

*DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM
DIFERENTES FONTES DE
CARBOIDRATOS E SUA INFLUÊNCIA NA
GLICEMIA E INSULINEMIA EM CÃES*

José Walter da Silva Júnior

2004

JOSÉ WALTER DA SILVA JÚNIOR

**DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM DIFERENTES FONTES DE
CARBOIDRATOS
E SUA INFLUÊNCIA NA GLICEMIA E INSULINEMIA EM CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

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

Silva Júnior, José Walter da

Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicemia e insulinemia em cães / José Walter da Silva Júnior. – Lavras : UFLA, 2004.
51 p. : il.

Orientadora: Flávia Maria de Oliveira Borges.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Cão. 2. Insulina. 3. Glicose. 4. Carboidrato. 5. Amido. 6. Digestibilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.70855

JOSÉ WALTER DA SILVA JÚNIOR

**DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM DIFERENTES FONTES DE
CARBOIDRATO
E SUA INFLUÊNCIA NA GLICEMIA E INSULINEMIA EM CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2004.

Prof. Paulo Borges Rodrigues	UFLA
Prof. Luis David Solis Murgas	UFLA
Prof. Walter Motta Ferreira	UFMG
Prof. Carlos Eduardo do Prado Saad	UFLA

Prof. Flávia Maria de Oliveira Borges
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ofereço

Aos meus pais, Maria Rosa e José Walter, pela minha formação moral e acadêmica, amor, amizade, liberdade e apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos, Marcelo Alexandre e Rodrigo Otávio, pela amizade, amor e risadas compartilhadas.

À minha companheira Cida, pelo amor, carinho e apoio nesta caminhada.

Aos meus familiares, amigos e professores, cada qual personagem de importância em minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pelas oportunidades oferecidas.

À professora Flávia Maria de Oliveira Borges, pela orientação, amizade, apoio, cobrança, liberdade e confiança durante todas as etapas do mestrado.

Ao Professor Luis David Solis Murgas, pela co-orientação, amizade, apoio e incentivo.

Ao Professor Raimundo Vicente de Souza, pela amizade, apoio e sugestões que enriqueceram este trabalho.

A todos professores dos Departamentos de Zootecnia e Medicina Veterinária, pela formação acadêmica, apoio e credibilidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colaboradores Lílian, Ana Gabriela, Guilherme, Renata Viana, Renata Pereira, pelo grande auxílio e dedicação durante a condução do experimento e análises.

À Total Alimentos S/A, pelo apoio incondicional para a realização do experimento.

Aos amigos Bruno Torres e Leonardo Lara, pelo auxílio e apoio neste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação Márcio Zangeronimo e Roberta Brandi, pelo auxílio nos grupos de estudo.

A todos aqueles que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

E a DEUS, pelas alegrias da vida, que foram infinitamente maiores que as tristezas.

BIOGRAFIA

JOSÉ WALTER DA SILVA JÚNIOR, filho de José Walter da Silva e Maria Rosa Correia da Silva, nasceu no Rio de Janeiro, RJ, em 20 de maio de 1977.

Em março de 1996, ingressou na Universidade Federal de Lavras, onde, em dezembro de 2000, obteve o título de Médico Veterinário.

Iniciou, em março de 2001, o programa de Residência em Clínica Médica de Cães e gatos, no Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras, concluído em abril de 2002.

Em fevereiro de 2003 iniciou o curso de Pós-graduação em Zootecnia na mesma universidade, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 20 de fevereiro de 2004 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Panorama da alimentação de cães.....	03
2.2 Os carboidratos e a alimentação de cães.....	06
2.2.1 Milho (<i>Zea mays</i>).....	10
2.2.2 Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)..	12
2.2.3 Arroz (<i>Oriza sativa</i>).....	14
2.3 Digestibilidade.....	15
2.4 Glicemia.....	16
2.4.1 Mensuração da glicemia.....	18
2.5 Relação insulina/glucagon.....	21
2.6 Insulinemia.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Local e duração dos trabalhos.....	23
3.2 Instalações.....	24
3.3 Animais utilizados.....	25
3.4 Dietas experimentais.....	26
3.5 Alimentação dos animais.....	28
3.6 Colheita de amostras.....	29
3.6.1 Amostras de fezes.....	29
3.6.2 Amostras de sangue venoso.....	29
3.6.3 Amostras das dietas.....	30
3.7 Análises químicas.....	30

3.8 Parâmetros avaliados	31
3.8.1 Digestibilidade da matéria seca	31
3.8.2 Digestibilidade do amido total	32
3.8.3 Energia digestível.....	32
3.8.4 Glicemia.....	32
3.8.5 Insulinemia.....	33
3.9 Análises estatísticas	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Análises químicas.....	34
4.2 Digestibilidade da matéria seca	36
4.3 Digestibilidade do amido total.....	37
4.4 Energia digestível.....	38
4.5 Glicemia.....	39
4.6 Insulinemia.....	46
5 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXO	61

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 População canina em alguns países do mundo.....	6
TABELA 2 Composição média do milho, sorgo e quirera de arroz, adaptado de Rostagno (2000).....	13
TABELA 3 Peso médio e desvio padrão dos cães de cada bloco.....	26
TABELA 4 Dietas experimentais.....	27
TABELA 5 Formulação das dietas experimentais, valores em porcentagem na base da matéria natural.....	27
TABELA 6 Análise química das dietas experimentais na base de matéria natural.....	34
TABELA 7 Análise química das dietas experimentais na base de 100% de matéria seca.....	35
TABELA 8 Digestibilidade da matéria seca de diferentes dietas para cães. UFLA, Lavras - MG, 2004.....	36
TABELA 9 Digestibilidade do amido total das dietas experimentais. UFLA, Lavras - MG, 2004.....	37
TABELA 10 Energia digestível das dietas experimentais. UFLA, Lavras - MG, 2004.....	38
TABELA 11 Valores médios de glicemia, em mg/dL, de cada dieta, de 0 a 630 minutos. UFLA, Lavras - MG, 2003.....	38
TABELA 12 Médias de glicemia para cada dieta nos diferentes tempos de colheita.....	40
TABELA 13 Valores médios de glicemia observada e corrigida, em mg/dL, de cada tempo de colheita.....	42
TABELA 14 Valores médios de insulinemia pós-prandial, em UI/mL, de cada dieta, de 0 a 180 minutos.....	45

TABELA 15	Valores médios de insulinemia entre os tempos de colheita, em $\mu\text{U/mL}$, de 0 a 180 minutos.....	46
-----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Produção de alimentos industrializados para cães e gatos (Fonte: ANFAL apud Salvador et al, 2002).....	7
FIGURA 2	Estrutura parcial da amilose. (Adaptado de Chaplin, 2004).....	8
FIGURA 3	Estrutura parcial da amilopectina. (Adaptado de Chaplin, 2004).....	9
FIGURA 4	Instalações experimentais.....	25
FIGURA 5	Comedouros dos animais	26
FIGURA 6	Cães utilizados no experimento.....	26
FIGURA 7	Dietas experimentais.....	28
FIGURA 8	Gráfico representando as curvas glicêmicas, em mg/dL, de cada dieta, de 0 a 630 minutos, após a alimentação.....	39
FIGURA 9	Curva de glicemia média de todos os tratamentos, em mg/dL, de 0 a 630min. após a alimentação.....	43
FIGURA 10	Gráfico das curvas insulinêmicas de cada dieta, expressos em U/mL, de 0 a 180 minutos.....	45
FIGURA 11	Curvas da glicemia média (mg/dL) e insulinemia média (μ U/mL) de 0 a 180 minutos.....	47

RESUMO

SILVA JÚNIOR, José Walter da. **Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicemia e insulinemia pós-prandial em cães.** 2004. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar a influência das dietas com diferentes fontes de carboidratos na glicemia e insulinemia pós-prandial de cães, foi conduzido, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em cooperação com a empresa Total Alimentos S/A, um experimento com cães da raça Foxhound Americano. Foram utilizados 24 cães machos com peso médio de $34,61 \pm 3,42$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com parcela subdividida no tempo, com quatro tratamentos, seis blocos e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em três dietas, formuladas para conterem as mesmas quantidades (63%) dos cereais avaliados (milho, sorgo e arroz) e uma quarta dieta constituindo uma mistura em partes iguais de cada cereal. As dietas foram isoenergéticas e isoprotéicas. Os animais foram alimentados uma vez ao dia, pela manhã e as quantidades ingeridas foram estabelecidas de acordo com a equação de predição de Heusner (1982) para energia de manutenção acrescidas em 10%. Foram avaliadas a digestibilidade da matéria seca, a digestibilidade do amido total, a energia digestível, a glicemia e a insulinemia. A glicemia foi determinada utilizando-se um glicosômetro portátil, ou monitor portátil de glicose, o “Accu-Chek® Advantage”. A insulinemia foi determinada por doseamento imunométrico, através do analisador IMMULITE® 2000. Para a diferenciação das médias foi utilizado o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Observou-se que a dieta 3 (arroz) foi superior ($P < 0,05$) para a variável digestibilidade da matéria seca e digestibilidade do amido total. Para a variável energia digestível, as dietas 1 e 3 (milho e arroz) foram superiores às demais ($P < 0,05$). Não foi observada diferença significativa entre as dietas para as variáveis glicemia ($P = 0,51$) e insulinemia ($P = 0,66$) pelo teste F. Concluiu-se que as diferentes fontes de carboidratos utilizadas nas quatro dietas não influenciaram na glicemia e insulinemia pós-prandial em cães saudáveis.

*Comitê de Orientação: Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges – UFLA (orientadora), Prof. Luis David Solis Murgas – UFLA, Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA.

ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, José Walter da. **Digibility of diets with different sources of carbohydrates and your influence in the blood glucose and blood insulin in health dogs.** 2004. 50 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

In order to evaluate the influence of the diets with different carbohydrates sources in blood glucose and blood insulin in dogs, were conducted, in Animal Science Department of Federal University of Lavras (UFLA), in association with the Total Alimentos S/A, a experiment with dogs of breed American Foxhound. Were utilized 24 males dogs with average weight of the $34,61 \pm 3,42$ kg, allotted in randomized blocks design with subdivided piece in time, with four treatments, six blocks and one animal per unit experimental. The treatments were three diets formulated to contain the same amount (63%) of the cereals evaluate (corn, sorghum and rice) and a fourth diet being a blend in equal parts of each cereal. The animals were fed once per day, for the morning, and the consume established agreed with the prediction equation of the Heusner (1982) for maintenance energy, plus 10%. The digestible dry matter, the digestible starch, the digestible energy, the blood glucose and blood insulin were evaluated. The blood glucose was determined with a glucometer the “Accu-Chek[®] Advantage”. The blood insulin was determined for immunometric method, across of the IMMULITE[®] 2000 analyzer. For the statistical analysis were utilized the test of Scott-Knott ($P < 0,05$). Thus, the diet 3 (rice) were higher ($P < 0,05$) for the digestible of dry matter variable and digestible starch variable. For the digestible energy variable, the diets 1 and 3 (corn and rice) were higher than others ($P < 0,05$). It was found that the treatments didn't influence the blood glucose ($P = 0,51$) and blood insulin ($P = 0,66$) for test F. In conclusion, the different sources of the carbohydrates utilized, in the four diets, didn't influence in the blood glucose and blood insulin in health dogs.

