

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação *Strictu sensu*
Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Audie Nathaniel Momm

**EFEITO DO BAGAÇO DE MAÇÃ SOBRE A GLICEMIA, LIPIDEMIA,
PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS E PESO CORPORAL EM RATOS OBESOS.**

PONTA GROSSA
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação

Programa de Pós-Graduação *Strictu sensu*

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Audie Nathaniel Momm

**EFEITO DO BAGAÇO DE MAÇÃ SOBRE A GLICEMIA, LIPIDEMIA,
PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS E PESO CORPORAL EM RATOS OBESOS.**

Dissertação apresentada como um dos requisitos
para a obtenção do título de mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Wosiacki
Co-orientadora: Profa. Dra. Carla Cristine Kanunfre

PONTA GROSSA
2007

TERMO DE APROVAÇÃO

AUDIE NATHANIEL MOMM

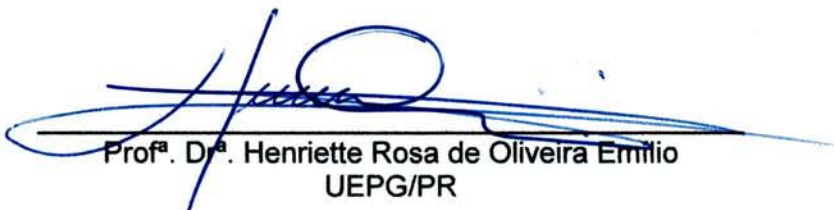
EFEITO DO BAGAÇO DE MAÇÃ SOBRE A GLICEMIA, LIPIDEMIA, PEROXIDAÇÃO DE
LIPÍDEOS E PESO CORPORAL EM RATOS OBESOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte Banca Examinadora:

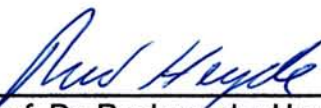
Ponta Grossa, 24 de agosto de 2007.



Prof. Dr. Gilvan Wosiacki
UEPG/PR



Prof.ª Dr.ª Henriette Rosa de Oliveira Emilio
UEPG/PR



Prof. Dr. Raul von der Heyde
UFPR/PR

Ponta Grossa
2007

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conduzir pelos caminhos que me levam a ser uma pessoa melhor.

Aos meus orientadores, professores Dr. Gilvan Wosiacki e Dra. Carla Cristine Kanunfre, que com muita paciência e dedicação estiveram sempre ao meu lado.

Aos colegas de mestrado Paula, Krischina, Leila, Cristiane, Heloísa, Luciana, Hanna e Marcos, pela amizade e companheirismo nos momentos difíceis.

À Henriette pela amizade e ajuda nos experimentos.

Às estagiárias Paola e Francine, pelo apoio nos trabalhos mais cansativos.

À Denise, Danianni e Rita, pela ajuda inestimável nos laboratórios.

À minha amiga e companheira de estudos, Gisele, pela ajuda nas correções.

À Marisa, amiga e alma gêmea, por me ensinar ser mais seguro.

Ao grande amigo, Marco Gonzalez pelo apoio e incentivo.

Aos meus pais, Sebastião e Odila, por acreditarem em mim e me incentivarem em tudo.

Às minhas irmãs, pelo carinho e pelo amor.

RESUMO

O aumento da produção e processamento de maçãs no Brasil impulsiona estudos relativos à utilização do bagaço, resíduo rico em compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos, açúcares e fibras. Usos alternativos do bagaço, que possam traduzir em vantagens econômicas para as indústrias, agregando valores em produtos alimentícios, farmacêuticos e ambientais passam a se tornar interessantes. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de averiguar a interação do bagaço desidratado de maçã com a glicemia, a lipidemia, a taxa de peroxidação de lipídeos e a variação de peso corporal em ratos Wistar obesos (*Rattus norvegicus*). Foram utilizados 64 animais, distribuídos em 8 grupos, com delineamento experimental que compreendeu dois períodos: um de indução à obesidade (120 dias) e outro de tratamento (30 dias) com dietas contendo três níveis de suplementação com bagaço de maçã (5%, 15% e 25%). No primeiro período experimental, a variação de peso corporal e ganho de peso entre animais evidenciaram um comportamento bimodal, com respostas diferenciadas dentro de um mesmo grupo. No segundo período experimental, a suplementação de bagaço de maçã às dietas reduziu o ganho de peso corporal dos animais, observando-se também uma tendência de redução de massa gorda, não dose-dependente. A suplementação de bagaço de maçã, com 15% e 25%, à dieta dos ratos promoveu menor consumo alimentar e calórico do que com 5%. Em relação aos parâmetros bioquímicos avaliados, a adição de bagaço de maçã não interferiu na glicemia dos animais dos diferentes grupos, mostrou uma tendência de redução da lipidemia (triacilgliceróis e colesterol total) mais efetiva com 15% e não afetou a taxa de peroxidação lipídica, avaliada pela concentração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico no soro dos animais.

Palavras-chave: bagaço de maçã, obesidade, glicemia, colesterol, triacilglicerol.

ABSTRACT

Brazilian apple production and processing have been increasing in the last few years and a novel agroindustrial residue arose plain with bioactive compounds like polyphenols, sugars and dietary fibers. Special pomace utilization able to provide economical advantages to the industrial sector, increasing profit values in food and pharmaceutical products and environment protection seems to be an interesting approach. This work has been done aiming to evaluate the interaction of the dry apple pomace with the glycemic and lipidemic level, lipid peroxidation rate and the weight of the obese experimental animals Wistar (*Rattus norvegicus*). Sixty four animals have been used, in 8 sets in an experimental design comprehending two essays: the first was the promotion of obesity (120 days) and the second treatment (30 days), with dietary meal containing three levels of complementation in the diets with dry apple pomace (5%, 15% e 25%). In the first experimental period the body weight variation and the weight gain of the animals show a bimodal behavior with antagonic answer inside of the same group. In the second experimental period the supplementation in the diets with dry apple pomace promoted the decreasing of body weight gain, with a tendency to decrease the fatty mass in a non dose dependent. The supplementation of dry apple pomace with 15% and 25%, to the feeding of the experimental animal promoted less food and energetic consumption than with 5%. In what concerns to the biochemical features the dry apple pomace did not interfered in glycemic level showing a tendency to reduce the lipidemic level (triacylglycerols and cholesterol) more effectively with 15% and did not effected the lipidic peroxidative rate evaluated by the content of thiobarbituric acid reactive substances reactive in the blood of the experimental animals.

Key words: apple pomace, obesity, glycemia, cholesterol, triacylglycerol.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição centesimal da maçã Fuji	17
TABELA 2: Delineamento experimental em função dos grupos e dietas.	36
TABELA 3: Qualidade do bagaço de maçã e das rações.	38
TABELA 4: Densidade energética do bagaço de maçã e rações.	38
TABELA 5: Ganho de peso corporal no primeiro período experimental (30 a 150 dias).	43
TABELA 6: Percentual da variação de peso corporal médio nos últimos 30 dias de cada período experimental.	45
TABELA 7: Percentual da variação de peso corporal médio nos últimos 30 dias do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	46
TABELA 8: Peso corporal final, CNA e Índice de Lee.	47
TABELA 9: Pesos absolutos e relativos dos órgãos fígado e coração.	49
TABELA 10: Gordura da carcaça de animais obesos sob tratamento.	51
TABELA 11: Consumo de água, alimentar e calórico.	54
TABELA 12: Consumo alimentar dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	54
TABELA 13: Consumo calórico dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	55
TABELA 14: Eficiência do ganho de peso em relação à ingestão.	55
TABELA 15: Concentrações séricas de glicose, triacilgliceróis e colesterol dos animais ao final do segundo período experimental.	56
TABELA 16: Concentrações séricas de glicose ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	59
TABELA 17: Concentrações séricas de triacilgliceróis ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	60

TABELA 18: Concentrações séricas de colesterol total ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental.	63
TABELA 19: : Determinação da produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em ratos obesos tratados com bagaço de maçã.	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	MAÇÃS E COMPOSTOS BIOATIVOS	15
3.2	FIBRAS	17
3.3	FIBRAS NA MAÇÃ E NO BAGAÇO	21
3.4	OBESIDADE	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	MATERIAL	27
4.2	MÉTODOS	27
4.2.1	Análises	28
	Químicas	28
	Físicas	28
	Enzimáticas	29
	Energia	29
	Parâmetros Morfométricos	29
	Gordura da Carcaça	30
	Consumo Alimentar e de Água	30
	Parâmetros Bioquímicos	31
	Peroxidação Lipídica	32
	Estatística	33

4.2.2	Processos	33
	Preparo do bagaço	33
	Preparo das dietas	34
4.2.3	Ensaio Biológico	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MAÇÃ E DAS RAÇÕES	37
5.2	ENSAIO BIOLÓGICO	38
5.2.1	Parâmetros Morfométricos	41
5.2.1.1	Variação de Peso Corporal	41
5.2.1.2	Peso dos Órgãos - Coração e Fígado	48
5.2.2	Determinação da Gordura da Carcaça.	49
5.2.3	Consumo Alimentar e Água	52
5.2.4	Parâmetros Bioquímicos	56
	Glicemia	56
	Lipidemia - Triacilgliceróis	59
	Lipidemia - Colesterol Total	60
	Peroxidação de Lipídeos	63
6	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A maçã é uma das frutas mais antigas e conhecidas pela humanidade, muito popular por seu visual atrativo, aroma e sabor. A macieira cresce espontaneamente em muitas regiões da Ásia ocidental, em especial na região do Cáucaso. Considerada na mitologia grega como um dos pilares do mundo, trata-se de uma região da Europa oriental e da Ásia ocidental, situado entre o mar Negro e o mar Cáspio, que inclui uma cordilheira montanhosa de 1.125 quilômetros de extensão de mesmo nome e as planícies adjacentes. A antiguidade da participação da maçã na vida do homem é evidenciada por histórias, lendas e mitos envolvendo os frutos da macieira. Em 100 a.C., já eram listadas diversas variedades de maçã (LOPES FILHO, 1993) e todas as disseminadas pelos países produtores são derivadas das provenientes dessas regiões de clima tipicamente temperado.

A maçã foi trazida para o Brasil, aclimatando-se às regiões de clima temperado, mais frio, semelhante ao clima da região de origem, como as regiões altiplanas dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No entanto, até os anos 60, a maçã era fruta rara, difícil de se encontrar, guardada para ocasiões especiais ou, então, reservada para a nutrição de crianças pequenas e para a convalescença de pessoas enfermas. Desde a metade dos anos 70, o Brasil transformou-se em um país produtor de maçãs, existindo, inclusive, inúmeras variedades da fruta desenvolvidas no próprio país, tais como a Rainha, a Soberana e a Brasil. São também bastante cultivadas as variedades Gala da Nova Zelândia, Golden do Canadá e dos Estados Unidos, Anna de Israel e Fuji do Japão.

A produção de maçãs, localizada principalmente na região sul do Brasil é composta por cultivares comerciais produtoras e polinizadoras, ambas melhoradas e selecionadas para atender ao mercado *in natura* (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005).

A maçã é, talvez, a fruta que engloba a maior quantidade de variedades conhecidas: estima-se entre 5 e 20 mil. Dessas, de 3 a 4 mil são cultivadas, em maior ou menor escala, em diferentes partes do mundo, e este número vem aumentando dia a dia, com o aprimoramento e com o desenvolvimento em estações experimentais. A característica mais marcante da produção de maçã no Brasil é que a cultura é praticamente bivarietal. As duas principais cultivares brasileiras em termos de área plantada e produção são a Gala (46%), a Fuji (45%), que juntas com a Golden Delicious (4%) correspondem a 95% da produção total. Esta produção bivarietal impede que o país se projete como exportador pela falta de opções de oferta perdendo na competição com países que produzem diversas variedades, competindo na qualidade da fruta, na época do ano e no custo do produto final.

A produção brasileira de maçã está voltada para o atendimento da demanda interna de fruta *in natura*, com uma capacidade instalada que atinge 1 milhão de toneladas por ano. O mercado consumidor está altamente exigente tanto para o preço quanto para a qualidade das frutas, o que conduziu à instalação de um procedimento tecnológico de beneficiamento capaz de selecionar criteriosamente as frutas com potencial de mercado no varejo, com bases em infestações microbiológicas e em defeitos físicos, levando a um descarte que pode atingir 30% da produção (KENNEDY et al., 1999). A exigência do consumidor quanto à qualidade das maçãs não é algo recente. Nos anos 60, o consumidor brasileiro estava habituado a comprar frutas de alta qualidade, das variedades americanas Red Delicious e Willie Sharp, procedentes da Argentina e do Chile onde se encontram climas propícios para o seu cultivo. Maçãs de aparência impecável, embaladas em papel de seda azul, separadas por papelão rugoso em caixas de madeira, alcançavam elevado preço no varejo, sempre vista como artigo de luxo com um forte apelo medicinal. Gerações de consumidores foram educadas neste contexto dando margem à manutenção de um comportamento exigente e altamente crítico com relação à qualidade de maçãs.

No Brasil, a matéria-prima para o setor agroindustrial da maçã consiste das frutas provenientes do descarte da classificação comercial que são tecnicamente denominadas maçãs industriais (WOSIACKI et al., 2000). Por não atenderem aos padrões de qualidade quanto à forma, tamanho, distribuição de cor e presença de cicatrizes ou defeitos na epiderme, essas frutas passam a suprir como matéria-prima as unidades processadoras de maçã (NOGUEIRA et al., 2005a). Na realidade são frutas sadias, porém com defeitos externos, algumas com problemas fitossanitários, descartadas face à contaminação visível por bolores, que as desqualificam para o comércio *in natura*, mas que em nada prejudicam sua participação como matéria-prima. Das 200.000 toneladas de frutas industriais processadas podem ser obtidas 140.000 toneladas de suco/vinho com a liberação de 60.000 toneladas de bagaço de maçã, que desidratado, pode servir de matéria-prima para obtenção de compostos nobres como pectinas, açúcares, fibras alimentares, minerais e ácido málico.

O resíduo de extração (bagaço) apresenta-se como o principal subproduto gerado na agroindústria da maçã (HANG, 1987). O resultado dessa extração compreende as cascas e polpa (94,5%), as sementes (4,4%) e os centros (1,1%) (KENNEDY et al., 1999). A quantidade de bagaço produzida representa de 20 a 40% da matéria-prima em função do nível tecnológico adotado. Esse subproduto contém 80% de umidade, 11,6-44,5% de fibras (compostas por 12,0-23,2% de celulose, 6,4-19,1% de lignina, 3,5-18,0% de pectina e 5,0-6,2% de hemicelulose), além de 14% de sólidos solúveis dos quais a maioria corresponde aos açúcares glicose, frutose e sacarose. Com esta composição o bagaço é um material altamente instável do ponto de vista microbiológico, com elevado conteúdo de compostos fermentáveis e seu descarte pode acarretar forte impacto ambiental (DOWNING, 1989; CHEN et al., 1988; KENNEDY et al., 1999). No Brasil, o bagaço é dispensado no solo como adubo orgânico ou utilizado como ração animal, porém a fermentação no rúmen provoca alcolemia, com prejuízos à saúde do gado bovino (KENNEDY et al., 1999; VILLAS-BOAS; ESPOSITO,

2000). A literatura ainda descreve aplicações do bagaço para incorporação em alimentos, produção de etanol (fermentação em estado sólido), aromas, gás natural, ácido cítrico, pectinas, enzimas, cogumelos, extração de fibras e carvão vegetal (NOGUEIRA et al., 2005b).

A disponibilidade de maçãs com baixo valor comercial (industriais) aumenta ano após ano com a crescente produção nacional, levando o setor agroindustrial a se mobilizar com a agregação de valor econômico, mediante o processamento, visando a obtenção de produtos nobres como sucos clarificados e bebidas fermentadas. Esse crescimento da produção e processamento de maçãs no Brasil impulsiona estudos relativos à utilização do bagaço e, sugerir novos usos para o bagaço de maçã, pode contribuir para solucionar parcialmente o impacto negativo ao meio ambiente. O aproveitamento do bagaço pode traduzir-se em vantagens econômicas para as indústrias de processamento de maçã, com valor agregado em aplicações alimentícias, farmacêuticas e ambientais (minimização de resíduos lançados ao meio ambiente).

O apelo nutricional do uso de bagaço da maçã é justificado por estudos que comprovam a ação benéfica do consumo de maçã *in natura*, cujos constituintes, principalmente fibras e compostos fenólicos, têm demonstrado apresentar características hipolipemiantes e hipoglicemiantes, promovendo a redução das concentrações plasmáticas de colesterol total, lipoproteína de baixa densidade (LDL), triacilgliceróis, glicose; além da redução de peso corporal (BOYER; LIU, 2004). Contudo a alegação dos benefícios do consumo de maçã para a saúde vem muito antes do surgimento do ditado popular que data de 1866, “An apple a day keeps the doctor away” – uma maçã por dia mantém o médico afastado –, mesmo antes de se conhecer as características físico-químicas das frutas e os componentes mais importantes, tanto do suco quanto do bagaço. De fato, por seu alto teor de potássio e pela capacidade de produzir boas quantidades de fibras, a maçã é fruta indicada para a manutenção

da saúde, para a prevenção de doenças cardíacas e de excesso de colesterol no sangue, e para dietas alimentares de emagrecimento, pois devido a sua textura e conteúdo de fibras, provoca sensação de saciedade. Estudos indicam que existe uma associação inversa entre o consumo de fibras e obesidade. De fato, cada vez mais são freqüentes as recomendações de aumento do consumo de fibras, sob forma de frutas e verduras, para tratamento dos efeitos adversos da obesidade à saúde, como por exemplo, as dislipidemias, hiperglicemia, doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 (OPAS, 2003).

