

THONY ASSIS CARVALHO

ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DE ALIMENTOS
PARA SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS –BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C331e
2013

Carvalho, Thony Assis, 1984-

Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de alimentos
para suínos / Thony Assis Carvalho. – Viçosa, MG, 2013.
xvi, 123 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Nutrição. 2. Suíno - Alimentação e rações.

3. Aminoácidos. 4. Metabolismo. 5. Digestibilidade.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.4085

THONY ASSIS CARVALHO

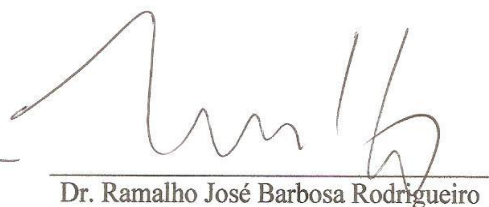
ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DE ALIMENTOS
PARA SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade Federal de
Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

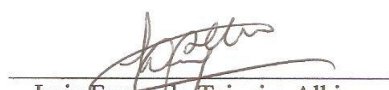
APROVADA: 20 DE FEVEREIRO DE 2013



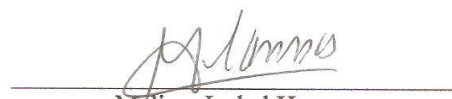
Dr. José Otávio Berti Sorbara



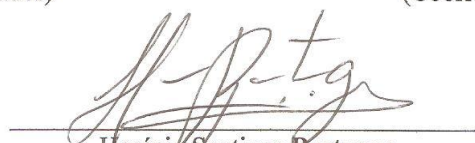
Dr. Ramalho José Barbosa Rodrigueiro



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Melissa Izabel Hannas
(Coorientadora)



Horácio Santiago Rostagno
(Orientador)

“...Depos de muito tempo acordado ...essa noite dormi um pouquinho...”

(Di Paulo e Paulino)

“...Você não sabe o quanto eu caminhei, pra chegar até aqui,
percorri milhões de milhas antes de dormir...”

(Toni Garrido)

“ ...Viva intensamente, desconfie do futuro siga em frente,
basta acreditar, vale a pena sonhar...”

(Gusttavo Lima)

“...Quem faz uma, não faz duas necessariamente,
mas quem faz dez, com certeza faz onze...”

(Charles Chaplin)

Dedico...

À Deus por estar sempre ao meu lado, me guiando;
Aos meus pais Edson e Carmen, pelo exemplo de vida,
e pelo espírito incansável de trabalho;
Ao meu irmão Rony pelo incondicional apoio;
Às amizades que fiz pela trajetória;
Aos animais com quem tanto tenho aprendido.

BIOGRAFIA

Thony Assis Carvalho, filho de Edson de Carvalho Franco e Carmen Silvia de Assis Carvalho, nasceu em Jataí – GO, em 19 de novembro de 1984.

Em junho de 2002, iniciou o curso de graduação em Medicina Veterinária. Obteve diploma de Médico Veterinário pela Universidade Federal de Viçosa em julho de 2007.

Em seguida, ingressou no curso de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, em nível de mestrado, submetendo-se a defesa de dissertação em julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV. Realizou seus estudos na área de nutrição de monogástricos, submetendo-se a defesa de tese em fevereiro de 2013.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Departamento de Zootecnia e da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, pelo apoio e oportunidade de realização desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A empresa Evonik pelas análises de aminoácidos, gentilmente realizadas.

Ao professor Horacio Santiago Rostagno pelas valiosas orientações, exemplo e amizade durante o curso de pós-graduação.

Aos professores conselheiros e membros da banca examinadora em especial aos professores Luiz Fernando Teixeira Albino, Darci Clementino Lopes e Melissa Izabel Hannas pelas valiosas sugestões e críticas que possibilitaram o aprimoramento do nosso trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram para o aprendizado pessoal e para a realização deste trabalho.

Às professoras e estudantes do Departamento de Medicina Veterinária, Andrea Pacheco, Lukiya Campos, Brunna Fonseca, Daniela Mayer, Rodrigo Meneses, que realizaram as cirurgias de implantação das cânulas, e aos funcionários do Laboratório Clínico desse mesmo departamento, Aécio Oliveira, Lucinda e Luis Marcio pela presteza.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Francisco Ilário, Francisco Ferreira, José Lopes, Raimundo, Sebastião, Vítor, Alessandro e em especial José Alberto pelo apoio, amizade e presteza fundamentais na execução deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, Adriano, Elísio, José Lino e Sebastião pela colaboração e amizade.

Aos funcionários da Fábrica de Ração e do Laboratório de Nutrição Animal, especialmente ao Mauro Godoi, Vera, Valdir, Fernando, pelo auxílio, amizade e convívio.

Aos meus pais Edson de Carvalho Franco e Carmen Silvia de Assis Carvalho e ao meu irmão Rony Assis Carvalho e sobrinho Matheus pelo estímulo, carinho e tolerância quanto à ausência.

Aos estudantes de Pós-graduação e amigos que colaboraram no decorrer da execução desse trabalho, especialmente Gabriel Borges, Rodrigo Knop, Wagner Aziz, Cláudio Parro, Valdir Ribeiro, Rodolfo Vieira, Diego Ladeira, Carlos Magno, Sandra Salguero, Rosana Maia, Luana, Hélio Cruz, Mateus Ferreira, Santiago, Davi, Diego Lescano, Leonardo Cotta, Gabriel de Oliveira, Lindomar Bragança, Luiza Assis, Caio César, Alexandre Machado, Igor Dutra, Thaís Coelho, Rodrigo Lana, Ricardo Lana e Rodolfo Campos pela amizade e apoio fundamental na realização desse trabalho.

Aos companheiros de república Flávio Longui, Evandro Cardoso, Anderson Evaristo, Gabriel Borges, Maria Eduarda e Valdir Ribeiro.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para concretização desse sonho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT.....	xv
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	1
2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS	1
2.2 VALORES DE ENERGIA DOS ALIMENTOS.....	3
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA E DOS NUTRIENTES DOS ALIMENTOS	6
2.3.1 DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA	6
2.3.2 DIGESTIBILIDADE DOS AMINOÁCIDOS	13
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO I- COMPOSIÇÃO E VALORES DE ENERGIA DE ALIMENTOS UTILIZADOS EM DIETAS DE SUÍNOS.....	22
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1 ENSAIO I.....	31
2.2 ENSAIO II.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.1 ENSAIO I.....	38
3.1.1 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.....	38
3.1.2 VALORES DE ENERGIA DIGESTÍVEL, METABOLIZÁVEL E METABOLIZÁVEL CORRIGIDA PARA RETENÇÃO DE NITROGÊNIO DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.....	41
3.1.3 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.....	48
3.2 ENSAIO II.....	53
3.2.1 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.....	53

3.2.2	VALORES DE ENERGIA DIGESTÍVEL, METABOLIZÁVEL E METABOLIZÁVEL CORRIGIDA PARA RETENÇÃO DE NITROGÊNIO DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.	57
3.2.3	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.	61
4	CONCLUSÕES	66
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO II - DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DA PROTEÍNA E DOS AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS UTILIZADOS NA DIETA DE SUÍNOS.		72
1	INTRODUÇÃO	76
2	MATERIAL E MÉTODOS	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
4	CONCLUSÕES	107
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES.....		112
1	CAPÍTULO I	112
1.1	ENSAIO I.....	112
1.2	ENSAIO II.....	115
2	CAPÍTULO II.....	120
ANEXOS		121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição da dieta referência utilizada no Ensaio I	32
Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional analisada ¹ das dietas teste (Ensaio I). 34	
Tabela 3 - Composição da dieta referência utilizada no Ensaio II.....	36
Tabela 4 - Composição centesimal enutricional analisada ¹ das dietas teste (Ensaio II)..	37
Tabela 5 - Composição bromatológica proximal, valores de energia bruta e diâmetro geométrico médio dos alimentos energéticos, com base na matéria natural ¹	38
Tabela 6 - Valores de energia dos alimentos energéticos, com base na matéria natural ¹	42
Tabela 7 - Energia bruta e coeficientes de digestibilidade, metabolizabilidade e metabolizabilidade corrigido para retenção de nitrogênio dos alimentos energéticos ¹ . .	43
Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica; proteína bruta e extrato etéreo dos alimentos energéticos ¹	49
Tabela 9 - Coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido dos alimentos energéticos ¹	51
Tabela 10 - Composição bromatologica proximal, valores de energia bruta e diâmetro geométrico médio dos alimentos protéicos, com base na matéria natural ¹	54
Tabela 11 - Valores de energia dos alimentos protéicos, com base na matéria natural ¹ .	57
Tabela 12 - Energia bruta e coeficientes de digestibilidade, metabolizabilidade e metabolizabilidade corrigido para retenção de nitrogênio dos alimentos protéicos ¹	58
Tabela 13 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica dos alimentos protéicos ¹	62
Tabela 14 - Coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo dos alimentos protéicos ¹	63
Tabela 15 - Coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido dos alimentos protéicos de origem vegetal ¹	63
Tabela 16 - Composição centesimal da dieta isenta de proteína (DIP) e das dietas teste contendo os alimentos energéticos.....	79
Tabela 17 - Composição centesimal das dietas teste contendo os alimentos protéicos..	80

Tabela 18 - Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo os alimentos energéticos.....	83
Tabela 19 - Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo os alimentos protéicos.	84
Tabela 20 - Composição dos alimentos energéticos, em porcentagem, com base na matéria natural.....	86
Tabela 21 - Composição dos alimentos protéicos, em porcentagem, com base na matéria natural.....	87
Tabela 22 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos dos alimentos energéticos.	90
Tabela 23 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos dos alimentos protéicos.	91
Tabela 24 - Valores médios de proteína bruta e de aminoácidos endógenos ileais determinados utilizando dieta isenta de proteína (DIP) ¹	93
Tabela 25 - Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos dos alimentos energéticos.	96
Tabela 26 - Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos dos alimentos protéicos.	100
Tabela 27 - Proteína bruta digestível verdadeira (PBd) e conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos energéticos, em porcentagem, com base na matéria natural.....	103
Tabela 28 - Proteína bruta digestível verdadeira (PBd) e conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos protéicos, em porcentagem, com base na matéria natural.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS

AA - Aminoácido;

AAd - Aminoácido digestível verdadeiro;

AAE - Aminoácido essencial;

AA NE - Aminoácido não essencial;

AA_t - Aminoácido total;

CIA - Cinza insolúvel em ácido;

CD_{ap}AAE - Coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos essenciais;

CD_{ap}AA NE - Coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos não essenciais;

CD_{ap}PB - Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta;

CDE - Coeficiente de digestibilidade da energia;

CDEE - Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo;

CDFDA - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido;

CDFDN - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro;

CDMS - Coeficiente de digestibilidade da matéria seca;

CDMO - Coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica;

CDPB - Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta;

CD_vAAE - Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais;

CD_vAA NE - Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não essenciais;

CD_vPB - Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta;

CMAE - Coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia;

CMA_{En} - Coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia corrigido para retenção de nitrogênio;

CNE - Carboidratos não estruturais;

CPS - Concentrado protéico de soja;

CTF - Coleta total de fezes;

CV (%) - Coeficiente de variação;

DIP - Dieta isenta de proteína;

DGM - Diâmetro geométrico médio;

DPG - Desvio padrão geométrico;

EB - Energia bruta;

ED - Energia digestível;

EE - Extrato etéreo;

EL – Energia líquida;

EMA - Energia metabolizável aparente;

EMAn - Energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio;

ENN - Extrato não nitrogenado;

EPM - Erro padrão da média;

FDA - Fibra em detergente ácido;

FDN - Fibra em detergente neutro;

FI - Fator de indigestibilidade;

MM - Matéria mineral;

MN - Matéria natural;

MO - Matéria orgânica;

MS - Matéria seca;

ND - Não determinado;

PB - Proteína bruta;

PBd - Proteína bruta digestível;

PV^{0,75} - Peso vivo metabólico.

RESUMO

CARVALHO, Thony Assis, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2013. **Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de alimentos para suínos.** Orientador: Horacio Santiago Rostagno. Coorientadores: Luiz Fernando Teixeira Albino e Melissa Izabel Hannas.

Foram realizados dois ensaios metabólicos e um ensaio de digestibilidade ileal com os objetivos de determinar a digestibilidade dos nutrientes, os valores de energia digestível (ED), metabolizável aparente (EMA) e metabolizável corrigida (EMAn), os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e verdadeira da proteína e de aminoácidos, de alimentos utilizados em dietas de suínos. No primeiro ensaio metabólico, foram avaliados sete alimentos energéticos: milho, sorgo, milheto, farinha de trigo, macarrão, biscoito e resíduo de pão, e no segundo ensaio, cinco alimentos protéicos: leite em pó padronizado, plasma sanguíneo suíno, concentrado protéico de soja, soja semi-integral extrusada e farinha mista suína, utilizando-se do método de coleta total de fezes (CTF) e da utilização do indicador, cinza insolúvel em ácido (CIA), concomitantemente. Observou-se variação na composição química entre os alimentos estudados devido à diversidade de origem entre eles. Não se observou interação entre tratamentos x metodologia. As metodologias proporcionaram a obtenção de valores semelhantes de ED, EMA e EMAn. Dentre os alimentos energéticos os maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO) e proteína bruta (CDPB) foram obtidos para o macarrão. A farinha de trigo apresentou os maiores coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) e fibra em detergente ácido (CDFDA). O milheto apresentou os menores CDMS, CDMO, CDFDN e CDFDA. O maior coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo foi verificado para o pão, de 90,43%. Dentre os alimentos protéicos, observou-se CDMS e CDMO inferiores para a farinha mista suína e maior coeficiente de digestibilidade da proteína bruta para o plasma sanguíneo suíno, de 97,26%. No ensaio de digestibilidade ileal foram avaliados seis alimentos energéticos: biscoito, farinha de trigo, macarrão, milho, resíduo de pão e quirera de arroz, e seis alimentos protéicos: caseína, concentrado protéico de soja – A, concentrado protéico de soja – B, farinha mista suína, leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno, utilizando-se da técnica da cânula em T simples e estimativa de perda endógena basal com fornecimento de dieta isenta de proteína (DIP). Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) da proteína

brutavariaram, respectivamente de 69,05 a 83,60% e de 86,01 a 94,90%; dentre os alimentos energéticos. Entre os alimentos protéicos os CDapPB e CDvPB variaram, respectivamente, de 62,04 a 86,29% e de 70,64 a 96,12%. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais (CDvAAE) e não essenciais (CDvAANE) médios para o milho, foram respectivamente de 88,35 e 87,49%. Os CDvAAE e CDvAANE médios determinados para o plasma sanguíneo suíno, foram respectivamente, de 94,93 e 91,31%. A composição química, os valores de energia, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e os conteúdos de aminoácidos digestíveis dos alimentos avaliados podem ser utilizados como referência para formulação de dietas de suínos com base em EMAn e nutrientes digestíveis.

ABSTRACT

CARVALHO, Thony Assis, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February de 2013. **Metabolizable energy and digestible amino acid of feedstuffs to swine.** Adviser: Horacio Santiago Rostagno. Co-advisers: Luiz Fernando Teixeira Albino and Melissa Izabel Hannas.

Two metabolic trials and one ileal digestibility trial were made with swine to determine nutrient digestibility, digestible energy (DE), apparent metabolizable energy (AME), nitrogen balance corrected AME (AMEn), digestibility coefficients of apparent and true ileal protein and amino acids of feedstuffs. In the first metabolic trial seven feedstuffs were evaluated to determine the energy content: corn, sorghum, millet, wheat flour, pasta residue, cracker meal and bakery meal. In the second metabolic trial, five feedstuffs were evaluated: milk, powder partially skimmed, porcine blood plasma, soy protein concentrate, partially defatted extruded whole soybean and swine by-product meal. Total faeces collection (TFC) and acid insoluble ash (AIA) methods were used as indicator of indigestibility. Variation was observed in bromatological composition specially when takes into account the diversity of origin of these feedstuffs. No interaction treatments x methods was observed. Both methods provided similar values of DE, AME and AMEn. Among the feedstuffs with high energy content, was observed higher digestibility coefficient of dry matter (DCDM), organic matter (DCOM) and crude protein (DCCP) to pasta residue. The wheat flour presented the highest digestibility coefficients of neutral detergent fiber (DCNDF) and acid detergent fiber (DCADF). The millet presented the lowest DCDM, DCOM, DCNDF e DCADF. The higher digestibility coefficient of crude fat was observed to bakery meal, of 90,43%. Among the feedstuffs with high protein content was observed lowest DCMS and DCOM to swine by-product meal, and the higher digestibility coefficient of crude protein was observed to porcine blood plasma, of 97,26%. In ileal digestibility trial were evaluated six feedstuffs with high energy content: cracker meal, wheat flour, pasta residue, corn, bakery meal and broken rice and six feedstuffs with high protein content: milk casein, soy protein concentrate – A, soy protein concentrate – B, swine by-product meal, milk powder partially skimmed and porcine blood plasma spray dried, using the technique of the simple T-canula and estimate the basal endogenous losses using N-free diet method. Among the feedstuffs with high energy content the coefficients of apparent

(DCapCP) and true (DCvCP) ileal protein digestibility ranged from 69,05 to 83,60% and 86,01 to 94,90%, respectively. Among the feedstuffs with high protein content the DCapCP and DCvCP ranged from 62,04 to 86,29% and 70,64 to 96,12%, respectively. The mean of coefficients of apparent and true ileal essential amino acids (DCvEAA) and nonessential (DCapNEAA) amino acids digestibility to corn, were 88,35 and 87,49%, respectively. The mean of DCvEAA and DCvNEAA to porcine blood plasma were 94,93 and 91,31%, respectively. The bromatological composition, energy values and digestibility coefficients of crude protein, ether extract, neutral detergent fibre, acid detergent fibre and digestible amino acid content from feedstuffs evaluated can be used like reference for the formulation of pig diets based in AMEn and digestible nutrients.

1 INTRODUÇÃO GERAL

As dietas de animais monogástricos são formuladas em função de um determinado valor de energia, necessária para atender as exigências de manutenção e produção. Segundo Curtis (1983), o consumo de alimento é inversamente correlacionado a densidade de energia da dieta, dessa maneira, a garantia de ingestão dos demais nutrientes torna-se dependente do conteúdo em energia que a dieta apresenta.

Apesar da energia não ser considerada um nutriente, e sim o resultado do metabolismo desses, o conhecimento do valor de energia dos alimentos é de fundamental importância (PATIENCE, 2012).

A determinação da composição química e da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos são imprescindíveis para a formulação de dietas que proporcionem maior eficiência produtiva. Somente parte dos nutrientes contidos nos alimentos é aproveitada pelos animais, sendo a parcela restante, eliminada pelas fezes ou urina.

Levando-se em consideração a importância do aspecto da nutrição de precisão, a combinação entre as exigências nutricionais dos animais e o valor nutritivo dos alimentos, devem ser ajustados.

Diversas tabelas de composição e de valores de nutrientes contidos nos alimentos, utilizados em dietas de suínos, estão disponíveis (SCA, 1987; ARC, 1981; EMBRAPA, 1991; SAUVANT et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012). Por outro lado, a atualização e a disponibilização de dados ainda não determinados de ingredientes que possam ser utilizados na dieta de suínos, são de fundamental importância quando se deseja formular dietas com inclusão desses.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS

A alimentação por representar maior parcela do custo da produção animal, naturalmente, conduz os nutricionistas e suinocultores à busca por ingredientes capazes de proporcionar redução nos custos e manutenção dos resultados de desempenho.