*Guidance Committee: Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges – UFLA (orientadora), Prof. Luis David Solis Murgas – UFLA, Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Os animais de companhia, representados principalmente pelos cães e gatos, estão há milhares de anos inseridos na sociedade humana. Atualmente, estes animais estão em grande destaque, pois o homem busca, na relação com estes animais, aliviar uma parcela do estresse causado pela vida urbana.

Quando se adota um filhote, tem-se a intenção de proporcionar-lhe um desenvolvimento sadio e uma vida feliz. Porém, no decorrer da vida do animal, este é constantemente desafiado por enfermidades e injúrias que, muitas vezes, resultam em um período de vida mais curto.

Nesse contexto, a alimentação do animal desempenha papel fundamental. A nutrição está diretamente relacionada à qualidade de vida e é fator determinante da longevidade do animal. Um animal alimentado com uma dieta corretamente balanceada possui melhores chances de vencer os desafios impostos à sua saúde, desfrutando de uma vida mais saudável e feliz, por mais tempo.

Hoje, uma nova corrente na nutrição discute que uma das causas possíveis de doenças, como insuficiência renal e insuficiência cardíaca, seria a hipertensão arterial causada por uma inabilidade de excreção do sódio, que ficaria retido no organismo devido ao excesso de insulina. Este hiperinsulinismo é provocado pelo consumo contínuo de dietas ricas em carboidratos e açúcares (Behrend & Greco, 2000a; Ter Maaten et al., 1997). Os carboidratos não são essenciais, nutricionalmente, aos cães, mas são necessários para uma boa extrusão de alimentos comerciais.

Além de reter sódio, a relação insulina/glucagon é responsável pela modulação das enzimas do metabolismo de carboidratos e lipídeos, de modo que uma alta relação insulina/glucagon, geralmente no período pós absorptivo,

exacerba as vias de síntese de glicogênio e lipídeos, ao passo que uma baixa relação insulina/glucagon levaria o organismo a ativar vias de liberação de energia como lipólise e gliconeogênese. Dessa forma, o animal que conseguir manter a relação insulina/glucagon predominantemente baixa dificilmente terá problemas como obesidade, diabetes, doenças cardíacas e respiratórias (Behrend & Greco, 2000a; Ter Maaten et al., 1997).

Baseado em tais fatos, algumas empresas de alimentos completos para cães propõem uma dieta rica em proteína e gordura de origem animal, que não provocam grande liberação de insulina, mantendo-se somente uma quantidade mínima de carboidratos, necessários para uma boa extrusão. Entretanto, as pesquisas são controversas em relação aos benefícios das dietas altamente protéicas. Além do mais, o custo destes alimentos é elevado.

A solução seria uma dieta que não interferisse tanto na glicemia e proporcionasse uma elevação mais discreta e gradativa da insulina, de forma que se possa diminuir a retenção de sódio e aumentar os níveis de glucagon. A formulação de uma dieta baseada em carboidratos (amido) que não apresente bruscas mudanças na glicemia, interferindo o mínimo possível na liberação de insulina, pode ser mais adequada que as atuais.

Assim, o objetivo deste experimento foi avaliar a digestibilidade de quatro tipos diferentes de dietas à base de cereais e sua resposta glicêmica e insulinêmica em cães, buscando identificar qual cereal de importância industrial (milho, sorgo, arroz ou mistura destes) possui menor influência sobre a glicemia e insulinemia dos cães.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os carboidratos e a alimentação de cães

Os carboidratos são as mais abundantes moléculas orgânicas na natureza (Champe & Harvey, 1996). Desde as civilizações antigas, a base energética da alimentação humana são os carboidratos, representados principalmente por cereais (trigo, milho e arroz), batata e mandioca (Alavi, 2003).

A história evolutiva dos cães comprova que estes, há muito tempo, possuem uma dieta onívora, porém, rica em proteína e gordura de origem animal. Ao serem domesticados, passaram a viver na companhia de seres humanos, modificando bastante a sua alimentação ao longo dos séculos. Com o advento da agricultura, quantidades crescentes de cereais passaram a fazer parte também da dieta dos cães (Tardin, 2002).

Os carboidratos são os principais constituintes energéticos dos vegetais, representando entre 60% a 90% do seu peso seco (Buléon et al., 1998; Case et al., 1998). O polissacarídeo de armazenamento de origem vegetal mais importante, na natureza é o amido (Lehninger et al., 1995).

O amido é um homopolissacarídeo, constituído apenas de moléculas de glicose, sob a forma de polímeros não solúveis, com ligações hidrogênio intra e intermoléculas, originando uma estrutura coesa e organizada, denominada grânulo ou grão de amido. O formato do amido depende de sua origem botânica. Todo amido consiste numa mistura de dois polissacarídeos; de 10% a 30% de amilose, e 70% a 90% de amilopectina (Mori, 2004; Figueiredo & Guerreiro, 2003; Nunes, 1998; Lehninger et al., 1995).

A amilose consiste de cadeias longas, não ramificadas, de unidades de glicose conectadas por ligações α 1-4. A Figura 1 apresenta uma representação da estrutura parcial da amilose (Chaplin, 2004; Figueiredo & Guerreiro, 2003; Lehninger et al., 1995).

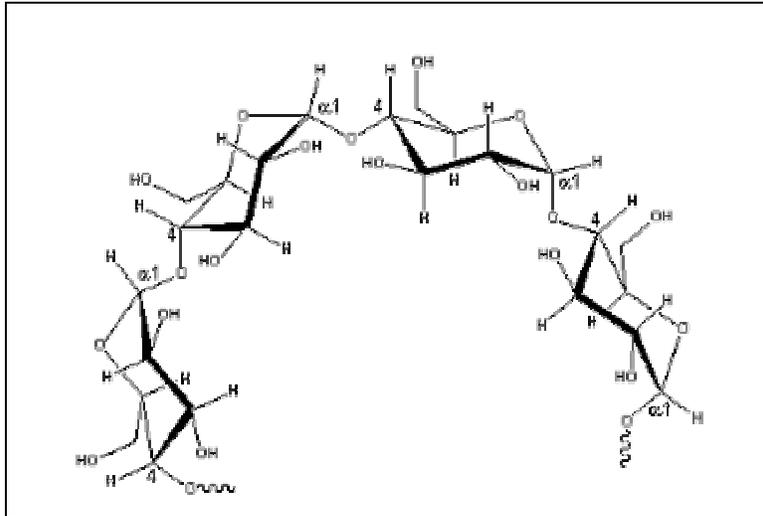


FIGURA 1 Estrutura parcial da amilose (Adaptado de Chaplin, 2004).

A amilose é quebrada pela enzima α -amilase de duas em duas moléculas de glicose, fornecendo maltose como produto final. A enzima α -glucosidase, ou maltase, produzida na mucosa intestinal, quebra a maltose em duas moléculas de glicose (Nunes, 1998).

A amilopectina (Figura 2) é altamente ramificada, mas a maior parte da molécula é composta por cadeias lineares de ligações α 1-4. Mas, nos pontos de ramificação, chamados pontos brancos, que ocorrem entre cada 24 a 30 moléculas de glicose, são ligações do tipo α 1-6 (Chaplin, 2004; Figueiredo & Guerreiro, 2003; Nunes, 1998; Lehninger et al., 1995). Duas enzimas são capazes de agir nas ligações da cadeia da amilopectina. A α -amilase quebra a cadeia linear, chegando bem próximo da ramificação, produzindo maltose e um oligossacarídeo pequeno e ramificado. Este é atacado pela enzima intestinal oligo-1,6-glucosidase (isomaltase) e, subseqüentemente, os pequenos resíduos

lineares atacados pela Áamilase e maltase gerando moléculas de glicose (Nunes, 1998).

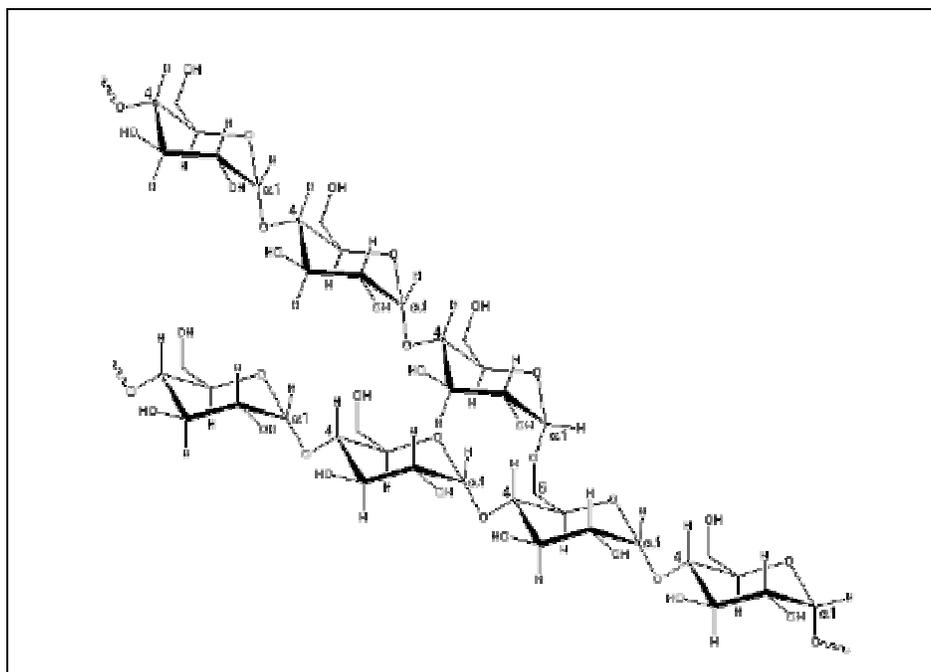


FIGURA 2 Estrutura parcial da amilopectina (Adaptado de Chaplin, 2004).

As propriedades físico-químicas do amido repercutem nas características de textura e nutricionais da ração preparada. O amido presente em cereais, como sorgo, milho e arroz, apresenta uma absorção muito baixa de água à temperatura ambiente. Entretanto, esta absorção aumenta com o aumento da temperatura, resultando em uma solubilização da amilose e da amilopectina com a formação de uma solução colóide (Mori, 2004).

Quando o amido é aquecido na presença de água, grandes modificações ocorrem na sua estrutura. A energia térmica introduzida no sistema enfraquece

as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e de amilopectina, a estrutura granular “relaxa” e a água começa a penetrar no interior dos grânulos. Mantendo-se o aquecimento, verifica-se o aumento das dimensões dos grânulos, devido a uma maior quantidade de água que vai entrando e se ligando às suas moléculas. Devido à grande quantidade de hidroxilas (OH) presente nos grânulos, estes facilmente estabelecem pontes de hidrogênio com a água. Diz-se, então, que o amido se gelatiniza. Este processo é denominado gelatinização (Figueiredo & Guerreiro, 2003; Borges, 2002).

Por outro lado, o tratamento térmico do amido em ausência de água leva a uma expansão da massa sem perda de material solúvel, produzindo-se a desgelatinização parcial do amido, que passa de um estado solúvel, disperso e amorfo a um estado cristalino insolúvel. Este fenômeno se denomina retrocessão. A amilose apresenta maior capacidade de retrocessão, enquanto que a amilopectina apresenta uma maior capacidade de gelatinização. Os dois processos são importantes na qualidade dos grânulos e na qualidade nutricional das rações para cães (Figueiredo & Guerreiro, 2003; Borges, 2002).