Neste sentido, pode-se inferir que o bagaço apresente potencial como ingrediente de alimentos, principalmente para aqueles ricos em fibras destinadas à alimentação humana. Cabe ressaltar que a utilização do farelo ou farinha de bagaço de maçã como suplemento alimentar viabiliza-se sob diversas formas comerciais como, por exemplo, biscoitos, bolos e outros produtos de panificação (PROTZEK, 1998a, 1998b).

Desta forma, o emprego do bagaço de maçã em combinação com uma dieta para redução de peso, poderia se tornar quantitativamente significativo, uma vez que o bagaço é rico em nutrientes e compostos bioativos, passando este de objeto de poluição ambiental a um material de elevado potencial econômico para obtenção de bens de consumo com grande agregação de valor econômico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Averiguar o efeito do bagaço de maçã sobre a fisiologia e lipídemia em ratos wistar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter bagaço desidratado de maçãs para serem usados como fonte de fibras.
- Caracterizar a matéria-prima em termos de composição centesimal e energética para serem usadas como parte integrante das rações em teste.
- Produzir rações com as características hipercalóricas e normocalóricas.
- Verificar o desenvolvimento de fígado gorduroso nos animais.
- Avaliar o potencial hipolipemiante, hipoglicemiante e antioxidante do bagaço desidratado de maçã pelo delineamento experimental proposto em relação às rações ingeridas por animais obesos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 MAÇÃS E COMPOSTOS BIOATIVOS

A *American Heart Association* enfatiza o consumo de vegetais, frutas e grãos integrais, confirmando a importância das fibras alimentares, antioxidantes e outras substâncias na prevenção e controle de doenças. As frutas em geral contêm compostos bioativos capazes de reduzir ou controlar os níveis de colesterol total sanguíneo, LDL e glicose, fatores de risco importantes para doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e obesidade (BOYER; LIU, 2004). Dentre os mais estudados estão, além das fibras, os minerais, as vitaminas A, C e E, os carotenóides e os compostos fenólicos como por exemplo, as catequinas, antocianidinas, quercetinas, limonóides e campferol (COLLI et al., 2002 ; DE ANGELIS, 2001).

A maçã é um dos frutos mais apreciados do mundo e significativamente presente na dieta. Além de 85% de água, a maçã contém açúcares, ácidos orgânicos, pectina, tanino, vitaminas B1, B2, PP, C, E e provitamina A. Embora não seja a fruta mais cultivada (ocupa o quarto lugar mundial), a maçã ostenta o título de "rainha das frutas". É provável que, além das suas grandes virtudes culinárias e medicinais, isto se deva também ao fato de ser a fruta que combina bem com praticamente todos os alimentos (TODA FRUTA, 2007).

Estudos epidemiológicos têm revelado vários benefícios do consumo de maçã a saúde, conforme pode ser visualizado na Quadro 1.

Quadro 1: Consumo de maçã: benefícios à saúde

<i>Benefício à Saúde / Redução de Risco</i>	<i>Mecanismo Proposto</i>
Cânceres – fígado, cólon e principalmente pulmão	Atividade anti-proliferativa celular
Doenças Cardiovasculares	Redução do peso corporal. Redução do colesterol total. Redução da LDL. Redução da peroxidação lipídica.
Diabetes Mellitus	Redução do peso corporal. Redução da glicemia. Redução do colesterol total. Redução da LDL-COLESTEROL.
Asma e doenças pulmonares crônico-obstrutivas	Aumento da função pulmonar. Redução da hipersensibilidade brônquica.
Obesidade	Redução de peso corporal.

Fonte: Boyer; Liu, 2004

A composição química das maçãs varia conforme a cultivar e o estágio de maturação da fruta (BOYER; LIU, 2004). Em relação à composição química das maçãs comercializadas no Brasil, observa-se também uma grande heterogeneidade. Levando-se em consideração aspectos associados à preferência do consumidor podemos citar que os compostos fenólicos, que estão relacionados ao sabor amargo dos frutos, apresentam quantidade média de 353ppm. O conteúdo de ácidos orgânicos, que permitem diferenciação de frutos doces de ácidos, estão presentes em média de 0,38g/100ml. O conjunto de açúcares redutores totais presentes compreende a glicose e a frutose, livres, e aqueles derivadas da hidrólise da sacarose, perfazem o valor médio de 11,06g/100ml (CZELUSNIAK et al., 2003).

A composição nutritiva da maçã (hidratos de carbono, proteínas, gorduras, vitaminas e minerais) não justifica só por si os seus efeitos terapêuticos. Os componentes não nutritivos da maçã, numerosas substâncias que se encontram nos alimentos vegetais que não fornecem energia, esses sim, justificam-nos tais efeitos (Tabela 1).

Tabela 1: Composição centesimal da maçã Fuji

	Unidade	Valor por 100g
Umidade	g	83,33
Energia	kcal	60,00
Proteínas	g	0,21
Lipídeos	g	0,72
Carboidratos	g	15,51
Cinzas	g	0,23
Fibra alimentar	g	2,25

Fonte: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (1998)

Dos componentes terapêuticos, compostos bioativos das maçãs, cabe ressaltar as fibras e os compostos fenólicos. Estudos epidemiológicos apontam que uma alimentação pobre em fibras está relacionada ao aparecimento de enfermidades como obesidade, câncer de cólon, aterosclerose, diverticulite, entre outras. A partir dos anos 50 pesquisadores começaram a notar que, em populações onde a industrialização dos alimentos não estava presente, essas patologias inexistiam (BURKITT et al., 1972). A relação da fibra dietética com a saúde, só foi melhor evidenciada por Denis Burkitt et al. (1972) nos 70, depois de trabalhos desenvolvidos na África.

3.2 FIBRAS

As fibras da dieta são definidas primariamente como polissacarídeos de reserva vegetal e parede celular vegetal que não são digeridos pelas enzimas digestivas do homem, devido à impossibilidade de hidrólise dessas macromoléculas (MÁRQUEZ, 2001; SBAN, 1990). Consideram-se, portanto, como fibras alimentares, a lignina e os polissacarídeos vegetais da dieta, como celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens (TROWEL et al., 1976). Recentemente o conceito de fibra alimentar foi ampliado de modo a incluir substâncias semelhantes às fibras, tais como inulina, frutooligossacarídeos (FOS) e amido

resistente (MOLIS, 1996; ROBERFROID, 1993; ROBERFROID; DELZENNE, 1998). As fibras podem ser classificadas segundo a sua solubilidade.

As fibras insolúveis são hidrofóbicas, pouco fermentáveis e formam misturas de baixa viscosidade. São constituídas pela celulose, hemiceluloses tipo B e, principalmente, a lignina, a qual é a mais hidrofóbica de todas, presente em pequena quantidade na dieta humana, mas também, incluída como fibra dietética. Apresentam efeito mecânico no trato gastrointestinal: reduzem a constipação, aumentam a massa fecal, a maciez das fezes e a frequência da evacuação, acelerando o trânsito intestinal; promovem o desenvolvimento da mucosa do íleo e do cólon; e ainda intensificam a proteção contra a infecção bacteriana (MÁRQUEZ, 2001; MARLETT, 1990; COLLI et al., 2002).

As fibras solúveis caracterizam-se por serem rapidamente degradadas no cólon, apresentando alto grau de fermentação e efeito metabólico no trato gastrointestinal, retardando o esvaziamento gástrico e o trânsito intestinal. Este processo resulta, entre outros produtos, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) tais como ácido propiônico e butírico, fundamentais por suas propriedades ao trofismo intestinal e ao metabolismo de lipídeos e carboidratos (FERNÁNDEZ; GASSULL, 1992; JAMES et al., 2003; MARCIL et al., 2002). As fibras solúveis também retardam a absorção de glicose e colesterol, devido à sua viscosidade (DE ANGELIS, 2001). São encontradas principalmente nas frutas e verduras, mas também no farelo de aveia, na cevada e nas leguminosas (MÁRQUEZ, 2001).

Como os componentes da fibra da dieta não são absorvidos, eles penetram no intestino grosso e fornecem substrato para as bactérias intestinais. As fibras solúveis são normalmente fermentadas rapidamente, enquanto as insolúveis são lentamente ou apenas parcialmente fermentadas (PUUPPONEN-PIMIÄ et al., 2002). A fermentação consiste, basicamente, de uma reação de decomposição, a qual ocorre pela atuação de bactérias anaeróbias do cólon

sobre as substâncias que resistiram à atividade das enzimas digestivas, levando à produção de ácido lático, ácidos graxos de cadeia curta e gases (CARABIN; FLAMM, 1999). A fermentação das fibras pode chegar até 90%, e, só são consideradas fermentáveis, se forem no mínimo 60% fermentadas. Quanto mais solúvel a fibra, maior o seu grau de fermentação, a saber: lignina 0%, celulose 15% a 60%, hemicelulose 56% a 85% e pectinas 90% a 95% (COPPINI et al., 2004).

A ADA (American Dietetic Association) recomenda, para adultos saudáveis, a ingestão de 20 a 35 g/dia de fibras ou 10 a 13 g de fibras para cada 1.000 kcal ingeridas. Para crianças (acima de 2 anos) e adolescentes (até 20 anos), a recomendação é igual à idade mais 5 g de fibras/dia. Para os idosos a ingestão recomendada também é de 10 a 13 g de fibras para cada 1.000 kcal ingeridas, o que significa uma ingestão total diária menor do que os adultos, uma vez que a recomendação energética tende a ser menor nesta fase da vida. Em geral, a inclusão de alimentos fontes de fibras é suficiente para alcançar essa recomendação (DRI, 1997).

A refeição rica em fibras tem mais volume, portanto exige mastigação prolongada. Além disso, as fibras estimulam a salivação e melhoram a viscosidade do suco duodenal, pois diminuem o pH do mesmo, importante para indivíduos com úlcera duodenal. Também retardam o esvaziamento gástrico e aumentam a saciedade, relevante para dietas de emagrecimento (SANTOS et al., 2006).

Muitos estudos mostram que dietas ricas em fibras podem prevenir ou auxiliar no tratamento da obesidade (DARIO FRIAS; SGARBIERI, 1998). De acordo com Howarth et al. (2001) 14g de fibra/dia por mais de 2 dias está associado com uma diminuição de 10% no consumo de energia e com uma perda de peso de 1,9 Kg após 3,8 meses.

Outros estudos ainda apontam que dietas ricas em fibras melhoram significativamente o controle da glicemia e reduzem o colesterol total (KISSEBAH, 1996; RICCARDI;

RIVELLESE, 2001; SALMERON; ASCHERIO, 1997; WÜRSCH; PI-SUNYER, 1997). Todavia as evidências atuais sugerem que os ácidos graxos de cadeia curta resultantes da fermentação possivelmente causam diminuição das concentrações sistêmicas dos lipídeos sanguíneos, através da inibição da síntese de colesterol hepático e/ou da redistribuição do colesterol do plasma para o fígado (SAAD, 2006).

Fietz; Salgado, em 1999, avaliaram o efeito da pectina de alta metoxilação (HMP), da pectina de baixa metoxilação (LMP) e de celulose sobre os níveis séricos de colesterol e triacilgliceróis em ratos hiperlipidêmicos e relata que houve redução no ganho de peso dos animais com o aumento dos níveis de fibra. As dietas com celulose foram menos efetivas e as com HMP proporcionaram os resultados mais significativos, com diminuição dos níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis e uréia.

Em se tratando de fibra alimentar solúvel, Dario Frias; Sgarbieri (1998) estudaram o efeito da goma guar sobre a ingestão de alimento, ganho de peso corporal, concentrações séricas de colesterol total, triacilgliceróis, glicose, lipoproteína de alta densidade (HDL) e LDL. O efeito da goma sobre índices de absorção e utilização de proteína também foi investigado. Dietas contendo 0%, 10% e 20% de goma guar foram utilizadas na alimentação de ratos diabéticos por 28 dias. Apesar do diabetes ter elevado os lipídeos sanguíneos em todos animais, as dietas com goma guar decresceram significativamente ($p \leq 0,05$) as concentrações séricas de colesterol e triacilgliceróis. Além disso, foi encontrado um aumento no nível de HDL-colesterol, com uma elevação substancial na relação de HDL/LDL. O resultado mais significativo deste ensaio foi a redução da glicose sanguínea nos ratos diabéticos tratados com dietas contendo goma guar. A goma promoveu uma melhora geral nas condições dos animais diabéticos, no ganho de peso corporal e nos índices de absorção e utilização protéica. Os resultados desta pesquisa foram sugestivos que a goma guar, em

concentrações igual ou superiores a 10%, podem ser eficazes no tratamento da hipercolesterolemia e diabetes em humanos.

Dietas com alto teor de fibra alimentar têm apresentado resultados positivos em relação a tolerância à glicose, redução de hiperglicemia pós-prandial e taxa secretória de insulina, em indivíduos diabéticos (BUTT et al., 2007; HANNAN et al., 2007). Um exemplo da ação de fibras sobre glicemia foi o estudo realizado por Derivi et al. (2002), evidenciando que rações contendo berinjela com casca e casca de berinjela, mesmo em presença de baixos teores de pectina solúvel, apresentaram acentuado efeito hipoglicemiante. A pectina solúvel é responsável por alterações na estrutura da mucosa intestinal, com aparecimento de rarefação das criptas e vilosidades da mucosa intestinal, que diminuem a absorção de glicose. A ingestão por um período prolongado de pectina solúvel, presente na ração de berinjela com casca pode ser responsável pela melhora observada em relação a tolerância à glicose, em consequência destas alterações (DERIVI, et al. 2002).

3.3 FIBRAS NA MAÇÃ E NO BAGAÇO

Vários estudos relatam as vantagens do uso da fibra e do bagaço de maçã como suplemento da dieta, dentre eles destaca-se os de González et al., 1998; Leontowicz et al. 2001 e de Aprikian et al., 2003.

González et al. (1998) pesquisaram o efeito da pectina cítrica e da maçã no metabolismo do colesterol num ensaio experimental com ratos pelo período de 3 semanas. Os autores relatam que a maior redução do colesterol hepático ocorreu com dieta contendo 5% de pectina, tanto da maçã quanto da pectina cítrica, (33,8% e 34%, respectivamente), e do colesterol total, quando a dieta continha 2,5% de pectina da maçã e cítrica (26,5% e 26%,

respectivamente). Esses valores sugerem que há efeitos benéficos da pectina na diminuição do colesterol, influenciando então no desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Cabe ressaltar que segundo Dreher (1987) algumas variedades de maçã e os bagaços de laranja são as duas principais fontes comerciais de pectina.

Leontowicz et al. (2001) relataram a existência de 16% de fibra total, sendo 3% solúvel e 13% insolúvel em bagaço de maçãs, em base seca. Os estudos do autor são sugestivos de que as fibras do bagaço da maçã e as fibras da polpa beterraba reduzem significativamente a concentração plasmática de lipídeos de ratos hipercolesterolêmicos quando comparados com ratos alimentados sem fibra dietética. Todavia as fibras, tanto do bagaço de maçã quanto da polpa de beterraba, não promovem nenhuma alteração nas concentrações plasmáticas de lipídeos de animais controle, sugerindo que estas fontes da fibra dietética têm efeitos hipolipidemiantes somente para ratos hipercolesterolêmicos .

Maçãs têm conteúdo significativo de compostos fenólicos. Estes compostos são descritos na literatura como substâncias com capacidade antioxidante atuantes no metabolismo de lipídeos (TOMÁS-BARBERÁN; CLIFFORD, 2000). Segundo estudos, os polifenóis podem atuar ainda como inibidores da oxidação da LDL e da agregação plaquetária, conferindo proteção contra o desenvolvimento da aterosclerose (COOK; SAMMAN, 1996).

Algumas pesquisas revelam que as maçãs têm forte atividade antioxidante, podendo inibir a proliferação do câncer, diminuir a oxidação lipídica e os níveis de colesterol. Os compostos bioativos da maçã com atividade antioxidante compreendem quercetina, catequina, floridzina e ácido clorogênico (BOYER; LIU, 2004). Wang et al. (1996), estudando a capacidade antioxidante total em frutas, pelo método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*), verificaram que a maçã pode ser considerada como uma fruta de poder antioxidante

semelhante a outras estudadas, dentre elas, à do morango, ameixa, laranja, uva rosada, kiwi, grapefruit, uva branca, banana, tomate, pêra e melão.

Leontowicz et al. (2002) demonstraram que uma suplementação de 10% de maçã na dieta de ratos hipercolesterolêmicos, durante 28 dias, promove uma redução de 20% nos níveis de colesterol total, 32,6% nos níveis de LDL e de 17% nos níveis de triacilgliceróis. Os pesquisadores também observaram em outro experimento, utilizando ratos geneticamente obesos, que houve uma redução na LDL e no colesterol total plasmático dos ratos usualmente alimentados com dieta rica em colesterol, mas que passaram a ser alimentados com maçãs, pêras e pêssegos. As maçãs tiveram maior impacto na redução do colesterol quando comparada às outras duas frutas. Porém, em ratos controle (magros), o consumo da maçã não promoveu alterações nos níveis do colesterol. Cabe ressaltar que os pesquisadores também observaram que as três frutas apresentaram potencial antioxidante, determinada pela mensuração do plasma da taxa de peroxidação lipídica, sendo que para as maçãs esse potencial foi mais efetivo. De fato, maçãs, pêras, e pêssegos apresentam conteúdos similares de fibras, mas as maçãs contêm mais compostos fenólicos, o que sugere maior potencial antioxidante (LEONTOWICZ et al., 2002).

