redução na síntese de colesterol no fígado e aumentar o pool intestinal de ácidos biliares, no entanto dados contrários foram encontrados.

Os valores de HDL-colesterol comportaram-se de maneira semelhante estatisticamente aos valores de colesterol-total. Estes resultados demonstram que a dieta de cafeteria com ou sem adição de resíduo fibroso de milho apresentou efeito prejudicial à saúde, pois níveis baixos de HDL favorecem possíveis eventos cardiovasculares.

Os dados dos Grupos cafeteria + 100% RM e cafeteria + 50% RM indicam que a o resíduo de milho não foi eficaz em minimizar os efeitos prejudiciais nas lipoproteínas de alta densidade (HDL) decorrentes da ingestão de dieta hiperlipídica. Resultados semelhantes foram verificados por VIDAL-QUINTANAR et al. (1997) com porcos da Índia, durante o 4 semanas de experimento.

A relação HDL/Col-t exhibe a proporção de colesterol plasmático transportado pelas lipoproteínas de alta densidade (HDL). As médias da relação HDL/Col-t não

diferiram estatisticamente entre os grupos, mas o valor para o Grupo controle foi maior que para os demais, mostrando uma relação benéfica à saúde. Assim, pode-se ressaltar uma correlação positiva da ingestão da dieta de cafeteria com o possível desenvolvimento de doenças cardiovasculares. O grupo que recebeu 50% de resíduo de milho apresentou maior valor para esta relação. A dieta com 50% de resíduo de milho e 50% de celulose apresentou valores mais próximos aos do controle, sugerindo maior benefício da celulose nestes parâmetros.

Os níveis séricos de triacilgliceróis foram diferentes para os Grupos cafeteria, cafeteria + 100% RM e cafeteria + 50% RM comparados com o controle, sendo que a grupo que recebeu dieta de cafeteria não diferiu do controle ($p > 0,10$) (Tabela 14). Resultados contrários foram mostrados por LI et al. (2008), onde os ratos com obesidade induzida pela dieta apresentaram pequenas elevações, mas não significantes, de triacilgliceróis plasmáticos quando comparados com ratos magros.

Os três grupos que receberam dieta de cafeteria também não diferiram entre si, demonstrando que o resíduo de milho não alterou os níveis plasmáticos de triacilgliceróis quando adicionado à dieta de cafeteria, resultados semelhantes foram verificados em ratos por VIDAL-QUINTANAR et al. (1997) (Tabela 14), no entanto, HU et al. (2008) encontraram redução neste parâmetro quando os animais receberam 100% das recomendações na forma de farelo de milho.

O maior valor da média de triacilgliceróis para o grupo controle pode ser explicado pela diferença de carboidratos presentes nas dietas, ou seja, o grupo controle recebeu menor teor de lipídios e maior proporção de carboidratos. Este macronutriente quando em excesso na alimentação pode acarretar aumento dos triacilgliceróis plasmáticos.

Apesar dos resultados citados, este modelo animal (ratos Wistar) é bastante resistente em desenvolver hipercolesterolemia, provavelmente pelo aumento da conversão de colesterol em ácidos biliares no fígado (MACHADO et al., 2003), o que pode ser confirmado com este estudo, onde encontramos maiores concentrações de colesterol-total no Grupo controle. Embora, o colesterol não tenha se elevado no sangue, ocorreu acumulação de lipídios no fígado e no tecido adiposo.

6 CONCLUSÕES

A adição de 100% de resíduo fibroso de milho à dieta de cafeteria foi mais eficiente em modular o ganho de peso, reduzir o acúmulo de lipídios no fígado e minimizar o acúmulo de gordura visceral.

Quando adicionou-se fibra alimentar em diferentes concentrações na forma de resíduo fibroso de milho à dieta de cafeteria não encontrou-se efeitos benéficos na glicemia, hemoglobina glicosilada, colesterol-total, HDL/colesterol e triacilgliceróis.

O peso úmido das fezes foi maior nos grupos que receberam resíduo fibroso de milho, sugerindo que um adequado consumo de fibra alimentar na forma de resíduo de milho pode auxiliar na maciez das fezes e reduzir a constipação intestinal.

O período de 35 dias utilizado neste estudo não foi suficiente para verificar os efeitos do resíduo de milho em alguns dos aspectos avaliados, como a glicemia e o perfil lipídico.