Mendonça e Arellaro (2005) observaram que a melhoria da relação benefício/custo de qualquer atividade requer a maximização da utilização dos recursos

produtivos. Historicamente, no Brasil, a dieta de animais monogástricos foi constituída pelos alimentos convencionais milho e soja, uma vez que quando associados à suplementação mineral e vitamínica, apresentam excelente combinação em relação às exigências nutricionais dos animais. Por outro lado, esses ingredientes são considerados matérias-primas básicas para a obtenção de combustíveis renováveis, como o etanol e o biodiesel, onerando excessivamente a produção suinícola.

A utilização de coprodutos do processamento de vegetais ou animais na alimentação de suínos, oriundos de agroindústrias, pode ser uma alternativa viável, uma vez que, na suinocultura, os custos com alimentação podem representar até 80% do custo total de produção (KILL, 2002).

Alguns pontos relevantes devem ser considerados quando se deseja incluir um novo alimento na dieta de monogástricos, uma vez que sua inclusão pode influenciar negativamente o desempenho dos animais (KILL, 2002). Seguindo as premissas de Belaver e Ludke (2004), deve-se avaliar a ocorrência na sazonalidade da oferta desse produto, a sua composição química, a biodisponibilidade de seus nutrientes, presença de fatores anti-nutricionais e suas características físicas.

Pesquisas, nacionais e internacionais têm demonstrado variações consideráveis na composição e na digestibilidade de nutrientes de um mesmo alimento (COLNAGNO et al., 1979; REZENDE et al., 1980; FIALHO et al., 1982, 1984, 1994; BARBOSA et al., 1999; KILL et al., 2002; SANTOS et al., 2005).

Vilela et al. (1988) observaram que a composição química do milho pode variar de acordo com o tipo de solo, quantidade e qualidade de fertilizante utilizado durante o cultivo, do cultivar e das condições climáticas. As condições de armazenamento também podem modificar quantitativamente ou qualitativamente o valor nutricional. Quando o milho foi exposto a altas temperaturas de secagem e a tempo prolongado de armazenamento a composição nutricional foi alterada. (CARVALHO et al., 2009).

O conteúdo de nutrientes do farelo de soja também pode variar, conforme o processamento utilizado para a extração do óleo, assim como pelo nível de tegumento presente e da temperatura utilizada na tostagem (MORRISON, 1966).

Dos Reis (2009) atribuiu à origem da matéria-prima, ao processamento e a falhas no controle de qualidade como as possíveis causas na variação da composição química e dos valores de energia de um mesmo alimento em tabelas internacionais, nacionais e entre diferentes pesquisas brasileiras. Serrano et al. (1990) relataram a importância do

conhecimento do valor da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos, uma vez que as análises laboratoriais descrevem apenas o valor potencial nutritivo desses, sendo que, o valor efetivo para a maioria deles, é significativamente menor.

Essas divergências quanto ao aspecto da variação da composição dos alimentos, assim como da disponibilidade de seus nutrientes e da energia, apontam para a importância e necessidade de realização de ensaios de metabolismo para atualização das informações das composições químicas e de valores de energia dos alimentos.

2.2 VALORES DE ENERGIA DOS ALIMENTOS

A concentração de energia de uma ração destinada à alimentação de animais é fator primordial durante a sua formulação. Em função disso é que são estabelecidos os níveis dos demais nutrientes, uma vez que, o consumo está intimamente relacionado com o seu conteúdo em energia (PATIENCE, 2012).

Oliveira et al. (1997), demonstraram redução no consumo de ração e na conversão alimentar de leitões entre 15,00 e 30,00 kg de peso vivo quando alimentados com rações contendo níveis crescentes de energia digestível, entre 3200 a 3800 Kcal/Kg, em condições de conforto térmico. Evidenciando que os animais são capazes de ajustar o consumo de alimento em função do nível de energia da ração.

Patience (2012) relataram que a maior capacidade de consumo de alimento entre diferentes linhagens de suínos, será no futuro, um dos pontos de maior importância quando da decisão de qual linhagem utilizar no sistema produtivo. Essa questão se baseia na capacidade de compensar os baixos níveis de energia praticados na dieta, no intuito de se reduzir os custos com a alimentação, sem que o desempenho dos animais seja prejudicado.

A energia não é considerada um nutriente, por não constituir uma substância química, mas sim, o resultado da oxidação de moléculas orgânicas como carboidratos, proteínas (aminoácidos), lipídeos e parte das fibras, além daquela oriunda do metabolismo energético (calor) produzida pela oxidação desses componentes dos alimentos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Por outro lado, nem toda energia proveniente da oxidação de nutrientes pode ser aproveitada pelos animais. Dessa maneira, o conteúdo em energia de um alimento pode ser expresso de diversas formas. Biologicamente, a energia pode ser dividida em energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL).

A EB representa simplesmente o nível potencial de energia que se pode obter com a oxidação total da matéria orgânica contida numa amostra de alimento, sendo que essa, não apresenta valor prático, uma vez que não apresenta nenhuma relação com o que realmente é aproveitado pelo animal. Por outro lado, é a partir dela, que se pode obter as demais formas de representação da energia de um alimento.

Parte da EB consumida pelos animais é eliminada nas fezes, na urina, na forma de gases da digestão, ou ainda ser emitida na forma de calor, sendo a parcela restante, retida no organismo. Dessa maneira, a ED de um alimento é aquela na qual, se subtrai a energia fecal da EB total consumida pelos animais.

A partir da ED, pode-se obter a EM aparente (EMA), descontando-se as perdas de energia na urina e de produtos gasosos da digestão, sendo essa última, desprezível em suínos não adultos (FULLER e BOYNE, 1976). Entretanto, Morgan e Whittemore (1982) relataram que as perdas gasosas podem ser expressivas quando se avalia alimentos com conteúdos consideráveis de parede celular, que passam por intensa fermentação no intestino grosso.

Dessa maneira, Sauvant et al. (2004) consideraram para a publicação de suas tabelas, perdas de 0,16 Kcal/g de parede celular fermentada na forma de gases de fermentação para suínos em crescimento. Essa porção de parede celular fermentável também denominada pelos autores de “resíduo” é resultante da subtração do conteúdo de proteína bruta, extrato etéreo, amido e fibra em detergente neutro da matéria orgânica total do alimento. Para suínos adultos (porcas) as perdas na forma de gases da fermentação consideradas foram de 0,32 Kcal/g de parede celular fermentável, para a determinação dos níveis de EMA dessa categoria.

A EL é obtida subtraindo-se da EMA, a parcela de energia perdida na forma de incremento calórico, energia produzida devido aos processos de digestão, absorção e metabolismo de nutrientes (NRC, 2012; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). A determinação desse tipo de perda de energia é dependente de estudos laboriosos, de balanço de energia e produção de calor, os quais são executados em câmaras respirométricas disponíveis em poucos laboratórios no mundo.

Dessa forma o método de determinação indireto de EL, a partir dos valores de EMA e da eficiência de utilização dos nutrientes (k) torna-se a melhor forma de obtê-la. Em suínos, Noblet (2001) determinaram a eficiência de utilização da EMA para

produzir EL dos nutrientes: gordura, amido, proteína bruta, e da fibra dietética em 90, 75, 58 e 58%, respectivamente.

Observa-se que a EL é a melhor indicação de energia disponível para manutenção e produção (NOBLET et al., 1994). Por outro lado, pela dependência de câmaras respirométricas e estudos de produção de calor, na prática, as dietas de suínos têm sido formuladas baseando-se nos conceitos de EMA ou EMA corrigida para a retenção de nitrogênio (N).

Inicialmente, foram Diggs et al., (1959) e Diggs et al., (1965) quem propuseram a correção dos valores de EMA dos alimentos para a retenção de nitrogênio nula, obtendo-se a EMA corrigida para a retenção de N (EMAn). Mensurações do conteúdo de EMA em diferentes condições podem resultar em maiores ou menores perdas ou ganhos de peso (retenção de nitrogênio) dos animais. A modificação no peso de suínos nas fases de crescimento/terminação durante o ensaio de determinação da EM é acompanhado pela variação no conteúdo de nitrogênio (N) retido na forma de proteína (aminoácido) corporal.

No intuito de se eliminar a influência, da maior ou menor retenção de N sobre os valores de EMA, Diggs et al., (1965) sugeriram a correção da EMA pelo valor de 5,45 Kcal/g de N retido. Em outras palavras, de acordo com esses autores, cada grama de N retido, fornece 5,45 Kcal a menos de energia quando o aminoácido retido é catabolizado e eliminado na urina na forma de uréia, principalmente. Por outro lado, Farrel (1979) criticou essa correção, sugerindo que ela somente seria aceitável quando do emprego de animais adultos para a determinação do conteúdo de EMAn. Esses autores relataram que suínos adultos podem até perder peso durante a avaliação, mas suínos nas fases de crescimento/terminação retêm quantidades consideráveis de N, podendo a correção proposta, influenciar excessivamente o conteúdo de EMAn do alimento.

Nas tabelas de Sauvant et al. (2004), considerou-se que o conteúdo de N excretado na urina representa 50% do N digestível da dieta, pois em suínos, essa é a relação entre N urinário e o N digestível na maioria das fases de produção. Sauvant et al. (2004) utilizaram os níveis de N urinário, para estimar o conteúdo de energia excretada na urina, e assim determinaram aos valores de EMAn dos alimentos por eles referenciados. Consideraram ainda, que a energia perdida na urina por animais adultos (porcas) é 15,80% superior em relação ao excretado por suínos em crescimento.

Apesar da proposta empregada por Sauvant et al. (2004), a correção utilizando-se do valor de 5,45 Kcal/g de N retido sugerido por Diggs et al. (1965) é na atualidade, a mais utilizada para estimar a EMAn a partir dos valores de EMA dos alimentos. Sendo essa, a correção realizada sobre os valores de EMA para obtenção da EMAn de alimentos destinados a alimentação de suínos nas publicações de Rostagno et al. (2005) e Rostagno et al. (2011).

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA E DOS NUTRIENTES DOS ALIMENTOS

2.3.1 DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA

Dentre os fatores que podem modificar a digestibilidade da energia e dos nutrientes de um alimento, estão os relacionados aos animais utilizados no ensaio (idade, peso, sexo, estado fisiológico e o genótipo) (LE GOFF E NOBLET, 2001).

Berlacu et al. (1978) observaram superioridade da ED de apenas 4,0% quando utilizaram leitões de 25,00 a 50,00 Kg em relação às avaliações nas quais foram utilizados leitões de 10,00 a 25,00 Kg. Colnagno et al. (1979), trabalharam com animais de 24,00; 42,00 e 72,00 Kg e verificaram aumento nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da EMA e da EMAn dos alimentos em função do peso dos animais.

Rezende et al. (1980), estudaram o balanço energético e protéico de cinco alimentos para suínos, em três diferentes faixas de peso (23,00; 41,00 e 64,00 Kg) e não verificaram diferença nos valores de ED, EMA, EMAn, CDMS e CDPB dos alimentos. Entretanto, quando se avaliou isoladamente os pesos de 41,00 e 64,00 Kg, verificou-se aumento nos coeficientes de digestibilidade da energia e dos nutrientes considerados.

Fialho et al. (1979), utilizando animais de 34,00 e 76,00Kg, estudaram o balanço de energia e de proteína de diferentes variedades de sorgo, e observaram aumento nos valores de CDMS, CDPB, ED e EMA, com o aumento do peso dos animais. Contudo, a EMAn não foi alterada pelo aumento do peso vivo. Fialho et al. (1982) e Fialho et al. (1984), utilizando suínos de diferentes pesos (25,00 e 62,00 kg) obtiveram valores diferentes de ED, CDMS e de CDPB em função do peso vivo dos animais.

Thiré (1986), estudando os valores de energia e de digestibilidade de cinco alimentos para suínos, com três diferentes pesos (26,00; 46,00 e 73,00 kg), não observaram diferença nos valores de ED, EMA, EMAn, CDMS e CDPB com o aumento do peso vivo dos animais.

Le Goff e Noblet (2001) avaliaram as diferenças de digestibilidade de nutrientes entre suínos em crescimento (61,00 Kg) e porcas (peso médio 236,00 Kg - não gestantes e não lactantes) e observaram superioridade do coeficiente de digestibilidade da energia, proteína bruta, extrato etéreo e da fibra em detergente neutro (FDN) para animais adultos, respectivamente, em 3,78; 5,98; 17,41 e 14,39%. Esses autores observaram ainda que à medida que o conteúdo de fibra da dieta aumenta, a diferença da ED determinada em animais adultos em relação à determinada em animais em crescimento aumenta, apresentando respectivamente uma relação de 0,789; 2,055 e 2,414 Kcal de ED para cada grama de FDN, fibra em detergente ácido (FDA) e fibra bruta (FB) adicionais.

Fatores relacionados aos procedimentos experimentais também contribuem como fontes de variação durante a determinação da digestibilidade da energia e de nutrientes de um alimento. Dentre eles, o método de mensuração (coleta total ou indicadores), o nível alimentar, o nível de inclusão dos alimentos, e o teor de proteína da dieta basal são os principais.

Roth e Kirchgessner (1984) sugeriram aumento da digestibilidade da energia com a redução dos níveis de alimentação de suínos em crescimento. Esse fato foi associado à redução da taxa de passagem em animais que receberam baixa quantidade de alimento.

A digestibilidade de dietas de suínos pode ser avaliada pelo método de coleta total de fezes ou utilizando-se de indicadores de digestibilidade. A avaliação da digestibilidade utilizando-se de indicadores é menos trabalhosa em relação ao método de coleta total, pela não necessidade de se quantificar o consumo de ração e a produção de fezes (McCarthy et al., 1974).

Por definição, a digestibilidade determinada independente do método utilizado teria que apresentar os mesmos resultados, contudo na prática em função da recuperação do indicador, pode-se observar discrepâncias em função da metodologia.

O Cromo (Cr) na forma de óxido crômico (Cr_2O_3) foi o indicador historicamente mais utilizado na determinação da digestibilidade de dietas para suínos, com trabalhos

relatando recuperação variável desse mineral nas fezes. McCarthy et al. (1977) verificaram que a recuperação do óxido crômico nas fezes está entre 75,00 e 98,00%. Ehle et al. (1982) determinaram recuperação do óxido crômico nas fezes de animais não canulados de 87,00 a 114,00%.

Moughan et al. (1991) avaliaram a digestibilidade da energia, matéria seca e matéria orgânica de dietas a base de cevada com leitões com 13,00 Kg de peso vivo e observaram que os coeficientes de digestibilidade foram inferiores (entre 3 e 4%) quando determinados com indicador Cr_2O_3 comparados aos obtidos pela metodologia de coleta total. A recuperação média do óxido crômico observada por esses autores nas fezes foi de 85,30%.

Mroz et al. (1996) avaliaram a recuperação do indicador fecal óxido crômico (Cr_2O_3) em dois grupos de animais, intactos ou canulados utilizando-se de cânula do tipo re-entrante no íleo terminal, e observaram recuperação entre 94,00 a 106,00% em animais intactos e 20% inferior, em animais canulados. Esses autores não verificaram relação entre o aumento de matéria seca excretada e a redução na recuperação do Cr, geralmente observada com a utilização desse indicador fecal. Observaram ainda, que a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, cinzas, proteína, extrato etéreo (EE) e da FB foram inferiores para o método do indicador em relação ao método de coleta total realizada em animais canulados.

O dióxido de titânio (TiO_2), apesar de ser utilizado com menor frequência, é outra opção de indicador de digestibilidade, que segundo Jagger et al. (1992) apresenta menor variação de recuperação na digesta ileal em relação ao óxido crômico.

Thompson e Wiseman (1998) observaram similaridade entre o método de coleta total e utilização de TiO_2 como indicador (0,1% de inclusão), sobre a digestibilidade da matéria seca, nitrogênio, amido, FB, FDN e EE do farelo de soja 48% (*Hypro*), farelo de trigo e gérmen de milho. Esses autores concluíram que o TiO_2 , é eficaz como indicador de digestibilidade em dietas de suínos. Os autores relataram ainda que a recuperação média do indicador foi de $101 \pm 2,2$ %.

Outro indicador, de ocorrência natural (constituente) na dieta, é a cinza insolúvel em ácido (CIA), que ocorre nos alimentos em diferentes níveis. Geralmente é encontrada em baixos níveis em dietas a base de cereais. Dessa maneira, esse indicador pode ser adicionado às dietas, quando presumivelmente reconhece-se, que os ingredientes utilizados na composição, apresentam baixo conteúdo de cinza insolúvel

em ácido (CIA). Essa adição desse componente se dá pela inclusão de terra de diatomácea (conchas de algas moídas - Celite® ou Diamol®).

McCarthy et al. (1974) observaram menores coeficientes de digestibilidade da energia e do nitrogênio em relação ao método de coleta total quando avaliaram a digestibilidade de dieta com adição de 0,5% de Celite® na dieta de leitões com 21 dias de vida (4,32 Kg). Em um segundo ensaio, utilizando-se também de leitões com 21 dias de vida (4,43 Kg), esse grupo de pesquisadores, avaliou a digestibilidade da dieta utilizada no primeiro ensaio, pelos métodos de coleta total ou da CIA, sem a adição de Celite®, e observaram similaridade dos coeficientes de digestibilidade da energia e do nitrogênio pelos dois métodos. Dessa maneira, concluíram que não há benefício da adição de Celite® quando a dieta contenha naturalmente quantidades suficientes de CIA (constituínte). A dieta utilizada nos experimentos continha 0,194% de CIA constituínte.

McCarthy et al. (1977) avaliaram a influencia do método de avaliação da digestibilidade (coleta total ou indicador CIA), com e sem a adição de 0,5% de Celite e duas diferentes faixas de pesos vivos (5,60 Kg - 21 dias e animais com 22,40 Kg) sobre os coeficientes de digestibilidade da energia e do nitrogênio. Não foi observada diferença entre os coeficientes de digestibilidade da energia e do nitrogênio, em função do método de avaliação ou da adição ou não de Celite® obtidos com animais de 5,60 Kg. Entretanto, quando foram utilizados animais de 22,40 Kg, observou-se redução do coeficiente de digestibilidade da energia com a adição de celite independente do método de coleta (total ou indicador CIA). Os coeficientes de digestibilidade da energia determinados pelo método de coleta total com adição de celite e pelo método de CIA sem adição de celite foram similares (84,30 e 82,60%, respectivamente). Os coeficientes de digestibilidade do nitrogênio não foram influenciados pela adição de Celite, apenas pelo método, os quais foram superiores para o método de coleta total em relação ao método do indicador CIA. Diante desses resultados esses autores consideraram que a adição de Celite® é desnecessária, uma vez que o conteúdo de CIA constituínte foi suficiente para a determinação da digestibilidade da energia e do nitrogênio da dieta.

No intuito de comparar a digestibilidade da energia e de nutrientes pelo método de coleta total ou utilizando o indicador CIA (constituínte), Yen et al. (1983) forneceu dietas convencionais, a leitões em duas diferentes idades, na 12 e 18 semanas de vida, e observaram interação entre as idades de avaliação e o método utilizado, sendo que a digestibilidade do nitrogênio e da energia, durante a primeira idade de avaliação foram

similares entre os dois métodos, o que não ocorreu na segunda idade de avaliação. O método da CIA proporcionou menores valores de digestibilidade da energia e do nitrogênio. Esses autores concluíram, que a utilização da CIA (constituente) como indicador, é um método que pode ser utilizado para determinação da digestibilidade aparente em suínos, mas que deve ser especialmente utilizado em idades precoces.

Moughan et al. (1991) observaram similaridade entre os coeficientes de digestibilidade da energia, matéria seca e matéria orgânica entre os métodos de coleta total e da utilização da CIA (constituente), sendo os valores médios observados de 84,80; 85,10 e 86,90% para o método de coleta total e 84,60; 84,90 e 86,70% para o método de coleta utilizando-se do indicador CIA, respectivamente. A recuperação média da CIA nesse estudo foi de 98,20%. Esses autores relataram, assim como McCarthy et al., (1974), a necessidade da adição de Celite® ou Diamol® quando o nível de CIA constituinte na dieta é naturalmente baixo.