Resultados semelhantes foram encontrados por Leontowicz et al. (2003), quando os pesquisadores administraram para ratos hipercolesterolêmicos dieta contendo 10% de casca ou 10% de polpa de maçã descascadas durante 30 dias. Os melhores resultados encontrados foram os do grupo que consumiu 10% de casca, pois obteve-se uma redução de 21,6% nos níveis de colesterol total, 35,3% de LDL e 18% de triacilgliceróis. Este estudo é sugestivo de que apenas utilizando-se a casca, obtêm-se resultados semelhantes ao do uso do fruto inteiro, com a mesma porcentagem de maçã e em períodos semelhantes, indicando que há uma concentração suficientemente significativa de compostos ativos na casca da maçã.

Leontowicz et al. (2003) avaliaram os compostos bioativos da casca e polpa de maçã e pêra *in vitro*, sua influência nos lipídeos do plasma e potencial antioxidante *in vivo*. Os resultados mostraram que o potencial antioxidante da casca e da polpa da maçã são significativamente mais elevados do que da casca e da polpa da pêra, evidenciando o maior potencial nutricional da maçã, pois observou-se menor taxa de peroxidação lipídica do plasma dos animais, que foi proporcional à concentração utilizada. Todavia as dietas suplementadas com as cascas da maçã quando comparadas as suplementadas com a polpa apresentam maior efeito hipolipidemiante e antioxidante.

Aprikian et al. (2001) observaram que, quando os ratos hipercolesterolêmicos foram alimentados, pelo período de 21 dias, com uma dieta contendo 15% de maçãs liofilizadas, houve um aumento nas lipoproteínas de alta densidade (HDL), diminuição de 9,3% do colesterol total no plasma e aumento na excreção de colesterol, sugerindo redução da absorção do mesmo. Na sequência, em 2002, Aprikian et al. observaram, nas mesmas condições experimentais (ratos hipercolesterolêmicos/21 dias) que quando a dieta continha 20% de maçã a redução da concentração plasmática de colesterol total e de LDL foi maior, 22% e 70%, respectivamente, evidenciando também que a dieta não apresentou-se efetiva para diminuir os níveis de colesterol no fígado e no músculo cardíaco, mas promoveu um aumento de 30% do teor de ácidos biliares nas fezes. Os autores concluíram que o consumo de maçã por ratos apresenta resultados positivos em relação à lipidemia devido às fibras e aos compostos fenólicos totais.

Nos estudos mais recentes de Aprikian et al. (2003), os pesquisadores relataram o uso da pectina da maçã e suas frações fenólicas na diminuição do colesterol do plasma e do fígado e dos triacilgliceróis séricos, sendo mais efetivos em combinação do que isolados. Este trabalho sugere que há uma interação benéfica entre a fibra da fruta e os compostos fenólicos e salienta os efeitos positivos de se comer frutas inteiras em vez dos suplementos compostos

unicamente por fibras. Neste sentido os autores trataram ratos com rações contendo 5g/100g de pectina de maçã, 10g/100g de maçã rica em polifenóis liofilizada ou uma combinação dos dois tipos de ração. E de fato, os resultados obtidos com a pectina de maçã e a maçã rica em polifenóis foram mais efetivos na combinação das duas dietas do que separadamente no metabolismo de lipídeos, comprovando a interação entre fibras e polifenóis da maçã.

3.4 OBESIDADE

A obesidade é uma epidemia mundial considerada como doença pela Organização Mundial da Saúde (OMS), na qual o excesso de tecido adiposo se acumulou de tal ponto que a saúde pode ser afetada pelo aparecimento de numerosas doenças crônicas, conduzindo à uma prematura mortalidade. As conseqüências adversas à saúde associam a obesidade com doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, hipertensão arterial, dislipidemias, entre outras. Desta forma a obesidade constitui-se em um problema de saúde pública (PEREIRA et al., 2003).

Evidências sugerem que a prevalência do sobrepeso e da obesidade tem aumentado em taxas alarmantes, incluindo países desenvolvidos e subdesenvolvidos. De acordo com a classificação estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1998), 54% dos adultos nos Estados Unidos estão com sobrepeso (índice de massa corporal - IMC $\geq 25\text{kg/m}^2$) e 22% estão obesos (IMC $\geq 30\text{kg/m}^2$).

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de identificar os principais fatores que contribuem para o surgimento da doença. Alguns pesquisadores afirmam que os fatores ambientais, tais como alimentação inadequada, somados a características genéticas provocam o aparecimento da obesidade (JEBB, 1999; ROLLS et al., 1992; HILL et al., 2000). E em se

tratando de alimentação, o chamado balanço energético positivo é uma evidência importante no aparecimento da obesidade, visto que quando o valor calórico é superior à energia gasta, promove acúmulo de tecido adiposo (PEREIRA et al., 1999). Além disso, a modernização também contribui para a redução do gasto calórico em geral, oferecendo oportunidades de um estilo de vida sedentário (WHO, 1998).

Os hábitos modernos, que incluem alimentação inadequada e sedentarismo, também afetam os países como o Brasil, que vivem uma transição dos padrões alimentares (MARTINEZ, 2000). A desnutrição, anteriormente preocupante, dá lugar ao extremo oposto, a obesidade, que é um dos principais fatores de risco para inúmeras doenças prevalentes na sociedade moderna (JUNG, 1997), incluindo dislipidemias e diabetes (ADA, 1997)

Em diversos países em desenvolvimento, a obesidade já se torna responsável por 2 a 6% do custo total em saúde pública. Porém, os verdadeiros custos são sem dúvida muito mais elevados, já que nem toda patologia associada à obesidade é incluída nos cálculos (OPAS, 2003).

Assim, uma proposta de alimentação saudável, para prevenção das doenças crônicas não transmissíveis, deve alcançar a sociedade como um todo, e ter um impacto sobre os mais importantes fatores relacionados às várias doenças decorrentes da obesidade. Aumentar o consumo de frutas e verduras são exemplos de proposições que preenchem estes requisitos (SICHIERI et al., 2000). Neste sentido a Organização Mundial de Saúde, sugere o estabelecimento de metas realísticas de consumo de alimentos específicos, sendo estes alimentos identificados em função do aspecto nutricional a que se pretendam abranger, como por exemplo, maçã como fonte de compostos bioativos (WHO, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Mações da variedade Fuji, adquiridas no comércio local, colhidas na safra 2006. Ratos da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus* var. *albinus*) machos, obtidos do biotério da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ração padrão da marca *Nuvilab* adquirida da empresa *Nuvital Nutrientes S/A*. Gordura vegetal hidrogenada da marca Soya e o leite condensado da marca Frimesa, adquiridos no comércio local. Reagentes das marcas *Gold Analisa Diagnóstica*[®] e *Labtest*[®]. Reagentes analíticos, os equipamentos necessários às análises físico-químicas e vidrarias utilizadas disponíveis nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Alimentos e do Departamento de Biologia Geral da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

4.2 MÉTODOS

Os métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho são descritos a seguir e compreendem os processos de obtenção do bagaço de maçã, elaboração das rações, análises empregadas para avaliar as características físico-químicas destas, bem como todas as etapas envolvidas no ensaio biológico feito em ratos que compreenderam indução da obesidade, tratamento dietético e análises morfométricas e bioquímicas.

4.2.1 Análises

Químicas

Os compostos fenólicos do bagaço de maçã desidratado e das rações foram quantificados com o reativo de Folin Ciocalteau utilizando-se a catequina como padrão para a reação colorimétrica (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Para a determinação da fração lipídica das amostras foi utilizado o método de Soxhlet que tem como fundamento a solubilização da fração lipossolúvel da amostra analisada, por meio de solvente hexano. Posteriormente o solvente foi extraído e a fração etérea determinada por gravimetria (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Para determinação do conteúdo protéico das amostras foi utilizado o método Kjeldahl que fundamenta-se na determinação do nitrogênio orgânico total, considerando que as proteínas alimentares apresentam em média 16% de nitrogênio. Este método tem por base a digestão da amostra onde o nitrogênio é transformado em um sal de amônia. A seguir há uma etapa de destilação e recepção do íon liberado, e posteriormente a solução obtida é titulada em presença de indicador adequado. Para este método podem ser utilizados catalisadores apropriados para acelerar e facilitar a etapa inicial de digestão da amostra. O conteúdo de nitrogênio obtido é convertido em proteína por meio de um fator de conversão (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O conteúdo de carboidratos foi obtido por diferença.

Físicas

O método por desidratação utilizado para determinação da fração aquosa está fundamentado na diferença de peso da amostra, antes e após a desidratação de uma quantidade padronizada da amostra em estufa a uma temperatura de 105°C até que se atingisse

peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O resíduo mineral foi determinado pelo método de incineração dupla, no qual uma quantidade conhecida da amostra é submetida a um processo de carbonização prévia seguido de incineração completa em mufla a 550°C. A quantificação é feita pelo método gravimétrico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Enzimáticas

O método enzimático-gravimétrico para determinação de fibras alimentares tem por base a hidrólise enzimática, separação do conteúdo hidrolisado e determinação da variação do peso da amostra após este tratamento. Este procedimento para a determinação da fibra dietética total está baseado no método publicado na 16ª edição do método oficial de análise da associação da química analítica oficial (AOAC, 2000).

Energia

O cálculo para energia total metabolizável foi feito aplicando-se os fatores de Atwater 4 - 9 - 4 kcal/ g para os valores de proteínas, lipídeos e carboidratos disponíveis dos alimentos respectivamente. Estes fatores são aplicados aos dados contidos nas informações nutricionais de rótulos de alimentos (RIBEIRO et al., 2003).

Parâmetros morfométricos

A variação do peso corporal dos animais foi verificada semanalmente após o desmame através de mensurações feitas em balança analítica (Marte AS 200 c). Ao término do

experimento os animais também foram submetidos à mensuração da estatura (CNA - medida da cabeça até o início da cauda) para se obter um índice de massa corpórea para ratos, índice de Lee, que é a razão da raiz cúbica do peso corporal (em gramas) sobre o CNA (em centímetros) multiplicado por 1000 conforme descrito por Souza et al. (2001).

Gordura da carcaça

A determinação do percentual de gordura da carcaça foi feita por metodologia adaptada da descrita por Pedrosa et al. (2004), em quatro animais por grupo. Em resumo, as carcaças, sem as vísceras da cavidade torácica e abdominal incluindo gordura mesentérica, cabeça e cauda, foram autoclavadas para amolecimento dos ossos e tecidos e homogeneizadas em liquidificador. A porcentagem de gordura foi determinada de amostras deste homogeneizado utilizando-se metodologia de Soxhlet (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Consumo alimentar e de água

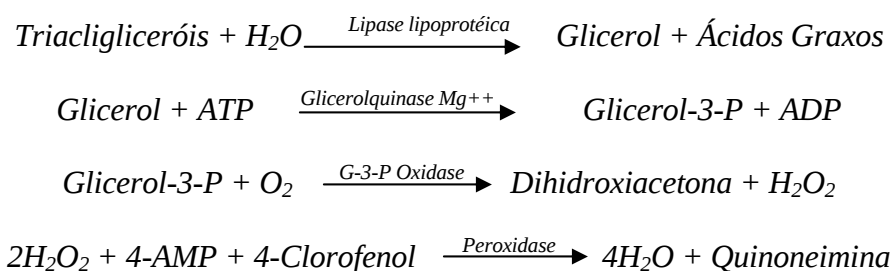
Foi feita a avaliação do consumo alimentar (g/dia) e de água sem sacarose (ml/dia) dos animais em período de 24h antes do sacrifício. Os animais foram acondicionados em gaiolas individuais e receberam quantidades conhecidas de ração e água e, após 24h, mensurou-se a quantidade restante de alimento e água, podendo-se assim, avaliar o consumo pela diferença de peso da ração e o volume restante do que foi ofertado no dia anterior. O consumo calórico foi obtido a partir do consumo em gramas multiplicado pelo valor calórico de cada tipo de ração.

Parâmetros bioquímicos

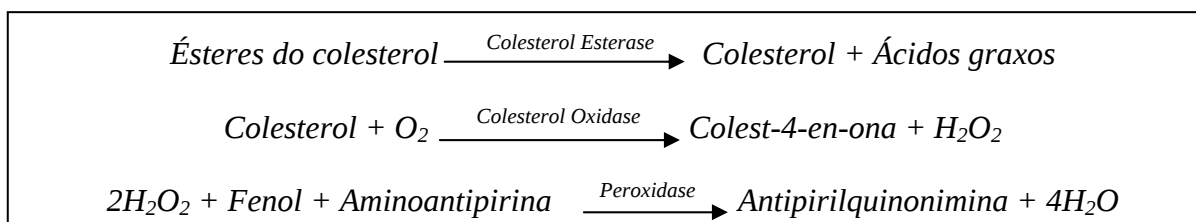
Os animais permaneceram em jejum de 12 horas antes do sacrifício, que deu-se por decapitação sem analgesia. O sangue dos animais foi coletado utilizando-se funil de vidro, em tubos de ensaio e depois da completa coagulação das amostras, estas foram centrifugadas a 2500 rpm (centrífuga clínica da marca Bio Eng BE-4004) à temperatura ambiente por 10 minutos. O soro coletado foi armazenado a -20°C até o momento das análises.

Foram feitas determinações séricas de glicose, colesterol total e triacilgliceróis por métodos espectrofotométricos utilizando-se sistemas colorimétricos e enzimáticos. Os reagentes empregados foram adquiridos da *Gold Analisa Diagnóstica*[®] e *Labtest*[®] e as análises conduzidas conforme instruções dos fabricantes. Os métodos partem do princípio que a intensidade da cor da reação é diretamente proporcional à concentração do parâmetro avaliado, sendo possível mensurá-lo quando comparado a um padrão conhecido. Resumidamente, o fundamento para cada determinação está descrito a seguir.

Os triacilgliceróis séricos são hidrolisados pela lipase lipoprotéica e o glicerol liberado é fosforilado pela glicerolquinase formando glicerolfosfato, que é oxidado a dihidroxiacetona e água oxigenada por ação da glicerol-3-fosfato oxidase. Através de reação oxidativa catalisada pela peroxidase, a água oxigenada reage com a 4-aminoantipirina (4-AMP) e 4-clorofenol, produzindo quinoneimina (vermelha) cuja absorbância, medida em 500nm é diretamente proporcional à concentração de triacilgliceróis.

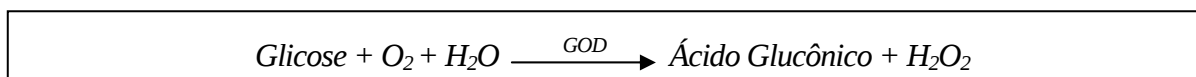


O colesterol total sérico foi determinado de acordo com as seguintes reações:

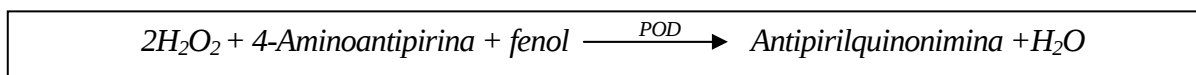


Os ésteres de colesterol são hidrolisados pela colesterol esterase a colesterol livre e ácidos graxos. O colesterol livre é oxidado pela colesterol-oxidase em colest-4-enona e peróxido de hidrogênio. Na presença de peroxidase e peróxido de hidrogênio, o fenol e a 4-aminoantipirina são oxidados formando a antipirilquinonimina que tem absorvidade máxima em 500 nm. A intensidade da cor vermelha formada na reação final é diretamente proporcional à concentração do colesterol na amostra.

A glicose sérica foi determinada pelo método da glicose oxidase que catalisa a oxidação da glicose de acordo com a seguinte reação:



O peróxido de hidrogênio formado reage com 4-aminoantipirina e fenol, sob ação catalisadora da peroxidase, através de uma reação oxidativa de acoplamento formando uma antipirilquinonimina vermelha cuja intensidade de cor é proporcional à concentração da glicose na amostra.



Peroxidação lipídica

A taxa de peroxidação lipídica do soro foi realizada pela determinação das substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARs). As concentrações de TBARs foram determinadas utilizando-se o método colorimétrico do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (produtos finais da peroxidação lipídica ao reagirem com o ácido formam bases de Schiff). Amostras de

soro foram tratadas com ácido tricloroacético 10%, ácido tiobarbitúrico 0,4% em NaOH 20mM por 15 minutos a 100°C. Após a centrifugação (10 minutos, 3000 rpm), a absorbância do sobrenadante foi determinada a 535 nm. Os procedimentos foram feitos de acordo com o método descrito Okawa et al. (1979) e Wills (1966). Calculou-se a concentração de TBARS considerando-se um coeficiente de extinção molar $\varepsilon=0,156 \mu\text{M}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ (BEZERRA et al., 2004).

Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA “two way”) sendo os contrastes, quando significativos, identificados pelo método de Tukey-Kramer. Todos os procedimentos estatísticos foram feitos utilizando-se o software INStat (Graph Pad program, San Diego, USA).

4.2.2 Processos

Preparo do Bagaço

As amostras de maçãs foram selecionadas, higienizadas, cortadas, fragmentadas em processador semi-industrial, e a massa ralada foi acondicionada em pacotes de plástico poroso que, superpostos, foram prensados à 3 kg/cm^2 em equipamento hidráulico (Senger Eureka) para extração do suco e separação do bagaço. O bagaço foi lavado exaustivamente com água corrente para retirada de açúcares e ácidos orgânicos, centrifugado, desidratado em estufa de circulação de ar à temperatura de 70°C, triturado e armazenado à temperatura ambiente em pacotes plásticos. Posteriormente foram feitas análises físico-químicas do farelo de bagaço de

maçã quanto a: lipídeos, proteínas, compostos fenólicos, teor de fibras alimentares, cinzas e umidade.