A gelatinização aumenta a digestibilidade do amido. Este processo depende não só da temperatura de cocção, mas também da composição do amido presente na formulação (Alavi, 2003). A capacidade de inchamento dos cereais guarda uma correlação alta e positiva dentro de todas as qualidades organolépticas da ração, como textura, sabor e aceitabilidade. Por outro lado, o conteúdo de amilose guarda correlação negativa com todas as características organolépticas (Borges, 2002).

A digestibilidade do amido do cereal determina o conteúdo energético disponível do grão e esta digestibilidade é dependente do tipo de cadeia de amido e da hidrólise por enzimas pancreáticas. Neste aspecto, cães são mais hábeis em digerir o amido da dieta que os gatos, que apresentam uma reduzida quantidade de amilase pancreática, com intolerância mesmo a níveis moderados

de carboidratos. Mesmo para cães, o grau de digestão do carboidrato dependerá do processamento a que o alimento foi submetido (Borges, 2002).

Os cães são incapazes de digerir adequadamente o amido, a menos que este seja processado, por meio da cocção ou extrusão (Tardin, 2002). Assim, os alimentos comerciais para cães são extrusados. Segundo Smith (1975), citado por Carvalho (2002), extrusão é o processo de cozimento, realizado pela combinação de umidade, pressão, calor e atrito mecânico, no interior de um tubo. Neste processo, o amido é gelatinizado e passa a ser digerido e aproveitado pelos cães.

No processo de extrusão, a quantidade e o tipo de amido da mistura são determinantes na qualidade do “*pelet*”. Misturas com um alto teor de gordura (acima de 20%) ou com baixa quantidade de amido resultam em um “*pelet*” pouco expandido e pouco crocante, o que não é desejável sob o ponto de vista industrial (Borges, 2002).

Além de ser necessário ao processo de extrusão para moldar o alimento, os cereais são fontes mais econômicas de nutrientes (Tardin, 2002). Assim, o amido, hoje representado pelos cereais, compõe a maior parte na formulação de alimentos completos para cães (Lewis et al., 1994).

2.2 Digestibilidade

Os carnívoros são animais adaptados a dietas concentradas e altamente digestíveis, sendo caracterizados por um intestino simples e curto (Ahlstrom & Skrede, 1998; Kendall, 1981). O cão é um animal carnívoro por definição, mas onívoro por convenção. Assim, é melhor definido como carnívoro não estrito (Mohrman, 1979).

Andrigueto (1986) define digestibilidade como sendo a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes ou quanto o nutriente ingerido foi absorvido pela mucosa intestinal. Case et al. (1998) consideram a

digestibilidade como sendo uma medida de qualidade das rações, pois estabelece a proporção de nutrientes disponíveis que serão absorvidos pelo organismo. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) permite estimar o percentual de nutrientes absorvidos (Lôbo Júnior, 2000).

Segundo Zentek & Meyer (1995), citados por Lôbo Júnior (2000), a digestibilidade é considerada aparente, pois parte dos nutrientes presentes nas fezes pode ser oriunda de síntese bacteriana, restos de células descamadas da parede intestinal e substâncias residuais de secreções do trato gastrointestinal, como, por exemplo, enzimas digestivas. Segundo Borges (2003b), para alguns nutrientes, entre eles o amido, a digestibilidade aparente pode ser considerada verdadeira, uma vez que não existe amido endógeno nas fezes.

A amilopectina é mais fácil de digerir do que a amilose. Pela forma amorfa da amilopectina, ocorre uma maior penetração de água e uma degradação enzimática mais eficiente (Bedford, 1998).

Os cães, fisiologicamente e metabolicamente, possuem uma melhor adaptação a carboidratos que os gatos, pois estes não apresentam produção de amilase salivar e possuem pouca amilase pancreática (Morris et al., 1987; Borges, 1998).

2.3 Glicemia

A glicose é o principal substrato utilizado pela maioria das células dos organismos para obter energia necessária para manutenção, reprodução e armazenamento (Guyton, 1997).

Devido ao seu papel fundamental, substrato para obtenção de energia, a glicemia é finamente regulada por uma série de mecanismos hormonais e não hormonais. Estes mecanismos estão diretamente relacionados ao consumo de alimentos que, quando digeridos, são absorvidos na forma de glicose, bem como à regulação do consumo celular de glicose (glicólise) e à mobilização de

reservas corporais (gliconeogênese) para a liberação de glicose para as células (Swenson, 1996; Guyton, 1997; Cunningham, 1999). Os carnívoros, assim como os demais animais superiores, não têm necessidade de ingerir glicose para manter a euglicemia. A glicemia é mantida principalmente por gliconeogênese, a partir dos aminoácidos, glicogênio e ácidos graxos (Case et al., 1998).

Dentre os vários mecanismos existentes, a relação insulina/glucagon parece ser a mais importante na manutenção da euglicemia (Champ & Harvey, 1996; Rang et al., 2002).

Os valores normais de glicemia em cães, mensurados a partir do plasma sanguíneo, variam de 65 a 120 mg/dL (Dyer, 1992; Nelson et al., 1994b). Alguns autores ou laboratórios podem informar a glicemia em mmol/L; para converter mg/dL a mmol/L, multiplica-se o valor em mg/dL por 0,055 (Nelson et al., 1994b).

Variações na glicemia, hiper ou hipoglicemia, resultam em alterações metabólicas variadas. Quando crônicas, podem constituir fator predisponente ao desenvolvimento de doenças como a diabetes. Alterações extremas na glicemia podem levar o animal ao coma e também à morte (Nelson, 1998). Um animal só é considerado hipoglicêmico quando sua glicemia sérica estiver menor ou igual a 50 mg/dL (Dyer, 1992).

A glicose plasmática é um dos nutrientes envolvidos na ingestão de alimentos e na regulação do consumo voluntário pelo animal. Existem duas teorias para o controle fisiológico do consumo voluntário: a teoria dos nutrientes circulantes no sangue e a teoria da distensão estomacal. Nos cães, o consumo voluntário de alimentos está mais relacionado à satisfação da quantidade de energia de manutenção diária, sendo então a primeira teoria mais importante inicialmente (Borges, 2003b).

Dentre as teorias de nutrientes circulantes no sangue, existe a teoria glicostática, relacionando a glicemia ao consumo voluntário. Alimentos que

possuem uma liberação rápida de glicose não são indicados para cães obesos, pois provocam um alto pico insulinêmico. A insulina, por sua vez, promove uma rápida entrada da glicose na célula, o que leva a uma queda abrupta de glicose sanguínea. Como consequência, cessa muito rapidamente a sensação de saciedade e o animal sentirá fome novamente. Assim, alimentos que possuem liberação gradativa da glicose são os mais indicados para a saúde do animal, evitando a obesidade e a hiperinsulinemia fisiológica (Borges, 2003).

2.3.1 Mensuração da glicemia

Há vários métodos de mensuração da glicemia. O método referencial é realizado em laboratório, geralmente utilizando a enzima glicose oxidase (Pereira et al., 2003). Outros métodos utilizados são fitas reagentes com variação de cor, “*color test strips*”, ou monitores de glicose portáteis (Cohn et al., 2000).

Segundo Nelson et al. (1994b), ao se interpretar os valores de glicose, devem ser considerados não só o método de mensuração da glicose, mas também o tipo de amostra: sangue, plasma ou soro. Outras considerações cabem em relação ao estado fisiológico do animal, bem como o horário da última alimentação (Swenson, 1996; Rang et al., 2002).

Segundo Chastain (1997), a centrifugação, efetuada para separar os elementos figurados do soro, concentra a glicose. Portanto, os níveis de glicemia sanguíneos são cerca de 15% mais baixos que os níveis séricos.

O armazenamento prolongado do sangue antes da separação de soro ou plasma diminui a concentração de glicose em aproximadamente 7 mg/dL/hora (Nelson, 1994).

A ansiedade e o estresse do animal fora do seu ambiente, também podem elevar a glicemia (Andrade et al., 2003; Oliveira et al., 2003; Fleeman & Rand, 2001; Behrend & Greco, 2000b).

Entretanto, o desenvolvimento de novas técnicas de colheita de amostras de sangue capilar da pua (Wess & Reusch, 2000) e mucosa oral (Fleeman & Rand, 2000) permite aos proprietários obter informações sobre a glicemia dos cães em casa (Casella & Reusch, 2000). Para tanto, é necessário utilizar monitores de glicose portáteis (Fleeman & Rand, 2001). Esta prática é importante, principalmente quando o proprietário possui cães diabéticos (Casella & Reusch, 2000).

As vantagens no uso de monitores portáteis de glicose são muitas. A praticidade, os baixos custos e a velocidade na obtenção de resultados são algumas delas. Entretanto, a mais evidente vantagem é a necessidade de apenas uma pequena quantidade de sangue, que pode ser obtida sem que o animal fique estressado. Assim, evita-se que ocorra uma hiperglicemia momentânea devido ao estresse, principalmente em felinos (Behrend & Greco, 2000b; Rand, 1997; Torr et al., 1991).

Cohn et al. (2000), em experimentos realizados com monitores portáteis de glicose e fitas reagentes com variação de cor, relatam que os valores de glicemia em cães podem ter alterações consideráveis em relação ao método laboratorial de referência. As fitas reagentes com variação de cor são métodos pouco eficientes e de validade duvidosa para a mensuração da glicemia em cães. Entretanto, os monitores de glicose portáteis podem ser utilizados, mas com algumas ressalvas.

Amostras de sangue com evidente hiperglicemia, com valores acima de 250 mg/dL pelo método de referência, também resultam em hiperglicemia pelos monitores portáteis e, normalmente, não trazem alteração na decisão clínica, mesmo que a diferença nos valores ultrapasse 15% entre um método e outro (Cohn et al., 2000). Porém, quando a glicemia estiver baixa, menor que 60 mg/dL, os valores de glicemia apresentados pelos monitores podem estar abaixo dos valores reais, acusando uma hipoglicemia (Behrend & Greco, 2000b; Cohn

et al., 2000). Este erro dos monitores é proposital e auxilia pacientes humanos, impedindo que estes cheguem à hipoglicemia (Cohn et al., 2000).

Pereira et al. (2003) e Plotnick & Greco (1995) não veêm problemas no uso do monitor portátil de glicose “Accu-Chek[®] Advantage”, da “Roche[®] diagnostics”, para a mensuração da glicemia em cães. Ambos os pesquisadores indicam o uso clínico do monitor.

O monitor portátil de glicose é capaz de determinar a glicemia a partir de uma gota de sangue fresco, desde que a glicemia esteja variando de 10 a 600 mg/dL. Com apenas uma gota de sangue obtém-se o resultado em aproximadamente 26 segundos (Accu-Chek[®], 2003).

A repetibilidade dos resultados, utilizando-se sangue venoso apresenta coeficiente de variação (CV) menor que 4,0 no nível de 164 mg/dL e CV menor que 2,9 no nível de 60 mg/dL. A confiabilidade do teste é válida para análises realizadas acima de 14°C e abaixo de 40°C; ainda é necessário que a umidade do ar não exceda 85%. A altitude de realização do teste não deve ser maior do que 3.093,73 metros acima do nível do mar (Accu-Chek[®], 2003).