Van Leeuwen et al. (1996) avaliaram o coeficiente de digestibilidade ileal do nitrogênio de dietas de suínos com 35,00 Kg utilizando-se dos indicadores Cr_3O_2 (0,25% de inclusão) e CIA (1% de inclusão de Diamol®), contendo como fontes protéicas glúten de trigo ou farelo de soja. Esses autores observaram similaridade nos coeficientes de digestibilidade ileal do nitrogênio, quando avaliados utilizando-se dos diferentes indicadores, em dietas contendo farelo de soja como fonte protéica (82,50vs. 82,50%), entretanto, dietas contendo glúten de trigo, observou-se coeficiente de digestibilidade do nitrogênio superior ($P<0,05$) quando determinado com Cr_3O_2 (83,40%) em relação a CIA (81,60%).

Kavanagh et al. (2001) avaliaram a efetividade dos indicadores Cr_3O_2 (1% de inclusão), TiO_2 (1% de inclusão) e CIA (constituente) em relação ao método de coleta total na determinação dos coeficientes de digestibilidade da energia e da matéria seca. Esses autores observaram similaridade nos coeficientes quando utilizaram Cr_3O_2 e da CIA como indicadores. O TiO_2 proporcionou a obtenção de coeficientes de digestibilidade da energia e da matéria seca inferiores aos obtidos pelo método de coleta total. A recuperação dos indicadores nas fezes foi respectivamente de 96,00; 92,30 e 99,90% para o Cr_3O_2 , TiO_2 e CIA. Esses autores recomendaram a utilização da CIA como indicador de digestibilidade.

Salguero (2009) ao avaliar o coeficiente de digestibilidade verdadeira do cálcio (Ca) de nove diferentes fontes na dieta de suínos utilizando-se da metodologia de coleta

total ou de indicador CIA, (com adição de 1% de Celite[®]), obtiveram coeficientes de digestibilidade do Ca similares entre as metodologias. A média do coeficiente de digestibilidade verdadeira do cálcio das diferentes fontes foi de 80,36% quando determinado pelo método de coleta total e de 84,04% quando determinado pelo método do indicador CIA. Os coeficientes de digestibilidade do Ca da dieta referência utilizada por esse pesquisador, constituída de milho e farelo de soja, foram de 68,71 e 87,72%, obtidos, respectivamente, pelas metodologias de coleta total ou com o uso da CIA como indicador.

Além do método direto ou indireto de determinação da digestibilidade, outros fatores estão associados à modificação da ED, EMA e EMAn como a composição química e os tratamentos térmico e/ou mecânicos aos quais os alimentos possam ser submetidos durante o processamento.

Bertol e Ludke (1999) obtiveram valores de 3605 Kcal/Kg de ED e 3245 Kcal/Kg de EMA para farelo de soja contendo 46,50% de proteína bruta, superiores em 3,60 e 2,50% em relação ao farelo de soja com 44,50% de proteína bruta, utilizando-se de leitões com 28 dias de idade. O conteúdo de FB e de EE do farelo de soja contendo 44,50% de proteína bruta foram respectivamente, 0,25% inferior e 0,75% superior, aos obtidos para o farelo de soja com 46,50% de proteína bruta.

Noblet e Shi (1994) observaram que as diferenças entre os coeficientes de digestibilidade da proteína, do EE e da FB entre suínos com 40,00; 105,00 e 150,00 Kg são mais acentuadas quando dietas menos digestíveis são avaliadas, na maioria das vezes, essa condição foi associada ao nível de fibra da dieta.

Noblet e Le Goff (2001) relataram diferentes padrões de digestibilidade dos componentes da fibra dietética por suínos. A lignina praticamente não é digerida, a pectina é digerida praticamente em sua totalidade, a hemicelulose tende a ser mais digestível que a celulose, entretanto, as duas últimas são apenas parcialmente digeridas por suínos. Dessa maneira, o coeficiente de digestibilidade da fibra dietética de alimentos, como a palha de trigo (ricos em lignina e fibras insolúveis em água) e polpa de beterraba ou casca de soja (ricos em pectina e fibras solúveis em água) estão, respectivamente, entre 40-50% e 80-90%.

A redução do tamanho de partículas proporciona o aumento da área de superfície, que melhora o contato com enzimas digestivas, facilitando a liberação de nutrientes dos alimentos (FASTINGER e MAHAN, 2003). Wondra et al. (1995) recomendam para a maioria de dietas de suínos em crescimento, o diâmetro geométrico médio deve estar entre 600 a 700 µm.

Nos estudos de Lima et al. (2000), pôde-se evidenciar, o efeito do tamanho de partícula da quirera de arroz sobre a composição química, principalmente sobre o conteúdo de proteína bruta, que variou de 7,71 a 8,72%, em amostras contendo diâmetros geométricos médios (DGM) de 964 e 3197 μm , respectivamente.

Wondra et al., (1995) observaram que com a redução da granulometria do milho, de 1200 a 400 μm em dietas de terminação e lactação, ocorreu melhora da digestibilidade da matéria seca, nitrogênio e da energia. Entretanto, Mavromichalis et al. (2000) não observaram diferenças significativas sobre a digestibilidade da matéria seca e do nitrogênio em função do diâmetro geométrico médio do trigo (1300, 600 e 400 μm) em dietas fornecidas a leitões com 27 dias de vida utilizando-se de Cr_3O_2 como indicador de digestibilidade.

Fastinger e Mahan (2003) observaram pequena variação (1%) na digestibilidade da energia com redução da granulometria de diferentes farelos de soja, de 900 a 150 μm . Entretanto, a granulometria de 600 μm proporcionou maior digestibilidade dos aminoácidos essenciais desse ingrediente.

Valencia et al., (2008), avaliaram o efeito da micronização do farelo de soja (881 vs. 47 μm) e da soja integral expandida moída (778 vs. 41 μm), sobre os coeficientes de digestibilidade da energia, proteína bruta, extrato etéreo e da matéria orgânica utilizando como indicador de digestibilidade a CIA, com adição de 1% de Celite®. Foram utilizados leitões com duas diferentes idades, de 45 e 33 dias. Esses autores observaram efeito apenas da idade sobre o coeficiente de digestibilidade da proteína, o qual foi superior para os animais com 45 dias de vida.

O conteúdo protéico do alimento e conseqüentemente da dieta referência durante a determinação da digestibilidade do alimento são fatores que devem ser considerados durante ensaios de digestibilidade da energia e de nutrientes de um alimento.

A substituição da dieta referência pelo alimento pode proporcionar níveis de nitrogênio dietéticos excessivos, principalmente quando alimentos protéicos são avaliados. Observa-se aumento na excreção do nitrogênio absorvido pela urina, o que reduz os níveis de energia metabolizável nessas condições (MAY e BELL, 1971).

May e Bell (1971) utilizaram dois níveis protéicos na ração referência (10,00 e 20,00%) de leitões com peso inicial de 22,00 Kg, para avaliação da EMA e EMAn da farinha de peixe (77,00% PB) e do trigo, com inclusão de 25,00 e 50,00%, respectivamente. Esses autores observaram relações de EMA/EB e EMAn/EB de 85,00 e

79,00% para a farinha de peixe e de 86,00 e 85,00% para o trigo, utilizando-se de dieta referência contendo 10,00% de PB. Quando utilizaram dieta referência contendo 20,00% de proteína bruta, observaram as respectivas relações de 74,00 e 70,00% para a farinha de peixe, e de 88,00 e 87,00% para o trigo. Esses autores comprovaram efeito do nível protéico, da dieta referência e do alimento, sobre a determinação da EMA e EMAn. Esses autores avaliaram ainda, o efeito do nível de inclusão (25,00vs. 50,00%) do farelo de soja (49,00% de PB), farelo de canola (41,00% de PB) e farinha de peixe (77,00% PB), utilizando-se de dieta basal contendo 10,00% de proteína bruta, sobre os valores de ED, EMA e EMAn. Observou-se que com o aumento da inclusão do farelo de soja (de 25,00 para 50,00%) a ED, EMA e EMAn aumentaram, respectivamente em 3,20; 1,40 e 3,80%. Para o farelo de canola, os aumentos foram de 5,20; 6,30 e 7,60%. Com o aumento da inclusão da farinha de peixe, ocorreu redução respectivamente de 8,50; 11,00 e 10,00% sobre os valores de ED, EMA e EMAn.

Bartelt e Schneider (2002) observaram redução do valor de EMA do glicerol bruto com o aumento da inclusão de 5 para 10 ou 15% na dieta de suínos com peso inicial de 34,00 Kg de peso vivo. Os valores determinados de EMA para cada um desses níveis de inclusão foram de 4177, 3436 e 2524 Kcal/Kg, respectivamente.

Lammers et al. (2008) trabalhando com animais com peso de 10,30 Kg, também observaram redução da EMA do glicerol bruto quando aumentaram a inclusão de 5,00 para 10,00 ou 20,00%. Os valores de EMA determinados para cada um desses níveis de inclusão foram, respectivamente de, 3601, 3239 e 2579 Kcal/Kg.

2.3.2 DIGESTIBILIDADE DOS AMINOÁCIDOS

As proteínas são constituídas por unidades simples, denominadas aminoácidos. Os aminoácidos (AA) da dieta não são totalmente digestíveis. A melhor digestibilidade desses AA proporciona melhoria do desempenho e redução na excreção de compostos nitrogenados. Sendo assim, a formulação de dietas de acordo com o nível de aminoácidos digestíveis torna-se mais eficiente (AMIPIG, 2000).

A digestibilidade de aminoácidos é resultante da hidrólise enzimática, fermentação microbiana de proteínas e peptídeos ingeridos e da absorção desses a partir do lúmen intestinal. Para a determinação da digestibilidade de AA em ingredientes utilizados na alimentação de suínos alguns métodos podem ser utilizados, contudo, a

coleta de amostras no íleo terminal recebeu especial atenção (BELLAYER e EASTER, 1998).

Zebrowska (1973) ao comparar a digestibilidade fecal e ileal, relataram que os valores de digestibilidade ileal são melhor correlacionados com a deposição protéica (g/dia). Stein et al. (2007a) relataram que a digestibilidade ileal é mais acurada em relação àquela determinada utilizando-se das fezes para a estimativa da biodisponibilidade de aminoácidos.

Os processos de digestão, fermentação e absorção envolvem nutrientes de origem dietética e as secreções do aparelho digestivo. Em função dos tipos de perdas endógenas consideradas durante a determinação da digestibilidade, podem ser obtidos os valores de aminoácidos digestíveis aparente, digestibilidade dos aminoácidos estandarizada e digestibilidade verdadeira dos aminoácidos (STEIN et al., 2007b).

Todos os métodos de determinação da digestibilidade de AA são baseados no desaparecimento desses no trato gastrointestinal, contudo, essas mensurações não refletem a quebra ou a síntese de aminoácidos no lúmen do intestino ou a maneira na qual os AA são absorvidos. A fermentação no lúmen intestinal, especialmente aquela de ocorrência no trato digestório superior, pode contribuir para a quebra ou síntese de aminoácidos e interferir nos valores de digestibilidade dos AA no alimento. A presença de complexos, nos quais os AA podem estar envolvidos (reação de Maillard, fitato, etc) também contribuem para inutilização desses AA para a síntese protéica, mesmo que em alguns casos, esses possam ser absorvidos.

A determinação da digestibilidade aparente dos aminoácidos ignora a perda endógena desses. De acordo com Mousenthin et al. (2007) esse dado não é completamente válido uma vez que as perdas endógenas interferem significativamente sobre a digestibilidade dos AA. De acordo com Stein et al. (2007a) a palavra aparente é utilizada para enfatizar o conteúdo não digestível de AA e a não correção para as contribuições de origem endógena nesse valor de digestibilidade.

O método recomendado para a obtenção de digesta ileal, consiste da inserção de cânula T no íleo terminal, através de procedimento cirúrgico. Esse método não permite a coleta quantitativa do conteúdo, o que pode ser obtido com a utilização do método de anastomose íleo-retal, dessa maneira, é necessária a utilização de indicadores para obtenção dos dados de digestibilidade (STEIN et al., 2007a).

Os AA endógenos representam os aminoácidos e as proteínas/peptídeos secretados da parede intestinal e que não são absorvidos e/ou reabsorvidos antes do íleo terminal. Os AA endógenos podem ser representados pelas mucoproteínas, células mortas, soroalbumina, enzimas digestivas, amidas, até mesmo pêlos ou cerdas ingeridas (STEINet al., 2007a).

De acordo com Stein et al. (2007b) as perdas endógenas podem ser divididas em dois grupos, as perdas endógenas basais e perdas endógenas específicas. As perdas endógenas basais, também chamadas de perdas endógenas inespecíficas ou perdas endógenas independentes da composição da dieta, representam uma quantidade mínima e inevitável de aminoácidos perdidos pelo animal. Essas perdas estão relacionadas ao fluxo físico da matéria seca do alimento pelo trato digestório, geralmente expressa em função da matéria seca ingerida, reduzindo, proporcionalmente, com o aumento do consumo de alimento. A mensuração das perdas endógenas basais normalmente é realizada pelo produto da concentração do AA na digesta pelo fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína. O termo digestibilidade estandardizada tem sido recomendado para referir à digestibilidade da proteína e dos AA corrigida para esse tipo de perda endógena.

As perdas endógenas específicas, também denominadas de perdas dependentes da composição da dieta, são influenciadas pela composição dos ingredientes. São aquelas perdas inerentes, por exemplo, ao tipo de fibra, aos fatores antinutricionais e ao conteúdo e qualidade da proteína presentes no alimento. As perdas específicas não são rotineiramente mensuradas, entretanto, pode-se obter esse valor de maneira indireta, subtraindo-se das perdas endógenas totais a perda endógena basal inespecífica. As perdas endógenas totais podem ser estimadas utilizando-se a técnica da homocisteína ou de diluição de isótopos radioativos, entretanto, são testes laboriosos, de alto custo e dependentes de equipamentos específicos. Assim, as perdas endógenas totais também não são rotineiramente mensuradas (STEINet al., 2007a).

Quando as perdas endógenas totais são consideradas para o cálculo de digestibilidade da proteína e dos AA, o termo digestibilidade verdadeira é o mais adequado para se referir a esse valor de digestibilidade.

Apesar dessas considerações, no Brasil, historicamente o termo digestibilidade verdadeira é utilizado como sinônimo de digestibilidade estandardizada. Em função desse aspecto, a digestibilidade da proteína e dos AA, apresentados serão denominados

como digestibilidade verdadeira, mesmo tendo sido aplicada apenas a correção das perdas endógenas basais (inespecíficas).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARC. 1981. **The nutrient Requirements of Pigs**: Technical Review. Rev. ed. Slough, England. Commonwealth Agricultural Bureaux. XXII, 307 p.

AMIPIG. 2000. **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. Editores: AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, Paris, 44p.

BARBOSA, H. P.; TRINDADE NETO, M. A.; PETELINCAR, I. M.; et al. 1999. **Coeficientes de digestibilidade e valores energéticos de alguns alimentos para suínos**. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, SP, v. 56, n. 1, p. 47-52.

BARTELT, J., SCHNEIDER, D. 2002. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig**. Pages 15–36 in Union for the Promotion of Oilseeds-Schriften Heft 17. Union Zur Förderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E. V., Berlin, Germany.

BERLACU, G., ILIESCU, M., STAVRI, J. 1978. Efficiency of utilization of food energy by growing pigs. **J. Agric. Sci.**, 90:165-172.

BELLAVER, C.; EASTER, R. A. 1998. Estimates of true ileal digestibilities of corn, soybean meal and alternative feed ingredients for swines. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.33, p.737-744.

BELLAVER, C.; LUDKE, J.V. 2004. Considerações sobre os alimentos para dietas de suínos. **ENIPEC**. Cuiabá.

BERTOL, T.M., ZANOTTO, D.L. 1997. Determinação do balanço de energia e nitrogênio de alguns alimentos para suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 8, 1997, Concórdia: **Anais...EMBRAPA-CNPSA**. p.345-346.

BERTOL, T.M., LUDKE, J.V. 1999. Determinação dos Valores de Energia e do Balanço de Nitrogênio de Alguns Alimentos para Leitões na Fase Inicial. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.6, p.1279-1287.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; VARGAS JR., J.G.; et al. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.850-856, 2009.

COLNAGNO, C. L., ROSTAGNO, H. S., COSTA, P. M. 1979. Valores energéticos e efeito da idade dos suínos sobre a digestibilidade de alguns alimentos. **Rev. Soc. Bras.Zoot.**, v. 8, n. 4, p. 665-678.

CURTIS, S. E. 1983. **Environmental management in animal agriculture**. Ames:Ames the Iowa State University, 402 p.

DOS REIS, D. D. 2009. **Estudo da composição nutricional e dos coeficientes de digestibilidade da farinha amilácea fina do babaçu determinada com suínos nas fases de crescimento e terminação.** 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2009.

DIGGS, B. G.; BECKER, D. E.; TERRILL, S. W.; et al. 1959. The energy value of various feedstuffs for the young pig. **J Anim Sci**, 18:1460-1568 (Abstract).

DIGGS, B. G.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; NORTON, H. W. Energy Value of Various Feeds for the Young Pig. **J Anim Sci**, v.24, p.555-558, 1965.

EHLE, F. R., J. L. JERACI, J. B. ROBERTSON, AND P. J. VAN SOEST. 1982. The influence of dietary fibre on digestibility, rate of passage and gastrointestinal fermentation in pigs. **J. Anim. Sci.** v.55, p.1071.

EMBRAPA/CNPASA. 1991. **Tabelas de Composição Química e valores energéticos de Alimentos para Suínos e Aves.** 97p.

FARREL, D. J., Energy Systems for Pigs and Poultry: a review. 1979. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.**, v.45, n.1; p.21-34,

FASTINGER, N. D.; MAHAN, D. C. 2003. Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine. **J Anim Sci**, v. 81, p. 697-704.

FIALHO, E. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B. 1979. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e protéico de rações a base de milho e sorgo com diferentes conteúdos de tanino para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 396-397.

FIALHO, E. T., BELLAVER, C., GOMES, P.C., et al. 1982. Composição química e valores de digestibilidade de alimentos, para suínos de pesos diferentes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.11, p.262-280.

FIALHO, E. T.; ALBINO, L. F.; THIRÉ, M. C. 1984. Avaliação Química e Digestibilidade dos Nutrientes de Alimentos, para Suínos de Diferentes Pesos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13. n. 3. p. 360-374.

FULLER, M. F.; BOYNE, A. W. The Effects of Environmental Temperature on the Growth and Metabolism of Pigs Given Different Amounts of Food. **Brit. J. Nutr.**, 28(3): 373-390, 1976.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; O'MARA, F.; et al. 2001. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology** v.89, p. 49-58.

KILL, L. K.; ROSSONI, M. C.; CARVALHO, M. A. G.; et al. Composição química e valor nutritivo do triticale (*Triticum turgidosecale*) para suínos em terminação. **Revista Scientia**, Vila Velha, Es, v.3, n.1, p.21 a 32, jan./jul 2002

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; et al. 2008. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **J. Anim. Sci.** 2008. 86:602–608

LE GOFF, G.; NOBLET, J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. **J Anim Sci**, 79:2418-2427.

LIMA, G. J. M. M., MARTINS, R. R., ZANOTTO, D. L., et al. **Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz**. EMBRAPA, Comunicado Técnico, p 1-2, 2000.

MAY, R. W.; BELL, J. M. 1971. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for the growing pig. **Canadian J. Anim. Sci.** v.51, p.271-278.

McCARTHY, J. F.; AHERNE, F. X.; OKAY, D. B. 1974. Use of HCl insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. **Can. J. Anim. Sci.** 54: 107-109.

McCARTHY, J. F.; BOWLAND, J. P.; AHERNE, F. X. 1977. Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. **Can. J. Anim. Sci.** 57 131-135.