Preparo das dietas

Diferentes dietas foram utilizadas no ensaio biológico. Durante o primeiro período experimental, a dieta hipercalórica teve por finalidade a indução à obesidade. No segundo período, as dietas tiveram caráter de tratamento, objetivando avaliar o efeito das diferentes concentrações de farelo de bagaço de maçã sobre os parâmetros bioquímicos e morfométricos. As dietas foram elaboradas conforme descrito a seguir.

A dieta hipercalórica, para indução de obesidade foi adaptada de protocolos encontrados na literatura e continha: 60% de ração padrão, 10% de gordura vegetal hidrogenada e 30% de leite condensado (AOYAMA et al., 2000).

A quantidade de farelo de bagaço de maçã (5%, 15%, 25%) que foi acrescentada à ração, foi estipulada a partir de dados de diferentes pesquisadores que estudaram a suplementação da dieta de ratos com frações de maçã (inteira, polpa e casca) (APRIKIAN et al., 2001; APRIKIAN et al., 2002; LEONTOWICZ et al., 2002; LEONTOWICZ et al., 2003; RAUPP et al., 2000).

4.2.3 Ensaio Biológico

O modelo animal utilizado para o ensaio biológico foi ratos da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus* var. *albinus*) machos. Todos os procedimentos adotados seguiram as normativas de experimentação animal preconizada pelo Colégio Brasileiro de Experimentação

Animal (COBEA) que salienta aspectos de trato e uso humanitário com animais de laboratório (CARDOSO, 2007).

Em relação ao delineamento experimental, o presente estudo compreendeu indução de obesidade no primeiro período experimental e tratamento com bagaço de maçã no segundo período. O primeiro período experimental foi estendido de 90 para 120 dias, face à baixa resposta dos animais experimentais à ração hipercalórica, o que tem sido justificado na literatura especializada. Ratos jovens com maior ingestão calórica do que a requerida, aumentam espontaneamente o gasto metabólico basal e o excesso energético é liberado na forma de calor (termogênese), funcionando como um mecanismo de compensação na tentativa de manter o peso corpóreo (IOSSA et al., 1995; LIONETTI et al., 1996). Ao término do experimento os animais apresentaram idade cronológica de 180 dias, considerados como animais adultos (peso corporal entre 300 e 800g) segundo Pass; Freeth (1993).

O delineamento experimental constituiu-se de 8 diferentes grupos ($n= 8$ animais/grupo) conforme descrito na Tabela 2, sendo os animais induzidos à obesidade por alimentação (dieta hipercalórica) *ad libitum* após 30 dias de vida, respeitado o período de 21 dias referentes ao desmame e um adicional de 9 dias necessários para que o aparelho digestivo dos animais estivesse completamente desenvolvido e adaptado à alimentação sólida (AOYAMA et al., 2000).

Durante todo o período experimental, os animais foram mantidos à temperatura ambiente (média $22^{\circ}\text{C} \pm 4$), com ciclo natural de luz (12/12h) no biotério da Universidade Estadual de Ponta Grossa. O ensaio teve duração de 180 dias, sendo que neste período os animais receberam dieta com ração padrão, dieta hipercalórica e dietas com frações de farelo de bagaço de maçã conforme Tabela 2. Para complementação da dieta hipercalórica, 20 dias

antes do 2º período experimental, os animais dos grupos G2 a G7 receberam água com sacarose na concentração de 20%. Aos 30 dias de vida iniciou-se o 1º período experimental e, aos 150 dias de vida, o 2º período experimental.

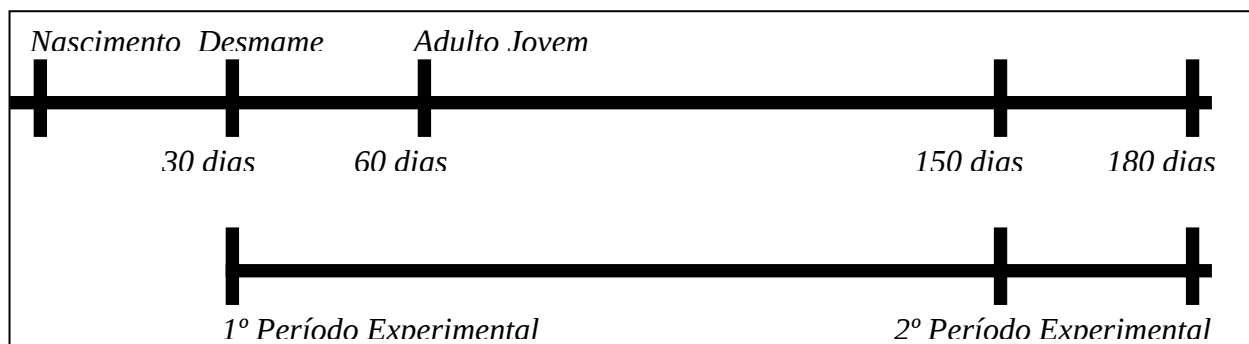


Figura 1: Delineamento experimental em função do tempo.

Tabela 2: Delineamento experimental em função dos grupos e dietas.

GRUPO	1º PERÍODO EXPERIMENTAL	2º PERÍODO EXPERIMENTAL
G 1	Ração padrão	Ração Padrão
G 2	Hipercalórica	Hipercalórica
G 3	Hipercalórica	Ração Padrão
G 4	Hipercalórica	Ração Padrão + 05% farelo
G 5	Hipercalórica	Ração Padrão + 15% farelo
G 6	Hipercalórica	Ração Padrão + 25% farelo
G 7	Hipercalórica	Hipercalórica + 15% farelo
G 8	Ração padrão	Ração Padrão + 15% farelo

Aos 180 dias, os animais foram sacrificados por decapitação e deu-se início às análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MAÇÃ E DAS RAÇÕES

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as diferentes características nutricionais das rações e do bagaço. É possível observar a alta densidade energética da ração hipercalórica em relação às demais rações, de 17 a 28% maior, devido ao acréscimo de gordura e carboidrato à ração. Cumpre salientar que, para obtenção da ração hipercalórica, foram adicionados gordura e outros componentes à ração padrão. Por causa de sua alta capacidade de promover a saciedade, a adição apenas de gordura poderia prejudicar o experimento, uma vez que os ratos tenderiam a ingerir menor quantidade de alimento (AOYAMA et al., 2000). Observa-se também que a quantidade de fibras varia de acordo com a quantidade de bagaço de maçã adicionado à ração, representando 3,1g, 6,6g e 10,2g na proporção de mistura 5%, 15% e 25% respectivamente.

O acréscimo de bagaço de maçã modificou o conteúdo calórico das rações, visto que a ração com 25% de bagaço apresentou redução de 8% nas calorias quando comparada à ração padrão normocalórica. Assim também a ração hipercalórica suplementada com 15% de bagaço de maçã apresentou redução das calorias, e essa diferença foi de 7% em relação à ração hipercalórica.

Tabela 3: Qualidade do bagaço de maçã e das rações.

	Umidade	Cinzas	Fibras	Proteína	Gordura	Carboidrato	Fenóis
	(g/100g)						(µg/ml)
Bagaço de maçã	4,48	1,93	37,14	3,66	2,24	50,55	4108,53
Ração comercial	9,34	10,86	1,30	21,97	3,82	52,71	nd
Ração hipercalórica	4,57	6,52	0,78	17,25	15,92	54,96	nd
Ração 5%	9,09	10,41	3,09	21,05	3,74	52,61	205,43
Ração 15%	9,59	9,52	6,68	19,28	3,64	51,29	616,28
Ração 25%	8,12	8,63	10,26	17,39	3,43	52,17	1027,13
Ração Hiper 15%	4,56	5,83	6,24	15,21	13,87	54,30	616,28
Média das rações	7,55	8,63	4,73	18,69	7,40	53,01	616,28
Desvio das médias	2,16	1,88	3,33	2,33	5,33	1,25	290,51
Coef. de Variação	28,61	21,78	70,40	12,47	72,03	2,36	47,14

Tabela 4: Densidade energética do bagaço de maçã e rações.

Alimento	Energia
	(Kcal/100g)
Bagaço de maçã	236,98
Ração comercial	333,11
Ração hipercalórica	432,13
Ração 5%	328,31
Ração 15%	315,04
Ração 25%	309,08
Ração Hiper 15%	402,86
Média das rações	353,42
Desvio das médias	46,76
Coef. de Variação	13,23

5.2 ENSAIO BIOLÓGICO

Tanto em seres humanos quanto em animais experimentais, a obesidade é resultado do acúmulo excessivo de gordura no corpo, sendo uma consequência do desequilíbrio entre a energia ingerida e a energia gasta. Estudos sobre as causas, consequências e tratamento de obesidade têm sido desenvolvidos em animais experimentais e mais de trinta modelos

genéticos de obesidade animal estão descritos na literatura, além dos modelos de obesidade obtidos por lesão neural mediante administração de glutamato monossódico ou lesão elétrica direta, alterações endócrinas e manipulações dietéticas (PEREIRA et al., 2003; VON DIEMEN et al., 2006).

Alguns trabalhos demonstram que ratos alimentados após desmame com a chamada dieta de cafeteria (dieta altamente palatável e com alto teor de carboidratos - hiperglicídica e/ou lipídeos - hiperlipídica) apresentam aumento no ganho de peso corporal, nos depósitos de gordura, nos níveis plasmáticos de insulina, corticosterona e leptina. O desenvolvimento da obesidade é possível mesmo sem aumento da quantidade de alimento ingerido. Todavia as mudanças na composição nutricional podem alterar a eficiência na utilização do alimento e, conseqüentemente, aumentar os estoques de gordura por caloria consumida. A obesidade é freqüentemente associada com os desvios bioquímicos, como a hiperlipidemia e hiperglicemia (PEREIRA et al., 2003).

Conforme observado por Duarte et al. (2006), a indução de obesidade em ratos Wistar por manipulação dietética, leva a um aumento da deposição de gordura corporal. Em ensaio biológico, a dieta hiperlipídica palatável aumenta a adiposidade, a percentagem do ganho de peso corporal e o conteúdo do glicogênio hepático, quando comparada à dos animais alimentados com dieta padrão. Duarte et al., (2006), ainda relataram que a obesidade provocada pela dieta hiperlipídica não alterou os níveis de glicose e insulina de jejum desses animais. Apesar das alterações morfológicas do pâncreas, a manutenção da normoglicemia dos ratos tratados com dieta hiperlipídica, provavelmente, foi devida à capacidade preservada de suas ilhotas em secretar insulina .

Um dos aspectos que se deve levar em consideração quando se trabalha com dietas manipuladas é a avaliação da sua aceitação pelos animais. A aceitabilidade de dietas contendo bagaço de maçã já foi demonstrada por Devrajan et al. (2004), evidenciando que o consumo apresentou-se aceitável, porém com uma digestão inferior à ração comum. Ao serem alimentados com 100% de bagaço de maçã e alterando a concentração progressivamente, o autor observou a morte dos ratos, aparentemente devido a uma redução da digestibilidade em razão da alta concentração em fibras. Quando comparados ao padrão, foi evidenciado crescimento negativo. Segundo Devrajan et al. (2004) a melhor aceitação foi da ração contendo 50% de bagaço de maçã. A glicemia dos animais dos grupos alimentados com frações de bagaço apresentou-se baixa de maneira geral, se comparada com ração normal e, para outros parâmetros bioquímicos do sangue, os autores sugerem a necessidade de estudos mais prolongados (DEVRAJAN et al., 2004).

5.2.1 Parâmetros Morfométricos

5.2.1.1 Variação de Peso Corporal

Na figura 2 está apresentada a variação do peso corpóreo dos animais durante o período do experimento. É possível observar que a diferença dos pesos médios dos animais entre os grupos ocorreu a partir dos 140 dias de vida, período que coincide com administração de água com 20% de sacarose, distinguindo-se por peso médio os animais em obesos (449,6g) e não obesos (420,5g) ao final do primeiro período experimental (Figura 2 A).

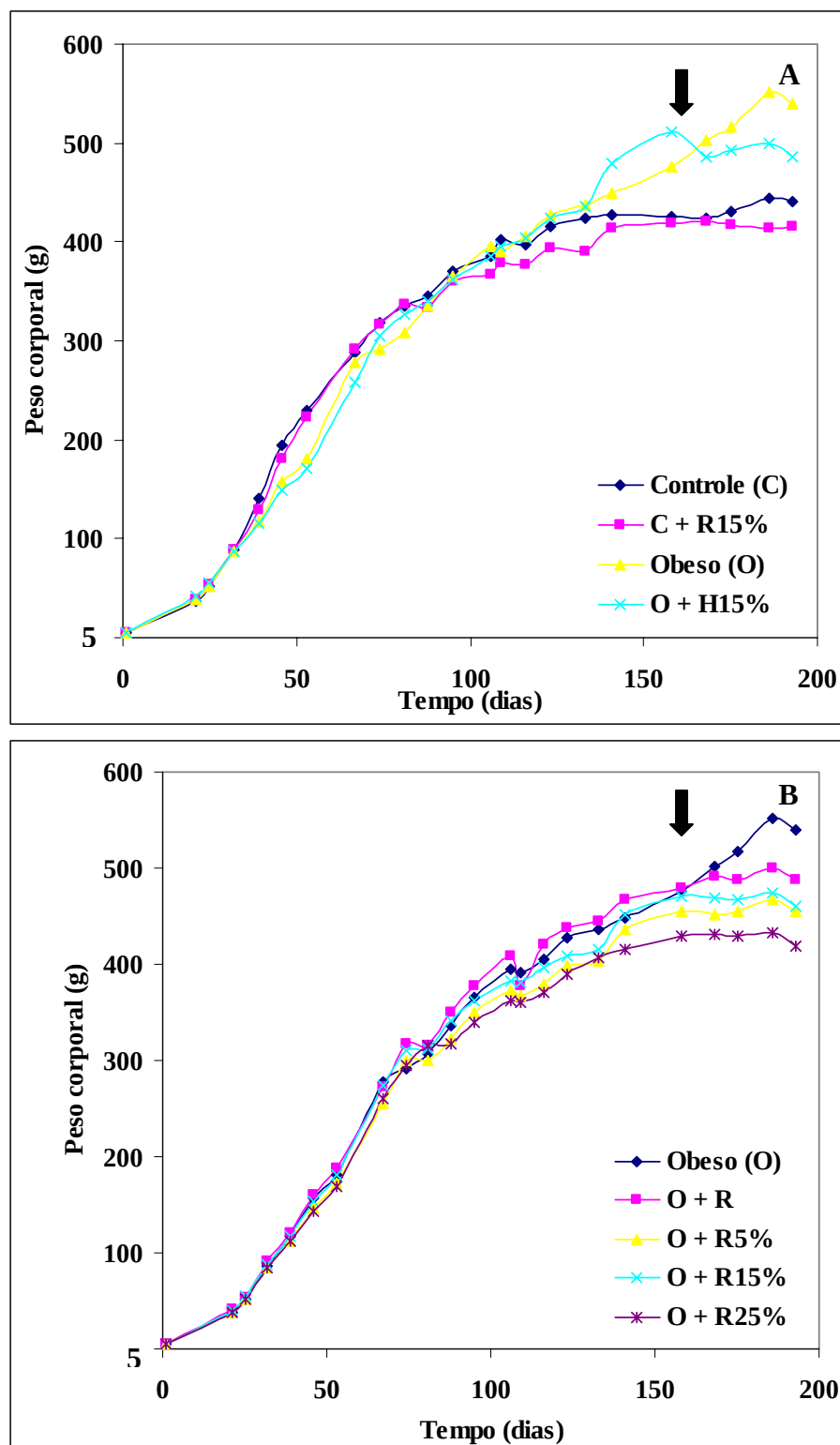


Figura 2: Variação do peso corporal médio de ratos frente a diferentes dietas suplementadas com bagaço de maçã. A seta indica o início do segundo período experimental. Em A, animais não obesos (C) e obesos (O) que receberam respectivamente, dieta normocalórica e dieta hipercalórica; e animais obesos e não obesos tratados com 15% de bagaço de maçã. Em B, animais obesos e obesos tratados com dietas suplementadas com 5%, 15% e 25% de bagaço de maçã. G1 = Controle (C); G2 = Obeso (O); G3 = O + R; G4 = O + R5%; G5 = O + R15%; G6 = O + R25%; G7 = O + H15%; G8 = C + R15%.

Cabe ressaltar que foi observado, no primeiro período experimental, variação de peso corporal e ganho de peso entre animais de mesmo grupo (Tabela 5) caracterizando, conforme descrito por Harrold et al. (2000), um comportamento bimodal, onde os diferentes animais apresentaram diferentes respostas ao mesmo tratamento dietético.

O ganho de peso médio dos animais tratados com dieta hipercalórica (obesos) no primeiro período experimental variou de 376,31g a 457,10g tendo sido observado animais com menor e maior ganho de peso corporal, respectivamente. Da mesma forma variação do ganho de peso médio dos animais tratados com ração comercial padrão (não obesos), respectivamente 349,98g a 418,77g para menor e maior ganho de peso corporal (Tabela 5). Quando agrupados os animais entre controles (não obesos) e obesos, observa-se diferença estatística, empregando Teste *t* Student ($p=0,04$) entre os grupos, para ambos animais com maior e menor ganho de peso.

Tabela 5: Ganho de peso corporal no primeiro período experimental (30 a 150 dias)¹.