2.4 Relação insulina/glucagon

A regulação hormonal da glicemia é realizada, principalmente, pela ação de dois hormônios de ação antagônica: insulina e glucagon (Guyton, 1997). Ambos secretados pelo pâncreas, a insulina é um hormônio hipoglicemiante, enquanto o glucagon é hiperglicemiante (Swenson, 1996; Cunningham, 1999).

A relação insulina/glucagon modula os padrões de fosforilação e desfosforilação enzimáticas, inibindo ou estimulando alostericamente enzimas que promovem a glicólise, glicogênese, glicogenólise e gliconeogênese (Champe & Harvey, 1996).

No período absorptivo, a relação insulina/glucagon está sobre a predominância da insulina, devido ao grande aporte de glicose oriundo da

digestão, fazendo com que predomine um padrão de desfosforilação enzimático, estimulando as reações de anabolismo. Logo após, no período pós-absortivo, ocorre um equilíbrio na relação insulina/glucagon, porém, a insulina ainda é sutilmente predominante. Já no período que compreende o jejum, há o predomínio do glucagon, estabelecendo um padrão de fosforilação enzimática, facilitando as reações de catabolismo, na tentativa de manter a euglicemia. (Champe & Harvey, 1996).

As células beta e alfa do pâncreas respondem como uma unidade única e unida às mínimas alterações na glicemia, secretando insulina ou glucagon na tentativa de manter a euglicemia (Flattem et al., 2001).

2.5 Insulinemia

A insulina é um hormônio protéico com duas cadeias polipeptídicas, A e B, unidas por pontes dissulfeto. Ela é sintetizada pelas células β do pâncreas, quando a concentração de glicose no sangue se eleva (Lehninger et al., 1995).

A quantidade de insulina circulante no sangue é denominada de insulinemia. Os valores normais de insulinemia em cães variam de 5 a 20 $\mu\text{U/mL}$. Alguns autores ou laboratórios podem também informar a insulinemia em pmol/L. Para converter valores em $\mu\text{U/mL}$ para pmol/L, basta multiplicar os valores em $\mu\text{U/mL}$ por 6,0 (Nelson et al., 1994b).

Até pouco tempo atrás, pouca atenção era dada à insulinemia ou à quantidade de insulina liberada no organismo. Mesmo porque, sua avaliação isolada traz pouca elucidação clínica, exceto em doenças específicas, como diabetes e tumores pancreáticos (Nelson et al., 1994).

Porém, recentes pesquisas na medicina humana correlacionam positivamente a resistência à insulina com a sensibilidade ao sódio, levando a crer que o excesso de insulina ou hiperinsulinemia poderia levar à hipertensão arterial (Ter Maaten et al., 1999).

A síndrome de resistência à insulina é a condição na qual a quantidade normal de insulina produz um efeito biológico subnormal, ou seja, menor (Ihle & Nelson, 1991). Alterações na quantidade de receptores para insulina, na sensibilidade dos mesmos ou das vias metabólicas pós-receptores de insulina são causas freqüentes da síndrome de resistência à insulina. Entretanto, clinicamente é difícil diferenciar a causa e freqüentemente elas coexistem, principalmente em cães obesos (Ihle & Nelson, 1991).

Com o avançar da idade do animal, os receptores de insulina ficam menos responsáveis, podendo também ocasionar a síndrome de resistência à insulina (Quadri & Palazzolo, 1991).

A síndrome de resistência à insulina, ou hiposensibilidade à insulina, liga-se a muitos outros fatores de risco de doenças cardiovasculares, como a hiperinsulinemia, intolerância à glicose, obesidade, hipertensão e dislipidemia (DeFronzo & Ferrannini, 1991). Obesidade e má nutrição podem levar à síndrome de resistência à insulina, e a má nutrição também pode prover a diminuição na secreção de insulina (Nelson et al., 1998; Behrend & Greco, 2000a).

Durante a hiperinsulinemia fisiológica, a insulina induz a redução na excreção de sódio e uratos nos rins. Esta ação da insulina liga-se ao seu papel fundamental de hormônio hiperglicemiante, uma vez que o sódio é necessário à absorção de glicose (Ter Maaten et al., 1997). Os níveis de ácido úrico correlacionam-se positivamente com o aumento da pressão arterial, devido à vasoconstricção renal e ao aumento da reabsorção tubular de sódio (Cappuccio et al., 1993).

Casos de hipertensão associada com estados de resistência à insulina, comum em indivíduos obesos ou com diabete mérito não insulino dependente, freqüentemente apresentam também hiperssensibilidade ao sal (Tuck et al., 1990).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da realização do experimento e instalações

O período experimental foi de 20 dias, entre os dias 11 e 31 de agosto de 2003, na cidade de Três Corações, localizada no sul de Minas Gerais, região sudeste do Brasil. As coordenadas geográficas da cidade são latitude: 21°42'00''S e Longitude: 45° 15'30''W.Gr. A umidade relativa do ar média é de 76,6%. A cidade possui clima mesotérmico e seu ponto culminante possui cerca de 1.200 m de altitude (Aondefica, 2003).

3.2 Instalações

Foram utilizadas as instalações da estação experimental da empresa Total Alimentos S/A, na cidade de Três Corações. Cada animal foi acondicionado em canil individual com área média de 3,5 m² (Figura 3). O piso do canil é de cimento liso, sem solário, para que fosse possível a coleta total de fezes. Os comedouros utilizados foram bacias de alumínio fixadas na porta dos canis a uma altura média de 30 cm do solo. Os bebedouros utilizados foram do tipo “niple”, fixados na parede do fundo do canil a uma altura média de 50 cm.

3.3 Animais utilizados

Utilizaram-se cães da raça Foxhound Americano (Figura 3), machos, não castrados, inteiros, com idade média de 03 anos. Foram selecionados 24 animais de peso médio aproximado de 35 quilos. Os cães apresentaram-se saudáveis à avaliação clínica, não sendo diagnosticada nenhuma enfermidade. Na estação experimental, todos os cães são desvermifugados quatro vezes ao ano e vacinados contra raiva e demais doenças anualmente.



FIGURA 3 Cães utilizados no experimento em suas respectivas instalações

Os 24 cães do experimento foram divididos em 6 blocos com 4 cães cada, um para cada dieta experimental. Dentro de cada bloco foi efetuado o sorteio para tratamento por método aleatório, perfazendo um delineamento em blocos casualizados, totalmente ao acaso. O peso médio dos animais foi de $34,61 \pm 3,42$ kg.

3.4 Dietas experimentais

Os cereais avaliados foram: o milho, o sorgo, a quirera de arroz e uma mistura em partes iguais dos três cereais. Cada cereal avaliado foi incluído em

uma porcentagem de 63%, na base da matéria natural, à dieta, a qual constitui um tratamento avaliado.

As dietas foram elaboradas obedecendo-se às recomendações mínimas de nutrientes para cães adultos publicadas no “*Nutrient Requieriments of Dogs*” pelo NRC (1985). A formulação das dietas é apresentada na Tabela 1. Estas foram processadas no dia 22 de julho de 2003, nas instalações da empresa Total Alimentos S.A., localizada na cidade de Três Corações, MG. Os cereais e demais ingredientes passaram por um processo de moagem com peneira de 1,0 mm e foram então extrusados em uma extrusora Wenger® modelo X-165.

TABELA 1 Formulação das dietas experimentais, valores em porcentagem na base da matéria natural.

Ingredientes	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Milho grão	63,0	--	--	21,0
Sorgo grão	--	63,0	--	21,0
Quirera de arroz	--	--	63,0	21,0
Farinha de vísceras integral	15,0	15,0	15,0	15,0
Farelo de soja	5,0	5,0	5,0	5,0
Farinha de carne (45%)	8,0	8,0	8,0	8,0
Sal branco comum	0,5	0,5	0,5	0,5
Açúcar	0,5	0,5	0,5	0,5
Palatabilizante	4,0	4,0	4,0	4,0
Gordura animal	3,0	3,0	3,0	3,0
Complexo Mineral/Vitamínico	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Enriquecimento por quilograma de produto

14.000 U.I de vitamina a, 8 mg de vitamina b1, 200 mcg de vitamina b12, 8 mg de vitamina b2, 8 mg de vitamina b6, 2.000 u.i. de vitamina d, 80 u.i. de vitamina e, 1,5 mg de vitamina h, 1,5 mg de vitamina k, 60 mg de vitamina pp, 120 mg de zinco, 1,5 mg de ácido fólico, 20 mg de ácido pantotênico, 1150 mg de colina, 15 mg de cobre, 0,5 mg de cobalto, 125 mg de etoxiquin, 170 mg de ferro, 3 mg de iodo, 1 g de magnésio, 80 mg de manganês, 5000 mg de potássio, 0,2 mg de selênio, 3,5 g de sódio.

A tabela 2 apresenta a análise química das matérias-primas.

TABELA 2 Composição bromatológica das matérias-primas utilizadas nas dietas, na base da matéria seca.

Matéria-prima	Análises químicas (% da MS)			
	PB	EE	FB	MM
Farinha de vísceras	63,75	15,17	--	17,12
Farinha de carne 45%	52,47	12,89	--	35,38
Farelo de soja	51,31	1,59	7,16	5,75
Arroz quirera	9,17	1,48	0,53	0,96
Milho grão	9,06	4,80	2,28	1,25
Sorgo grão	8,79	3,24	2,60	1,05

As dietas experimentais foram formuladas para que não houvesse grande diferença entre as porcentagens de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, matéria mineral e umidade, sendo consideradas, portanto, isoenergéticas e isoprotéicas. O objetivo foi avaliar os cereais, por isso eles entraram em proporções idênticas nas três dietas. A quarta dieta foi formulada para verificar as possíveis interações e efeitos aditivos da mistura dos cereais. A Tabela 3 apresenta a composição química calculada das dietas a partir das formulações.

TABELA 3 Composição química das dietas, em porcentagem da matéria seca, calculada a partir da formulação.

Dietas	MS (%)	ENN (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	MM (%)	EM calculada Kcal/kg
Dieta 1 (milho)	100,00	59,10	22,67	9,74	1,73	6,77	3689
Dieta 2 (sorgo)	100,00	60,24	22,45	8,76	1,93	6,62	3639
Dieta 3 (arroz)	100,00	62,47	22,64	7,67	0,67	6,56	3630
Dieta 4 (mistura)	100,00	60,60	22,59	8,72	1,45	6,64	3653

3.5 Alimentação dos animais

Os animais passaram por um período de adaptação às dietas experimentais, sendo estas oferecidas uma vez ao dia, pela manhã e retiradas após 30 minutos. Os animais da estação são habituados a este procedimento alimentar desde os 12 meses de idade.

A quantidade de ração foi controlada e calculada de acordo com as necessidades energéticas de cada animal, determinadas por meio da equação de predição de Heusner (1982), citada no NRC (1985), acrescida de 10%. O período total de adaptação à dieta foi de 15 dias. Além das dietas experimentais, os cães receberam água fresca à vontade.

3.6 Colheita de amostras

3.6.1 Amostras de fezes

No dia 26 de agosto de 2003, iniciou-se o período de colheita de fezes para cálculo de digestibilidade da matéria seca, digestibilidade do amido total e energia digestível. Colheram-se todas as fezes de cada animal num período de 5

dias. As amostras foram embaladas, identificadas e congeladas a -15°C para posterior análise.