MENDONÇA, M.B.; ARELLARO, D. **A Lavoura**. Rio de Janeiro, SNA, p.31-32, 2005.

MORGAN, C.A., WHITEMORE, C.T. Energy evaluation of feeds and compounded for pigs - A review. **Anim. Feed Sci. Tec.** 7(4): 387-400, 1982.

MORRISON, F. B. **Alimentos e Alimentação de Animais**. 2ª edição, São Paulo, Ed. Melhoramento, 829p., 1966.

MOUSENTHIN, R.; JASMAN, A. J. M.; EKLUND, M. 2007. Standardization of methods for the determination of ileal amino acid digestibilities in growing pigs. **Livestock Science**, v.109, p.276-281.

MOUGHAN, P. J.; SMITH, W. C.; SCHRAMA, J.; et al. (1991). Chromic oxide and insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young pigs. **New Zealand Journal of Agricultural Research** 34, 85-88.

MROZ, Z.; BAKKER, G. C.; JONGBLOED, A. W.; et al. Apparent digestibility of nutrients in diets with different energy density, as estimated by direct and marker methods for pigs with or without ileo-cecal cannulas. **J Anim Sci** 1996, 74:403-412.

NRC – **Nutrients requirements of swine**. 11ed. National Academic Press, Washington, DC., 2012, 400p.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **J. Anim. Sci.** 72:344–354.

NOBLET, J. **Estimativas do valor energético em rações de suínos**. In: I workshop Latino-americano Ajinomoto Biolatina – Nutrição de aves e suínos, Foz do Iguaçu, 2001, p. 2-17.

NOBLET, J., SHI, X.S. 1994. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. **Livstck. Prod. Sci.**, 37(3):323-338.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FREITAS, R. T. F.; et al. Níveis de energia digestível para leitões dos 15 aos 30 kg de peso mantidos em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 539-547, maio/jun. 1997.

PATIENCE, J. F. The influence of dietary energy on feed efficiency in grow-finish swine. In: Patience, J. F. **Feed efficiency in swine**. Wageningen Academic Publishing, 2012, p.101-130.

REZENDE,, C., ROSTAGNO, H. S., COSTA, P. M. A., et al. 1980. Balanço energético e protéico de cinco alimentos com suínos de diferentes idades. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.9, n.4, p.621-629.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. 2011. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. – Viçosa, MG:UFV, 252p.

ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M. 1984. Digestibility of energy and crude nutrients in pigs in relation to feeding plane and live weight. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 51:79–87.

SCA.1987. **Feeding Standards for Australian Livestock. Pigs**. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, East Melbourne, Australia.

SAKOMURA, N. K; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SANTOS, Z. A. SOUZA, R.T.; FREITAS, F.; et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência Agrotecnologia** , Lavras, v.29, n.1, p.232-237, jan./fev. 2005.

SALGUERO, S.C.C. **Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos**. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. T. 2004. **Tables of composition and nutritional value of feed materials : pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish**. Wageningen Academic Publishers, Wageningen and INRA Editions, Versailles.

SERRANO, V. O. S.; TAFURI, M. L.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-cecal. **Rev. Soc. Bras. Zootec**, v. 19, no 6, p. 476-488, 1990.

STEIN, H. H.; SÈVE, B. FULLER, M.F.; et al. 2007a. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. **J. Anim. Sci.** v.85, p.172-180.

STEIN, H. H.; FULLER, M.F.; MOUGHAN, P. J. et al. 2007b. Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. **Livestock Science**, v. 109, p. 282-285.

THÍRE, M. C. **Valores energéticos e digestibilidade ileal e total de aminoácidos em alimentos brasileiros, para suínos**, Viçosa, UFV, Tese de Mestrado, 1986.

THOMSEN, J. E., WISEMAN, J. 1998. Comparison between titanium dioxide as an inert marker and total collection in the determination of digestible energy of diets fed to pigs. In Proc. Br. Soc. Anim. Sci., Scarborough, UK, p.157 .

VALENCIA, D. G.; SERRANO, M. P.; LÁZARO, R. et al. 2008. Influence of micronization (fine grinding) of soya bean meal and full fat soya bean on productive performance and digestive traits in young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.147, p. 340-356.

VAN LEEUWEN, P.; VELDMAN, A.; BOISEN, S; et al. 1996. Apparent ileal dry matter and crude protein digestibility of rations fed to pigs and determined with the use of chromic oxide (Cr_2O_3) and acid-insoluble ash as digestive markers. **British Journal of Nutrition**, v.76, 551-562.

VILELA, H., SILVA, J. F. C. VILELA, D., et al. Alterações do valor nutritivo do grão de milho (*Zea mays*) durante o armazenamento. **R. Soc. Bas. Zootec.**, 17 (5) : 428-433, 1988.

WONDRA, K. J.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; et al. 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 73:757–763.

YEN, J. T.; TESS, M. W.; POND, W. G.; et al. 1983. Digestibility and Metabolism of Dietary Nitrogen and Energy in Contemporary, Genetically Lean and Obese Pigs as Estimated by Total Fecal Collection and Acid Insoluble Ash. **J Anim Sciv.** 56, p. 426-430.

ZEBROWSKA, T. 1973. Digestion and absorption of nitrogenous compounds in the large intestine of the pigs. **Roczniki Nauk Rolniczych B**, v.95, p.85-90.

CAPÍTULO I

Composição e valores de energia de alimentos utilizados em dietas de suínos.

Resumo—Foram realizados dois ensaios metabólicos com suínos, para determinação dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da fibra em detergente neutro (CDFDN), da fibra em detergente ácido (CDFDA) e da matéria mineral (MM), assim como os valores de energia digestível (ED), de energia metabolizável aparente (EMA), e aparente corrigida (EMAn) e seus respectivos coeficientes de digestibilidade (CDE) e metabolizabilidade (CMAE e CMAEn). No primeiro ensaio foram avaliados sete alimentos energéticos (milho, sorgo, milheto, farinha de trigo, macarrão, biscoito e resíduo de pão) e uma dieta referência. Foram utilizados, consecutivamente, 16 suínos machos, castrados, com peso médio inicial de 37,44 Kg distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 8 (duas metodologias x oito tratamentos) com quatro repetições por tratamento e um animal por unidade experimental. No segundo ensaio foram avaliados cinco alimentos protéicos (leite em pó padronizado, plasma sanguíneo suíno, concentrado protéico de soja, soja semi-integral extrusada e farinha mista suína) e uma dieta referência. Foram utilizados, consecutivamente, 12 suínos machos, castrados, com peso médio inicial de 37,60 Kg distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 6 (duas metodologias x seis tratamentos) com quatro repetições por tratamento e um animal por unidade experimental. Utilizou-se as metodologias de coleta total de fezes (CTF) e do indicador, cinza insolúvel em ácido (CIA), concomitantemente. Não foi observada interação metodologia x tratamento. Observou-se variação na composição química entre os alimentos estudados. As duas metodologias proporcionaram a obtenção de valores de ED, de EMA e de EMAn semelhantes. Entre os alimentos energéticos observou-se CDMS e CDMO superiores para farinha de trigo, macarrão e pão. Os CDMO do sorgo e milho foram similares, e superiores ao encontrado para o milheto. O macarrão apresentou CDPB similar ao encontrado para o pão, e superior aos encontrados para o milheto e a farinha de trigo. O maior CDEE foi observado para o pão de 90,40%. Maiores CDFDN e CDFDA foram observados para a farinha de trigo. Entre os alimentos protéicos, observou-se menor CDMS para a farinha mista suína, de 71,00%. Os maiores CDMO e CDPB foram encontrados,

repectivamente, para o leite em pó padronizado e o plasma sanguíneo suíno. O concentrado protéico de soja e a soja semi-integral extrusada apresentaram diferentes CDE, CMAE, CDEE, CDFDN e CDFDA. A composição química, os valores de energia, os CDPB, CDEE, CDFDN, CDFDA encontrados podem ser utilizados como referência para formulação de dietas para suínos com base em EMAn e nutrientes digestíveis.

Palavras-chave: Cinza insolúvel em ácido. Coleta total de fezes. Energia metabolizável.

Composition and energy values of feedstuffs used in swine diets.

Abstract -Two metabolic trials were made with swine to determine the digestibility coefficients of dry matter (DCDM), organic matter (DCOM), crude protein (DCCP), ether extract (DCEE), neutral detergent fibre (DCNDF), acid detergent fibre (DCADF) and ash (A), besides the values of digestible energy (DE), apparent metabolizable energy value (AME), AME corrected for N-balance (AMEn) and their respective digestibility and metabolizability coefficients (DCE, CAME e CAMEn). In the first trial were evaluated seven feedstuffs with high energy content (corn, sorghum, millet, wheat flour, pasta residue, cracker meal and bakery meal) and one reference diet. Were used, consecutively, 16 barrows with mean of initial weight of 37,44 Kg distributed in a randomized complete block design in a factorial arrangement 2 x 8 (2 methods x 8 treatments) with four replicates and one animal as experimental unit. In the second trial were evaluated five feedstuffs with high protein content (milk, powder partially skimmed, porcine blood plasma spray dried, soy protein concentrate, partially defatted extruded whole soybean and swine by-product meal) and one reference diet. Were used consecutively 12 barrows with mean of initial weight of 37,60 Kg distributed in a randomized complete block design in a factorial arrangement 2 x 6 (2 methods x 6 treatments) with four replicates and one animal as experimental unit. Total faeces collection (TFC) and acid insoluble ash (AIA) were, concomitantly, used as indicator of indigestibility. No interaction methods x treatments was observed. Variation was observed in bromatological composition among feedstuffs evaluated. Both methods provided similar values of DE, AME and AMEn. Among the feedstuffs with high energy content, was observed greater DCDM e DCOM to wheat flour, pasta residue and bakery meal. The DCOM for sorghum and corn were similar, however, higher than those observed for millet. The pasta residue presented DCCP similar to that observed for bakery meal and superior to those obtained for millet e wheat flour. The highest DCEE was observed to bakery meal of 90,40%. The highest DCNDF e DCADF was observed to wheat flour. Among the feedstuffs with high protein content the swine by-product meal presented smaller DCMS, of 71,00%. The highest DCOM and DCCP were respectively obtained to milk, powder partially skimmed and porcine blood plasma, respectively. The soy protein concentrate and partially defatted extruded whole soybean,

presented different DCE, CAME, DCEE, DCNDF and DCADF. The bromatological composition, energy values, the DCCP, DCEE, DCFDN, DCFDA from feedstuffs obtained can be used like reference for the formulation of pig diets based in AMEn and digestible nutrientes.

Keywords: Acid insoluble ash. Metabolizable energy.Total faeces collection.

1 INTRODUÇÃO

As dietas de animais monogástricos são formuladas em função de um determinado valor de energia, necessária para atender as exigências de manutenção e produção.

A energia não é considerada um nutriente, por não constituir uma substância química, mas sim o resultado da oxidação de moléculas componentes dos alimentos (PATIENCE, 2012).

A determinação da composição química e da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos são imprescindíveis para a formulação de dietas que proporcionem maior eficiência produtiva.

Variações da composição dos alimentos, assim como da digestibilidade de seus nutrientes e da energia, apontam para a importância e da necessidade da realização de ensaios de metabolismo para atualização dos valores de composição química e de energia dos alimentos.

A disponibilização de dados ainda ausentes, principalmente de ingredientes que possam ser utilizados na dieta de suínos, são de fundamental importância quando se deseja formular dietas com inclusão desses.

Atualmente, de acordo com Patience (2012) há crescente interesse pela redução dos níveis de energia na dieta de suínos, em função do crescente aumento do custo desse componente. Dessa maneira, a determinação acurada dos valores de ED, EMA e EMAn, assim como de EL dos alimentos são imprescindíveis.

Nesse sentido, objetivou-se determinar a digestibilidade dos nutrientes e os valores de energia de alimentos utilizados na dieta de suínos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi composto por dois ensaios de metabolismo conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, entre os meses de março e maio de 2010.

Os animais foram alojados, em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, dotado de exaustores, coberto com telhas francesas.

Foi adotado o método de substituição para os ensaios. Os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) aparente corrigida (EMAn) e seus respectivos coeficientes digestibilidade (CDE) e metabolizabilidade (CMAE e CMAEn) segundo Digg's (1965) foram calculados utilizando-se os métodos de coleta total, com o uso de marcador óxido férrico (adicionado na proporção de 1% da dieta ao início e final do período de coleta) e pelo método indireto, empregados simultaneamente, utilizando-se como indicador a cinza insolúvel em ácido (CIA), com adição de 1% de Celite® na dieta referência.

A coleta total de fezes iniciou com o aparecimento da coloração conferida pelo óxido férrico (primeiro dia de coleta) e finalizou-se com o reaparecimento dessa coloração. Para o término da coleta de fezes, esse componente foi adicionado na dieta no quinto dia após a sua inclusão inicial, perfazendo cinco dias de coleta total de fezes.

Os valores de energia digestível (ED), metabolizável aparente (EMA), metabolizável corrigida (EMAn) e de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos foram determinados utilizando-se das equações citadas por Sakomura e Rostagno (2007) como se segue:

1.0 - Método de coleta total - CTF

1.1 – Equações para determinação da digestibilidade, metabolizabilidade e metabolizabilidade corrigida energia das rações e alimentos avaliados:

$$\text{ED ração (ref. e teste): } \frac{\text{EB ing} - \text{EB exc Fezes}}{\text{MS ing}} \quad (1)$$

$$\text{ED Alimento: } \frac{\text{ED ração ref.} + \text{ED ração teste} - \text{ED ração ref.}}{\text{g alimento/g ração}} \quad (2)$$

$$\text{EMA ração (ref. e teste): } \frac{\text{EB ing} - \text{EB exc fezes} - \text{EB exc urina}}{\text{MS ing}} \quad (3)$$

$$\text{EMA Alimento: } \frac{\text{EMA ração ref.} + \text{EMA ração teste} - \text{EMA ração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}} \quad (4)$$

$$\text{EMAn ração: } \frac{\text{EB ing} - \text{EB exc fezes} - \text{EBexc urina} - (5,45 \times \text{BN})}{\text{MS ing}} (5)$$

$$\text{EMAn Alimento: } \frac{\text{EMAnração ref.} + \text{EMAn ração teste} - \text{EMAn ração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}} (6)$$

1.2 –Equações para determinação da digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes das rações e dos alimentos avaliados:

$$\text{NutD ração (ref. e teste): } \frac{\text{Nut ing} - \text{Nut exc fezes} \times 100}{\text{MS ing}} (7)$$

$$\text{NutD Alimento: } \frac{\text{NutD ração ref.} + \text{NutD ração teste} - \text{NutD ração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}} (8)$$

Em que: EB: Energia bruta;

ED: Energia digestível;

EMA: Energia metabolizável aparente;

EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio;

MS: Matéria Seca;

ing: ingerido;

exc: excretado;

ref.: referência;

BN: Balanço de nitrogênio;

NutD: Nutriente digestível (MS, MO, PB, EE, FDN e FDA).

2 - Método do indicador fecal – CIA:

2.1 – Equações para determinação da digestibilidade, metabolizabilidade da energia e metabolizabilidade corrigida das rações e alimentos avaliados:

$$\text{ED ração (ref. e teste): EB ing} - (\text{EB fezes} \times \text{FI}); \quad (9)$$

$$\text{FI: } \frac{\text{CIAração}}{\text{CIA fezes}}; \quad (10)$$

$$\text{ED Alimento: EDração ref.} + \frac{\text{ED ração teste} - \text{ED ração ref.}}{\text{g alimento/g ração}} \quad (11)$$

$$\text{EMA ração (ref. e teste): ED ração} - \text{EB exc urina (Kcal/Kg de MS ing.);} \quad (12)$$

$$\text{EMA Alimento: EMA ração ref.} + \frac{\text{EMA ração teste} - \text{EMA ração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}}; \quad (13)$$

$$\text{EMAn ração (ref. e teste): EMA ração} - (5,45 \times \text{BN/Kg MS ing.}); \quad (14)$$

$$\text{EMAn Alimento: EMAn ração ref.} + \frac{\text{EMAnração teste} - \text{EMAnração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}} \quad (15)$$

2.2 – Equações para determinação da digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes das rações e dos alimentos avaliados:

$$\text{CDMS: } (1 - \text{FI}) \times 100 \quad (16)$$

$$\text{FI: } \frac{\text{CIAração}}{\text{CIA fezes}}; \quad (17)$$

$$\text{NutD ração (ref. e teste): Nut ing} - (\text{Nut exc fezes} \times \text{FI}); \quad (18)$$

$$\text{NutD Alimento: NutD ração ref.} + \frac{\text{NutD ração teste} - \text{NutD ração ref.}}{\text{g alimento/ g ração}} \quad (19)$$

Em que: EB: Energia bruta;

ED: Energia digestível;

FI: Fator de indigestibilidade;

CDMS: Coeficiente de digestibilidade da Matéria Seca;

EMA: Energia metabolizável aparente;

EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio;

MS: Matéria Seca;
ing: ingerido;
exc: excretado;
ref.: referência;
BN: Balanço de nitrogênio;
NutD: Nutriente (MO, PB, EE, FDN e FDA) digestível.

As fezes excretadas em 24 horas foram pesadas e uma amostra de 20% do total por animal foi coletada, acondicionada em saco plástico identificado e armazenado em freezer. Após o período de coleta, a amostra compostade cada animal foi descongelada à temperatura ambiente ehomogeneizada, retirando-se, em seguida, uma alíquotaque foi seca em estufa de ventilação forçada a 65°C, por um período de 72 horas. Após a retirada da estufa, e atingido o equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas,moídas em moinho tipo bola e acondicionadas em frascos com tampa, para a realização das análises laboratoriais.

A urina excretada pelos animais foi coletada em baldes plásticos contendo 15 mL de HCl 1:1, para evitar perdas de nitrogênio e proliferação bacteriana. O volume excretado em um período de 24 horas foi aferido, homogeneizadoe uma amostra de 5% do volumeretirada e acondicionada em frasco âmbar de vidro com tampa armazenada em geladeira a 3°C. No final do período de coleta, a urina armazenada foi novamente homogeneizada, sendo retirada uma alíquota, a qual foi mantida sob refrigeração para análises.

Nos alimentos, nas dietas experimentais, assim como nas fezes foram analisados os valores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM),matéria orgânica (MO), proteína bruta ($N \times 6,25$), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB), sendo na urina, determinados os valores de energia bruta e proteína bruta ($N \times 6,25$), seguindo as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002).A cinza insolúvel em ácido (CIA), das dietas experimentais e das fezes, foi determinada seguindo as premissas de Joselyn (1970), após a obtenção da matéria mineral. Os prodecimentos laboratoriais são detalhados no anexo A. Todas as análises foram executadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa.

O fornecimento das dietas durante a fase de coleta de fezes seguiu o menor consumo de ração por Kg de peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) observado durante a fase de adaptação no qual o consumo de alimento foi livre por um período de 90 minutos em cada momento de refeição, iniciados às 08:00 e às 16:30 h.

Os valores de peso médio inicial dos animais, consumo de ração total (Kg de MN/Kg $PV^{0,75}$), ED, CDE, EMA, CMAE, EMAn, CMAEn, CDMS, CDMO, CDPB, CDEE, CDFDN e CDFDAem cada ensaio foram submetidos à análise de variância por intermédio do procedimento de Modelos Lineares Gerais (PROC GLM) e suas médias comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) à 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SAS (1999) conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + T_j + (MT)_{ij} + B_k + e_{ijk} \quad (20)$$

Sendo:

Y_{ijk} = Valor observado da i-ésima metodologia, do j-ésimo tratamento e k-ésimo bloco;

μ = média geral da variável;

M_i = efeito da i-ésima metodologia;

T_j = efeito do j-ésimo tratamento;

$(MT)_{ij}$ = efeito da interação entre a i-ésima metodologia e o j-ésimo tratamento;

B_k = efeito do k-ésimo bloco;

e_{ijk} = componente do erro aleatório, pressuposto $N(0; \delta^2)$.