Este trabalho faz parte de um projeto maior, onde foi encontrado que o resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado não interferiu na biodisponibilidade de cálcio e ferro e apresentou baixo conteúdo de fitato. Outros estudos devem ser realizados para verificar a possível toxicidade do resíduo fibroso de milho ao organismo e utilização na indústria alimentícia com o objetivo de minimizar os efeitos de outras patologias. Caso sejam encontrados resultados positivos poderá ser utilizado na alimentação humana como fonte de fibra alimentar acarretando grande vantagem econômica e social já que este produto é subaproveitado pelas agroindústrias nacionais.

O resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado pode constituir-se numa fonte alternativa para modular os efeitos da ingestão de dietas hiperlipídicas e auxiliar no bom funcionamento do trato digestório quando acrescentado à dieta em quantidades adequadas. Os efeitos da fibra alimentar do resíduo de milho podem ser potencializados se associados à uma alimentação saudável, com níveis adequados de lipídios e demais macro e micronutrientes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, J.M.; MALCOM, G.T.; PORTER, J.R.; SVEC, F. Can associations between free fatty acid levels and metabolic parameters determine insulin resistance development in obese Zucker rats? **Life Sciences**, v. 69, p. 2675–2683, 2001.

ABIMILHO. **Milho – Brasil: estimativa de consumo por segmento**. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>. Acesso em 2008.

ABRALDES, J.G.; PASARIN, M.; RODRIGUEZ-VILARRUPLA, A.; MATEI, V.; GRACIA- SANCHO, J.; GARCIA-PAGAN, J.C.; BOSCH, J. One month cafeteria diet induces nafld and Liver sinusoidal endothelial dysfunction in Rats. **Liver Unit Hospital Clínic-IDIBAPS**, p. 103-104, 2008.

ALESSI, M.O.; RAUPP, D.S.; GARDINGO, J.R. Caracterização do processamento da farinha de milho biju para o aproveitamento dos subprodutos. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências e Engenharia Agrícola**, v. 9, n. 2, p. 31-39, 2003.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION – ADA. Position of the American Dietetic Association Health Implications of Dietary Fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, p. 993-1000, 2002.

ANGUITA, M.; GASA, J.; NOFRARIAS, M.; MARTÍN-ORÚE, S.M.; PÉREZ, J.F. Effect of coarse ground corn, sugar beet pulp and wheat bran on the voluntary intake and physicochemical characteristics of digesta of growing pigs. **Livestock Science**, v. 107, p. 182-191, 2007.

ARYA, L.A.; NOVI, J.M.; SHAUNIK, A.; MORGAN, M.A.; BRADLEY, C.S. Pelvic organ prolapse, constipation, and dietary fiber intake in women: A case-control study. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 192, p. 1687-1691, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analisis of Association of Official Analitical Chemists**. 14. ed. Washington, DC; 1141 p., 1984.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington, DC, 1997.

BIANCHI, M.; CAPURSO, L. Effects of guar gum, ispaghula and microcrystalline cellulose on abdominal symptoms, gastric emptying, orocaecal transit time and gas production in healthy volunteers. **Digestive Liver Disease**, v. 34, n. 21, p. 129-33, 2002.

BISOTTO, V. **Algumas Considerações Sobre A Cultura Do Milho**, p. 1-22, 2003.

BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A.R.F.; CASTRO, V.C. **Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos**. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BRAND-MILLER, J.C.; HOLT, S.H.A.; PAWLAK, D.B.; MCMILLAN, J. Glycemic index and obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, p. 281-285, 2002.

CALLEGARO, M.G.K.; DUTRA, C.B.; HUBER, L.S.; BECKER, L.V.; ROSA, C.S.; KUBOTA, E.H.; HECKTHEUR, L.H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 271-274, 2005.

CAMPIÓN, J.; MARTINEZ, J.A. Ketoconazole, an antifungal agent, protects against adiposity induced by a cafeteria diet. **Hormone and metabolic research**, v. 36, p. 485-491, 2004.

CHANDALIA, M.; GARG, A.; LUTJOHANN, D.; BERGMANN, K.; GRUNDY, S.M.; BRINKLEY, L.J. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. **The New England Journal of Medicine**, v. 342, p. 1392-1398, 2000.

CHAU, C.; CHEN, C.; WANG, Y. Effects of a novel pomace fiber on lipid and cholesterol metabolism in the hamster. **Nutrition Research**, v. 24, p. 337-345, 2004.

CONSENSO LATINO-AMERICANO DE OBESIDADE - CLO. **Revista brasileira de terapia comportamental e cognitiva**, v. 3, n. 2, p. 19-24, 2001.