	Menor Ganho de Peso (g)	Maior Ganho de Peso (g)
G1 Controle (Ração)	356,37 ± 13,53	402,93 ± 07,66
G2 Obeso (Hipercalórica)	394,10 ± 17,31	470,57 ± 12,85
G3 Obeso (Hipercalórica)	384,37 ± 11,78	453,00 ± 10,75
G4 Obeso (Hipercalórica)	368,13 ± 04,84	436,87 ± 10,94
G5 Obeso (Hipercalórica)	368,73 ± 13,33	484,63 ± 28,35
G6 Obeso (Hipercalórica)	340,27 ± 11,10	447,13 ± 34,25
G7 Obeso (Hipercalórica)	402,27 ± 04,86	450,43 ± 38,04
G8 Controle (Ração)	343,60 ± 12,79	434,60 ± 20,67

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n = 3

Na Figura 2 B, observa-se a variação do peso corporal dos animais obesos e obesos tratados, ao longo do experimento. No segundo período experimental, os tratamentos compreenderam substituição das rações hipercalóricas por ração normocalórica (G3) e rações normocalóricas suplementadas com diferentes frações de bagaço de maçã (G4 5%, G5 15% e G6 25%).

A administração de dieta hipercalórica durante o segundo período experimental (G2) proporcionou contínuo ganho de peso corporal aos animais. Em todos os tratamentos observa-se alteração no ganho de peso, mostrando uma tendência na sua redução, confirmando o que foi encontrado por Sembries et al. (2003) que, em experimento com ratos por 6 semanas, demonstraram que adição de extrato de bagaço de maçã na dieta afetou significativamente o peso corpóreo dos animais. Foi observado também que os animais obesos que receberam 15% de bagaço de maçã adicionado à ração hipercalórica no segundo período experimental (G7), apresentaram manutenção do peso corporal, sem reversão do quadro de obesidade (em função do peso corporal), uma vez que estes animais continuaram com média de peso corporal superior à do grupo controle.

Ao serem extrapolados os dados para seres humanos é possível inferir que ao se adicionar um suplemento de bagaço de maçã na dieta de obesos, mas sem alterar o padrão alimentar hipercalórico, haverá descontinuidade no processo de ganho de peso corporal.

No grupo G8, cuja dieta era ração padrão no primeiro período experimental e, ração padrão com 15% de bagaço no segundo período experimental, foi observada redução do peso corpóreo quando comparado ao grupo controle (G1- animais não obesos).

A adição de bagaço de maçã à dieta, seja ela hipercalórica ou normocalórica, tem efeito positivo no controle do peso corporal dos animais. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Conceição de Oliveira (2003) e Aprikian et al. (2002), que mostram que o consumo de maçã tem sido relacionado com redução do peso corpóreo em humanos e animais. Conceição de Oliveira (2003), em estudo realizado com mulheres hipercolesterolêmicas, com sobrepeso ($IMC > 25$), consumindo 3 maçãs ao dia por 12 semanas, observou redução de peso corporal de 1,22kg em média. Aprikian et al. (2002),

apesar de não obter diferença estatística entre os pesos corporais dos animais, mostra redução de 4g do peso médio de animais obesos tratados com 20% de maçã liofilizada.

A análise do percentual de ganho de peso corporal médio dos animais referente aos últimos 30 dias que antecederam o final de cada período experimental, revelou diferença significativa, conforme apresentado na Tabela 6, confirmando os dados anteriormente apresentados na Tabela 5, para o primeiro período experimental completo (120 dias), onde os animais foram divididos segundo o ganho de peso (comportamento bimodal).

Em relação ao primeiro período experimental, quando comparado os animais que receberam dieta hipercalórica (obesos, G2 a G7) com os animais dos grupos controles (não obesos, G1 e G8) foi observado diferença estatisticamente significativa, validando o modelo de obesidade induzida por dieta.

No segundo período experimental, após o tratamento, foi observado manutenção do peso corporal e até mesmo redução do ganho de peso em animais que receberam dieta adicionada de bagaço de maçã, sendo que os valores diferem significativamente, conforme pode ser visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Percentual da variação de peso corporal médio nos últimos 30 dias de cada período experimental¹.

		1º período experimental	2º período experimental
G1	Controle	06,37 ± 0,68 ^{abcdef 2}	2,86 ± 0,72 ^{ghij}
G2	Obeso	16,81 ± 2,02 ^a	9,91 ± 1,34 ^{ghlmnop}
G3	Obeso + Ração	22,28 ± 3,44 ^b	0,02 ± 0,84 ^k
G4	Obeso + R5%	16,83 ± 2,67 ^c	-0,58 ± 0,87 ^{lq}
G5	Obeso + R15%	17,23 ± 1,48 ^d	-1,78 ± 0,60 ^{hmr}
G6	Obeso + R25%	15,12 ± 1,14 ^e	-2,59 ± 1,19 ^{ins}
G7	Obeso + H15%	15,15 ± 1,13 ^f	3,92 ± 0,65 ^{orst}
G8	Controle + R15%	09,02 ± 0,83	-2,28 ± 0,40 ^{jpqt}

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com mesma letra, diferem significativamente (acdefhijo = p<0,01;

bgklmnprst = p<0,001; q = p<0,05). n ≥ 5

A separação dos animais em dois grupos (maior e menor ganho de peso no primeiro período experimental) permitiu observar mais claramente, no segundo período experimental, o efeito da adição do bagaço de maçã às dietas no ganho de peso corporal dos animais, conforme mostra a Tabela 7. Para os animais classificados com maior ganho de peso foi observado dose-dependência, contudo a concentração de 15% foi a que mais apresentou esse efeito.

Tabela 7: Percentual da variação de peso corporal médio nos últimos 30 dias do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental ¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	3,55 ± 0,84	4,03 ± 2,40
G2 Obeso	7,93 ± 2,90 ^{bcdef}	9,42 ± 2,16 ^{a2}
G3 Obeso + Ração	0,80 ± 1,44 ^b	-0,54 ± 1,54
G4 Obeso + R5%	-0,98 ± 0,84 ^c	5,17 ± 6,86
G5 Obeso + R15%	-2,78 ± 0,79 ^d	-2,04 ± 1,04
G6 Obeso + R25%	-0,84 ± 1,35 ^e	-5,29 ± 1,30 ^a
G7 Obeso + H15%	3,63 ± 0,99	3,48 ± 1,06
G8 Controle + R15%	-1,55 ± 0,65 ^f	-3,17 ± 0,11

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com a mesma letra diferem significativamente (ab = p<0,05; cdef = p<0,01) n = 3

A adição de bagaço de maçã à dieta de tratamento de obesidade foi efetiva em diminuir o ganho de peso dos animais. Outros estudos que empregaram fibras de outras fontes alimentares também observaram redução no ganho de peso de animais (PIEIDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003; ARJMANDI et al., 1992a, 1992b). Segundo Piedade; Canniatti-Brazaca (2003), o menor ganho de peso pode ser atribuído às concentrações elevadas de fibras dietéticas que proporcionam barreira física na absorção dos nutrientes e aumento da excreção fecal.

Evidências recentes afirmam que compostos fenólicos podem ser considerados agentes “anti-obesidade”. Ikeuchi et al. (2007) investigando a suplementação da dieta hiperlipídica

com astaxantina (carotenóide) verificaram inibição do aumento do ganho de peso e peso do tecido adiposo de animais obesos. Conforme apresentado na Tabela 3, o bagaço apresenta concentrações consideráveis de compostos fenólicos, sugerindo efeito sinérgico ao das fibras em relação ao ganho de peso corporal dos animais.

Com o intuito de analisar o peso corporal em relação à estatura dos animais (CNA) foi calculado o índice de Lee. Este índice é semelhante ao de massa corpórea em humanos (IMC), critério para classificar o peso corporal. O peso corporal final, CNA e índice de Lee dos animais, apresentados na Tabela 8, não mostraram diferença significativa entre os grupos. Todavia observa-se tendência de aumento do peso corporal e índice de Lee entre os animais do grupo controle (G1) e obeso (G2). Stephens (1980) relata que o índice de Lee é um parâmetro biométrico criado para indicar o estado nutricional do animal mas que não se correlaciona adequadamente com o percentual de gordura corporal em ratos normais, ou seja, não obesos. Segundo o autor, o CNA é um índice insatisfatório para estimar a massa livre de gordura em animais de mesma idade e de mesma história nutricional.

Tabela 8: Peso corporal final, CNA¹ e Índice de Lee².

		Peso Corporal (g)	CNA (cm)	LEE
G1	Controle	444,14	27,21	280,44 ± 3,90
G2	Obeso	546,33	28,42	287,90 ± 3,98
G3	Obeso + Ração	493,00	28,00	281,97 ± 1,51
G4	Obeso + R5%	466,38	27,63	280,70 ± 2,01
G5	Obeso + R15%	482,75	28,00	279,76 ± 2,21
G6	Obeso + R25%	438,14	27,43	276,52 ± 2,40
G7	Obeso + H15%	512,40	28,20	283,46 ± 3,68
G8	Controle + R15%	443,50	27,81	273,93 ± 2,24

¹ CNA é a medida da cabeça até o início da cauda, equivalente à estatura.

² Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n ≥ 5

5.2.1.2 Peso dos Órgãos – Coração e Fígado

Os pesos médios absolutos e relativos do coração dos animais não diferem significativamente, conforme apresentado na Tabela 9. Em relação aos pesos absolutos dos fígados dos animais, os valores encontrados para o grupo G2, que recebeu dieta hipercalórica, são maiores e estatisticamente diferentes aos observados para os demais grupos. Contudo, quando relacionados ao peso corporal, os pesos médios relativos dos fígados não diferem estatisticamente.

Fígado gorduroso é uma das mais comuns desordens hepáticas humanas, podendo ser causada pelo consumo excessivo de álcool, obesidade, diabetes e dietas não balanceadas altamente calóricas, como por exemplo, com alta porcentagem de gordura e baixa de fibras. Uma das evidências para caracterização de um fígado gorduroso é o aumento do peso absoluto e relativo do órgão, que resulta da maior contração de triacilgliceróis. A capacidade regenerativa do fígado humana pode ser estimulada por vários fatores, incluindo hormônios, fatores de crescimento, componentes da dieta. Lai et al. (2005) demonstraram que dietas ricas em fibras podem reverter significativamente o quadro de fígado gorduroso, induzido em ratos Wistar por dieta hiperlipídica. Aprikian et al. (2002), todavia, não evidenciaram tal reversão quando administrado a animais obesos dieta com 20% de maçã liofilizada, porém os autores observaram a redução do peso do fígado devido a redução da concentração de triacilgliceróis neste órgão.

Tabela 9: Pesos absolutos e relativos dos órgãos fígado e coração¹.

Grupos		Coração		Fígado	
		Absoluto (g)	Relativo %	Absoluto (g)	Relativo (%)
G1	Controle	1,56 ± 0,07	0,35 ± 0,01	13,93 ± 0,26 ^{a2}	3,12 ± 0,05
G2	Obeso	1,68 ± 0,07	0,30 ± 0,01	18,91 ± 1,58 ^{abcdeg}	3,25 ± 0,23
G3	Obeso + Ração	1,68 ± 0,05	0,34 ± 0,02	14,08 ± 0,69 ^b	2,92 ± 0,12
G4	Obeso + R5%	1,54 ± 0,05	0,33 ± 0,01	14,28 ± 0,32 ^c	3,07 ± 0,08
G5	Obeso + R15%	1,66 ± 0,08	0,35 ± 0,01	14,55 ± 0,41 ^d	3,02 ± 0,05
G6	Obeso + R25%	1,60 ± 0,08	0,35 ± 0,01	13,31 ± 0,38 ^e	3,05 ± 0,06
G7	Obeso + H15%	1,63 ± 0,06	0,31 ± 0,01	14,89 ± 0,08 ^f	2,93 ± 0,13
G8	Controle + R15%	1,67 ± 0,05	0,36 ± 0,01	14,60 ± 0,64 ^g	3,30 ± 0,13

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com a mesma letra diferem significativamente (abcdeg = p<0,001; f = p<0,01). n ≥ 4

5.2.2 Determinação da Gordura da Carcaça.

Os resultados encontrados na análise da gordura da carcaça não diferem entre os grupos. Todavia, conforme observado na Tabela 10, existe uma tendência de maior massa gorda nos animais do grupo G2 (24%) quando comparados aos animais controle G1 (15%). De fato, esta tendência pode também ser comprovada pela maior deposição de gordura subcutânea e abdominal nos animais, conforme apresentado na Figura 3. Observa-se também uma tendência de redução de massa gorda, não dose dependente, nos animais obesos tratados (G3 a G5).

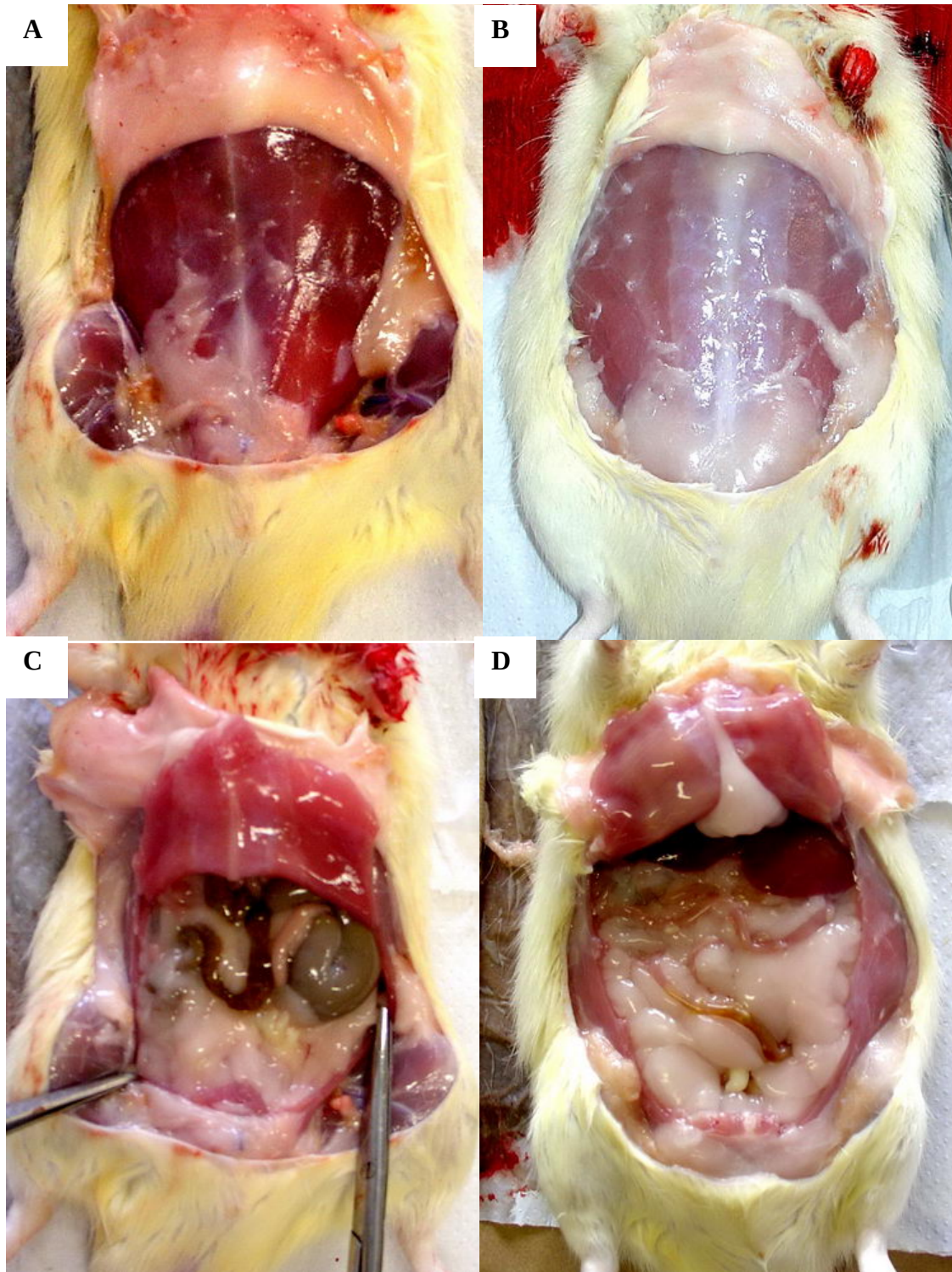


Figura 3: Deposição de gordura abdominal em ratos com 180 dias de vida.

A: Deposição de gordura subcutânea em animais controles (G1)

B: Deposição de gordura subcutânea em animais obesos (G2)

C: Deposição de gordura abdominal em animais controles (G1)

D: Deposição de gordura abdominal em animais obesos (G2)

Tabela 10: Gordura da carcaça de animais obesos sob tratamento¹.

		Gordura da Carcaça Relativa (%)	Gordura da Carcaça Absoluta (g)
G1	Controle	15,38 ± 3,87	67,00 ± 17,33
G2	Obeso	24,97 ± 5,53	141,20 ± 36,26
G3	Obeso + Ração	17,25 ± 1,12	86,24 ± 5,68
G4	Obeso + R5%	16,35 ± 2,94	75,63 ± 13,36
G5	Obeso + R15%	20,72 ± 1,50	101,14 ± 6,05
G6	Obeso + R25%	17,70 ± 2,97	82,65 ± 18,48
G7	Obeso + H15%	25,46 ± 2,67	134,43 ± 22,23
G8	Controle + R15%	13,30 ± 0,76	61,90 ± 6,27

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n ≥ 4

Diferentes autores têm demonstrado que a redução de massa gorda em animais obesos ocorre de forma diferente nos diversos depósitos de tecido adiposo (LEE et al., 2006; NAKAZATO et al., 2006). É possível inferir que a redução da massa gorda dos animais obesos, no presente estudo, possa ter se dado nos diferentes compartimentos de deposição de gordura corporal, ou seja, separadamente no tecido adiposo epididimal, mesentérico, retroperitoneal e subcutâneo. Cumpre salientar que foi avaliada a gordura da carcaça, observando-se assim, apenas uma tendência de redução de massa gorda.