3.6.2 Amostras de sangue venoso

As colheitas de sangue foram realizadas por meio de punção da veia cefálica dos cães, com o uso de seringa de 10 mL e agulha de 30 x 0,8mm., segundo Nogueira et al. (2002). A apreensão dos animais foi realizada pelo tratador habitual, o qual vedava os olhos do animal antes da equipe se aproximar para contê-lo, e diminuir o estresse dos mesmos.

Para cada cão, foram colhidas 17 amostras de sangue para a mensuração da glicemia, sendo a primeira em jejum e as demais nos tempos 0,25 hora; 0,5 hora; 0,75 hora; 1,0 hora; 1,5 horas; 2 horas; 2,5 horas; 3 horas; 3,5 horas; 4,5 horas; 5,5 horas; 6,5 horas; 7,5 horas; 8,5 horas; 9,5 horas e 10,5 horas após a alimentação.

Para a mensuração da insulinemia foram colhidas 7 amostras, sendo a primeira em jejum e as demais nos tempos 0,25 hora; 0,5 hora; 0,75 hora; 1,0 hora; 1,5 horas; 2 horas e 3 horas, após a alimentação.

3.6.3 Amostras das dietas

No final do período experimental colheram-se amostras de cada dieta, cerca de 3 kg de cada, as quais foram embaladas em saco plástico específico, identificadas e armazenadas em local fresco e ao abrigo da luz para posterior análises químicas.

3.7 Análises químicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, MG, com exceção da determinação do amido total e da gordura por hidrólise ácida, realizada no Laboratório de

Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, MG. As análises das dietas e fezes foram realizadas em duplicata e são descritas a seguir:

- **Matéria pré-seca** (dietas e fezes): obtida em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas e, posteriormente, moída em peneira de 1 mm em moinho tipo Thomas Willey, segundo Silva & Queiroz (2002).
- **Matéria seca - MS** (dietas e fezes): obtida em estufa a 105°C por 24 horas, segundo Silva & Queiroz (2002).
- **Energia bruta** (dietas e fezes): obtida pela queima total das amostras, utilizando-se calorímetro adiabático PARR, segundo Silva & Queiroz 2002.
- **Amido total** (dietas e fezes): determinada pela técnica de Nelson (1944), retirando-se os açúcares (mono e dissacarídeos) da amostra com álcoois e depois promovendo a digestão ácida do amido, em autoclave, para então determinar colorimetricamente as quantidades de monossacarídeos resultantes da digestão.
- **Proteína bruta – PB** (dietas): estimada a partir da porcentagem de N, pelo método de Kjeldahl, segundo Silva & Queiroz (2002).
- **Gordura por hidrólise ácida - G.H.A** (dietas): a determinação do teor de extrato etéreo das amostras foi por hidrólise ácida, segundo recomendações do AOAC (1995).
- **Fibra bruta –FB** (dietas): as amostras secas e desengorduradas foram submetidas à digestão ácida e básica, segundo Silva e Queiroz (2002).
- **Matéria mineral – MN** (dietas): determinada por incineração completa em mufla a 600°C, segundo Silva & Queiroz (2002).
- **Energia metabolizável estimada:** a energia metabolizável das dietas experimentais foi estimadas segundo recomendações da Instrução Normativa nº 09, de 09 de julho de 2003, do Ministério da Agricultura, em modificação ao proposto por Atwater (1910), em que cada grama de proteína bruta (PB),

extrato etéreo (EE) e extrativo não nitrogenado (ENN) é multiplicada por 3,5, 8,5 e 3,5 respectivamente, obtendo-se o resultado em calorias por grama. O valor de ENN é obtido pela diferença matemática dos níveis de garantia impressos no rótulo, ou seja: [100 - (% umidade + % proteína bruta + % gordura + % fibra bruta + % matéria mineral)].

3.8 Parâmetros avaliados

3.8.1 Digestibilidade da matéria seca

A determinação da digestibilidade da matéria seca das dietas foi realizada por meio do conceito de coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes do alimento (CDA).

$$\text{CDAMS} = \frac{\text{MS ingerida (g)} - \text{MS excretada (g)}}{\text{MS ingerida (g)}} \times 100$$

3.8.2 Digestibilidade do amido total

Com as quantidades de amido total das dietas e das fezes, a digestibilidade total do amido também foi obtida pelo conceito de digestibilidade aparente de nutrientes do alimento (CDA) . Porém, é importante lembrar que, no caso do amido, a digestibilidade aparente pode ser considerada verdadeira.

$$\text{CDAA} = \frac{\text{Amido ingerido (g)} - \text{Amido excretado (g)}}{\text{Amido ingerido (g)}} \times 100$$

3.8.3 Energia digestível

A energia digestível das dietas foi obtida pela subtração da energia bruta das fezes da energia bruta ingerida pelo animal.

$$ED = \frac{EB \text{ consumida} - EB \text{ excretada nas fezes}}{\text{Consumo de MS}}$$

3.8.4 Glicemia

No presente experimento, a glicemia foi determinada por meio de amostras de sangue venoso da veia cefálica dos cães. A determinação da glicemia foi realizada no local do experimento, com um glicosômetro portátil, ou monitor portátil de glicose, o “Accu-Chek[®] Advantage”, da “Roche[®] diagnostics”. O resultado das análises foi obtido cerca de 1 minuto após o início de cada colheita.

3.8.5 Insulinemia

A determinação da insulina sérica foi realizada por doseamento imunométrico, por meio do analisador IMMULITE[®] 2000 da empresa DPC[®] (Diagnostic Products Corporation), em conjunto com “Kit IMMULITE[®] 2000 Insulin”.

As amostras foram colhidas e acondicionadas em tubos sem aditivo. Após a colheita, o sangue fresco foi centrifugado e o soro reservado e armazenado sob refrigeração até a hora da análise. As análises foram realizadas no Laboratório Santa Cecília, na cidade de Lavras, MG, na noite seguinte ao dia de colheita.

3.9 Análises estatísticas

As variáveis experimentais foram analisadas segundo o pacote “SISVAR for Windows” versão 4.6 (Furtado, 2003). Na verificação de diferença significativa entre as variáveis, o teste de Scott-Knott (P<0,05) foi utilizado para classificação de médias.

Cada parcela experimental foi constituída de um cão.

O delineamento experimental utilizado para as variáveis digestibilidade da matéria seca, digestibilidade do amido total e energia digestível das dietas foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições (blocos), sendo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + r_j + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = observação da variável referente a parcela i no bloco j ;

μ = média geral;

a_i = o efeito da dieta i ($i = 1,2,3,4$);

r_j = o efeito do bloco j ($j = 1,2,3,4,5,6$);

e_{ij} = o erro experimental que, por hipótese, tem distribuição normal e média zero.

Para a variável glicemia e insulinemia, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, sendo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + r_j + e_{ij} + b_k + ab_{ijk} + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = observação da variável referente à subparcela k da parcela i no bloco j ;

μ = média geral;

a_i = o efeito da dieta i da parcela ($i = 1,2,3,4$);

r_j = o efeito do bloco j ($j = 1,2,3,4,5,6$);

e_{ij} = o erro experimental associado às parcelas, que por hipótese tem distribuição normal e média zero;

b_k = efeito do nível k do fator B (tempo de colheita) da subparcela (com $k = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17$ para glicemia e $k=1,2,3,4,5,6,7$ para insulinemia);

ab_{ijk} = efeito da interação do fator A com o fator B;

e_{ijk} = o erro experimental associado às subparcelas que, por hipótese, tem distribuição normal e média zero.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análises químicas

A composição das dietas para matéria seca (MS), teor de amido total (AT), proteína bruta (PB), gordura por hidrólise ácida (GHA), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) e energia metabolizável estimada (EM) é apresentada na Tabela 4.

TABELA 4 Composição das dietas experimentais na base de matéria natural

Dietas	MS (%)	AT (%)	PB (%)	GHA (%)	FB (%)	MM (%)	EB Kcal/kg	EM calculada* Kcal/kg
Dieta 1 (Milho)	92,26	48,38	20,17	9,85	1,85	8,08	38594	3374
Dieta 2 (Sorgo)	92,19	44,88	21,24	9,75	2,45	8,39	3847	3335
Dieta 3 (Arroz)	91,66	41,63	20,50	8,57	1,32	8,34	3710	3298
Dieta 4 (Mistura)	92,28	45,67	20,68	8,79	1,96	8,38	3810	3307

* segundo a IN n ° 09 do MA(2003).

Acredita-se que as variáveis experimentais não foram influenciadas pelos teores de PB, GHA, MM e EM. Já os teores de FB e AT apresentaram valores pouco semelhantes, principalmente da dieta 3 (arroz), relacionada às demais. As diferenças na composição das dietas devem-se exclusivamente ao tipo de cereal utilizado na formulação e à interação deste com os demais ingredientes durante a extrusão.

4.2 Digestibilidade da matéria seca

Pelo teste F, verificou-se diferença significativa entre pelo menos uma dieta ($P=0,0001$), não havendo, porém, diferença significativa entre os blocos ($P=0,68$). Os dados médios de digestibilidade da matéria seca das dietas são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Digestibilidade da matéria seca de diferentes dietas para cães

Dietas experimentais	Digestibilidade da matéria seca (%)
Dieta 1 (Milho)	82,94 b
Dieta 2 (Sorgo)	81,11 b
Dieta 3 (Arroz)	87,43 a
Dieta 4 (Mistura)	82,68 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

Todas as dietas experimentais apresentaram boa digestibilidade da matéria seca, provavelmente pelo alto teor de carboidrato e também pelo processo de extrusão. Durante o processamento, há uma considerável ruptura de células e os nutrientes tornam-se de alta digestibilidade (Gonçalves & Borges, 1997).

Um dos motivos pelos quais a digestibilidade da matéria seca da dieta 3 (arroz) foi superior ($P<0,05$) às demais é a maior digestibilidade do amido (tabela 11). Estes resultados estão de acordo com a literatura, em que verifica-se que dietas extrusadas para cães à base de arroz possuem melhor digestibilidade (Kendall et al., 1982).

4.3 Digestibilidade do amido das dietas

Pelo teste F, verificou-se diferença significativa entre pelo menos uma dieta ($P < 0,01$) para a variável digestibilidade do amido total, não havendo, porém, diferença significativa entre os blocos ($P > 0,10$). Os dados médios de digestibilidade do amido total das dietas são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 Digestibilidade do amido total das dietas experimentais

Dietas experimentais	Digestibilidade do amido total (%)
Dieta 1 (Milho)	95,61 b
Dieta 2 (Sorgo)	94,68 b
Dieta 3 (Arroz)	98,12 a
Dieta 4 (Mistura)	95,10 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Possivelmente, diferentes proporções dos tipos de amido (amilose e amilopectina) presentes na quirera de arroz, em relação aos outros cereais, bem como as reações ocorridas durante o processamento, podem também ter contribuído para a maior digestibilidade do amido total da dieta 3 (arroz) em relação às demais (Nunes, 1998; Kendall et al., 1982), embora este fato não possa ser comprovado com os dados experimentais obtidos neste trabalho.