2.1 ENSAIO I

Foram utilizados consecutivamente 16 suínos machos, castrados, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 8 (duas metodologias x oito tratamentos) com quatro repetições e um animal por unidade experimental, sendo os tratamentos constituídos por sete alimentos energéticos e uma dieta referência.

Os blocos foram constituídos por dois períodos de avaliação consecutivos. Entre o primeiro e segundo blocos garantiu-se que um mesmo animal não recebesse o mesmo tratamento. O peso médio $\pm$ erro padrão inicial foram de $37,44 \pm 0,76$ Kg no primeiro

período e de $47,69 \pm 0,97$ Kg no segundo período. Cada período foi composto pelas fases de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas experimentais, com duração de cinco dias, seguido pelo período de coleta de fezes e urina, também com duração de cinco dias.

As composições centesimal e nutricional da dieta referência contendo 18% de proteína bruta são apresentadas na Tabela 1. Sete dietas teste foram também avaliadas (Tabela 2), constituídas pela substituição da dieta referência por diferentes alimentos energéticos, nas seguintes proporções: milho(25%), sorgo (25%), resíduo de pão (25%), milheto(30%), farinha de trigo(30%), macarrão(30%) e biscoito(30%), com base na matéria natural. No Anexo B é apresentada breve descrição dos ingredientes avaliados.

Tabela 1- Composição da dieta referência utilizada no Ensaio I.

Ingredientes	Fórmula (%)
Milho	68,04

Farelo de soja (45%)	27,11
Óleo de soja	1,35
Fosfato bicálcico	1,24
Calcário	0,63
Sal	0,36
L-lisina HCl79%	0,10
DL-metionina 99%	0,01
Celite®	1,00
Mistura mineral ¹	0,05
Mistura vitamínica ²	0,10
BHT	0,01
Composição Nutricional Calculada	
Proteína Bruta (%)	18,00
Gordura (%)	4,25
Fibra Bruta (%)	2,93
FDN (%)	11,75
FDA (%)	4,62
EB (Mcal/Kg)	3,91
EMAn (Mcal/kg)	3,23
Lisina Digestível (%)	0,89
Metionina Digestível (%)	0,27
Metionina + Cistina (%)	0,54
Treonina Digestível (%)	0,60
Triptofano Digestível (%)	0,19
Valina Digestível (%)	0,76
Isoleucina Digestível (%)	0,68
Sódio (%)	0,16
Potássio (%)	0,69
Cloro (%)	0,26
Cálcio (%)	0,63
Fósforo Total (%)	0,54
Fósforo Disponível (%)	0,33
Composição Nutricional Analisada	
Proteína Bruta (%)	17,85
Gordura (%)	4,53
EB (Mcal/Kg)	3,99
EMAn (Mcal/Kg)	3,47
FDN (%)	12,51
FDA (%)	4,69
CIA (g/Kg)	10,71

¹ Níveis de garantia por Kg do produto - Manganês 40g; Ferro – 80g; Zinco – 150g; Cobre – 30 g; Iodo – 2 g, Selênio 500 mg.

² Níveis de garantia por Kg do produto: Vit.A - 6000000 UI; vit. D3 - 1800 UI; vit. E - 30000UI; vit. B1 - 1000 mg ; vit. B2 5100 mg; vit. B6 - 1500 mg; Pantotenato de cálcio – 18 g; Biotina – 100 mg; Vit. K3 - 6000 mg ; Ácido fólico - 600 mg ; ácido nicotínico- 30 g ; Vit. B12 - 20000 mcg.

Tabela 2 – Composição centesimal enutricional analisada¹ das dietas teste (Ensaio I).

Ingredientes	Milho	Sorgo	Pão	Milheto	Farinha de trigo	Macarrão	Biscoito
Milho	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sorgo	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pão	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Milheto	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00
Farinha de trigo	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Macarrão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
Biscoito	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Dieta Referência	75,00	75,00	75,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Analisada²							
Proteína Bruta (%)	15,33	17,59	16,55	16,25	15,81	16,13	15,21
Gordura (%)	4,32	3,72	3,88	4,27	3,56	3,53	5,97
MM (%)	4,17	5,13	4,60	4,96	4,07	3,87	4,91
FDN (%)	12,34	11,93	11,54	14,66	9,63	9,84	10,12
FDA (%)	4,46	5,08	4,63	5,88	3,43	3,45	3,61
EB (Mcal/Kg)	4,03	3,96	4,00	3,97	3,93	3,98	4,13
CIA (g/Kg)	8,07	9,08	9,90	8,48	8,69	8,12	9,75

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

² Com base na matéria natural. MM - Matéria Mineral, FDN - Fibra em Detergente Neutro, FDA - Fibra em Detergente Ácido, EB - Energia Bruta, CIA – Cinza Insolúvel em Ácido.

2.2 ENSAIO II

Foram utilizados consecutivamente 12 suínos machos, castrados, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 6 (duas metodologias x seis tratamentos) com quatro repetições e um animal por unidade experimental, sendo os tratamentos constituídos por cinco alimentos protéicos e uma dieta referência.

Os blocos foram constituídos por dois períodos de avaliação consecutivos. Entre o primeiro e segundo blocos garantiu-se que um mesmo animal não recebesse o mesmo tratamento. O peso médio $\pm$ erro padrão inicial foram de $37,60 \pm 1,08$ Kg no primeiro período e de $47,38 \pm 1,31$ Kg no segundo período. Cada período foi composto pelas fases de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas experimentais, com duração de cinco dias, seguido pelo período de coleta de fezes e urina, também com duração de cinco dias.

As composições centesimal e nutricional da dieta referência contendo 14% de proteína bruta são apresentadas na Tabela 3. Cinco dietas teste foram também avaliadas (Tabela 4), constituídas pela substituição da dieta referência por diferentes alimentos protéicos, nas seguintes proporções: soja semi-integral extrusada (30%), concentrado protéico de soja (30%), plasma sanguíneo suínos spray dried (25%), leite em pó padronizado (20%) e farinha mista suína (20%), com base na matéria natural. No Anexo B é apresentada breve descrição dos ingredientes avaliados.

Tabela 3– Composição da dieta referência utilizada no Ensaio II.

Ingredientes	Fórmula (%)
Milho	79,81
Farelo de soja (45%)	14,90
Óleo de soja	0,96
Fosfato bicálcico	1,30
Calcário	0,65
Sal	0,37
L-lisina HCl79%	0,47
DL-metionina 99%	0,11
L-treonina 98%	0,16
L-triptofano 98%	0,03
L-Valina 99%	0,06
L-Isoleucina 99%	0,01
Celite®	1,00
Mistura mineral ¹	0,05
Mistura vitamínica ²	0,10
BHT	0,01
Composição Nutricional Calculada	
Proteína Bruta (%)	14,00
Gordura (%)	4,08
Fibra Bruta (%)	2,44
FDN (%)	11,44
FDA (%)	4,04
EB (Mcal/Kg)	3,87
EMA (Mcal/kg)	3,23
Lisina Digestível (%)	0,89
Metionina Digestível (%)	0,32
Metionina + Cistina (%)	0,54
Treonina Digestível (%)	0,59
Triptofano Digestível (%)	0,16
Valina Digestível (%)	0,62
Isoleucina Digestível (%)	0,49
Sódio (%)	0,16
Potássio (%)	0,50
Cloro (%)	0,27
Cálcio (%)	0,63
Fósforo Total (%)	0,51
Fósforo Disponível (%)	0,33
Composição Nutricional Analisada	
Proteína Bruta (%)	14,47
Gordura (%)	4,43
EB (Mcal/Kg)	4,00
EMAn (Mcal/Kg)	3,47
FDN (%)	12,04
FDA (%)	4,05
CIA (g/Kg)	9,07

^{1,2}Vide Tabela 1.

Tabela 4 – Composição centesimal enutricional analisada¹ das dietas teste (Ensaio II).

Ingredientes	Leite em Pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno	Concentrado Protéico de Soja	Soja Semi-Integral Extrusada	Farinha Mista Suína
Leite em Pó Padronizado	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plasma Sanguíneo Suíno	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
Concentrado Protéico de Soja	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Soja Semi-Integral Extrusada	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
Farinha Mista Suína	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00
Dieta Referência	80,00	75,00	70,00	70,00	80,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Analisada²					
Proteína Bruta (%)	16,35	29,39	26,99	22,12	21,01
Gordura (%)	7,87	3,63	3,27	5,65	5,56
MM (%)	4,82	6,39	5,92	5,10	7,85
FDN (%)	ND	ND	12,08	13,89	ND
FDA (%)	ND	ND	4,76	6,65	ND
EB (Mcal/Kg)	4,23	4,14	4,12	4,15	3,98
CIA (g/Kg)	8,08	9,09	8,90	9,58	8,82

^{1,2}Vide Tabela 2. ND – Não determinado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ENSAIO I

3.1.1 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.

A composição bromatológica proximal, os valores de energia bruta (EB) e o diâmetro geométrico médio (DGM) dos alimentos energéticos avaliados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição bromatológica proximal, valores de energia bruta e diâmetro geométrico médios dos alimentos energéticos, com base na matéria natural¹.

Alimento	MS (%)	MO (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	EB (Kcal/Kg)	DGM (µm)
Milho	87,74	86,70	7,78	3,67	11,83	3,32	1,05	4173	1215
Sorgo	88,47	84,90	16,85	1,12	10,22	6,28	3,56	3866	542
Milheto	88,28	86,75	12,52	3,63	19,64	8,63	1,53	3926	592
Farinha de Trigo	87,60	87,05	12,85	1,28	2,90	0,49	0,55	3789	ND ²
Macarrão	87,13	86,73	12,08	1,18	3,61	0,56	0,46	3949	1203
Biscoito	92,90	91,36	8,45	9,31	4,56	1,01	1,54	4451	475
Pão	86,60	84,03	13,28	2,36	8,36	4,44	2,57	4030	594

¹MS- Matéria Seca, MO – Matéria Orgânica. PB - Proteína Bruta, EE - Extrato Etéreo, FDN - Fibra em Detergente Neutro, FDA - Fibra em Detergente Ácido, MM - Matéria Mineral, EB – Energia Bruta, DGM – Diâmetro geométrico médio.

²ND – Não determinado.

Os conteúdos de matéria seca (MS) encontrados para o milho, sorgo, milheto, farinha de trigo, macarrão e biscoito foram semelhantes aos citados pelo NRC (2012), Rostagno et al. (2011), Silva et al. (2010), Fialho et al. (2009), Hashimoto (2005), Sauvante et al. (2004) e Lawrence et al. (1995). O valor médio de MS do pão foi 4,85% inferior ao citado pelo NRC (2012) e, semelhante ao valor encontrado por Almeida et al. (2011).

O valor de proteína bruta (PB) do milho foi semelhante aos valores citados por Hashimoto (2005) e Rostagno et al. (2011) e, 3,92% superior ao valor médio de PB encontrado por Nery (2005), e ainda, 5,02% inferior ao valor médio citado pelo NRC (2012) e Sauvant et al. (2004).

A PB encontrada para o macarrão foi semelhante à citada por Rostagno et al. (2011) e inferior à citada por Silva et al. (2010).

O biscoito apresentou, em média, PB 15,70% superior às citadas por Silva et al. (2010) e Rostagno et al. (2011). Os conteúdos de extrato etéreo (EE) encontrados para o biscoito, milho e macarrão foram semelhantes aos citados por Rostagno et al. (2011). Silva et al. (2010) citaram conteúdos de EE inferiores aos observados para o macarrão e o biscoito. O EE encontrado para o biscoito foi semelhante ao valor mínimo citado por Braun e Lange (2004).

A PB encontrada para o sorgo foi, em média, 82,33% superior à descrita pelo NRC (2012), Sauvant et al. (2004) e Rostagno et al. (2011). O conteúdo de EE do sorgo representou, em média, 39,47% dos valores referenciados pelo NRC (2012), Rostagno et al. (2011), Sauvant et al. (2004) e Fialho et al. (1996). A amostra avaliada foi obtida de uma empresa de integração e não foram disponibilizadas informações a respeito dessa partida. Provavelmente se trata de uma amostra forrageira ou sacarina, nas quais, normalmente conteúdos protéicos superiores são observados. Contudo, Fialho et al. (1996) relataram conteúdos de PB e de EE do sorgo sacarino de 9,83 e 2,74%, respectivamente.

A PB, o EE e o valor de EB encontrados para o milho foram semelhantes aos referenciados por Rostagno et al. (2011) e Gomes et al. (2008). Outras referências citaram menores conteúdos protéicos para esse alimento (NRC, 2012; SILVA et al., 2010; BASTOS et al., 2004; PINHEIRO et al., 2003; LAWRENCE et al., 1995). O conteúdo de EE foi, em média, 40,83% inferior aos encontrados por Bastos et al. (2004), Pinheiro et al. (2003), Lawrence et al. (1995) e NRC (2012). A EB encontrada para o milho, representou, em média, 87,09% da EB referenciada pelo NRC (2012) e Lawrence et al. (1995).

A farinha de trigo por ser um ingrediente padrão, destinado especialmente à alimentação humana, no qual mínimas variações de composição são esperadas, apresentou PB 4,81% superior à referenciada por Rostagno et al., (2001). Entretanto, Sauvant et al. (2004) citaram conteúdo de PB da farinha de trigo semelhante ao

encontrado. O conteúdo de EE da farinha de trigo foi, em média, 60,16% inferior aos relatados por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004). Essa condição poderia explicar a menor EB encontrada para a farinha de trigo, que representou apenas 95,00% do valor de EB referenciado por Sauvant et al. (2004).

O pão apresentou valor de PB superior aos descritos por Rostagno et al., (2011) e Almeida et al., (2011) e, 13,70% inferior ao valor citado por Silva et al. (2010). Essa variação pode estar associada ao tipo e a proporção de pães (integral ou não) e resíduos de confeitaria contidos nas amostras.

O conteúdo de EE encontrado no pão representou apenas 29,30% do valor referenciado pelo NRC (2012), todavia, foi, em média, 48,90% superior aos valores de EE de amostras de pão citados por pesquisas brasileiras (SILVA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2011). Endres Processing, companhia americana processadora desse tipo de ingrediente, referenciou para o pão valores de EE variando de 3,40 a 9,20%, com base na matéria natural, sendo esses valores, superiores ao encontrado nesse estudo (Tabela 5). De acordo com National Pork Board (2008) os pontos críticos da utilização do resíduo de pão na dieta de suínos, são a MS, os conteúdos de EE, PB e de sódio (Na). Segundo essa referência, em dietas de suínos nos EUA, aonde o pão é frequentemente associado aos resíduos resultantes da produção de etanol (DDGS – *dried distillers grains with solubles*), ingredientes ricos em ácidos graxos insaturados, há predisposição para obtenção de carcaças de suínos com gordura mole, contendo alto índice de iodo.

Os maiores conteúdos de FDN e FDA foram observados para o milho. O conteúdo de FDN desse ingrediente foi, em média, 29,00% superior aos valores de FDN citados por Lawrence et al. (1995) e NRC (2012). Todavia, os valores de FDN do milho obtidos por Pinheiro et al. (2003) e Rostagno et al. (2011) superaram, em média, 4,50% o conteúdo de FDN encontrado nesse estudo.

O conteúdo de FDN encontrado para o sorgo foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011) enquanto o conteúdo de FDA superou, em média, 33,00% os valores citados por Rostagno et al. (2011), Sauvant et al. (2004) e NRC (2012).

Conteúdos de FDN e FDA presentes na farinha de trigo são escassos na literatura. O valor de FDN obtido para esse ingrediente foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011), enquanto Sauvant et al. (2004), citaram conteúdos superiores de FDN e FDA para esse ingrediente.

O conteúdo de FDN encontrado para o macarrão foi superior aos valores citados por Silva et al. (2010) e Rostagno et al. (2011), enquanto, o conteúdo de FDA desse alimento foi semelhante ao citado por esses autores. Os valores de FDN e FDA encontrados para o pão representaram, respectivamente 47,70 e 70,70% dos valores encontrados por Almeida et al., (2011), o que pode indicar maior proporção de massas integrais compondo a amostra desses pesquisadores. Por outro lado, os valores de FDN e FDA foram superiores aos citados por Silva et al. (2010). O NRC (2012), curiosamente, citou conteúdo de FDN inferior ao de FDA para esse alimento.

Os conteúdos de FDN e FDA de alimentos contendo alta proporção de amido devem ser avaliados com cautela. Variações na metodologia empregada para a determinação dessas frações (proporção de utilização ou a não utilização de enzimas) devem ser consideradas.

Entre os ingredientes avaliados o sorgo e o pão foram os que apresentaram maiores valores de MM. Ao contrário do que foi observado para o milho, o conteúdo de MM do sorgo superou os valores encontrados na literatura (NRC, 2012; ROSTAGNO et al., 2011; SAUVANT et al., 2004; FIALHO et al., 1996). Os conteúdos de EE e MM do sorgo podem ter contribuído para a obtenção do valor de EB semelhante à citada por Rostagno et al. (2011) para amostras com alto tanino. A EB do sorgo foi semelhante à citada por Sauvant et al. (2004) e NRC (2012).

A EB do milho superou, em média, 6,61% a citada pelo NRC (2012), Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004). Esse resultado, provavelmente é decorrente do maior conteúdo de MO observada na amostra de milho avaliada nesse estudo.

A EB encontrada para o macarrão foi semelhante à citada por Silva et al. (2010), enquanto a EB encontrada para o biscoito, superou em 7,54% à citada por esses autores. Rostagno et al. (2011) relataram valores de EB semelhantes aos encontrados para o macarrão e o biscoito.

3.1.2 VALORES DE ENERGIA DIGESTÍVEL, METABOLIZÁVEL E METABOLIZÁVEL CORRIGIDA PARA RETENÇÃO DE NITROGÊNIO DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.

Os valores médios $\pm$ erro-padrão da energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) são apresentados na Tabela 6. Os coeficientes de digestibilidade (CDE), metabolizabilidade aparente (CMAE) e

metabolizabilidade aparente corrigida (CMAEn) da energia e seus respectivos erros-padrão para os alimentos energéticos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 - Valores de energia dos alimentos energéticos, com base na matéria natural¹.

Alimento	EB (Kcal/Kg)	Metodologia ²	ED(Kcal/Kg)	EMA (Kcal/Kg)	EMAn (Kcal/Kg)
Milho	4173	CTF	3485	3374	3322
		CIA	3499	3389	3336
		Média±EPM ³	3492±63,35d	3382±52,31c	3329±63,37c
Sorgo	3866	CTF	3310	3214	3110
		CIA	3316	3220	3116
		Média ± EPM	3313±20,95e	3217±40,64d	3113±40,04d
Milheto	3926	CTF	3044	2957	2873
		CIA	3054	2967	2883
		Média ± EPM	3049±59,56f	2962±53,77e	2878±50,82e
Farinha de Trigo	3789	CTF	3577	3369	3333
		CIA	3580	3372	3336
		Média ± EPM	3578±34,82c	3371±57,97c	3335±64,71c
Macarrão	3949	CTF	3731	3644	3576
		CIA	3732	3645	3577
		Média ± EPM	3732±31,88b	3645±29,73b	3577±39,14b
Biscoito	4451	CTF	3851	3753	3699
		CIA	3866	3769	3714
		Média ± EPM	3858±16,27a	3761±47,98a	3706±40,47a
Pão	4030	CTF	3767	3619	3593
		CIA	3771	3623	3597
		Média ± EPM	3769±67,29b	3621±57,44b	3595±61,24b
ANOVA					
Tratamentos			P<0,01	P<0,01	P<0,01
Metodologia			NS	NS	NS
Tratamentos x Metodologia			NS	NS	NS
Períodos			NS	NS	NS
CV (%)			2,34	2,66	2,87

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹EB - Energia Bruta; ED - Energia Digestível; EMA - Energia Metabolizável Aparente; EMAn - Energia Metabolizável Aparente corrigida para retenção de nitrogênio.