Componentes da dieta tais como fibras e compostos fenólicos podem acentuar a redução de tecido adiposo (LEE et al., 2006; NAKAZATO et al., 2006). Neste sentido, destaca-se Nakazato et al. (2006), que estudaram o efeito dos polifenóis da maçã sobre a ingestão energética, peso corporal e deposição de gordura em ratos e observou que estes provocaram redução de tecido adiposo retroperitoneal, e essa diferença foi de 20% quando comparado ao grupo controle, observando também tendência de menor deposição de gordura no tecido adiposo epididimal e mesentérico.

5.2.3 Consumo Alimentar e Água

A análise da ingesta dos animais em 24h não apresentou resultados estatisticamente diferentes quanto ao consumo de água, sendo assim, as diferentes concentrações de bagaço de maçã das dietas não estimularam positiva ou negativamente o consumo de água dos animais.

Todavia, foi observado menor consumo alimentar em gramas e em energia (calorias) nos animais que receberam alimentação hipercalórica (G2), diferindo significativamente dos demais (Tabela 11). Conforme observado anteriormente, os animais do grupo G2, mesmo consumindo menor quantidade de ração e energia, apresentaram maior ganho de peso corporal que os animais dos demais grupos (Tabela 6).

A quantidade de bagaço adicionado às rações influenciou o consumo calórico (Tabela 11). A quantidade de bagaço, suplementado à dieta dos ratos, que mais contribuiu para redução do consumo calórico foi de 15% (G5).

Estes resultados diferem dos encontrados por Sembries et al. (2003) que, em experimento com ratos por 6 semanas, demonstraram que adição de extrato de bagaço de maçã na dieta não influencia na ingestão alimentar, apesar de afetar significativamente o peso corpóreo dos animais.

Pesquisas mostram que as fibras exercem ação sobre a ingestão de alimentos e saciedade, e têm sido também, apontadas como forte aliada no controle do apetite. Alimentos contendo a mesma concentração calórica, mas com diferentes teores de fibras, exercem efeitos diferentes sobre a saciedade, podendo ser um coadjuvante na redução de peso durante períodos de restrição dietética (NOBRE; RESENDE MONTEIRO, 2003). Os efeitos fisiológicos das fibras que explicam a saciedade e conseqüente menor ingesta alimentar vão

desde estimulação de quimiorreceptores e mecanorreceptores especializados que monitoram a atividade fisiológica e passam sinais de saciedade ao cérebro, até a formação de hormônios.

O menor consumo alimentar e calórico também pode ser explicado por uma maior saciedade relacionada ao aumento e diminuição da concentração plasmática de diferentes hormônios tais como leptina, grelina e insulina (ROMERO; ZANESCO, 2006).

Conforme recentemente relatado por Cani et al. (2006), a adição de fibras dietéticas solúveis fermentáveis (oligofructose) na dieta de humanos, promove aumento da concentração de peptídeos intestinais semelhantes ao glucagon (GLP-1) que regulam a saciedade. De fato, os pesquisadores mostram em outros trabalhos do grupo que ratos alimentados com oligofructose apresentaram redução da ingesta alimentar, menor deposição de massa gorda, esteatose e hiperglicemia (CANI, et al., 2004, 2005a, 2005b). Resultados similares também observados em cachorros por Massimino et al. (1998). Pode-se inferir que nas proporções de 5 e 15% de bagaço de maçã na ração, os efeitos poderiam ser resultantes da presença de fibra solúvel (RAUPP; SGARBIERI, 1997).

Todavia, a ração com maior quantidade de bagaço de maçã (G6 25%) promoveu nos animais um alto consumo alimentar, tanto em gramas quanto em energia. Este consumo poderia ser resultante da presença de quantidade suficiente de fibra insolúvel na dieta, que acelera o trânsito intestinal, impedindo absorção de nutrientes e diluindo o conteúdo energético das rações.

A suplementação de grandes quantidades de fontes de fibra insolúvel na dieta de ratos estimula uma maior ingestão de alimentos, conforme relatado por Raupp et al. (2000), que estudaram o efeito da polpa refinada de maçã (rica em fibra insolúvel), 5%, 15% e 25%, no número de defecações, peso das fezes e volume ingerido.

Tabela 11: Consumo de água, alimentar e calórico¹.

		Consumo Água (ml/dia)	Consumo alimentar (g/kg/dia)	Consumo calórico (Kcal/Kg/dia)
G1	Controle	45,42 ± 1,35	60,75 ± 3,75	210,79 ± 13,51 ^h
G2	Obeso	39,83 ± 5,89	43,02 ± 4,06 ^{ab2}	167,32 ± 23,47 ⁱ
G3	Obeso + Ração	46,25 ± 1,54	56,98 ± 2,51 ^a	189,81 ± 08,37 ^j
G4	Obeso + R5%	44,29 ± 1,94	49,38 ± 2,57 ^{cd}	162,13 ± 08,44 ^k
G5	Obeso + R15%	40,71 ± 2,09	46,01 ± 2,06 ^{ef}	140,16 ± 07,40 ^{hl}
G6	Obeso + R25%	43,93 ± 1,42	69,99 ± 6,04 ^{ce}	216,32 ± 18,68
G7	Obeso + H15%	nd	39,35 ± 4,69 ^g	158,55 ± 18,92
G8	Controle + R15%	nd	73,49 ± 6,48 ^{bdfg}	250,10 ± 08,87 ^{ijkl}

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com a mesma letra, diferem significativamente (adehi = p<0,01; bfgkl = p<0,001; cj = p<0,05)

nd = não determinado n ≥ 5

Com base na divisão dos grupos segundo o ganho de peso corporal no primeiro período experimental (comportamento bimodal), obesos com menor ganho de peso apresentaram maior consumo de ração suplementada com bagaço de maçã, mostrando diferença estatisticamente significativa e dose-dependência. Todavia, nos animais com maior ganho de peso no primeiro período experimental, observa-se que o bagaço de maçã promove maior saciedade na proporção de 15% e 25% quando comparados aos animais com menor ganho de peso no primeiro período experimental (Tabela 12).

Tabela 12: Consumo alimentar dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (g/kg/dia)¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	63,22 ± 7,38	63,91 ± 8,58
G2 Obeso	37,45 ± 10,98 ^{ab}	39,99 ± 5,03
G3 Obeso + Ração	55,71 ± 6,67	54,69 ± 1,07
G4 Obeso + R5%	44,60 ± 3,29 ^{cd}	52,44 ± 3,82
G5 Obeso + R15%	48,95 ± 3,31 ^e	38,94 ± 3,08
G6 Obeso + R25%	79,89 ± 9,53 ^{acf}	58,88 ± 7,20
G7 Obeso + H15%	45,68 ± 3,74 ^{fg}	33,61 ± 4,85
G8 Controle + R15%	81,99 ± 5,67 ^{bdeg}	57,96 ± 12,89

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com a mesma letra, diferem significativamente (ab = p<0,01; cdefg = p<0,05) n = 3

Mesmo perfil de resposta foi observado em relação ao consumo energético entre os animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (Tabela 13).

Tabela 13: Consumo calórico dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (Kcal/kg/dia)¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	210,52 ± 24,58	212,82 ± 28,59
G2 Obeso	161,76 ± 47,43	172,78 ± 21,76
G3 Obeso + Ração	185,52 ± 22,21	182,10 ± 21,76
G4 Obeso + R5%	146,28 ± 10,78	172,02 ± 12,53
G5 Obeso + R15%	154,19 ± 10,42	122,67 ± 9,703
G6 Obeso + R25%	246,85 ± 29,44	181,95 ± 22,27
G7 Obeso + H15%	184,11 ± 15,08	135,44 ± 19,53
G8 Controle + R15%	258,28 ± 17,84	182,59 ± 40,62

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n = 3

O Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) foi calculado para avaliar se a adição de bagaço de maçã à dieta interferiu no ganho de peso corporal dos animais em resposta à ingestão alimentar (Tabela 14). A análise do coeficiente de eficiência alimentar não apresentou diferença estatística, demonstrando que no período de 24h a adição de bagaço de maçã não interferiu no ganho de peso corporal dos animais.

Tabela 14: Eficiência do ganho de peso em relação à ingestão¹.

	Consumo (g/dia)	Ganho de peso corporal (g/dia)	C.E.A ³
G1 Controle	27,60 ± 1,46 ^{a2}	1,57 ± 1,27	0,06 ± 0,04
G2 Obeso	23,37 ± 2,04 ^b	1,17 ± 2,92	-0,05 ± 0,18
G3 Obeso + Ração	29,72 ± 1,10 ^{cd}	2,00 ± 0,96	0,07 ± 0,03
G4 Obeso + R5%	23,64 ± 1,42 ^{ef}	1,50 ± 1,84	0,05 ± 0,08
G5 Obeso + R15%	21,92 ± 0,73 ^{cgh}	2,75 ± 1,16	0,12 ± 0,06
G6 Obeso + R25%	31,24 ± 1,77 ^{egi}	nd	nd
G7 Obeso + H15%	21,53 ± 1,96 ^{dij}	4,00 ± 1,27	0,19 ± 0,05
G8 Controle + R15%	35,44 ± 1,04 ^{abfhj}	3,63 ± 4,54	0,01 ± 0,20

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² Valores com mesma letra, diferem significativamente (d= p<0,05; acei = p<0,01; bfg hj = p<0,001).

³ C.E.A: Coeficiente de Eficiência Alimentar

nd = não determinado n ≥ 5

5.2.4 Parâmetros Bioquímicos

Os resultados referentes aos parâmetros de glicose, triacilgliceróis e colesterol total do soro dos animais ao final do segundo período experimental estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Concentrações séricas de glicose, triacilgliceróis e colesterol dos animais ao final do segundo período experimental¹.

		Glicose² (mg/dl)	Triacilgliceróis (mg/dl)	Colesterol (mg/dl)
G1	Controle	93,52 ± 5,06*	113,48 ± 15,81	128,76 ± 10,27 ^{abcd 3}
G2	Obeso	81,33 ± 2,71	144,12 ± 11,18	87,24 ± 2,77 ^{ae fg}
G3	Obeso + Ração	86,85 ± 3,98	122,71 ± 10,59	131,28 ± 5,80 ^{ehij}
G4	Obeso + R5%	84,28 ± 2,67	144,41 ± 17,87	119,34 ± 5,69 ^f
G5	Obeso + R15%	85,34 ± 2,3	124,77 ± 11,89	94,29 ± 4,07 ^{bh}
G6	Obeso + R25%	78,67 ± 2,15*	131,05 ± 9,84	100,93 ± 6,12 ^{ci}
G7	Obeso + H15%	92,60 ± 2,68	136,80 ± 19,87	92,37 ± 5,35 ^{dj}
G8	Controle + R15%	90,46 ± 2,24	139,37 ± 10,32	119,39 ± 4,28 ^g

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média.

² *Diferença significativa, sendo $p < 0,05$.

³ Valores com a mesma letra, diferem significativamente (aeh = $p < 0,001$; bj = $p < 0,01$; cdfgi = $p < 0,05$). $n \geq 5$

Glicemia

Há diversas evidências científicas relacionando a qualidade da alimentação e os riscos de desenvolver o diabetes mellitus. De fato, observa-se uma correlação positiva entre a prevalência do diabetes e o alto consumo de gorduras saturadas e ao baixo teor de fibras da dieta (SARTORELLI; FRANCO, 2003).

Dados epidemiológicos recentes indicam que dietas ricas em fibras associam-se a um menor risco de doenças cardiovasculares e diabetes mellitus tipo 2 (FOSTER-POWELL et al., 2002). Além disso, sabe-se que as fibras alimentares melhoram a resposta glicêmica e as concentrações de insulina prandial (MEYER et al., 2000).

O efeito das fibras solúveis na redução da velocidade de absorção da glicose vem sendo atribuído tanto ao retardo do esvaziamento gástrico como em decorrência da adsorção e interação com os nutrientes, conferindo uma menor superfície de contato direto com a parede do intestino delgado. O menor transporte da glicose através da mucosa ocorre em virtude da viscosidade conferida ao bolo alimentar de uma dieta rica em fibras (WÜRSCH; PI-SUNYER, 1997).

As fibras solúveis reduzem o tempo de trânsito intestinal e melhoram a tolerância à glicose (SANTOS et al., 2006). Outras pesquisas indicam que as concentrações de insulina em jejum são menores em indivíduos com maior ingestão de fibras alimentares ou grãos integrais (MCKEOWN et al., 2002). Além disso, o maior consumo de alimentos integrais resulta em maior sensibilidade à ação insulínica (PEREIRA et al., 2002).

A “American Diabetes Association” considera inconclusivas as evidências dos efeitos da fibra dietética no controle da glicose sanguínea, porém mantém a recomendação do consumo de alimentos ricos em fibra por causa dos efeitos benéficos sobre a lipidemia e fermentação colônica. Os alimentos ricos em fibras geralmente promovem uma absorção mais lenta de glicose no intestino delgado, reduzindo assim sua concentração pós-prandial, ou seja, evitando-se picos de hiperglicemia (GIACCO et al., 2000). Em estudo com humanos, Giacco et al. (2000) mostram que em pacientes com diabetes tipo 1, o aumento no consumo de alimentos ricos em fibras é efetivo no controle da glicose sanguínea.

Muitos alimentos com baixo índice glicêmico (IG) são ricos em fibras alimentares, em especial as fibras solúveis (WHO, 2003). O conceito do índice glicêmico foi proposto em 1981 por Jenkins e cols. com o intuito de se caracterizar o perfil de absorção dos carboidratos e resposta metabólica após as refeições (JENKINS et al., 1981). Consiste em uma escala de resposta glicêmica a uma quantidade fixa de carboidrato (50 g) quando comparado à resposta

glicêmica de um alimento padrão, geralmente glicose ou pães. O índice glicêmico para as maçãs em geral varia de 38 a 52, ou seja, a resposta glicêmica ao consumo de 50g maçã na glicemia é de 48% a 62% menor que a ingestão de 50g pão branco (WOLEVER et al., 2006). O conceito do índice glicêmico pode ser considerado uma extensão da hipótese da ação da fibra dietética, sugerindo que a absorção lenta dos nutrientes de alguns alimentos seria benéfica à saúde. O índice glicêmico da dieta habitual é um indicador da qualidade do carboidrato e da fibra dietética presente no alimento (JENKINS et al., 2002), considerando o efeito na glicemia do consumo de uma porção usual de um alimento (FOSTER-POWELL et al., 2002). Neste contexto cabe citar o estudo de Conceição de Oliveira (2003), que relata que o consumo de maçã *in natura*, alimento considerado de baixo índice glicêmico, provoca redução significativa de glicose sanguínea em mulheres com sobrepeso e dislipidêmicas.

O valor médio das glicemias dos animais foi de 87mg/dl (Tabela 15). Em relação aos animais obesos, não foi observado diferença significativa da glicemia quando comparado com animais controle (não obesos), bem como não foi observado diferença entre os animais obesos tratados com ração padrão e rações suplementadas com bagaço de maçã. Todavia observa-se diferença significativa para os animais que receberam maior quantidade de bagaço de maçã (25%) na dieta ($p < 0,05$) em relação aos animais controle (não obesos). Também observa-se a tendência de redução da glicemia nos animais obesos tratados do grupo G6 quando comparados aos do grupo G3 (tratamento com ração padrão, sem adição de bagaço). Neste sentido, os resultados encontrados coincidem com os encontrados por Devrajan et al. (2004), onde animais alimentados com bagaço de maçã apresentaram redução da glicemia em geral.

Quando os animais foram divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (comportamento bimodal), também não foi observado diferença estatística quanto à glicemia entre os diferentes grupos, em ambos os grupos de animais, os com menor e maior ganho de peso (Tabela 16).

Tabela 16: Concentrações séricas de glicose ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	85,85 ± 16,35	87,16 ± 16,35
G2 Obeso	84,56 ± 2,45	92,44 ± 15,58
G3 Obeso + Ração	78,55 ± 6,98	71,00 ± 16,82
G4 Obeso + R5%	85,65 ± 5,35	85,06 ± 8,90
G5 Obeso + R15%	89,70 ± 1,39	75,26 ± 10,79
G6 Obeso + R25%	76,29 ± 3,87	86,65 ± 8,58
G7 Obeso + H15%	91,04 ± 5,90	96,29 ± 6,24
G8 Controle + R15%	84,88 ± 7,25	89,50 ± 1,87

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n = 3

Lipidemia - Triacilgliceróis

As concentrações médias de triacilgliceróis encontrados no soro dos animais, não diferem estatisticamente entre os grupos, sendo 132 mg/dl o valor médio encontrado (Tabela 15). Há uma tendência de aumento da concentração de triacilgliceróis no soro de animais tratados com dieta hipercalórica (G2) em relação aos demais.

Dados da literatura sobre os efeitos das fibras e do consumo de maçã sobre os níveis séricos de triacilgliceróis são inconsistentes. Leontowicz (2001) em estudo com 60 animais, afirma que a fibra do bagaço da maçã reduz significativamente os lipídeos do plasma em ratos Wistar, mas sugere que a redução da lipidemia só está presente naqueles ratos alimentados com dietas hiperlipídicas. Conceição de Oliveira (2003) relata em experimento com mulheres dislipidêmicas que o consumo de maçãs aumenta os níveis séricos de triacilgliceróis devido ao conteúdo de frutose presente.