COVASA, S.I.; RITTER, C. Adaptation to high-fat diet reduces inhibition of gastric emptying by CCK and intestinal oleate. **American Journal of Physiology**, v. 278, p. 166-170, 2000.

DIETARY FIBRE: AN AGREED DEFINITION. Disponível em <http://www.thelancet.com>. Acesso em 2009.

DREWNOWSKI, A.; SPECTER, S.E. Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 6-16, 2004.

DUARTE, A.C.G.O.; FONSECA, D.F; MANZONI, M.S.J.; SOAVE, C.F.; SENE-FIORESE, M.; DAMASO, A.R.; CHEIK, N.C. Dieta hiperlipídica e capacidade secretória de insulina em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 341-348, 2006.

EARLL, L.; EARLL, J.M.; NAUJOKAITIS, S.; PYLE, S.; FALLS, MC.K.; ALTSCHUL, A.M. Feasibility and metabolic effects of a purified corn fiber food supplement. **Journal of American Dietetic Association**, v. 88, n. 8, p. 950-952, 1988.

EBIHARA, K.; NAKAMOTO, Y. Effect of the particle size of corn bran on the plasma cholesterol concentration, fecal output and cecal fermentation in rats. **Nutrition Research**, v. 21, p. 1509-1518, 2001.

EGUCHI, R.; CHEIK, N.C.; OYAMA, L.M.; NASCIMENTO, C.M.O.; MELLO, M.T.; TUFIK, S.; DÂMASO, A. Efeitos do Exercício Crônico Sobre a Concentração Circulante da Leptina e Grelina em Ratos com Obesidade Induzida por Dieta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 3, p. 182-187, 2008.

FILHO, G.B. **Bogliolo Patologia**. 6.ed. Guanabara Koogan, 1328 p., 2000.

FLATT, J.P. Dietary fat, carbohydrate balance, and weight maintenance: effects of exercise. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 296-306, 1987.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, S. A Simple Method for the Isolation and Purification of the Total Lipids from Animal Tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-509, 1957.

FREITAS, K.C.; MOTTA, M.E.F.A.; AMÂNCIO, O.M.S.; FAGUNDES NETO, U.; MORAIS, M.B. Efeito da fibra do polissacarídeo de soja no peso e na umidade das fezes de ratos em fase de crescimento. **Jornal de Pediatria**, v. 80, n. 3, p. 193-188, 2004.

GALISTEO, M.; DUARTE, J.; ZARZUELO, A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 19, p. 71-84, 2008.

GONÇALVES, R.A.; SANTOS, J.P.; TOMÉ, P.H.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; CHERI, J.L.R.; ABREU, C.M.P. Rendimento e composição química de cultivares de Milho em moagem a seco e produção de *grits*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 3, p. 643-650, 2003.

GURR, M.I.; HARWOOD, J.L.; FRAYN, K.N **Lipid Biochemistry: an introduction**. 5.ed. Blackwell Publishing, 320 p., 2002.

GUYTON, A.C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10.ed. Guanabara Koogan, 632 p., 2006.

HAAS, P.; ANTON, A.A.; SARTORI, A.S.; FRANCISCO, A. Possíveis mecanismos de ação dos grãos integrais na prevenção do câncer colorretal. **Estudos de Biologia**, v. 28, n 65, p. 113-119, 2006.

HALPERN, Z.S.C.; RODRIGUES, M.D.B.; COSTA, R.F. Determinantes fisiológicos do controle do peso e apetite. **Revista de Psiquiatria Clínica**, v. 31, n. 4, p. 150-153, 2004.

HANAI, H.; IKUMA, M.; SATO, Y.; LIDA, T.; HOSODA, Y.; MATSUSHITA, I; NOGAKI, A; YAMADA, M; KANEKO, E. Long-term effects of water-soluble corn bran hemicellulose on glucose tolerance in obese and non-obese patients: Improved insulin

sensitivity and glucose metabolism in obese subjects. **Biological Science of Biotechnology and Biochemistry**, v. 61, n. 8, p. 1358-1361, 1997.

HERPEN, N.A.V.; SCHRAUWEN-HINDERLING, V.B. Lipid accumulation in non-adipose tissue and lipotoxicity. **Physiology & Behavior**, v. 94, p. 231-241, 2008.

HU, Y.; WANG, Z.; XU, S. Corn bran dietary fibre modified by xylanase improves the mRNA expression of genes involved in lipids metabolism in rats. **Food Chemistry**, v. 109, p. 499-505, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES -IOM. Dietary Reference Intakes. Proposed definition of Dietary Fiber. **National Academy Press**, p. 1-64, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DPE, DEAGRO. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 2009.