4.4 Energia digestível das dietas

Pelo teste F, as dietas experimentais apresentam diferença significativa entre si ($P = 0,0042$), não havendo, porém, diferença significativa entre os blocos

($P=0,68$). Os dados médios de energia digestível das dietas são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 Energia digestível das dietas experimentais

Dietas experimentais	Energia digestível (Kcal/kg MS)
Dieta 1 (milho)	3699 a
Dieta 2 (sorgo)	3629 b
Dieta 3 (arroz)	3740 a
Dieta 4 (mistura)	3655 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

As dietas 3 (arroz) e 1 (milho) destacam-se das demais pelo maior valor de energia digestível ($P<0,05$). No caso da dieta 1 (milho), a provável causa é o maior teor de óleo do grão de milho. Para a dieta 3 (arroz), este resultado é o reflexo da maior digestibilidade do amido (Tabela 6).

A energia digestível da dieta 2 (sorgo) foi menor ($P>0,05$) que as dietas 1 e 3, à base de milho e arroz, porém, estaticamente semelhante à dieta 4, que constituía-se de uma mistura em quantidades equivalentes dos três cereais. Este resultado está de acordo com Rostagno et al. (2002), que citam que o sorgo possui, em média, 90% a 95% do valor nutritivo do milho. Uma vez que a energia bruta da dieta 1 (milho) foi numericamente semelhante à dieta 2 (sorgo) e a energia bruta da dieta 3 (arroz) numericamente menor e ainda, que a digestibilidade do amido foi semelhante tanto para o milho quanto para o sorgo, pode-se conjecturar que a menor energia digestível encontrada para a dieta 2

(sorgo) pode ter sido relacionada às complexações entre os compostos fenólicos e as proteínas da mesma.

Já a dieta 4 (mistura) apresentou uma menor energia digestível ($P < 0,05$) quando comparada às dietas 1 e 3, possivelmente devido à participação do sorgo em 21% de sua composição.

4.5 Glicemia

Os resultados da glicemia não apresentaram diferença significativa entre as dietas ($P = 0,51$), blocos ($P = 0,29$) ou interação tempo de colheita e dieta ($P = 0,17$) pelo teste F. A Tabela 8 apresenta os valores de glicemia médios de 0 a 10,5 horas, após a alimentação, de cada dieta, em mg/dL.

TABELA 8 Valores médios de glicemia, em mg/dL, de cada dieta, de 0 a 630 minutos

Dietas experimentais	Glicemia
Dieta 1 (milho)	52,10
Dieta 2 (sorgo)	52,08
Dieta 3 (arroz)	56,50
Dieta 4 (mistura)	55,20

($P > 0,05$)

Segundo Eukanuba (2003), a digestão lenta dos carboidratos, tanto do sorgo quanto da cevada, resultariam em moderados níveis de glicose após as refeições. Entretanto, estes resultados experimentais não confirmam esta informação, uma vez que não há diferença significativa entre as dietas ($P > 0,05$). As curvas glicêmicas das dietas são apresentadas na Figura 4.

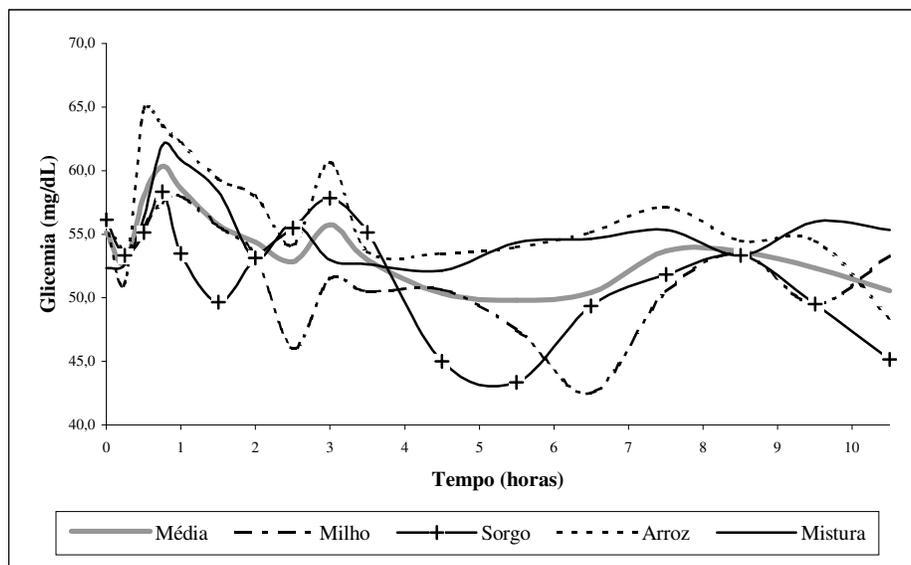


FIGURA 4 Gráfico representando as curvas glicêmicas, em mg/dL, de cada dieta, de 0 a 10,5 horas, após a alimentação

Pela Tabela 9, pode-se verificar que os valores médios de glicemia encontrados no experimento estão abaixo dos valores normais descritos pela literatura. Esta verificação pode ser explicada devido à utilização de sangue em vez de soro, pois quando o sangue é centrifugado os valores de glicose são concentrados em até 15% (Chastain, 1997). Assim, os valores de glicose no sangue são menores do que os valores de glicose no plasma ou soro.

Além disso, os monitores de glicose portáteis apresentam resultados inferiores ao do método laboratorial de referência quando a glicose sanguínea está próxima ao seu limite inferior de euglicemia (60 mg/dL). Tal fato reside na preocupação em não deixar que pacientes humanos diabéticos verifiquem uma euglicemia quando a glicose estiver próxima dos limites inferiores normais. Assim, os monitores portáteis de glicose são programados para garantir que não

aconteça uma hipoglicemia e, muitas vezes, os resultados são ajustados para baixo (Cohn, 2000).

TABELA 9 Médias de glicemia para cada dieta nos diferentes tempos de colheita

Tempo	Glicemia mg/dL			
	Milho	Sorgo	Arroz	Mistura
0 min. (jejum)	56,33	56,17	55,83	52,33
15 min.	53,67	53,33	51,17	52,67
30 min.	55,67	55,17	64,83	56,33
45 min.	57,50	58,33	63,50	62,00
60 min.	58,00	53,50	62,17	60,83
1,5 horas	55,67	49,67	59,33	58,33
2,0 horas	53,33	53,17	58,00	53,17
2,5 horas	46,00	55,50	54,17	55,83
3,0 horas	51,50	57,83	60,67	53,00
3,5 horas	50,50	55,17	53,67	52,67
4,5 horas	50,67	45,00	53,50	52,17
5,5 horas	47,50	43,33	54,00	54,33
6,5 horas	42,50	49,33	55,17	54,67
7,5 horas	50,50	51,83	57,17	55,33
8,5 horas	53,50	53,33	54,50	53,33
9,5 horas	49,50	49,50	54,50	56,00
10,5 horas	53,33	45,17	48,33	55,33

(P>0,05)

Estes resultados são bastante relevantes para clínica médica de cães e gatos. Os monitores portáteis de glicose, principalmente o Accu-Chek[®] Advantage, são hoje os instrumentos mais utilizados na determinação da glicemia nos consultórios e clínicas veterinárias. Porém, os valores normais de glicemia utilizados pelos médicos veterinários foram estabelecidos em análises laboratoriais convencionais, utilizando-se soro ou plasma e não sangue.

Portanto, é preciso que se tenha cuidado ao interpretar os resultados de glicemia realizados com monitores portáteis de glicose, para que um falso diagnóstico de hipoglicemia não seja considerado.

A diferença na glicemia, em relação ao tempo de colheita, foi significativa ($P < 0,01$) pelo teste F. A Tabela 10 apresenta o resultado do teste Scott-Knott ($P < 0,05$) para a variedade glicemia avaliada tempo a tempo.

TABELA 10 Valores médios de glicemia observada, em mg/dL, de cada tempo de colheita

Tempos de colheita	Glicemia observada
0 (jejum)	55,17 b
0,25 horas	52,71 c
0,50 horas	58,00 a
0,75 horas	60,33 a
1,0 hora	58,62 a
1,5 horas	55,75 b
2,0 horas	54,42 c
2,5 horas	52,87 c
3,0 horas	55,75 b
3,5 horas	53,00 c
4,5 horas	50,33 c
5,5 horas	49,79 c
6,5 horas	50,42 c
7,5 horas	53,70 c
8,5 horas	53,67 c
9,5 horas	52,37 c
10,5 horas	50,54 c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Os dados da Tabela 10 permitem a confecção de uma curva média de glicemia de 0 a 10,5 horas, apresentada na Figura 5.

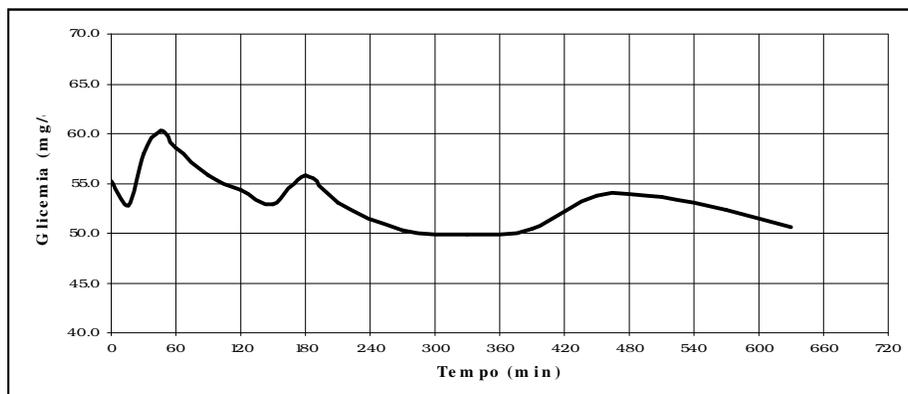


FIGURA 5 – Curva de glicemia média de todos os tratamentos, em mg/dL, de 0 a 10,5 horas após a alimentação

Os dados médios de glicemia encontrados em diferentes tempos, apresentados na Tabela 10 e Figura 5, permitem verificar que os maiores valores de glicemia estão nos tempos 30, 45 e 60 minutos após a alimentação ($P < 0,05$). Este resultado já era esperado, correspondendo ao pico da maior quantidade de glicose absorvida na primeira hora após a ingestão (Cunningham, 2000; Guyton, 1997).

Outros três tempos (3 horas, 1,5 horas, zero hora) apresentam elevados valores de glicemia, inferiores estatisticamente aos três primeiros, porém superiores ($P < 0,05$) aos demais tempos de colheita. A glicemia do tempo 1,5 horas é apenas a descendência do primeiro pico de glicose que ocorre de 0,5 a 1,0 hora, sinalizando a entrada da glicose para dentro das células pela ação da insulina, associada a uma menor quantidade de glicose absorvida. A glicemia do tempo 3,0 horas corresponde a um pico de absorção secundário de glicose, provavelmente oriunda da absorção final da quebra da amilose. Nos dois tempos, 1,5 e 3,0 horas, é verificada uma glicemia que corresponde a uma situação normal do organismo após a alimentação.