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Tabela 7 - Energia bruta e coeficientes de digestibilidade, metabolizabilidade e metabolizabilidade corrigido para retenção de nitrogênio dos alimentos energéticos¹.

Alimento	EB (Kcal/Kg)	Metodologia ²	CDE (%)	CMAE (%)	CMAEn (%)
Milho	4173	CTF	83,50	80,86	79,60
		CIA	83,85	81,21	79,94
		Média±EPM ³	83,67±1,33c	81,03±1,10d	79,77±1,33c
Sorgo	3866	CTF	85,63	83,14	80,43
		CIA	85,78	83,30	80,59
		Média ± EPM	85,70±0,48c	83,22±0,93d	80,51±0,91c
Milheto	3926	CTF	77,53	75,31	73,18
		CIA	77,78	75,56	73,43
		Média ± EPM	77,66±1,34d	75,44±1,21e	73,30±1,14d
Farinha de Trigo	3789	CTF	94,41	88,92	87,97
		CIA	94,49	88,99	88,04
		Média ± EPM	94,45±0,80a	88,95±1,34b	88,01±1,50ab
Macarrão	3949	CTF	94,49	92,29	90,57
		CIA	94,52	92,32	90,59
		Média ± EPM	94,51±0,70a	92,31±0,66a	90,58±0,86a
Biscoito	4451	CTF	86,51	84,32	83,10
		CIA	86,86	84,67	83,45
		Média ± EPM	86,69±0,34b	84,50±1,00c	83,28±0,84b
Pão	4030	CTF	93,46	89,81	89,14
		CIA	93,56	89,90	89,24
		Média ± EPM	93,51±1,45a	89,85±1,23b	89,19±1,32ab
ANOVA					
Tratamentos			P<0,01	P<0,01	P<0,01
Metodologia			NS	NS	NS
Tratamentos x Metodologia			NS	NS	NS
Períodos			NS	NS	NS
CV (%)			2,34	2,67	2,88

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDE – Coeficiente de digestibilidade da energia bruta, CMAE – coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia, CMAEn – coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia corrigido para retenção de nitrogênio;

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os tratamentos e as metodologias para os valores de ED, EMA e EMAn, bem como para os CDE, CMAE, CMAEn. As metodologias de CTF e CIA proporcionaram a obtenção de valores de energia, assim como de coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade da energia, semelhantes.

As médias $\pm$ erros-padrão de ED, EMA, EMAn (Kcal/Kg) obtidos pelo método de CTF dos alimentos energéticos e seus respectivos coeficientes (entre parênteses) foram de $3545 \pm 130,72$ ($88,21 \pm 3,00\%$); $3434 \pm 129,49$ ($85,44 \pm 2,82\%$) e $3372 \pm 136,68$ ($83,88 \pm 2,99\%$).

As médias $\pm$ erros-padrão de ED, EMA, EMAn (Kcal/Kg) dos alimentos energéticos obtidos pelo método indireto, com utilização da CIA como indicador, e seus respectivos coeficientes (em parênteses) foram de $3552 \pm 131,38$ ($88,40 \pm 2,99\%$); $3442 \pm 130,66$ ($85,62 \pm 2,82\%$) e $3379 \pm 137,60$ ($84,06 \pm 2,98\%$).

Apesar de ter sido observada diferença ($P<0,01$) no peso vivo médio dos animais entre os dois períodos (blocos) (37,44 e 47,69 Kg) os valores de ED, EMA, EMAn e os CDE, CMAE, CMAEn foram similares entre os blocos. O peso vivo médio inicial dos animais em cada período foi similar ($P>0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios $\pm$ erro-padrão, em cada um dos períodos de avaliação, para os tratamentos contendo os ingredientes milho, sorgo, milheto, farinha de trigo, macarrão, biscoito e pão foram, respectivamente, de $38,35 \pm 2,10$; $35,50 \pm 4,60$; $38,85 \pm 0,23$; $37,05 \pm 1,02$; $36,70 \pm 2,15$; $36,90 \pm 5,92$; $38,70 \pm 3,35$ Kg e $48,10 \pm 3,10$; $51,25 \pm 2,26$; $47,50 \pm 0,62$; $46,60 \pm 4,23$; $47,10 \pm 3,55$; $48,15 \pm 1,71$; $48,25 \pm 2,92$ Kg.

O valor médio $\pm$ erro-padrão de consumo total de ração teste (Kg de MN/Kg $PV^{0,75}$) entre os tratamentos foi de $0,331 \pm 0,85$ e não diferiu entre eles ($P>0,05$). O menor e maior consumo total de ração teste (Kg de MN/Kg $PV^{0,75}$) observados foram, respectivamente, de $0,302 \pm 0,02$ e $0,360 \pm 0,02$ para a farinha de trigo e para o milho.

Com o aumento do peso vivo dos animais, ocorreu tendência ($P<0,08$) de redução no consumo total de MN (Kg/Kg $PV^{0,75}$) entre os períodos de avaliação, sendo os valores médios $\pm$ erro-padrão para o primeiro e segundo períodos, respectivamente de, $0,347 \pm 0,01$ e $0,316 \pm 0,06$.

Os valores médios $\pm$ erros padrão do CDE encontrados nesse estudo, com a utilização do método CTF e com utilização da CAI como indicador de indigestibilidade foram, respectivamente, de $87,96 \pm 1,20$ e $87,70 \pm 1,24\%$. Esses valores de CDE foram superiores aos verificados por Kavanagh et al. (2001), de 85,80 e 85,50% quando

utilizaram os métodos de CTF e utilização da CAI constituinte do alimento como indicador de indigestibilidade. Há que se considerar que os CDE determinados por Kavanagh et al. (2001) foram obtidos utilizando dietas compostas, e os alimentos avaliados no presente estudo diferem da dieta avaliada por esses autores. A farinha de trigo, o macarrão e o pão são alimentos que apresentam alto conteúdo de carboidratos não estruturais (CNE) ($CNE = 100 - (PB + EE + MM + FDN)$). De acordo com Noblet e Le Goff (2001) e Patience (2012), a digestibilidade desse tipo de alimento, avaliada com suínos, é alta. Também, nesse estudo, a recuperação média $\pm$ erro padrão da CIA nas fezes, foi de $101,52 \pm 0,40\%$, superior a citada por Kavanagh et al. (2001) de $99,90\%$.

Coca-Sinova et al. (2011), relataram a importância da padronização da metodologia de determinação da CIA quando da utilização desse indicador de indigestibilidade em estudos que se destinam a determinação da digestibilidade da energia e nutrientes da dieta. Esses autores observaram diferenças na retenção de nutrientes por frangos de corte quando utilizaram diferentes metodologias, para determinação da CIA. A metodologia de análise empregada para determinação da CIA nesse estudo seguiu as recomendações de Joslyn (1970) (Anexo A).

Maiores valores de ED foram observados ($P < 0,05$) para o biscoito, seguido pelo pão e macarrão. Entretanto, o CDE observado para o biscoito não esteve entre os maiores CDE encontrados, que foram obtidos para o macarrão, farinha de trigo e pão (Tabela 7). Dados de ED e CDE para esses alimentos determinados com suínos são escassos na literatura.

Para o pão, o NRC (2012) referenciou CDE $8,18\%$ inferior e valor de ED $4,54\%$ superior aos verificados nesse estudo. Essa diferença é decorrente do valor de EB encontrado para o pão, que correspondeu apenas $88,42\%$ da EB citada pelo NRC (2012). Todavia, o valor de ED encontrado para o pão foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2001).

O CDE e a ED encontrados para o macarrão foram similares aos referenciados por Rostagno et al. (2011). São escassas as informações a respeito do valor de energia digestível desse alimento, bem como do CDE determinados com suínos.

Rostagno et al. (2011) citaram valores de ED e CDE $8,64$ e $7,46\%$ inferiores e aos encontrados para o biscoito. Essa diferença pode ser decorrente de diferenças na composição da amostra desse ingrediente entre os estudos.

O sorgo e o milho apresentaram CDE semelhantes, que superaram o CDE do milheto. Em decorrência da EB, o sorgo apresentou ED intermediária verificada para o milho e o milheto (Tabela 6).

O CDE encontrado para sorgo foi semelhante ao citado por Fialho et al. (1996) para amostras contendo alto tanino. Rostagno et al. (2011) citaram CDE semelhante ao encontrado para amostra de sorgo com baixo conteúdo de tanino. O valor de ED do sorgo foi similar aos citados por Rostagno et al. (2011).

Enquanto Cho et al. (1997) citaram CDE semelhantes aos encontrados nesse estudo para o milho e sorgo, Lin et al. (1987) observaram CDE e valores de ED superiores aos encontrados para esses alimentos. Fialho et al. (1996) relataram CDE 6,72% superior ao obtido para o milho. Apesar do NRC (2012), Rostagno et al. (2011) e Sauviant et al. (2004) terem citado CDE do milho, em média, 4,86% superior ao encontrado, a ED determinada por esses autores foi semelhante a encontrada nesse estudo.

Os valores de CDE e ED encontrados para o milheto foram, respectivamente, 21,11 e 5,06% superiores ao valor médio citados por Lawrence et al. (1995). Todavia, Pinheiro et al. (2003) obtiveram valor de ED 3,84% superior a determinada nesse estudo. Os valores encontrados de CDE e ED para o milheto foram similares aos citados por Rostagno et al. (2011).

Bastos et al. (2005) avaliaram cinco diferentes tipos de milho com diferentes granulometrias (passados em peneiras de 1 a 3 mm) e obtiveram CDE e ED variando de 63,09 a 84,61% e de 2574 a 3355 Kcal/Kg para amostras, moídas em peneiras de 3 e 1 mm, respectivamente. Esses autores relataram ainda que a moagem do milho em peneiras com crivos de 3mm proporciona a passagem de grãos inteiros em virtude da dimensão do grão desse cereal e a essa condição seria atribuída a piora do CDE e a redução dos valores de ED. Nesse trabalho, os $DGM \pm DGP$ do milho, determinados seguindo as premissas de Zanotto e Bellaver (1996), foram de $592 \pm 2,47 \mu m$.

Apesar de o CDE da farinha de trigo, macarrão e do pão terem sido semelhantes ($P > 0,05$), a farinha de trigo apresentou menor ED (Tabela 6). Esse resultado é decorrente da diferença na EB entre esses ingredientes. Rostagno et al. (2011) citaram valores de CDE e de ED para a farinha de trigo semelhantes aos determinados nesse estudo. Apesar de terem citado CDE 5,15% inferior para a farinha de trigo, Sauviant et al. (2004) citaram ED da farinha de trigo similar a obtida nesse estudo.

Os valores médios de EMA entre os alimentos energéticos variaram de 2962 a 3761 Kcal/Kg de MN e os de EMAn de 2878 a 3706 Kcal/Kg de MN, obtidas, respectivamente, para o milho e biscoito. O valor médio de EMA foi superior ao valor médio de EMAn em 1,81%, com as maiores diferenças observadas para o sorgo e milho (Tabela 6). Essa condição pode ser decorrente principalmente da composição química apresentada por esses alimentos, especialmente em função do conteúdo de PB (Tabela 5).

Essa proximidade entre os valores médios de EMA e EMAn é normal e ocorre em função da maior retenção de nitrogênio para deposição de tecido protéico, quando se utiliza suínos em fase de crescimento nos estudos. A correção dos valores de EMA pelo balanço de N é de fundamental importância, em virtude da impossibilidade de se assegurar que todos os suínos apresentem a mesma taxa de crescimento durante a avaliação.

O CMAE obtido para o macarrão foi superior ($P < 0,05$) aos CMAE encontrados para o pão e para a farinha de trigo. O CMAE verificado para o biscoito foi inferior ($P < 0,05$) aos obtidos para o pão e a farinha de trigo (Tabela 7). Esses resultados possivelmente são decorrentes do menor conteúdo protéico do biscoito (Tabela 5). Entretanto, em função da EB desses alimentos, a EMAn do biscoito foi superior às verificadas para o macarrão, pão e a farinha de trigo.

São escassos valores de EMAn para o macarrão, farinha de trigo, e pão determinadas com suínos. Considerando os valores de EMAn para esses alimentos, verificou-se pequena variação para mais ou para menos em relação às citadas por Rostagno et al. (2011). Sauvant et al. (2004) citaram valor de EMAn 4,62% superior ao encontrado para a farinha de trigo. O NRC (2012) citou valor 7,26% superior de EMAn para o pão. Essa diferença pode ter ocorrido em virtude do conteúdo de EE entre as amostras avaliadas.

O valor de EMAn determinada para o biscoito nesse ensaio foi 6,49% superior em relação à citada por Rostagno et al. (2011). Essa condição pode estar associada às diferenças nos valores de MO e de EE das amostras. Não foram encontrados na literatura outros valores de EMAn do biscoito determinado com suínos para comparações.

O milho apresentou CMAE intermediário aos obtidos para o sorgo e milho, entretanto, o CMAEn do sorgo e milho foram similares (Tabela 7). Os valores de EMA e EMAn do milho foram superiores às verificadas para o sorgo (Tabela 6). O valor de

EMAn do milho aproximou-se das citadas por Rostagno et al. (2011), Sauvant et al. (2004) e NRC (2012).

O milho apresentou os menores valores de EMAe EMAn. Esses resultados são decorrentes da composição desse alimento, especialmente quanto ao conteúdo de FDN. Por outro lado, a relação EMAn/EMA observada para esse alimento foi de apenas 97,16%, enquanto a média dessa relação para os demais alimentos energéticos foi de 98,35%, indicando maior retenção de nitrogênio pelos animais que receberam esse tratamento. Em média, o valor de EMAn encontrado para o milho foi 2,14% inferior às EMAn citadas pelo NRC (2012) e Rostagno et al. (2011).

3.1.3 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DOS ALIMENTOS ENERGÉTICOS.

Não foi observado efeito das metodologias e da interação ($P > 0,05$) entre os tratamentos e as metodologias sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos energéticos ($P > 0,05$). Os alimentos energéticos apresentaram diferentes coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE e FDN. Os coeficientes de digestibilidade da FDA foram similares ($P > 0,05$) entre os alimentos avaliados.

Os coeficientes de digestibilidade $\pm$ erro-padrão, da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), e extrato etéreo (CDEE) de alimentos energéticos são apresentados na Tabela 8.

Os maiores CDMS foram observados para o macarrão, farinha de trigo e pão (Tabela 8). Esses resultados são decorrentes do conteúdo de CNE presente nesses alimentos.

Os CDMS encontrados para o milho e o sorgo foram similares (Tabela 8). Yin et al. (2002) também observaram CDMS semelhantes entre o milho e o sorgo, com valores médios similares aos obtidos nesse estudo. Cho et al. (1997) também observaram semelhança entre os CDMS do milho e do sorgo, entretanto, citaram valor de CDMS do sorgo 3,59% inferior ao obtido nesse estudo. Os CDMS obtidos para o milho e o sorgo nesse estudo foram, respectivamente, 5,56 e 4,34% inferiores aos encontrados por Lin et al. (1987). Cantarelli et al. (2007) citaram CDMS máximo de 88,79% quando avaliaram diferentes híbridos de milho, valor 3,57% superior ao determinado nesse estudo.

Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica; proteína bruta e extrato etéreo dos alimentos energéticos¹.

Alimento	Metodologia²	CDMS (%)	CDMO (%)	CDPB(%)	CDEE(%)
Milho	CTF	85,57	85,68	84,48	82,54
	CIA	85,90	85,97	85,01	83,15
	Média ± EPM ³	85,73±1,24c	85,83±1,20b	84,74±1,61c	82,85±1,07bc
Sorgo	CTF	87,75	86,65	78,98	86,25
	CIA	87,83	87,13	79,22	86,90
	Média ± EPM	87,79±0,87bc	86,89±0,47b	79,10±1,56d	86,57±2,43b
Milheto	CTF	81,80	79,55	88,08	72,18
	CIA	82,03	79,76	88,23	72,62
	Média ± EPM	81,92±1,19d	79,66±1,01c	88,16±1,13bc	72,40±1,65e
Farinha de Trigo	CTF	95,23	94,50	87,41	80,25
	CIA	95,26	94,52	87,40	80,87
	Média ± EPM	95,24±0,66a	94,51±0,59a	87,40±0,64bc	80,56±1,41cd
Macarrão	CTF	96,76	96,51	93,84	80,26
	CIA	96,77	96,52	93,88	80,87
	Média ± EPM	96,76±0,88a	96,51±0,80a	93,86±1,86a	80,56±1,41d
Biscoito	CTF	89,82	87,92	83,53	85,38
	CIA	90,15	88,19	84,26	85,82
	Média ± EPM	89,98±0,83b	88,05±0,86b	83,90±2,59c	85,60±0,98b
Pão	CTF	94,93	94,14	90,78	90,29
	CIA	95,05	94,22	90,94	90,57
	Média ± EPM	94,99±1,56a	94,18±1,24a	90,86±1,99ab	90,43±2,24a
ANOVA					
Tratamentos		P<0,01	P<0,01	P<0,01	P<0,01
Metodologia		NS	NS	NS	NS
Tratamentos x Metodologia		NS	NS	NS	NS
Períodos		NS	NS	NS	NS
CV (%)		2,49	2,17	4,13	4,40

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDMS – Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca, CDMO - Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Orgânica, CDPB - Coeficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta, CDEE – Coeficiente de Digestibilidade do Extrato Etéreo,

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Owsley et al. (1981) observaram CDMS do sorgo variando entre 87,62 e 91,37% em função da granulometria. O menor valor de CDMS obtido por esses autores ocorreu

para a amostra de sorgo classificada como grosseiramente moída, sendo essa, a que mais se aproximou do CDMS encontrado nesse estudo. ODGM $\pm$ DGP do sorgo utilizado nesse estudo foram de $542 \pm 3,00 \mu\text{m}$.

O menor CDMS ocorreu para o milho (Tabela 8), sendo esse, similar ao citado por Yin et al. (2002). Esses autores também verificaram CDMS do milho inferior ao do sorgo e do milho. Bastos et al. (2005) observaram variação do CDMS do milho de 63,07 a 76,30%, valores inferiores ao encontrado nesse estudo. Entretanto, em média, Pinheiro et al. (2003) observaram CDMS de diferentes amostras de milho 7,08% superior ao encontrado.

Comportamento similar ao observado para o CDMS foi obtido para o CDMO dos ingredientes avaliados. O macarrão, a farinha de trigo e o pão apresentaram os maiores CDMO. Rostagno et al. (2011) relataram CDMO para macarrão e a farinha de trigo similares aos obtidos nesse estudo. Sauvant et al. (2004) relataram CDMO para a farinha de trigo 2,73% inferior ao determinado.

O CDMO observado para o biscoito foi 10,75% superior ao referenciado por Rostagno et al. (2011). Esses resultados podem ser decorrentes da variação do tipo de resíduo que compuseram as amostras (biscoitos doces, salgados, recheados ou não). Essa seria uma das justificativas para o valor de EMAn3,30% superior obtida nesse estudo em relação a referenciada por Rostagno et al. (2011).

Os valores de CDMO do milho foram 4,86% inferiores ao referenciados por Rostagno et al. (2011), enquanto o CDMO do sorgo foi similar ao citado por esses autores. O milho foi o alimento que apresentou o menor CDMO, entretanto, esse valor foi 7,65% superior ao citado por Rostagno et al. (2011). Os CDMO estiveram relacionados aos CDE dos alimentos (Tabela 7).