Quando os animais foram divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (comportamento bimodal), também não foi observado diferença estatística

quanto à trigliceridemia entre os diferentes grupos, em ambos os grupos de animais, menor e maior ganho de peso (Tabela 17). Contudo, observa-se a tendência de menor concentração sérica de triacilgliceróis nos animais que apresentaram menor ganho de peso no primeiro período experimental, tratados com diferentes frações de bagaço de maçã no segundo período experimental. A proporção de bagaço de maçã na dieta dos animais que mais contribuiu para a redução da trigliceridemia foi de 15%. Em relação aos animais de maior ganho de peso no primeiro período experimental, observa-se trigliceridemia com perfil similar.

Tabela 17: Concentrações séricas de triacilgliceróis ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	103,61 ± 63,76	125,91 ± 52,74
G2 Obeso	113,20 ± 3,83	268,03 ± 89,57
G3 Obeso + Ração	101,32 ± 30,16	226,77 ± 75,48
G4 Obeso + R5%	82,91 ± 7,80	155,83 ± 42,45
G5 Obeso + R15%	53,30 ± 13,10	129,81 ± 23,83
G6 Obeso + R25%	110,85 ± 14,19	149,48 ± 32,76
G7 Obeso + H15%	87,54 ± 17,76	157,43 ± 56,18
G8 Controle + R15%	92,20 ± 8,94	154,26 ± 14,26

¹Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n = 3

Lipidemia - Colesterol total

Em relação à concentração sérica de colesterol total, houve diferença significativa entre os grupos; a média foi de 108mg/dl variando de 87mg/dl a 128mg/dl. As concentrações séricas de colesterol total foram menores nos animais que receberam dieta contendo 15% de bagaço de maçã (G5 e G7). Contudo, as concentrações séricas de colesterol também

apresentaram-se reduzidas nos animais que permaneceram em dieta hipercalórica durante os dois períodos experimentais (G2 e G7).

Uma quantidade significativa de fibras é encontrada no bagaço de maçã, de cerca de 37% conforme observado na Tabela 3. Em atenção à ação da fração insolúvel das fibras, Fietz; Salgado (1999) afirmam que esta apresenta efeito estatisticamente não significativo na redução dos níveis séricos de colesterol, triglicerídeos e uréia, quando comparado aos tratamentos com fibras solúveis. O bagaço de maçã contém em média 15% de fibra solúvel (SATO et al, 2007) e, dentre as propriedades dessas fibras, tem-se a redução da lipidemia

Segundo Shen et al. (1998), a suplementação de fibra solúvel na dieta, reduz a concentração plasmática de colesterol. Essa alteração se deve principalmente pela redução da fração LDL colesterol (lipoproteína que está ligada à doenças do aparelho circulatório). Terpstra et al. (1998) e De Angelis (2001) afirmam que as fibras solúveis, em especial a pectina dietética, devido à capacidade de retenção de água, formando gel e aumentando a viscosidade luminal, podem reduzir a concentração de colesterol e triacilglicerol plasmáticos, bem como aumentar a excreção de colesterol e ácidos biliares. Camire (2003) atribui a redução do colesterol plasmático à capacidade das fibras solúveis em ligar-se irreversivelmente aos ácidos biliares, carregando-os para as fezes, impedindo sua reabsorção, obrigando o fígado a produzir novos ácidos biliares a partir do colesterol sanguíneo. Essas fibras são facilmente degradadas pela microbiota intestinal resultando na produção de concentrações significativas de ácidos graxos de cadeia curta, que são responsáveis pela redução das concentrações plasmáticas de colesterol, através da redução da síntese hepática de colesterol (NISHIMURA et al., 2000; MARCIL et al. 2002). O bagaço de maçã é rico em pectina (SCHEMIN, 2003; SATO et al, 2007), passível de fermentação por bactérias colônicas. De fato, o bagaço de maçã quando presente em dietas para cães, estimula a produção de ácidos graxos de cadeia curta, como encontrado por Swanson et al. (2001).

Aprikian et al. (2001) e Leontowicz et al. (2002) encontraram que em ratos alimentados com dietas contendo colesterol houve redução significativa do colesterol plasmático naqueles tratados com maçãs liofilizadas. Além disso, Aprikian et al. (2001) encontraram um aumento na presença de colesterol nas fezes de ratos alimentados com maçãs, sugerindo uma absorção reduzida de colesterol.

Neste contexto, pode-se sugerir que os efeitos do consumo de bagaço de maçã sobre a colesterolemia estão relacionado à presença de fibras, em especial as fibras solúveis. Estas ligam-se irreversivelmente ao colesterol e aos ácidos biliares impedindo a absorção e, quando fermentadas, proporcionam a formação de ácidos graxos de cadeia curta, que diminuem a síntese hepática de colesterol.

Quando os animais foram divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental (comportamento bimodal), foi observado que para os animais com maior ganho de peso, diferentemente dos de menor ganho de peso, a concentração de 15% de bagaço de maçã na dieta dos ratos obesos mostrou tendência de redução do colesterol plasmático quando comparados aos demais animais obesos e obesos tratados, conforme apresentado na Tabela 18.

Estudos de Curti (2003), mostram que uma dieta contendo 5% de maçã não foi suficiente para reduzir o colesterol sérico mas as contendo 15 e 25% de maçã proporcionaram uma redução significativa nos níveis de colesterol total em relação ao controle (20% de redução), não havendo diferença entre ambas. Curti propôs que a melhor dieta para promover redução significativa de colesterol total, durante 30 dias, é a de 15% de maçã, sendo considerada suficiente para produzir alterações benéficas. Contudo, ao final de 60 dias de experimento, as dietas contendo maçã não foram efetivas na redução dos níveis séricos de colesterol total e triacilgliceróis.

Na concentração de 15% de bagaço de maçã na dieta de animais com maior ganho de peso no primeiro período experimental, nossos resultados estão também em concordância aos obtidos por Aprikian et al. (2002), onde a dieta com maçã reduziu em 20% o colesterol total plasmático em ratos obesos tratados com 20% de maçãs liofilizadas na dieta por 3 semanas.

Tabela 18: Concentrações séricas de colesterol total ao final do segundo período experimental dos animais divididos segundo o ganho de peso no primeiro período experimental¹.

	Menor Ganho de Peso	Maior Ganho de Peso
G1 Controle	73,40 ± 13,61	146,87 ± 23,39
G2 Obeso	84,07 ± 5,85	130,64 ± 38,63
G3 Obeso + Ração	76,17 ± 22,18	226,77 ± 75,48
G4 Obeso + R5%	113,42 ± 7,65	122,34 ± 14,19
G5 Obeso + R15%	91,37 ± 6,56	76,96 ± 12,32
G6 Obeso + R25%	98,83 ± 20,37	95,98 ± 5,10
G7 Obeso + H15%	85,57 ± 6,37	157,43 ± 56,18
G8 Controle + R15%	106,91 ± 2,99	122,87 ± 13,81

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n = 3

Peroxidação de Lipídeos

As maçãs contêm compostos fenólicos descritos na literatura como substâncias com capacidade antioxidante atuantes no metabolismo de lipídeos (TOMAS-BARBERÁN; CLIFFORD, 2000). De forma que, segundo Gorinstein et al. (2001), a maçã tem condições de fazer parte de uma dieta anti-aterogênica face aos seus altos teores de fenóis totais que, por sua vez, previnem oxidação de lipídeos principalmente lipoproteínas de baixa densidade.

A concentração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico no soro dos animais obesos tratados com bagaço de maçã não diferiu estatisticamente. Como essas substâncias são indicadoras de peroxidação lipídica, o bagaço de maçã não promoveu efeito antioxidante nas condições experimentais adotadas.

Tabela 19: Determinação da produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em ratos obesos tratados com bagaço de maçã¹.

Grupos	μmol/l
G1 Controle	2,782 ± 0,28
G2 Obeso	2,277 ± 0,09
G3 Obeso + Ração	2,535 ± 0,17
G4 Obeso + R5%	2,894 ± 0,39
G5 Obeso + R15%	2,311 ± 0,14
G6 Obeso + R25%	2,277 ± 0,19
G7 Obeso + H15%	1,997 ± 0,13
G8 Controle + R15%	2,165 ± 0,09

¹ Valores estão expressos como média ± erro padrão da média. n ≥ 4

Estes resultados diferem dos encontrados por Leontowicz (2003) que concluiu que dietas suplementadas com maçãs têm efeito positivo na redução da taxa de peroxidação lipídica, empregando a determinação de malonaldeído, de animais alimentados com dietas ricas em colesterol. Esse efeito, segundo o autor, é devido às concentrações significativamente altas de compostos fenólicos nas maçãs. No mesmo estudo, os autores também mostram uma atividade antioxidante elevada da maçã em relação à pêra evidenciada através de três diferentes métodos analíticos.

6 CONCLUSÃO

O bagaço de maçã, estabilizado por desidratação, mostrou-se eficaz como ingrediente das rações destinadas aos procedimentos experimentais deste trabalho, contendo um teor médio de 37,14% de fibras alimentares, de 50,55% carboidratos e 236,98 Kcal/100g de energia.

As rações se caracterizaram por um valor energético de 333,11 Kcal/100 g (normal) e de 432,13 Kcal/100 g (hipercalórica); tendo sido observado uma redução de 1,43%, 5,42% e de 7,21% desta carga energética, respectivamente, com a adição de 5, 15 e 25 % de bagaço de maçã. A ração hipercalórica, ao ser misturada com 15% de bagaço desidratado de maçã, demonstrou uma diminuição de 6,77% em sua densidade energética.

Os animais de experimentação responderam à dieta de indução à obesidade apenas quando foi adicionado sacarose como reforço na alimentação tendo sido observadas respostas diferenciadas dentro de um mesmo grupo, ou seja, comportamento bimodal. A adição de bagaço de maçã à dieta causou efeito positivo no controle do ganho de peso dos animais. A separação dos animais em dois grupos permitiu observar mais claramente o efeito do bagaço de maçã no ganho de peso corporal dos animais. As respostas dos animais permitem inferir que um suplemento de bagaço de maçã na dieta de obesos acarreta uma descontinuidade no processo de ganho de peso corporal.

Os pesos médios relativos do coração e do fígado dos animais não diferiram significativamente. A análise da gordura da carcaça mostrou a tendência de maior massa gorda nos animais obesos. Foi observado menor consumo alimentar em gramas e em energia (calorias) nos animais que receberam alimentação hipercalórica e dieta com bagaço de maçã,

na proporção de 15% de bagaço em especial. A adição de bagaço de maçã à dieta dos animais, não interferiu na glicemia. A proporção de bagaço de maçã na dieta dos animais que mais contribuiu para a redução da trigliceridemia e colesterolemia foi de 15%. O bagaço de maçã não promoveu efeito antioxidante nas condições experimentais adotadas.

REFERÊNCIAS

ADA - American Diabetes Association. Report of the Expert Committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. **Diabetes Care**, v.20, p.1183-97, 1997.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. HORWITZ, W. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17ed. Arlington: AOAC Inc., v.1 e v.2, 2000.

AOYAMA, T.; FUKUI, K.; TAKAMATSU, K.; HASHIMOTO, Y.; YAMAMOTO, T. Soy protein isolate and its hydrolysate reduce body fat of dietary obese rats and genetically obese mice (yellow KK) **Nutrition**, v.5, p.349-54, 2000.

APRIKIAN O.; LEVRAT-VERNY, M.A.; BESSON, C.; BUSSEROLLES, J.; REMESY, C.; DEMIGNE, C. Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol fed rats. **Food Chemistry**, v.75, n.4, p.445-452, 2001.

APRIKIAN, O.; BUSSEROLLES, J.; MANACH, C.; MAZUR, A.; MORAND, C.; DAVICCO, M.J.; BESSON, C.; RAYSSIGUIER, Y.; RÉMÉSY, C.; DEMIGNÉ, C. Lyophilized apple counteracts the development of hypercholesterolemia, oxidative stress, and renal dysfunction in obese Zucker rats. **The Journal of Nutrition**, v.132, n.7, p.1969-1976, 2002.

APRIKIAN, O.; DUCLOS, V.; GUYOT, S.; BESSON, C.; MANACH, C.; BERNALIER, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; DEMIGNÉ, C. Apple pectin and a polyphenol-rich apple concentrate are more effective together than separately on cecal fermentations and plasma lipids in rats. **The Journal of Nutrition**, v.133, n.6, p.1860-1865, 2003.

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

ARJMANDI, B. H.; NATHANI, S.; REEVES, R. D. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. **Journal of Nutrition**, v.122, n.2, p. 246-253, 1992b.

BEZERRA, F.; REZENDE, A.A.; RODRIGUES, S.J.; ALMEIDA, M.G. Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico como indicador da peroxidação lipídica em ratos tratados com sevoflurano. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas, v.54, n.5, p.640-649, 2004.

BOYER, J.; LIU, R.H. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v.12, p.3-5, 2004.

BURKITT, D.P; WALTER, A.R.P; PAINTER, N.S. Effect of dietary fibre on stools and transit time and its role in the causation of disease. **Lancet**; v.2, p.1408-1411, 1972.

BUTT, M.S.; SHAHZADI, N.; SHARIF, M.K.; NASIR, M. Guar gum: a miracle therapy for hypercholesterolemia, hyperglycemia and obesity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, n.4, p.389-96, 2007.

CAMIRE, M.E. Raisin dietary fiber composition and in vitro bile acid binding. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.3, p.834-7, 2003.

CANI, P.D.; DAUBIOUL, C.A.; REUSENS, B.; REMACLE, C.; CATILLON, G.; DELZENNE, N.M. Involvement of endogenous glucagon-like peptide-1(7–36) amide on glycaemia-lowering effect of oligofructose in streptozotocin-treated rats. **Journal Endocrinol**, v.185, p.457–465, 2005a.

CANI, P.D.; DEWEVER, C.; DELZENNE, N.M. Inulin-type fructans modulate gastrointestinal peptides involved in appetite regulation – Glucagon-like peptide-1 and Ghrelin – in rats. **Brazilian Journal of Nutrition**, v.92, p.521–526, 2004.

CANI, P.D.; JOLY, E.; HORSMANS, Y.; DELZENNE, N.M. Oligofructose promotes satiety in healthy human: a pilot study. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.60, n.5, p.567-72, 2006.

CANI, P.D.; NEYRINCK, A.M.; MATON, N.; DELZENNE, N.M. Oligofructose promotes satiety in rats fed a high-fat diet: involvement of glucagon-like peptide-1. **Obesity Research**, v.13, p.1000–1007, 2005b.

CARABIN, I.G.; FLAMM, W.G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology Pharmacology**, New York, v.30, p.268-282, 1999.

CARDOSO, C.V.P. **Leis Referentes à Experimentação Animal no Brasil - Situação Atual**. IN: COBEA. Disponível em <<http://www.cobea.org.br>>. Acesso em 12 de maio de 2007.

CHEN, H.; RUBENTHALER, G. L.; SCHANUS, E. G. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 1, p.304-305, 1988.

COLLI, C.; SARDINHA, F.; FILISETTI, T.M.C.C. Alimentos funcionais. In: SCHOR, N. (Coord.); CUPPARI, L. (Ed.). **Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto**. São Paulo: Manole, cap.4, p.55-70, 2002.

CONCEICAO DE OLIVEIRA, M. Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. **Nutrition**, v.19, n.3, p.253-6, 2003.

COOK, N.C.; SAMMAN, S. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.7, n.2, p.66-76, 1996.

COPPINI, L.; WAITZBERG, D.L., CAMPOS, F.G., HARB-GAMA, A. Fibras Alimentares e Ácidos Graxos de Cadeia Curta. In: Waitzberg, D.L., **Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica**. 3ª ed. São Paulo: Atheneu; 2004. p. 79 – 94.

CURTI, F. **Efeito da maçã gala (Malus domestica Borkh) na lipídemia de ratos hipercolesterolêmicos**. 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

CZELUSNIAK, C.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C.; Wosiacki G. Qualidade de Maças Comerciais Produzidas no Brasil: Aspectos Físico-Químicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.25-31, 2003.

DARIO FRIAS, A.; SGARBIERI, V. Guar Gum Effects On Blood Serum Lipids And Glucose Concentrations Of Wistar Diabetic Rats¹. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, 1998.

DE ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. São Paulo: Atheneu, 2001. 295p.

DERIVI, S.C.N.; MENDEZ, M.H.M.; FRANCISCONI, A.D. Efeito hipoglicêmico de rações à base de berinjela (*Solanum melongena*, L.) em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, 2002.

DEVRAJAN, A.; JOSHI, V.K.; GUPTA, K.; SHEIKHER, C.; LAL, B. Evaluation of apple pomace based reconstituted feed in rats after solid state fermentation and ethanol recovery. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.1, p.93-106, 2004.

DOWNING, D. L. Processed apple product. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p.169-187.(Apple cider).

DREHER, M.L. **Handbook of dietary fiber**. New York: Marcel Dekker, 1987.468p.

DRI - Dietary Reference Intakes: recommended intakes for individuals, vitamins, foods and nutrition board. Washington: National Academy of Sciences; 1997.

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

FERNÁNDEZ, F.; GASSULL, M.A. Metabolismo colónico de la fibra dietética: efectos fisiológicos y posibles indicaciones de los ácidos grasos de cadena corta. **Gastroenterología y Hepatología**, v.15, p.536-542, 1992.