IV DIRETRIZ BRASILEIRA SOBRE DISLIPIDEMIAS E PREVENÇÃO DA ATEROSCLEROSE. Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 88, supl. 1, 2007.

JACKSON, C. D.; WEIS, C.; POIRIER, LIONEL, A.; BECHTEL D.H. Interactions of varying levels of dietary fat, carbohydrate, and fiber on food consumption and utilization, weight gain and fecal fat contents in female Sprague-Dawley rats. **Nutrition Research**, v. 16, n. 10, p. 1735-1747, 1996.

LAVOIE, J.; YASARI, S.; ABDENNADHER, M.; PAQUETTE, A. Effects of alternations (10 days) of high-fat with normal diet on liver lipid infiltration, fat gain, and plasma metabolic profile in rats. **Physiology & Behavior**, v. 86, p. 442-448, 2005.

LI, H.; LELLIOTT, C.; HAKANSSON, P.; PLOJ, K.; UNELD, A.; VEROLIN-JOHANSSON, M.; BENTHEM, L.; CARLSSON, B.; STORLIEN, L.; MICHAELSSON, E. Intestinal, adipose, and liver inflammation in diet-induced obese mice. **Metabolism Clinical and Experimental**, v. 57, p. 1704-1710, 2008.

LIEBER, C.S.; LEO, M.A.; MAK, K.M.; XU, Y.; CAO, Q.; REN, C.; PONOMARENKO, A.; DECARLI, L.M. Model of nonalcoholic steatohepatitis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 502-509, 2004.

LITTLE, T.J.; HOROWITZ, M.; FEINLE-BISSET, C. Modulation by high-fat diets of gastrointestinal function and hormones associated with the regulation of energy intake: implications for the pathophysiology of obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 86, p. 531-541, 2007.

LOVE-OSBORNE, K.A.; NADEAU, K.J.; SHEEDER, J.; FENTON, L.Z.; ZEITLER, P. Presence of the Metabolic Syndrome in Obese Adolescents Predicts Impaired Glucose Tolerance and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. **Journal of Adolescent Health**, v. 42, p. 543–548, 2008.

MACHADO, D.F.; FERREIRA, C.L.L.F.; COSTA, N.M.B; OLIVEIRA, T.T. Efeito de probiótico na modulação dos níveis de colesterol sérico e no peso do fígado de ratos alimentados com dieta rica em colesterol e ácido fólico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 270-275, 2003.

MACQUEEN, H.A.; SADLER, D.A.; MOORE, S.A.; DAYA, S.; BROWN, J.Y.; SHUKER, D. E.G.; SEAMAN, M.; WASSIF, W.S. Deleterious effects of a cafeteria diet on the livers of nonobese rats. **Nutrition Research**, v. 27, p. 38-47, 2007.

MARGARETO, J.; GÓMEZ-AMBROSI, J.; MARTI, A.; MARTÍNEZ, J.A. Time-dependent effects of a high-energy-yielding diet on the regulation of specific white adipose tissue genes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 283, p. 6-11, 2001.

MILAGRO, F.I.; CAMPIÓN, J.; MARTINEZ, J.A. Weight gain induced by high-fat feeding involves increased liver oxidative stress. **Obesity**, v. 14, n. 7, p. 1118-1123, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006. Disponível em <http://www.portal.saude.gov.br/saude>. Acesso em 2009.

MONTEIRO, C.A.; MONDINI, L.; COSTA, R.B.L. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996). **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 3, p. 251-258, 2000.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Functional foods and nutraceuticals: definition, legislation and health benefits. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 99-112, 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, G.I. **Influência do resíduo fibroso micropulverizado da moagem de milho na biodisponibilidade de ferro, zinco e cálcio em ratos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2009.

PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Cap. 2, p. 47-61, 2008.

PEREIRA, L.O.; FRANCISCHI, R.P.; LANCHETA JR A.H. Obesidade: Hábitos Nutricionais, Sedentarismo e Resistência à Insulina. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 47, n. 2, p. 111-127, 2003.

PÉREZ-MATUTE P, PÉREZ-ECHARRI N, MATÍNEZ A, MARTI A, MORENO-ALIAGA MJ. Eicosapentaenoic acid actions on adiposity and insulin resistance in control and high-fat-fed rats: role of apoptosis, adiponectin and tumour necrosis factor- α . **British Journal of Nutrition**. v. 97, p. 389-398, 2007.

PRENTICE, A.M. Manipulation of dietary fat and energy density and subsequent effects on substrate flux and food intake. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, p. 535-541, 1998.