O maior CDPB foi observado para o macarrão (Tabela 8), superando em 5,94% o CDPB citado por Rostagno et al. (2011) para esse ingrediente. Os CDPB do milho e da farinha de trigo, foram 3,22 e 6,41% inferiores aos citados por Rostagno et al. (2011). Por outro lado, Sauvant et al. (2004) citaram CDPB da farinha de trigo similar ao obtido. O CDPB do pão foi similar ao relatado por Rostagno et al. (2011).

O CDPB encontrado para o milho foi similar ao citado por Pinheiro et al. (2003), entretanto, superou, em média, 32,99 e 28,51% o CDPB das amostras de milho avaliadas por Bastos et al. (2005) e Lawrence et al. (1995), respectivamente.

Em decorrência da diferença na composição protéica entre a amostra avaliada nesse estudo, o CDPB do sorgo determinado foi 7,59% inferior ao citado por Rostagno et al. (2011). Todavia, Cho et al. (1997) obtiveram CDPB do sorgo similar ao obtido e, Sauviant et al. (2004) e Yin et al. (2002) citaram CDPB do sorgo 5,47 e 6,60% inferiores ao determinado nesse estudo.

O CDPB do milho foi similar ao CDPB do milheto, da farinha de trigo e do biscoito (Tabela 8). Cantarelli et al. (2007) verificaram máximo CDPB, de cinco diferentes híbridos de milho, de 82,35%, valor esse, 2,90% inferior ao CDPB do milho determinado nesse estudo. Sauviant et al. (2004) também relataram CDPB do milho 4,62% inferior ao obtido. Por outro lado, Rostagno et al. (2011) citaram valor de CDPB do milho semelhante ao encontrado nesse estudo.

O maior CDEE foi observado para o pão. Os CDEE do biscoito, do sorgo e do milho foram similares (Tabela 8). Rostagno et al. (2011) citaram valores de CDEE do biscoito e do milho, respectivamente, 11,11 e 11,12% superiores aos verificados nesse estudo. Todavia, os valores de CDEE do milho e do sorgo foram, respectivamente, 38,08 e 57,40% superiores aos citados por Sauviant et al. (2004).

O milheto foi o alimento que apresentou menor CDEE. Em decorrência do conteúdo de EE das amostras de milheto avaliadas por Lawrence et al. (1995), o CDEE citado por esses autores representou apenas 51,10% do valor observado nesse estudo.

O CDEE obtido para a farinha de trigo foi 67,83% superior em relação ao CDEE determinado por Sauviant et al. (2004). Maiores comparações a respeito do CDEE dos alimentos avaliados na dieta de suínos não puderam ser realizadas pela escassez desses dados na literatura. Em função do baixo conteúdo de EE de alguns dos alimentos, os dados de digestibilidade desse nutriente devem ser avaliados com cautela.

Os coeficientes de digestibilidade $\pm$ erro-padrão da fibra em detergente neutro (CDFDN) e da fibra em detergente ácido (CDFDA), dos alimentos energéticos são apresentados na Tabela 9. Os dados de CDFDN podem ser associados aos CDMS e CDMO dos alimentos, os quais seguiram comportamentos similares, salvo exceções. Os alimentos com menor conteúdo de FDN e maior conteúdo de CNE apresentaram maiores CDFDN, CDMS e CDMO, semelhante ao citado por Noblet e Le Goff (2001).

Tabela 9 - Coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido dos alimentos energéticos¹.

Alimento	Metodologia²	CDFDN (%)	CDFDA (%)
-----------------	--------------------------------	------------------	------------------

Milho	CTF	67,53	39,30
	CIA	68,42	41,55
	Média ± EPM ³	67,98±0,92ab	40,43±2,01
Sorgo	CTF	63,04	44,90
	CIA	63,52	44,63
	Média ± EPM	63,28±1,71b	44,76±4,34
Milheto	CTF	52,26	44,37
	CIA	52,96	45,03
	Média ± EPM	52,61±2,05c	44,70±5,18
Farinha de Trigo	CTF	69,92	47,49
	CIA	69,14	49,74
	Média ± EPM	69,53±0,88 ^a	48,61±2,39
Macarrão	CTF	67,43	43,50
	CIA	67,87	44,89
	Média ± EPM	67,65±1,96ab	44,19±5,62
Biscoito	CTF	66,46	37,52
	CIA	68,38	38,13
	Média ± EPM	67,42±1,84ab	37,83±4,35
Pão	CTF	68,02	42,48
	CIA	68,83	43,65
	Média ± EPM	68,43±2,81ab	43,06±5,91
ANOVA			
Tratamentos		P<0,01	NS
Metodologia		NS	NS
Tratamentos x Metodologia		NS	NS
Períodos		NS	NS
CV (%)		5,62	21,04

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDFDN - Coeficiente de Digestibilidade da Fibra em DetergenteNeutro, CDFDA - Coeficiente de Digestibilidade da Fibra em Detergente Ácido.

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Puderam ser identificados, três grupos de ingredientes com diferentes potenciais de digestibilidade dos constituintes de parede celular solúveis em detergente neutro. O grupo com maior CDFDN foi composto pela farinha de trigo, pão, milho, macarrão e

biscoito, para os quais o CDFDN médio $\pm$ erro-padrão foi de $68,20 \pm 0,56\%$. O valor de CDFDN do milho encontrado foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011).

Um segundo grupo foi composto exclusivamente pelo sorgo, que apresentou CDFDN inferior ao apresentado pela farinha de trigo ($P < 0,05$). O CDFDN relatado por Rostagno et al. (2011) para o sorgo foi $15,69\%$ superior ao encontrado nesse estudo. Contudo, a amostra estudada por esses autores apresentou maior concentração de CNE. Além disso, esses autores citaram menor valor de FDA para esse ingrediente, o que indica maior conteúdo de hemicelulose ($\text{FDN} (\%) - \text{FDA} (\%)$) na amostra avaliada por eles. De acordo com Noblet e Le Goff (2001), em relação aos constituintes da FDA, os componentes da FDN apresentam maior digestibilidade, especialmente quando se avalia alimentos utilizando-se de animais em fase de crescimento.

O último grupo, o qual apresentou o menor ($P < 0,05$) CDFDN, foi composto exclusivamente pelo milho. Informações a respeito da digestibilidade da FDN e FDA desse alimento avaliada com suínos são escassas.

Ocorreu grande variação entre os CDFDA, ($\text{CV} (\%) = 21,04$). Não foram evidenciadas diferenças entre os CDFDA entre os alimentos energéticos avaliados. O valor médio $\pm$ erro-padrão dos CDFDA dos alimentos nesse ensaio foram de $43,07 \pm 1,13\%$. Esse valor é superior à digestibilidade da FDA de dietas compostas sugerida por Patience (2012) de $38,00\%$, quando determinada com suínos em crescimento.

3.2 ENSAIO II

3.2.1 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.

A composição bromatológica proximal, os valores de energia bruta (EB) e o diâmetro geométrico médio (DGM) dos alimentos protéicos avaliados são apresentados na Tabela 10.

O conteúdo de MS do leite em pó padronizado foi semelhante aos citados por Rostagno et al. (2011) e Sauvante et al. (2004) para o leite em pó integral. O plasma sanguíneo suíno e o concentrado protéico de soja apresentaram valores de MS semelhantes aos citados pelo NRC (2012), Rostagno et al. (2011) e Nery (2005). O teor de MS do concentrado protéico de soja citado por Brumano et al. (2006) foi $3,83\%$ inferior ao encontrado nesse estudo.

Tabela 10 - Composição bromatológica proximal, valores de energia bruta e diâmetro geométrico médios dos alimentos protéicos, com base na matéria natural¹.

Alimento	MS (%)	MO (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	EB (Kcal/Kg)	DGM (µm)
Leite em pó Padronizado	95,33	89,35	24,86	21,61	ND ²	ND	5,98	5135	ND
Plasma Sanguíneo Suíno	92,66	82,46	72,73	1,13	ND	ND	10,19	4558	ND
Concentrado Protéico de Soja	91,70	85,90	62,06	0,55	12,18	6,43	5,80	4404	549
Soja Semi-Integral	90,40	84,84	42,82	8,48	18,20	12,71	5,56	4490	1176
Extrusada Farinha Mista Suína	91,49	72,05	51,67	12,53	ND	ND	19,44	3914	799

¹MS – Matéria Seca, PB – Proteína Bruta, EE – Extrato Etéreo, FDN – Fibra em Detergente Neutro, FDA – Fibra em Detergente Ácido, MM – Matéria Mineral, EB – Energia Bruta, DGM – Diâmetro geométrico médio.

²ND – Não determinado.

Em virtude da escassez de avaliações da farinha mista suína, a composição bromatológica desse alimento não pôde ser comparada com valores obtidos por outros autores. Contudo, Rostagno et al., (2011) citaram conteúdos de MS para a farinha de vísceras de aves e farinha de vísceras de suínos semelhantes ao encontrado para a farinha mista suína.

O conteúdo de MS da soja semi-integral extrusada foi semelhante ao citado por Rostagno et al., (2011) e Scottá (2011), entretanto, 3,35% inferior ao observado por Mendes et al., (2004). A padronização do teor de umidade nos alimentos é de suma importância, visando evitar a ocorrência de fermentação e a proliferação de fungos.

A PB do leite em pó padronizado superou em 4,89 e 6,24% a PB do leite em pó integral citada por Rostagno et al. (2011) e Sauvante (2002), respectivamente. Em decorrência da composição bromatológica desse alimento, principalmente, MS, EE e de extrato não-nitrogenado (ENN=100-(PB+EE+MM)), a EB do leite em pó padronizado

foi, em média, 5,71% inferior as citadas por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004), para leite em pó integral. O maior conteúdo de ENN da amostra avaliada nesse estudo, em relação aos valores citados por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004), sinaliza para maior concentração de lactose nessa amostra, em detrimento do conteúdo de EE.

O plasma sanguíneo suíno avaliado apresentou PB 7,01% inferior a citada no NRC (2012), 8,55% superior ao valor mínimo de PB citada por Jamroz et al. (2011) e ainda, PB semelhante a citada por Rostagno et al. (2011) para o plasma sanguíneo. Contudo, esses autores não relataram a espécie da qual o plasma sanguíneo avaliado por eles era derivado, se suína ou bovina. Brumano et al. (2006) citaram PB do plasma sanguíneo suíno 3,66% inferiora encontrada nesse estudo. Van Dijk et al. (2001a) observaram conteúdo mínimo de 1,90% de EE para o plasma sanguíneo suíno, sendo esse valor 68,14% superior ao encontrado nesse estudo. Os valores médios de EE e de EB do plasma sanguíneo suíno foram similares aos citados por Rostagno et al. (2011) para o plasma sanguíneo. Entretanto, Nery (2005) citou EB do plasma sanguíneo suíno 4,61% superior à encontrada nesse estudo.

O concentrado protéico de soja apresentou PB 5,06; 4,45 e 3,13% inferior as citadas pelo NRC (2012), Brumano et al. (2006) e Fialho et al. (2009), respectivamente. Urbaityte et al. (2009) avaliaram quatro diferentes amostras de concentrados protéicos de soja e observaram PB mínima de 63,00%, similar a encontrada nesse estudo. Todavia, Scottá (2011) avaliaram a PB do concentrado protéico de soja e verificaram valor 6,61% inferior ao encontrado. O conteúdo de EE do concentrado protéico de soja representou apenas 52,38 e 32,16% dos valores de EE citados pelo NRC (2012) e Scottá (2011), respectivamente. Contudo, Brumano et al. (2006) e Rostagno et al. (2011) relataram conteúdo médio de EE do concentrado protéico de soja de 0,45%, valor 22,23% inferior ao encontrado nesse estudo. A composição bromatológica desse ingrediente refletiu no valor de EB, a qual foi 4,56% inferior à citada pelo NRC (2012), contudo, semelhante às citadas por Rostagno et al. (2011) e Scottá (2011) e ainda 7,52% superior a encontrada por Brumano et al. (2006).

A soja semi-integral extrusada apresentou PB semelhante à citada por Mendes et al. (2004) e, inferior as encontradas por Rostagno et al. (2011) e Thomaz et al. (2012). Scottá (2011) citou PB da soja semi-integral extrusada 5,42% superior à obtida nesse estudo.

Pela composição bromatológica, a farinha mista suína demonstrou uma alternativa interessante do ponto de vista de sua utilização em dietas de animais monogástricos. Esse coproduto composto principalmente por recortes e aparas de carne, ligamentos, mucosas, ossos e vísceras, especialmente as não comestíveis, apresentou conteúdos de PB, EE e MM de 51,7; 12,53 e 19,44%, respectivamente.

Em virtude da eficiência de extração do óleo durante o processamento, o conteúdo de EE da soja semi-integral extrusada é variável. Os valores médios de EE e de EB encontrados para esse ingrediente foram similares aos citados por Rostagno et al. (2011) e Scottá (2011). Entretanto, Mendes et al. (2004) e Thomaz et al. (2010) relataram, respectivamente, conteúdos de EE 27,36 e 93,51% superiores para a soja semi-integral extrusada. Nesse sentido, EB da soja semi-integral extrusada citada por Mendes et al. (2004) e Thomaz et al. (2010) foram, respectivamente, 8,31 e 13,52% superiores a obtida nesse trabalho.

Os conteúdos de FDN e FDA da soja semi-integral extrusada foram superiores ($P < 0,05$) aos observados para o concentrado protéico de soja (Tabela 10). Resultados similares foram obtidos por Scottá (2011).

Os conteúdos de FDN e FDA do concentrado protéico de soja foram superiores aos citados pelo NRC (2012) e Rostagno et al. (2011). Brumano et al. (2006) referenciaram valor de FDN 7,31% inferior ao obtido, contudo, citaram conteúdo de FDA semelhante ao encontrado. Por outro lado, Scottá (2011) relatou conteúdo médio de FDN de duas diferentes amostras de concentrado protéico de soja 5,87% superior ao determinado nesse estudo.

Os valores obtidos de FDN e FDA da soja semi-integral extrusada foram similares aos citados por Rostagno et al. (2011) e superiores aos verificados por Scottá (2011).

Os valores médios de MM do concentrado protéico de soja foram superiores aos valores citados por Scottá (2011) e Rostagno et al. (2011) e, semelhantes aos valores encontrados por Brumano et al. (2006) e ainda, inferiores aos descritos pelo NRC (2012).

Os valores médios de MM da soja semi-integral extrusada foram superiores aos valores citados por Mendes et al. (2004), Rostagno et al. (2011), Thomaz et al. (2012) e Scottá (2011).

3.2.2 VALORES DE ENERGIA DIGESTÍVEL, METABOLIZÁVEL E METABOLIZÁVEL CORRIGIDA PARA RETENÇÃO DE NITROGÊNIO DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.

Os valores médios $\pm$ erros-padrão da energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn), são apresentadas na Tabela 11. Os coeficientes de digestibilidade (CDE), metabolizabilidade aparente (CMAE) e metabolizabilidade aparente corrigida para retenção de nitrogênio (CMAEn) da energia e seus respectivos erros-padrão para alimentos protéicos são apresentados na Tabela 12.

Assim como o ocorrido para alimentos energéticos, para os alimentos protéicos também não foi observada interação ($P>0,05$) entre os tratamentos e as metodologias sobre os valores de ED, EMA e EMAn, bem como para os CDE, CMAE, CMAEn. As metodologias de CTF e CIA proporcionaram a obtenção de valores de ED, EMA e EMAn e CDE, CMAE, CMAEn similares entre os ingredientes protéicos avaliados.

As médias $\pm$ erros-padrão da ED, EMA, EMAn (Kcal/Kg) obtidas pelo método de coleta total (CTF) dos alimentos protéicos e seus respectivos coeficientes (entre parênteses) foram de $3839 \pm 155,80$ ($86,25 \pm 2,30\%$); $3694 \pm 153,33$ ($82,96 \pm 2,20\%$) e $3566 \pm 159,24$ ($80,02 \pm 2,42\%$).

As médias $\pm$ erros-padrão da ED, EMA, EMAn (Kcal/Kg) obtidas pelo método indireto com utilização da CIA como indicador de indigestibilidade dos alimentos protéicos e seus respectivos coeficientes (entre parênteses) foram de $3849 \pm 156,03$ ($86,47 \pm 2,31\%$); $3703 \pm 152,81$ ($83,18 \pm 2,19\%$) e $3576 \pm 158,68$ ($80,23 \pm 2,40\%$).

Apesar do peso vivo médio dos animais entre os dois períodos (37,60 e 47,38 Kg) terem sido diferentes ($P<0,01$), os valores de ED, EMA, EMAn e os CDE, CMAE, CMAEn foram similares entre os períodos de avaliação ($P>0,05$).

Em cada período, o peso vivo médio inicial foi similar ($P>0,05$) entre os animais que receberam os diferentes tratamentos.

Tabela 11 - Valores de energia dos alimentos protéicos, com base na matéria natural¹.

Alimento	EB (Kcal/Kg)	Metodologia ²	ED(Kcal/Kg)	EMA (Kcal/Kg)	EMAn (Kcal/Kg)
----------	-----------------	--------------------------	-----------------	------------------	-------------------

Leite em pó Padronizado	5135	CTF	4985	4944	4841
		CIA	4989	4948	4845
		Média±EPM ³	4987±52,85a	4946±54,16a	4843±71,43a
Plasma	4558	CTF	4110	3926	3775
Sanguíneo		CIA	4116	3932	3780
Suíno		Média ± EPM	4113±34,63b	3929±20,55b	3778±34,20b
Concentrado	4404	CTF	3991	3674	3525
Protéico de Soja		CIA	4002	3686	3537
		Média ± EPM	3996±16,60c	3680±30,93c	3531±42,29c
Soja Semi-Integral	4490	CTF	3830	3616	3538
Extrusada		CIA	3854	3640	3562
		Média ± EPM	3842±27,07d	3628±83,91cd	3550±101,74c
Farinha Mista Suína	3914	CTF	2475	2449	2247
		CIA	2481	2455	2253
		Média ± EPM	2478±106,34e	2452±59,27e	2250±72,96d

ANOVA

Tratamentos	P<0,01	P<0,01	P<0,01
Metodologia	NS	NS	NS
Tratamentosx Metodologia	NS	NS	NS
Períodos	NS	NS	NS
CV (%)	2,71	2,66	3,49

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹EB - Energia Bruta; ED - Energia Digestível; EMA - Energia Metabolizável Aparente; EMn - Energia Metabolizável Aparente corrigida para retenção de nitrogênio.

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Os valores médios ± erros-padrão do peso vivo inicial dos animais, em cada um dos períodos de avaliação, para os alimentos leite em pó padronizado, plasma sanguíneo suíno, concentrado protéico de soja, soja semi-integral extrusada e farinha mista suína foram, respectivamente, de 37,85±4,95; 38,10±1,20; 38,40±3,70; 34,50±4,50; 38,35±3,35 Kg e 50,00±4,40; 44,60±1,80; 43,20±0,10; 49,60±0,70; 49,05±5,65 Kg.

Tabela 12 - Energia bruta e coeficientes de digestibilidade, metabolizabilidade e metabolizabilidade corrigido para retenção de nitrogênio dos alimentos protéicos¹.