Já a glicemia verificada no tempo zero hora (jejum) foge à fisiologia normal da digestão, em que o animal em jejum deveria ter valores menores de glicose, dentro da euglicemia. Entretanto, o tempo zero representa o segundo contato com o animal; o primeiro ocorreu cerca de 10 a 15 minutos antes, quando foram coletadas as fezes defecadas durante a noite e é ainda a primeira contenção para venopunção feita no dia. Portanto, o fato da glicemia em jejum ser maior estatisticamente ($P < 0,05$) que outros tempos de colheita, pode ser o reflexo de uma “descarga adrenérgica” devido ao estresse (Andrade et al., 2003; Oliveira et al., 2003; Fleeman & Rand, 2001; Behrend & Greco, 2000a ou b?). Apesar de todos os cuidados em conter o animal, entre eles o do tratador de costume apreendê-lo e vendar seus olhos com a mão antes da equipe se aproximar e trabalhar em silêncio e com calma, pode ter havido influência do manejo dos animais nos resultados.

4.4 Insulinemia

Apesar da Figura 6 apresentar uma aparente diferença entre as curvas de insulinemia, não houve diferença significativa entre as dietas ($P=0,66$) pelo teste F (Tabela 11). Também não é significativa a interação tempo de colheita e dieta ($P=0,97$) para a variável insulinemia de 0 a 180 minutos (Tabela 12), indicando que os valores de insulinemia são semelhantes, independentemente do tempo de colheita.

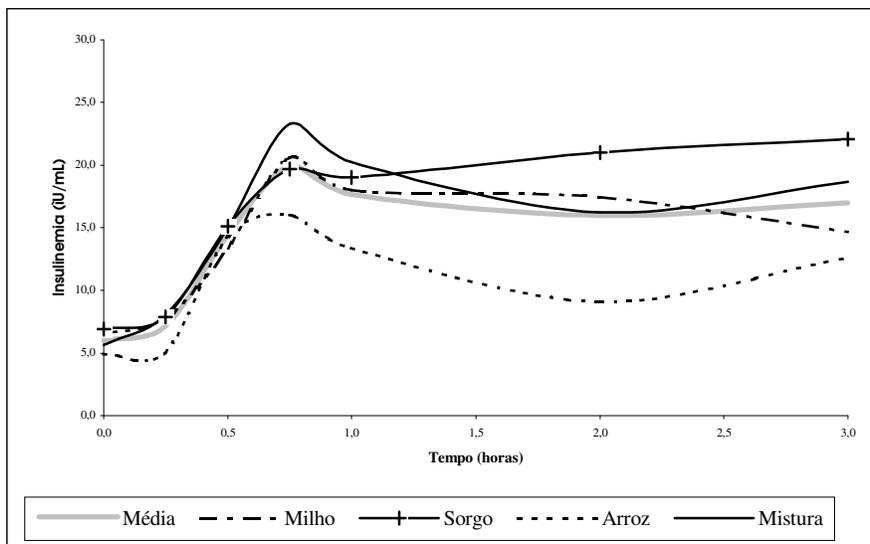


FIGURA 6 Gráfico das curvas insulinêmicas de cada dieta, expressos em IU/mL, de 0 a 3,0 horas.

Os dados experimentais indicam que, estatisticamente, o pico de insulinemia, bem como a insulinemia observada de 0 a 180 minutos, não possui diferença significativa, independentemente da fonte de carboidrato utilizada na dieta (milho, sorgo, querira de arroz ou uma mistura destes em partes iguais). Talvez as condições impostas pela extrusão (temperatura, pressão e atrito) possam ter causado tal proximidade entre as dietas, uma vez que estes cereais possuem diferenças na composição do amido e era esperada uma diferença entre as curvas insulinêmicas.

TABELA 11 Valores médios de insulinemia pós-prandial, em μ UI/mL, de cada dieta, de 0 a 3,0 horas

Diets experimentais	Insulinemia pós-prandial
Dieta 1 (Milho)	14,05
Dieta 2 (Sorgo)	15,95
Dieta 3 (Arroz)	13,67
Dieta 4 (Mistura)	15,29

(P<0,05)

TABELA 12 Médias de insulinemia para cada dieta nos diferentes tempos de colheita

Tempo	Insulinemia μU/mL			
	Milho	Sorgo	Arroz	Mistura
0 hora (jejum)	6,51	6,92	5,83	5,63
0,25 hora	7,76	7,89	6,56	8,02
0,50 hora	13,37	15,08	15,92	15,00
0,75 hora	20,62	19,68	20,65	23,31
1,0 hora	21,62	19,00	19,69	20,23
2,0 horas	17,46	21,00	11,42	16,23
3,0 horas	14,63	22,07	15,64	18,64

(P<0,05)

No entanto, existe diferença significativa nos valores médios de insulinemia, de 0 a 3,0 horas, entre os tempos de colheita (P<0,0001), apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 – Valores médios de insulinemia entre os tempos de colheita, em $\mu\text{U/mL}$, de 0 a 3,0 horas

Tempos em horas	Insulinemia ($\mu\text{U/mL}$)
0	6,22 b
0,25	7,55 b
0,50	14,84 a
0,75	21,06 a
1,0	19,23 a
2,0	16,52 a
3,0	17,74 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Estes resultados indicam que ocorre uma elevação na insulinemia aos 30 minutos após a alimentação, mais evidenciada aos 45 minutos. Porém, não se pode inferir sobre o tempo de aparecimento do pico ou sua duração, pois só foram realizadas análises até 3,0 horas, momento que, estatisticamente, ainda não houve o declínio nas curvas de insulina.

Existe uma relação entre a curva de insulinemia média e a curva glicêmica média (Figura 7), indicando uma coerência entre os resultados experimentais e entre os métodos de análise de insulinemia e glicemia utilizados. Esta simetria já era esperada, pois o principal fator na liberação de insulina pelo pâncreas é a elevação da glicose no sangue.

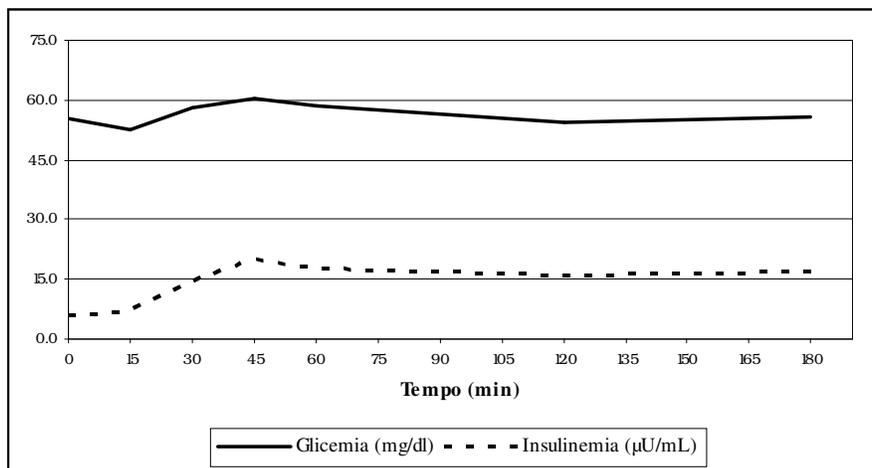


FIGURA 7 Curvas da glicemia média (mg/dL) e insulinemia média (μ U/mL) de 0 a 3,0 horas

Talvez uma análise dos picos de insulina, bem como da extensão do seu platô, possa trazer informações pertinentes. Assim, a avaliação da insulinemia, num futuro experimento, deveria ser realizada em tempos maiores que 180 minutos. Em contrapartida, não foi encontrada na literatura consultada nenhuma menção em relação a isto.

5 CONCLUSÕES

Apesar da digestibilidade da matéria seca e do amido total da dieta 3 (quirera de arroz) ter sido superior às demais dietas experimentais, não há diferença significativa na glicemia ou insulinemia em relação às demais dietas experimentais.

As indústrias de alimentos extrusados para cães podem ter maior liberdade na utilização do cereal que estiver com maior disponibilidade no momento, sem alterar as características de seu produto no que tange à glicemia e insulinemia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUU-CHEK[®]: Sensor Comfort Glucose. Responsável Técnico: Roche[®] Diagnostics. São Paulo: Produtos Roche Químicos e Farmacêuticos S/A, 2003. Bula de remédio.

AHLSTROM, O.; SKREDE, A. Comparative nutrient digestibility in dogs, blue foxes, mink and rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, p. 2676-2677, 1998. Supplement.

ALAVI, S. Starch research over the years. **Food Research International**, Amsterdam, v. 36, n. 4, p. 307-308, 2003.

ANDRADE, S. F.; SAKATE, M.; SANGIORGI, F.; VALENTE, S. F.; GÔUVEA, A.; TERAMOSSI, L.; MARCICANO, J. Estudo dos níveis plasmáticos de glicose, insulina e cortisol em gatos submetidos ao estresse. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ANCLIVEPA, 23., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ANCLIVEPA, 2003. 1 CD-ROM.

ANDRIGUETO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; FILHO, A. B. **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1986. p. 353-363.

AONDEFICA. Site de informação sobre as cidades e vilas brasileiras. Disponível em: <http://www.aondefica.com/aba-anar_.asp>. Acesso em: 24 set. 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1984. 1141 p.

ATWATER, W. D. **Principles of nutrition and nutritional value of foods**. Washington: US Government Printing Office, 1910. (USDA. Bulletin, 162).

BEDFORD, M. R. Mechanisms of action and potential nutritional benefits from feed enzymes. In: _____. **Proceedings of Feed Enzymes-Realizing their potential in corn/soya based poultry diets**. 1998. p. 12-26.

BEHREND, E. N.; GRECO, D. S. Feline diabetes mellitus: Evaluation of treatment. **Compendium on Continuing Education of the practicing Veterinarian**, Trenton, v. 22, n. 5, p. 440-451, 2000a.

BEHREND, E. N.; GRECO, D. S. Treatment of feline diabetes mellitus: overview and therapy. **Compendium on Continuing Education of the practicing Veterinarian**, Trenton, v. 22, n. 5, p. 423-439, 2000b.

BORGES, F. M. O **Consumo voluntário** [apontamentos de aula]. Disciplina: Nutrição avançada de carnívoro. Lavras: UFLA, 2003.

BORGES, F. M. O. Utilização do sorgo em alimentos para animais de estimação. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 39-48.

BORGES, F. M. O.; NUNES, I. J. Nutrição e manejo alimentar de cães na saúde e na doença. **Cadernos Técnicos da Escola Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n. 23, p. 5-103, 1998.

BORGES, F. M. O.; SALGARELLO, R. M.; GURIAN, T. M. Recentes avanços na nutrição de cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 3., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 21-60.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecular**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 85-112, Aug. 1998.

CAPPUCCIO, F. P.; STRAZZULLO, P.; FARINARO, E.; TREVISAN, M. Uric acid metabolism and tubular sodium handing. **Journal of American Medicine Association**, Chicago, v. 270, n. 3, p. 354-359, July 1993.

CARVALHO, A. Z. Processamento de alimentos para cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 194-202.

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina:** manual para profissionais. Madrid: Harcourt Brace, 1998. 424 p.

CASELLA, M.; REUSCH, C.; Home monitoring of capillary blood glucose in dogs and cats: Technical aspects [abstract]. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Philadelphia, v. 14, p. 377, 2000.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 447 p.

CHAPLIN, M. Starch. Disponível em:
<<http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.htmL>>. Acesso em: 22 jan. 2004.