PUMAR, M.; FREITAS, M.C.J.; CERQUEIRA, P.M.; SANTANGELO, S.B. Avaliação do efeito fisiológico da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) no trato intestinal de ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, supl. 28, p. 7-13, 2008.

RASMUSSEN, L.G.; LARSEN, T.M.; MORTENSEN, P.K.; DUE, A., ASTRUP, A. Effect on 24-h energy expenditure of a moderate-fat diet high in monounsaturated fatty acids compared with that of a low-fat, carbohydrate-rich diet: a 6-mo controlled dietary intervention trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 85, p. 1014-1022, 2007.

REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G.C. AIN-93 Purified diets for Laboratory Rodents: Final Report of The American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76^A Rodent Diet. **The Journal of Nutrition**. v. 123, p. 1939-1951, 1993.

RIQUE, A.B.R.; SOARES, E.A.; MEIRELLES, C.M. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 6, p. 244-254, 2002.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SAMRA, R.A.; ANDERSON, G.H. Insoluble cereal fiber reduces appetite and short-term food intake and glycemic response to food consumed 75 min later by healthy men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 86, p. 972-979, 2007.

SENGUPTA, S.; TJANDRA, J.J.; GIBSON, P.R. Dietary Fiber and Colorectal Neoplasia. **Diseases of the Colon & Rectum**. v.44, p.1016-1033, 2001.

SHAFAT, A.; MURRAY, B.; RUMSEY, D. Energy density in cafeteria diet induced hyperphagia en the rat. **Appetite**, v. 52, p. 34-38, 2008.

SHANE, J.M.; WALKER, P.M. Corn bran supplementation of a low-fat controlled diet lowers serum lipids in men with hypercholesterolemia. **Journal of American Dietetic Association**, v. 95, p. 40-45, 1995.

SHEN, H.; HE, L.; PRICE, R.L.; FERNANDEZ, M.L. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in female Guinea Pigs. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 1434-1441, 1998.

SILVA, A.P.; NASCIMENTO, L.; OSSO, F.; MIZURINI, D.; CAMPOS, D.; MARTINEZ, A.M.B.; CARMO, A.G.T. Ácidos graxos plasmáticos, metabolismo lipídico e lipoproteínas de ratos alimentados com óleo de palma e óleo de soja parcialmente hidrogenado. **Revista de Nutrição**. V. 18, n. 2, p. 229-237, 2005.

SILVA, L.P.; CIOCCA, M.L.S. Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic–gravimetric method in cereal grains. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 113-120, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO - SBAN, 1990.

SUGAWARA, M.; SATO, Y.; YOKOYAMA, S.; MITSUOKA, T. Effect of corn fiber residue supplementation on fecal properties, flora, ammonia, and bacterial enzyme activities in healthy humans. **Journal of Nutrition Science and Vitaminology**, v. 37, p. 109-116, 1991.

SUREDA, O.; PRIETO, R.M.; DAMETO, M.C.; TUR, J.A. Effect of cafeteria diet on intestinal absorption of palmitic acid in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. v. 6, p. 151-154, 1995.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO, Campinas, São Paulo, 2006. Disponível em <http://www.unicamp.br/nepa/taco>. Acesso em 2009.

VENTURI, C.; ZOPPINI, G.; ZAMBONI, C.; MUGGEO, M. Insulin sensitivity and hepatic steatosis in obese subjects with normal glucose tolerance. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 14, p. 200-204, 2004.

VIDAL-QUINTANAR, R.L.; HERNANDEZ, L.; CONDE, K.; VERGARA-JIMENEZ, M.; FERNANDEZ, M.L. Lime-treated corn husks lower plasma LDL cholesterol in guinea pigs by altering hepatic cholesterol metabolism. **The Journal of Nutrition. Biochemistry**, v. 8, p. 479-486, 1997.

XU, J.; EILAT-ADAR, S.; LORIA, C.; GOLDBOURT, U.; HOWARD, B.V.; FABSITZ, R.R.; ZEPHIER, E.M.; MATTIL, C.; LEE, E.T. Dietary fat intake and risk

of coronary heart disease: the Strong Heart Study. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, p. 894-902, 2006.

WOODS, S.C.; SEELEY, R.J.; RUSHING, P.A.; D'ALESSIO, D.; TSO, P. A Controlled High-Fat Diet Induces an Obese Syndrome in Rats. **The Journal of Nutrition**, v. 133, p. 1081-1087, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity and overweight**. Geneva: Report of a WHO Consultation on Obesity, 2006.