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

FOSTER-POWELL, K.; HOLT, S.H.A.; BRAND-MILLER, J.C. International table of glycemic index and glycemic load values. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.76, p.55-6, 2002.

GIACCO, R.; PARILLO, M.; RIVELLESE, A.A.; LASORELLA, G.; GIACCO, A.; D'EPISCOPO, L.; RICCARDI, G. Long-term dietary treatment with increased amounts of fiber-rich low-glycemic index natural foods improves blood glucose control and reduces the number of hypoglycemic events in type 1 diabetic patients. **Diabetes Care**, v.23, n.10, p.1461-6, 2000.

GONZÁLEZ, M.; RIVAS, C.; CARIDE, B.; LAMAS, M.A.; TABOADA, M.C. Effects of orange and apple pectin on cholesterol concentration in serum, liver and faeces. **Journal of Physiology Biochemistry**, v.54, n.2, p.99-104, 1998.

GORINSTEIN, S.; ZACHWIEJA, Z.; FOLTA, M.; BARTON, H.; PIOTROWICZ, J.; ZEMSER, M.; WEISZ, M.; TRAKHTENBERG, S.; MÀRTÍN-BELLOSO, O. Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.49, n.2, p.952-957, 2001.

HANG, Y. D. Production of fuels and chemicals from apple pomace. **Food Technology**, Chicago, v.41, n.3, p.115-117, 1987.

HANNAN, J.M.; ALI, L.; ROKEYA, B.; KHALEQUE, J.; AKHTER, M.; FLATT, P.R.; ABDEL-WAHAB, Y.H. Soluble dietary fiber fraction of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) seed improves glucose homeostasis in animal models of type 1 and type 2 diabetes by delaying carbohydrate digestion and absorption, and enhancing insulin action. **The British Journal of Nutrition**, v. 97, n.3, p. 514-21, 2007.

HARROLD, J.A.; WIDDOWSON, P.S.; CLAPHAM, J.C.; WILLIAMS, G. Individual severity of dietary obesity in unselected Wistar rats: relationship with hyperphagia. **American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism**, v.279, n.2, p.340-7, 2000.

HILL, J.O.; MELANSON, E.L.; WYATT, H.T. Dietary fat intake and regulation of energy balance: implications for obesity. **The Journal of Nutrition**, v.120, p.284-8, 2000.

HONORES, W.J.C. Estudo de secagem de maçã (*Malus* spp. Variedade Golden Delicuis). 1995. 84p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

HOWARTH N.C.; SALTZMAN E.; ROBERTS S.B. Dietary fiber and weight regulation. **Nutrition Reviews**, v.59, n.5, p.129-139, 2001.

IKEUCHI, M.; KOYAMA, T.; TAKAHASHI, J.; YAZAWA, K. Effects of astaxanthin in obese mice fed a high-fat diet. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v.71, n.4, p.893-9, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 3 ed. São Paulo : Imesp, 1985, v.1, 533p.

IOSSA, S.; LIONETTI, L.; MOLLICA, M.P.; BARLETTA, A.; LIVERINI G. Hepatic mitochondrial respiration and transport of reducing equivalents in rats fed an energy dense diet. **International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity**, v.19, p.539-543, 1995.

JAMES, S.L.; MUIR, J.G.; CURTIS, S.L.; GIBSON, P.R. Dietary fiber: a roughage guide. **Internal Medicine Journal**, v.33, n.11, p.291-296, 2003.

JEBB, S.A. Obesity: from molecules to man. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.58, p.1-14, 1999.

JENKINS, D.J.; WOLEVER, T.M.; TAYLOR, R.H.; BARKER, H.M.; FIELDEN, H.; BALDWIN, J.M. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. **The American Journal of Clinical Nutrition**; v.34, p.362-6, 1981.

JENKINS, D.J.A; KENDALL, C.W.C; AUGUSTIN, L.S.A; FRANCESCHI, S.; HAMIDI, M.; MARCHIE, A. Glycemic index: overview of implications in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.76, p.266-73, 2002.

JUNG, R. Obesity as a disease. **British Medical Bulletin**, v.53, p.307-21, 1997.

KENNEDY, M.; LIST, D.; LU, Y.; FOO, L. Y.; NEWMAN, R. J.; SIMS, I. M.; BAIN, P. J. S.; HAMILTON, B.; FENTON, G. Apple pomace and products derived from apple pomace: uses, composition and analysis. In: LINSKENS, G.; JACKSON, J. F. **Modern methods of plant analyses: analysis of plant waste materials**. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1999. v.20, p.5-119.

KISSEBAH, A.H. Intra-abdominal fat: is it a major factor in developing diabetes and coronary artery disease? **Diabetes Research and Clinical Practice**, v.30, p.25-30, 1996.

LAI, H.S.; LIN, W.H.; CHEN, P.R.; WU, H.C.; LEE, P.H.; CHEN, W.J. Effects of a high-fiber diet on hepatocyte apoptosis and liver regeneration after partial hepatectomy in rats with fatty liver. **JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v.29, n.6, p.401-7, 2005.

LEE, J.S.; LEE, M.K.; HA, T.Y.; BOK, S.H.; PARK, H.M.; JEONG, K.S.; WOO, M.N.; DO, G.M.; YEO, J.Y.; CHOI, M.S. Supplementation of whole persimmon leaf improves lipid profiles and suppresses body weight gain in rats fed high-fat diet. **Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association**, v.44, n.11, p.1875-83, 2006.

LEONTOWICZ, H.; GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; LEONTOWICZ, M.; PARK, Y.S.; JUNG, S.T.; TRAKHTENBERG, S.; MARTIN-BELLOSO, O. Comparative content of some bioactive compounds in apples, peaches and pears and their influence on lipids and antioxidant capacity in rats. **Journal of Nutrition Biochemistry**, v.13, n.10, p.603-610, 2002.

LEONTOWICZ, M.; GORINSTEIN, S.; LEONTOWICZ, H.; KRZEMINSKI, R.; LOJEK, A.; KATRICH, E.; CÍZ, M.; MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HARUENKIT, R.; TRAKHTENBERG, S. Apple and pear peel and pulp and their influence on plasma lipids and antioxidant potentials in rats fed cholesterol-containing diets. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.51, n.19, p.5780-5785, 2003.

LEONTOWICZ, M.; GORINSTEIN, S.; BARTNIKOWSKA, E.; LEONTOWICZ, H.; KULASEK, G.; TRAKHTENBERG, S. Sugar beet pulp and apple pomace dietary fibers improve lipid metabolism in rats fed cholesterol. **Food Chemistry**, v.72, n.1, p.73-78, 2001.

LIONETTI, L.; IOSSA, S.; BRAND, M.D.; LIVERINI, G. The mechanism of stimulation of respiration on isolated hepatocytes from rats fed an energy dense diet. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.7, p.571-576, 1996.

LOPES FILHO, J.C. **Aproveitamento da maçã industrial (Pirus malus, L.) da região de Guarapuava – PR para produtos alimentícios utilizando tecnologia simplificada**. 1993. 106p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR.

MARCIL, V.; DELVIN, E.; SEIDMAN, E.; POITRAS, L.; ZOLTOWSKA, M.; GAROFALO, C.; LEVY, E. Modulation of lipid synthesis, apolipoprotein biogenesis, and lipoprotein assembly by butyrate. **American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology**, v.283, p.340-346, 2002.

MARLETT J.A. Analysis of dietary fiber in human foods. In: Kritchevsky D, Bonfield C, Anderson JW, eds. *Dietary Fiber: Chemistry, Physiology and Health Effects*. New York, NY : Plenum Press; 1990:31 – 48.

MÁRQUEZ L. R. Fibra terapéutica. 2ª ed. BYK Química.2001

MARTINEZ J.A. Body-weight regulation: causes of obesity. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.59, p.337-45, 2000.

MASSIMINO, S.P.; MCBURNEY, M.I.; FIELD, C.J.; THOMSON, A.B.; KEELAN, M.; HAYEK, M.G.; SUNVOLD, G.D. Fermentable dietary fiber increases GLP-1 secretion and improves glucose homeostasis despite increased intestinal glucose transport capacity in healthy dogs. **The Journal of Nutrition**, v.128, n.10, p.1786-93, 1998.

MCKEOWN, N.M.; MEIGS, J.B.; LIU, S.; WILSON, P.W.; JACQUES, P.F. Whole-grain intake is favorably associated with metabolic risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease in the Framingham Offspring Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.76, n.2, p.390-8, 2002.

MEYER, K.; KUSHI, L.; JACOBS, D.JR.; SLAVIN, J.; SELLERS, T.; FOLSOM, A. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.4, p.921-30, 2000.

MOLIS, C.; FLOURIE, B.; OURANE, F. Digestion, excretion and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.64, p. 324-8, 1996.

NAKAZATO, K.; SONG, H.; WAGA, T. Effects of dietary apple polyphenol on adipose tissues weights in Wistar rats. **Experimental animals / Japanese Association for Laboratory Animal Science**, v.55, n.4, p.383-9, 2006.

NISHIMURA, N.; TANIGUCHI, Y.; KIRIYAMA, S. Plasma cholesterol-lowering effect on rats of dietary fiber extracted from immature plants. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.64, n.12, p.2543-51, 2000.

NOBRE, L.N.; RESENDE MONTEIRO, J.B. Determinantes dietéticos da ingestão alimentar e efeito na regulação do peso corporal. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.53, n.3, p.243-250, 2003.

NOGUEIRA, A.; PAGANINI, C.; SILVA, N.C.C.; WOSIACKI, G. Aproveitamento de bagaço de maçã para a produção de álcool e obtenção de fibras alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.179-186, 2005a.

NOGUEIRA, A.; SANTOS, L. D.; PAGANINI, C.; WOSIACKI, G. Avaliação da fermentação alcoólica do extrato de bagaço de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.2, p.179-186, 2005b

OKAWA, H.; NOBUKO, O.; YAGI, K. Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analalitical Biochemistry**, v.95, p.351-358, 1979.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Doenças crônico-degenerativas e obesidade: estratégia mundial sobre alimentação saudável, atividade física e saúde**. Brasília, 2003.

PASS, D.; FREETH, G. The rat. **ANZCCART News**, v.6, n.4, p.1-4, 1993.

PEDROSA, R.G.; TIRAPEGUI, J.; ROGERO, M. Influência do exercício físico na composição química da massa corporal magra de ratos submetidos à restrição alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.40, p.27-34, 2004.

PEREIRA, L.O.; FRANCISCHI R.P.; KLOPPER, M.; SAWADA, L.A.; SANTOS, R.; VIEIRA, P. Obesidade e suas Implicações - Ação da Atividade Física e Controle Nutricional. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.14, p.9-17, 1999.

PEREIRA, L.O.; FRANCISCHI, R.P.; LANCHI, A.H. Obesidade: Hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.47, n.2, p.111-128, 2003.

PEREIRA, M.; JACOBS, D. JR.; PINS, J.; RAATZ, S.; GROSS, M.; SLAVIN, J. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, n.5, p.848-55, 2002.

PIEDEDE, J.;CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no nível de colesterol sanguíneo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.149-156, 2003.

PROTZEK, E.C.; DE FREITAS, R.J.S.; WASZCZYNSKYJ, N. Aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de biscoitos ricos em fibra alimentar. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.16, p.263-275, 1998a.

PROTZEK, E.C.; DE FREITAS, R.J.S.; WASZCZYNSKYJ, N. Incorporação de fibra do bagaço de maçã em pães de forma. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Temas em Tecnologia de Alimentos**, p.245-257, 1998b.

PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; AURA, A.M.; OKSMAN-CALDENTY, K.M.; MYLLÄRINEN, P.; SAARELA, M.; MATTILA-SANHOLM, T.; POUTANEN, K. Development of functional ingredients for gut health. **Trends In Food Science & Technology**, v.13, p.3-11, 2002.

RAUPP, D.S.; CARRIJO, K.C.R.; COSTA L.L.F.; MENDES S.D.C.; BANZATTO, D.A. Propriedades funcionais-digestivas e nutricionais de polpa-refinada de maçã. **Scientia Agricola**, v.57, p.395-402, 2000.

RAUPP, D.S.; SGARBIERI, V.C. Efeito da fibra solúvel de alta viscosidade na ingestão de alimentos, na excreção fecal e no peso corpóreo, em ratos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.40, p.863-74, 1997.

RIBEIRO, P.; MORAIS, T.B.; COLUGNATI, F.A.B.; SIGULEM, D.M. Tabelas de composição química de alimentos: análise comparativa com resultados laboratoriais. **Revista de Saúde Pública**, v.37, n.2, 2003.

- RICCARDI, G.; RIVELLESE, A.A. Effects of dietary fiber and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients. **Diabetes Care**, v.14, n.12, p.1115-1125, 2001.
- ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, p.103-48, 1993.
- ROBERFROID, M.B; DELZENNE, N.M. Dietary fructans. **Annual Review of Nutrition**, v.18, p.177-243, 1998.
- ROLLS, B.J.; SHIDE D.J. The influence of dietary fat on food intake and body weight. **Nutrition Reviews**, v.50, n.10, p.283-90, 1992.
- ROMERO, C.E.M.; ZANESCO, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. **Revista de Nutrição**, v.19, n.1, p.85-91, 2006.
- SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.1, 2006.
- SALMERON, J.; ASCHERIO, A.; RIMM, E.B. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. **Diabetes care**, v.20, n.4, p.545-550, 1997.
- SANTOS, C.R.B.; PORTELLA, E.S.; AVILA, S.S. Dietary factors in preventing and treating comorbidities associated with the metabolic syndrome. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.3, 2006.
- SARTORELLI, D.S.; FRANCO, L.J. Tendências do diabetes mellitus no Brasil: o papel da transição nutricional. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, n.1, p.29-36, 2003.
- SATO, M.F.; RIGONI, D.C.; HEY, R.A.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Características de qualidade de bagaço de variedades experimentais de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas (submetido para avaliação), 2007.
- SBAN – Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. Fibra Alimentar ou Fibra da Dieta, p.73-8, 1990.
- SCHEMIN, M.H.C. **Obtenção de pectina alimentícia a partir de bagaço de maçã**. 2003. 100 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SEMBRIES, S.; DONGOWSKI, G.; JACOBASCH, G.; MEHRLANDER, K.; WILL, F.; DIETRICH, H. Effects of dietary fibre-rich juice colloids from apple pomace extraction juices on intestinal fermentation products and microbiota in rats. **The British Journal of Nutrition**, v.90, n.3, p.607-15, 2003.
- 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. **The Journal of Nutrition**, v.128, n.9, p.1434-41, 1998.

SICHERI, R; COITINHO, D.C.; MONTEIRO, J.B.; COUTINHO, W.F. Recomendações de alimentação e nutrição saudável para a população brasileira. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.44, n.3, 2000.

SOUZA, F; MARCHESINI, J.B.; CAMPOS, A.C.L. Effect of vagotomy in rats neonatally injected with monosodium glutamate: biometry study. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v.16, n.1, p.32-45, 2001.

STEPHENS; D.N. Does the Lee obesity index measure general obesity? **Physiology & Behavior**, v.25, n.2, p.313-5, 1980.

SWANSON, K.S.; GRIESHOP, C.M.; CLAPPER, G.M.; SHIELDS, R.G.; BELAY, T.; MERCHEN, N.R.; FAHEY, G.C. Fruit and vegetable fiber fermentation by gut microflora from canines. **Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.919-26, 2001.

TERPSTRA, A.H.; LAPRE, J.A.; DE VRIES, H.T.; BEYNEN, A.C. Dietary pectin with high viscosity lowers plasma and liver cholesterol concentration and plasma cholesteryl ester transfer protein activity in hamsters. **The Journal of Nutrition**, v.128, n.11, p.1944-9, 1998.

TODA FRUTA. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 10/05/2007

TOMAS-BARBERAN, F.A.; CLIFFORD, M.N. Flavanones, chalcones and dihydrochalcones - nature, occurrence and dietary burden. **Journal Science of Food Agricultural**, v.80, n.7, p.1073-80, 2000.

TROWEL, H.C.; SOUTHGATE, D.A.T.; WOLEVER, T.M.S. Dietary fiber redefined. **Lancet**, v.1, p.1967-68, 1976.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP. Versão 4.1. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 10.05.2007.

VILLAS-BOAS, S.G.; ESPOSITO, E. Bioconversão do bagaço de maçã. **Biotechnology Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, ano. 3, n.14, p.38-42, 2000.

VON DIEMEN, V.; TRINDADE, E.N.; TRINDADE, M.R.M. Modelo experimental para induzir obesidade em ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v.21, n.6, 2006.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.44, n.3, p.701-705, 1996.

WHO - World Health Organization. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva, p.149, 2003.

WHO - World Health Organization. **Obesity - preventing and managing the global epidemic**. Geneva: Report of a WHO Consultation on Obesity, 1998.

WILLS. E.D. Mechanism of lipidi peroxide formation um animal tissues. **The Biochemical Journal**, v.99, n.5, p.667-676, 1966.

WOLEVER, T.M.; YANG, M.; ZENG, X.Y.; ATKINSON, F.; BRAND-MILLER, J.C. Food glycemic index, as given in glycemic index tables, is a significant determinant of glycemic responses elicited by composite breakfast meals. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, n.6, p.1306-12, 2006.

WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; Suco de maçã. In: VENTURINI FILHO, W.G. Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação, mercado. Botucatu: Edgard Blücher, 2005, v. 1, p.255-292.

WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C. Brazilian Apple Production. A few years later. **Fruit Processing**. Schönborn, v.12, n.12, p.472-475, 2000.

WÜRSCH, P.; PI-SUNYER, E.X. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. **Diabetes Care**, v.20, n.11, p.1774-89, 1997.