CHASTAIN, C. B. Os sistemas endócrino e metabólico. In: HOSKINS, J. D. **Pediatria Veterinária: cães e gatos do nascimento aos seis meses**. Rio de Janeiro: Interlivros, p. 339-358, 1997.

COHN, L. A.; McCRAW, D. L.; TATE, D. J.; JOHNSON, J. C. Assessment of five portable blood glucose meters, a point-of-care analyzer, and color test strips for measuring blood glucose concentration in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 216, n. 15, p. 198-202, Jan. 2000.

CUNNINGHAM, J. C. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528 p.

DeFRONZO, R. A.; FERRANNINI, E. Insulin resistance: a multifaceted syndrome responsible for IDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. **Diabetes Care**, Alexandria, v. 14, n. 3, p. 173-1194, Mar. 1991.

DYER, K. R. Hypoglycemia: A common metabolic manifestation of cancer. **Veterinary Medicine**, Lenexa, n. 1, p. 40-47, Jan. 1992.

EUKANUBA. Eukanuba Information, 2003. Disponível em:
<http://www.golden-retrievers.co.nz/eukanuba_info.htm>. Acesso em: 15 dez. 2003.

FIGUEIREDO, J.; GUERREIRO, M. O arroz. **Ciência Viva**, 2003. Disponível em: <<http://www.ucv.mct.pt/docs/arrozdoce.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2004.

FLATTEN, N.; IGAWA, K.; SHIOTA, M.; EMSHWILLER, M. G.; NEAL, D. W.; CHERRINGTON, A. D. Alpha- and beta-cell responses to small changes in plasma glucose in the conscious dog. [abstract] **Diabetes**, Alexandria, v. 50, n. 2, p. 367-375, Feb. 2001.

FLEEMAN, L. M.; RAND, J. S. The behavioral responses of pet dogs to capillary blood glucose testing [abstract]. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Lakewood, v. 14, n. 4, p. 343, July/Aug. 2000.

FLEEMAN, L. M.; RAND, J. S. Management of canine diabetes. **Veterinary Clinics of North American: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 31, n. 5, p. 855-880, Sept. 2001.

FURTADO, D. F. Produtos tecnológicos desenvolvidos. 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/prog.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2004.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Alimentos e Alimentação de gado de leite**. Belo horizonte: UFMG, 1997. p. 3-30. Apostila.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 926 p.

HEUSNER, A. A. Energy metabolism and body size I. Is the 0,75 mass exponent of Kleiber's equation a statistical artifact? **Respiration Physiology**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 1-12, 1982.

IHLE, S. L.; NELSON, R. W. Insulin resistance and diabetes mellitus. **The Compendium on Continuing Education Practicing Veterinarian**, Treton, v. 13, n. 2, p. 197-204, Feb. 1991.

KENDALL, P. T. Comparative evaluation of apparent digestibility in dogs and cats. **Proceedings Nutrition Society**, Cambridge, v. 40, n. 2, p. 45, 1981.

KENDALL, P. T.; HOLME, D. W.; SMITH, P. M. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dog and cats fed a variety of contrasting diets types. **Journal of Small Animal Practice**, London, v. 23, n. 9, p. 577-587, Sept. 1982.

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

LEWIS, L. D.; MORRIS JR., M. L.; HAND, M. S. **Small animal clinical nutrition III**. Topeka: Mark Morris Institute, 1994.

LÔBO JÚNIOR, M. F. **Avaliação comparativa do método direto e de métodos indiretos na determinação da digestibilidade aparente da espécie canina**. 2000. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOHRMAN, R. K. **Nutrição e criação de cães e gatos**. São Paulo: Purina Alimentos, 1979. p. N-2.

MORI, A. As bases da nutrição canina. Disponível em:
<<http://www.agiliteiros.com/saude/alimentacao1.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2004.

MORRIS, J. G.; TRIDOL, J; PENCOVIC, T. Carbohydrate digestion by domestic cat (*Felis catus*). **Journal of Nutrition**, v. 37, p. 365-373, 1987.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dogs**. Washington: National Academy of Press, 1985. 79 p.

NELSON, R. W. Diabetes Melito In: **Manual Saunders: clínica de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 1998. p. 283-291.

NELSON, R. W. Distúrbios do pâncreas endócrino. In: NELSON, R. W.; COUTO, C. G. **Fundamentos de medicina interna de pequenos animais**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. p. 413-430.

NELSON, R. W.; TURNWALD, G. H.; WILLARD, M. D. Endocrine, Metabolic, and Lipid Disorders. In: WILLARD, M. D.; TVEDTEN, H.; TURNWALD, G. H. **Small Animal Clinical Diagnosis by Laboratory Methods**. 2. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994b. 377 p.

NOGUEIRA, R. B.; SILVA JR., J. W.; CHIURCIU, J. L. V. **Métodos de contenção física, colheita de efusões cavitárias e de administração de medicamentos em cães e gatos**. Lavras – MG, 2002. p. 20-22.

NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2. ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ EDITORA, 1998. 388 p.

OLIVEIRA, J.; GUIMARÃES, P. T. C.; VEADO, J. C. C.; MELO, M. B.; COSTA, P. R. S.; BANDEIRA, C. M.; ROCHA, D. F.; LEITE, E. D. Bem estar animal: Vias metabólicas da síndrome do estresse. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ANCLIVEPA, 24., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ANCLIVEPA, 2003. 1CD-ROM.

PEREIRA, R. L.; WOLKMER, P.; LOPES, S. T. S.; CUNHA, C. M. S.; SILVA, J. H. S. da; CECIN, M. Comparação entre métodos de avaliação da glicose sérica em cães: Advantage Accu-Check vs Teste enzimático em método de ponto final. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ANCLIVEPA, 24., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ANCLIVEPA, 2003. 1CD-ROM.

PLOTNICK, A. N.; GRECO, D. S. Home Management of cats and dogs with diabetes mellitus: Common questions asked by veterinarians and clients. **Veterinary Clinics of North American: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 25, n. 3., p. 753-759, 1995.

QUADRI, S. K.; PALAZZOLO, D. L. How aging affects the canine endocrine system. **Veterinary Medicine**, Lenexa, v. 86, n. 7, p. 692-706, July 1991.

RAND, J. S. Management of Feline Diabetes: clinical review – part 2. **Australian Veterinary Practitioner**, Bondi, v. 27, n. 2, p. 68-78, June 1997.

RANG, H. P.; DALE, M. M.; RITTER, J. M. **Farmacologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 731 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; TOLEDO, R. S. Utilização do sorgo nas rações de aves e suínos. 2002. Disponível em: <www.polinutri.com.br>. Acesso em: 15 jun. 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, F. V.; VIANA, J. A.; DONZELE, J. L.; FONTES, D. O. Determinação de digestibilidade da energia, proteína e matéria seca do milho. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n4/17853.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2003.

SWENSON, M. J. **Dukes –fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

TARDIN, A. C. Dietas com alta proteína e gordura na alimentação de cães e gatos In: NUTRIÇÃO E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS, 1., 2002, Lavras. **Anais....** Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 37-46.

Ter MAATEN, J. C.; VOORBURG, A.; HEINE, R. J.; Ter WEE, P. M.; DONKER, A. J. M.; GANS, R. O. B. Renal handling of urate and sodium during acute physiological hyperinsulinaemia in healthy subjects. **Clinical Science**, London, v. 92, n. 1, p. 51-58, Jan. 1997.

Ter MAATEN, J. C.; VOORDOUW, J. J.; BAKKER, S. J. L.; DONKER, A. J. M.; GANS, R. O. B. Salt sensitivity correlates positively with insulin sensitivity in healthy volunteers. **European Journal of Clinical Investigation**, Oxford, v. 29, n. 3, p. 189-195, Mar. 1999.

TORR, A. J. van; LINDE-SIPMAN, J. S. van den; INGH, T. S. G. A. M. van den; WENSING, T.; MOL, J. A. Experimental induction of fasting hypoglycaemia and fatty liver syndrome in three Yorkshire terrier pups. **The Veterinary Quarterly**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 16-23, 1991.

TUCK, M. L.; CORRY, D. B.; TRUJILLO, A. Salt sensitive blood pressure and exaggerated vascular reactivity in the hypertension of diabetes mellitus. **American Journal of Medicine**, Barcelona, v. 88, p. 210-216, 1990.

WESS, G.; REUSCH, C. Capillary blood sampling from the ear of dogs and cats and use of portable meters to measure glucose concentration. **Journal of Small Animal Practice**, London, v. 41, p. 60-69, Feb. 2000.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A	Análise de variância e coeficiente de variação para digestibilidade da matéria seca das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães 49
TABELA 2A	Análise de variância e coeficiente de variação para digestibilidade do amido total das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães..... 49
TABELA 3A	Análise de variância e coeficiente de variação para energia digestível das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães. 49
TABELA 4A	Análise de variância e coeficiente de variação para glicemia dos cães alimentados com dietas com diferentes fontes de carboidratos. 50
TABELA 5A	Análise de variância e coeficiente de variação para insulinemia pós-prandial dos cães alimentados com dietas com diferentes fontes de carboidratos..... 50

TABELA 1A Análise de variância e coeficiente de variação para digestibilidade da matéria seca das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dietas	3	0,013292	0,004431	14,306	0,0001
Blocos	5	0,000958	0,000192	0,619	0,6876
Resíduo	15	0,004646	0,000310		
Total	23	0,018896			
CV (%)	2,11				

TABELA 2A Análise de variância e coeficiente de variação para digestibilidade do amido total das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dietas	3	0,004046	0,001349	6,220	0,0059
Blocos	5	0,001157	0,000231	1,067	0,4166
Resíduo	15	0,003252	0,000217		
Total	23	0,008455			
CV (%)	1,53				

TABELA 3A Análise de variância e coeficiente de variação para energia digestível das dietas com diferentes fontes de carboidratos, em cães

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dietas	3	43084,0714	14361,3571	6,766	0,0042
Blocos	5	6425,0017	1285,0003	0,605	0,06971
Resíduo	15	31840,2619	2122,6841		
Total	23	81349,3350			
CV (%)	1,25				

TABELA 4 A – Análise de variância e coeficiente de variação para glicemia dos cães alimentados com dietas com diferentes fontes de carboidratos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dietas	3	1528,6151	509,5383	0,790	0,5183
Blocos	5	4367,8651	873,5730	1,354	0,2958
Resíduo 1	15	9679,1642	645,2776		
Tempo de colheita	16	3548,8774	221,8048	4,707	0,0000
Dietas x Tempo	48	2731,5931	56,9881	1,208	0,1752
Resíduo 2	320	15080,4705	47,1264		
Total Corrigido	407	36936,5857			
CV 1 (%)	47,07		CV 2 (%)	12,72	

TABELA 5 A – Análise de variância e coeficiente de variação para insulinemia pós-prandial dos cães alimentados com dietas com diferentes fontes de carboidratos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dietas	3	142,2781	47,4260	0,542	0,6606
Blocos	5	1961,4443	392,2888	4,487	0,0106
Resíduo 1	15	1311,5316	87,4354		
Tempo de colheita	6	4717,9603	786,3267	14,195	0,0000
Dietas x Tempo	18	437,4543	24,3030	0,439	0,9763
Resíduo 2	120	6647,4910	55,3957		
Total Corrigido	167	15218,1600			
CV 1 (%)	63,43		CV 2 (%)	50,49	