Alimento	EB	Metodologia ²	CDE	CMAE	CMAEn
----------	----	--------------------------	-----	------	-------

(Kcal/Kg)			(%)	(%)	(%)
Leite em pó Padronizado	5135	CTF	97,08	96,29	94,28
		CIA	97,16	96,36	94,36
		Média±EPM ³	97,12±0,98a	96,33±1,00a	94,32±1,33a
Plasma		CTF	90,18	86,13	82,82
Sanguíneo	4558	CIA	90,31	86,26	82,95
Suíno		Média ± EPM	90,25±0,70b	86,20±0,42b	82,89±0,69b
Concentrado		CTF	90,61	83,42	80,05
Protéico de	4404	CIA	90,87	83,68	80,31
Soja		Média ± EPM	90,74±0,35b	83,55±0,64c	80,18±0,88bc
Soja Semi-		CTF	85,30	80,53	78,80
Integral	4490	CIA	85,84	81,07	79,34
Extrusada		Média ± EPM	85,57±0,54c	80,80±1,69d	79,07±2,05c
Farinha		CTF	63,24	62,56	57,41
Mista Suína	3914	CIA	63,39	62,71	57,57
		Média ± EPM	63,31±2,49d	62,64±1,38e	57,49±1,71d
ANOVA					
Tratamentos			P<0,01	P<0,01	P<0,01
Metodologia			NS	NS	NS
Tratamentos x Metodologia			NS	NS	NS
Períodos			NS	NS	NS
CV (%)			2,90	2,66	3,48

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDE – Coeficiente de digestibilidade da energia bruta, CMAE – coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia, CMAEn – coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia corrigido para retenção de nitrogênio;

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Com o aumento do peso vivo dos animais, entre os períodos, o consumo de MN total (Kg/Kg PV^{0,75}) das rações teste apresentou redução numérica (P>0,05) da ordem de 8,15%, sendo os valores médios ± erros-padrão para o primeiro e segundo períodos, respectivamente de 0,398 ± 0,01 e 0,368 ± 0,01.

O consumo total de alimento (Kg de MN/Kg PV^{0,75}), para os alimentos protéicos foi de 0,383 ± 0,85 e não diferiu entre os tratamentos avaliados (P>0,05). O menor e maior (P>0,05) consumo total médio de ração teste (Kg de MN/Kg PV^{0,75}) observados

foram de $0,338 \pm 0,03$ e $0,431 \pm 0,02$ para a soja semi-integral extrusada e o leite em pó padronizado.

Como o conteúdo de EB e o CDE do leite em pó padronizado foram superiores (Tabelas 11 e 12), a ED desse alimento também foi superior às encontradas para os demais alimentos protéicos. Apesar de apresentarem origens diferentes, o plasma sanguíneo suíno e o concentrado protéico de soja apresentaram CDE similares ($P > 0,05$).

Apesar da soja semi-integral extrusada ter apresentado maior valor de EB, entre os alimentos protéicos de origem vegetal, observou-se maior conteúdo de ED para o concentrado protéico de soja, em virtude do maior ($P < 0,05$) CDE observado para esse alimento. Essa diferença pode estar relacionada com diferenças na composição desses alimentos (Tabela 10). Thomaz et al. (2012) obtiveram CDE para a soja semi-integral extrusada de 80,20%, entretanto, utilizaram para suas avaliações suínos com peso médio entre 9,00 e 13,00 Kg.

Os valores de EMA e EMAn entre os alimentos protéicos variaram de 2452 a 4946 Kcal/Kg e de 2250 a 4876 Kcal/Kg, obtidas respectivamente para a farinha mista suína e o leite em pó padronizado. A média de EMA superou o valor médio de EMAn em 3,82%, com a maior diferença observada para a farinha mista suína de 8,98%. Esse alimento apresentou os menores CMAE e CMAEn, demonstrando menor aproveitamento da energia dos nutrientes que compõem esse alimento, possivelmente em decorrência de sua composição nutricional, especialmente de MM e EE (Tabela 10). Os minerais podem se combinar com a fração lipídica do alimento, proporcionando a formação de sabões, aos quais é atribuída redução da digestibilidade da energia e dos nutrientes.

Os maiores CMAE e CMAEn foram observados para o leite em pó padronizado, de 96,33 e 94,32% indicando melhor aproveitamento da energia contida nesse alimento. Essa condição associada aos maiores valores de EB garantiram a obtenção da maior EMAn, de 4843 Kcal/Kg de MN. Esse valor de EMAn se aproximou do valor citado por Sauvante et al. (2004) de 4876 Kcal/Kg de MN para o leite em pó integral. Por outro lado, Rostagno et al. (2011) citaram EMAn do leite em pó integral de 4948 Kcal/Kg, superior ao obtido nesse estudo.

Apesar do CMAE observado para o plasma sanguíneo suíno e o concentrado protéico de soja terem sido diferentes, o CMAEn entre esses alimentos foram semelhantes (Tabela 12). Em função dos valores de EB do plasma sanguíneo suíno, os

valores de EMA e EMAn desse alimento foram superiores ($P < 0,05$) aos valores obtidos para concentrado protéico de soja. O valor de EMAn do plasma sanguíneo suíno determinado nesse estudo foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011) e 6,33% inferior ao citado pelo NRC (2012) para o plasma sanguíneo.

Em relação ao leite em pó padronizado, o plasma sanguíneo suíno apresentou relação EMAn/EMA inferior, sinalizando para balanço de nitrogênio superior entre os animais submetidos ao tratamento contendo plasma sanguíneo suíno. Essa condição pode estar associada ao maior consumo de nitrogênio pelos animais que receberam dieta contendo plasma sanguíneo suíno (Tabela 4), uma vez que, o consumo de ração total ($\text{Kg de MN/Kg de PV}^{0,75}$) foi similar entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Entre os alimentos de origem vegetal, observou-se maior CMAE para o concentrado protéico de soja, condição que pode estar associada às diferenças na composição desses alimentos, especialmente ao conteúdo de FDN (Tabela 10). Por outro lado, os valores de CMAE e de EMAn foram semelhantes entre o concentrado protéico de soja e a soja semi-integral extrusada. O CMAE encontrado nesse estudo para a soja semi-integral extrusada foi inferior ao citado por Thomaz et al. (2012).

As EMAn determinadas para o concentrado protéico de soja e a soja semi-integral extrusada foram similares as citadas por Rostagno et al. (2011). A relação EMAn/EMA da soja semi-integral extrusada superou a relação EMAn/EMA do concentrado protéico de soja, sinalizando para maior balanço de nitrogênio entre os animais que receberam concentrado protéico de soja na dieta.

3.2.3 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DOS ALIMENTOS PROTÉICOS.

Não foi observado efeito das metodologias e da interação ($P > 0,05$) entre os tratamentos e as metodologias sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos protéicos ($P > 0,05$). Os alimentos protéicos apresentaram diferentes coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDN e FDA.

Os coeficientes de digestibilidade e seus respectivos erros-padrão da média, da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE), fibra em detergente neutro (CDFDN) e fibra em detergente ácido (CDFDA) dos alimentos protéicos são apresentados, respectivamente nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica dos alimentos protéicos¹.

Alimento	Metodologia²	CDMS(%)	CDMO(%)
Leite em pó Padronizado	CTF	92,95	94,74
	CIA	93,05	94,80
	Média ± EPM ³	93,00±0,97 a	94,77±1,37 a
Plasma	CTF	92,52	90,63
Sanguíneo	CIA	92,53	90,63
Suíno	Média ± EPM	92,53±0,85 ab	90,63±0,89 b
Concentrado	CTF	90,94	88,80
Protéico de	CIA	91,15	88,97
Soja	Média ± EPM	91,05±0,47 ab	88,89±0,38 b
Soja Semi-Integral	CTF	87,46	87,60
	CIA	87,89	87,71
Extrusada	Média ± EPM	87,67±1,14 b	87,65±1,16 b
Farinha	CTF	71,02	76,73
Mista Suína	CIA	71,00	76,55
	Média ± EPM	71,01±3,71 c	76,64±3,92 c
ANOVA			
Tratamentos		P<0,01	P<0,01
Metodologia		NS	NS
Tratamentos x Metodologia		NS	NS
Períodos		NS	NS
CV (%)		4,18	4,46

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDMS – Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca, CDMO – Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Orgânica

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

Os maiores CDMS e CDMO foram observados para o leite em pó padronizado. Esse ingrediente além de conter PB de alto valor biológico, apresenta ainda conteúdo considerável de lactose, carboidrato que apresenta alta digestibilidade. Valores intermediários entre os CDMS do leite em pó padronizado e da soja semi-integral

extrusada foram encontrados para o plasma sanguíneo suíno e o concentrado protéico de soja (Tabela 13). Os valores médios de CDMS e o CDMO do plasma sanguíneo suíno não diferiram dos obtidos para ingredientes protéicos de origem vegetal (Tabela 13).

Tabela 14 - Coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo dos alimentos protéicos¹.

Alimento	Metodologia²	CDPB(%)	CDEE(%)
Leite em pó Padronizado	CTF	89,91	86,06
	CIA	90,04	86,14
	Média ± EPM ³	89,98±1,05 b	86,10±0,59 a
Plasma Sanguíneo Suíno	CTF	97,22	87,49
	CIA	97,3	86,29
	Média ± EPM	97,26±0,28 a	86,89±1,90 a
Concentrado Protéico de Soja	CTF	84,23	65,15
	CIA	84,37	65,29
	Média ± EPM	84,30±0,47 c	65,22±2,79 c
Soja Semi-Integral Extrusada	CTF	85,85	79,43
	CIA	86,14	79,18
	Média ± EPM	86,00±0,94 bc	79,30±2,45 b
Farinha Mista Suína	CTF	75,85	58,71
	CIA	75,92	58,59
	Média ± EPM	75,88±2,14 d	58,65±1,27 d
ANOVA			
Tratamentos		P<0,01	P<0,01
Metodologia		NS	NS
Tratamentos x Metodologia		NS	NS
Períodos		NS	NS
CV (%)		2,70	5,22

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDPB - Coeficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta, CDEE - Coeficiente de Digestibilidade do Extrato Etéreo.

²CTF - coleta total de fezes; CIA - cinza insolúvel em ácido.

³EPM - Erro-padrão da média.

Tabela 15 - Coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido dos alimentos protéicos de origem vegetal¹.

Alimento	Metodologia²	CDFDN (%)	CDFDA(%)
-----------------	--------------------------------	------------------	-----------------

Concentrado Protéico de Soja	CTF	67,96	45,44
	CIA	68,85	47,05
	Média ± EPM ³	68,40±1,90 b	46,24±1,07 b
Soja Semi- Integral Extrusada	CTF	72,26	51,70
	CIA	73,31	53,35
	Média ± EPM	72,79±1,67 a	52,53±2,16 a
ANOVA			
Tratamentos		P<0,06	P<0,01
Metodologia		NS	NS
Tratamentos x Metodologia		NS	NS
Períodos		NS	NS
CV (%)		4,77	8,73

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

¹CDFDN - Coeficiente de Digestibilidade da Fibra em Detergente Neutro, CDFDA - Coeficiente de Digestibilidade da Fibra em Detergente Ácido.

²CTF – coleta total de fezes; CIA – cinza insolúvel em ácido.

³EPM – Erro-padrão da média.

O CDMS da soja semi-integral extrusada foi semelhante ao menor CDMS citado por Thomaz et al. (2012) e 7,11% superior ao citado por Mendes et al. (2004) para esse ingrediente. Valores de digestibilidade de nutrientes e da energia do concentrado protéico de soja determinados com suínos utilizando-se do método de substituição são escassos. Contudo, Sohn et al. (1994) avaliaram a digestibilidade desse ingrediente incluindo-o em dieta isenta de proteína e encontraram CDMS 2,63% inferior ao obtido nesse estudo.

Os menores CDMS e CDMO foram obtidos para a farinha mista suína. Brugalli et al. (1999) relataram a importância da granulometria da farinha de carne e ossos sobre o valor de energia desse alimento. O DGM±DPG da amostra de farinha mista suína avaliada foram de 799±2,4 µm, granulometria tida como grosseira.

Ao contrário do ocorrido com o CDMS e o CDMO, o CDPB do plasma sanguíneo suíno superou o CDPB do leite em pó padronizado (Tabela 14). O CDPB do plasma sanguíneo suíno encontrado foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011) para o plasma sanguíneo.

O CDPB do leite em pó padronizado encontrado nesse estudo foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011) e 5,58% inferior ao citado por Sauvant et al. (2004) para o leite em pó integral.

Os CDPB do concentrado protéico de soja e da soja semi-integral extrusada foram semelhantes ($P>0,05$). O valor encontrado de CDPB da soja semi-integral extrusada foi semelhante aos citados por Thomaz et al. (2012), Rostagno et al. (2011) e Mendes (2004). O CDPB encontrado para o concentrado protéico de soja foi 9,13% inferior ao citado por Rostagno et al. (2011).

Observou-se, entre os ingredientes protéicos, menor CDPB para a farinha mista suína (Tabela 14). Rostagno et al. (2011) relataram CDPB de 81,00% para a farinha de vísceras suína, que superou o encontrado nesse estudo para a farinha mista suína. A composição e possivelmente a granulometria entre os produtos podem ser responsáveis pelas diferenças.

Os maiores CDEE encontrados nesse estudo foram para o plasma sanguíneo suíno e o leite em pó padronizado, valores que representaram, respectivamente, 91,46 e 93,59% dos valores citados por Rostagno et al. (2011) para o plasma sanguíneo e o leite em pó integral. Entretanto, Sauvant et al. (2004) citaram CDEE do leite em pó integral semelhante ao obtido para o leite em pó padronizado.

O CDEE da soja semi-integral extrusada superou o observado para o concentrado protéico de soja (Tabela 14). O valor de CDEE observado para o concentrado protéico de soja foi 30,44% superior ao citado por Rostagno et al. (2011). Mendes (2004) citaram CDEE 5,55% inferior ao encontrado para a soja semi-integral extrusada, enquanto Thomaz et al. (2012) citaram CDEE semelhante ao encontrado para esse ingrediente.

O menor CDEE foi observado para a farinha mista suína. Esse CDEE justificaria o valor de ED observado para esse alimento. A associação entre a MM e o EE no tratogastrointestinal pode proporcionar a formação de sabões, o que pode ter contribuído para esses resultados.

Observou-se maior CDFDN e CDFDA para soja semi-integral extrusada (Tabela 15), a qual também apresentou conteúdos de FDN e FDA superiores aos encontrados para o concentrado protéico de soja. O CDFDA determinado nesse estudo para a soja semi-integral extrusada foi 62,00% inferior ao referenciado por Rostagno et al. (2011) para esse ingrediente.

4 CONCLUSÕES

Observou-se variação na composição química dos alimentos decorrente da diversidade de origem entre eles.

Os valores de EMAn dos alimentos energéticos determinados foram de 3329, 3113, 2878, 3335, 3577, 3706 e 3595 Kcal/Kg para o milho, o sorgo, o milheto, a farinha de trigo, o macarrão, o biscoito e o pão, respectivamente.

Os valores de EMAn dos alimentos protéicos determinados foram de 4843, 3778, 3531, 3550 e 2250 Kcal/Kg para o leite em pó padronizado, o plasma sanguíneo suíno, o concentrado protéico de soja, a soja semi-integral extrusada e a farinha mista suína, respectivamente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. N.; PETERSEN, G. I; STEIN, H. H. 2011. Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v.89, p. 4109-4115.

BARBOSA, F. F.; Ferreira A. S.; Gattás G.; et al. 2007. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.4, p.1052-1060, (supl.).

BASTOS, A.O.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E.; et al. 2004. Utilização do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30kg de peso vivo). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p.1915-1919.

BRAUN, K; LANGE, K. Liquid swine feed ingredients: nutritional quality and contaminants. **ANAC Eastern Nutrition Conference**, May, 2004, Ottawa, Ontario

BRUGALLI, I; ALBINO, L. F. T.; SILVA, D. J.; et al. 1999. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **R. Bras. Zootec.**, v.28, n.4, p.753-757.

BRUMANO, G; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; et al. 2006. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2297-2302.

CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; SOUSA, R. V.; et al. 2007. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciênc. Agrotec.**, v. 31, n. 3, p. 860-864.

CHO, S. B.; KIM, J. H.; YANG, J. S.; et al. 1997. Apparent digestibility of amino acids, energy and proximate nutrients in grain sources and tapioca for pigs. **American Journal Animal Science**, v. 10, n. 6, p. 635-642.

DE COCA-SINOVA, A; MATEOS, G. G.; GONZALES-ALVARADO, J. M.; et al. 2011. Comparative study of two analytical procedures for the determination of acid insoluble ash for evaluation of nutrient retention in broilers. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.9, n.3, p. 761-768.

DIGGS, B. G.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; et al. 1965. Energy value of various feeds for the young pig. **Journal Animal Science**, v.24, p.555-558.

ENDRESS PROCESSING, LLC. **Bakery meal feed analysis by plant**. Disponível em: <http://endressprocessing.com/feed_analysis.html>, Acessado em 25/01/2013.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; FRANCO, D. M.; et al. Determinação dos valores energéticos de alguns alimentos através de ensaios metabólicos com suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, CE. **Anais ...Fortaleza**, 1996.

FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; ZANGERONIMO, M. G.; et al. Alimentos alternativos para suínos. Lavras, 2009. 232 p.

GOMES, P. C.; RODRIGUES, M. P.; ALBINO L. F. T.; et al. 2008. Determinação da composição química e energética do milho e sua utilização em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.9, p.1617-1621.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R.; et al. 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fibre in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1705-1715.

HASHIMOTO, F. A. M. **Composição e digestibilidade de alguns alimentos para suínos nas fases de crescimento e terminação**. Viçosa, UFV, 2005. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2005.

JAMROZ, D.; WILICZKIEWICZ, A.; ORDA, J.; et al. 2011. Chemical composition and biological value of spray dried porcine blood by-products and bone protein hydrolysate for young chickens. **British Poultry Science** v. 52, n.5, p.589-605.

JOSLYN, M. A. Ash content and ashing procedures. In: Joslyn, M. A. (Ed.) **Methods in food analysis. Physical, chemical and instrumental methods of analysis**. 2nd ed. New York USA: Academic Press Inc, 1970, p. 109 – 140.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; O'MARA, F.; et al. 2001. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p. 49-58.

LAWRENCE, B. V.; ADEOLA, O.; ROGLER, J. C. 1995. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed pearl millet as a replacement for corn. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 2026-2032.

LE GOFF, G.; NOBLET, J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. **Journal Animal Science**, v.79, p. 2418-2427.

LIN F. D.; KNABE, D. A.; TANKSLEY JR., T. D. 1987. Apparent digestibility of amino acids, gross energy and starch in corn, sorghum, wheat, barley, oat groats and wheat middlings for growing pigs. **Journal Animal Science**, v.64, p. 1655-1663.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTTZ, N. W.; et al. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Research Report, Univ. Connecticut v. 7, p.3-11.

MENDES, W. S.; SILVA, I. J.; FONTES, D. O.; et al. 2004. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n.2, p.207-213.

NATIONAL PORK BOARD. Alternative feed ingredients in swine diets II: Use, advantages and disadvantages of common alternative feedstuffs. 2008. Disponível em: <<http://www.pork.org/filelibrary/AnimalScience/Alternative%20Feed%20Brochure.pdf>>, Acessado em 25/01/2013.

NERY, L. R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves.** Viçosa, UFV, 2005.87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2005.

NRC -**Nutrients requirements of swine.** 11ed. National Academic Press, Washington, DC.2012, 400p.

OWSLEY, W. F.; KNABE, D. A.; TANKSLAY JR., T. D. 1981.Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrientes at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finish pigs.**Journal Animal Science**, v.52, n.3, 557-566.

PATIENCE, J. F. The influence of dietary energy on feed efficiency in grow-finish swine. In: Patience, J. F. **Feed efficiency in swine.** Wageningen Academic Publishing.2012, p.101-130.

PEKAS, J.C. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies.**Journal Animal Science**, Champaign, v.27, n.5, p. 1303-1309.

PINHEIRO, M. S. M.; FIALHO, E.T.; LIMA J. A. F.; et al. 2003.Milheto moído em substituição ao milho em rações para suínos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.99-109.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3. ed. – Viçosa, MG:UFV, 252p. 2011.

ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M. 1984. Digestibility of energy and crude nutrients in pigs in relation to feeding plane and live weight.**J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** v.51, p.79–87.

SAKOMURA, N. K; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.**Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS.SAS/STAT, **User's guide**, Version 8.SAS Inst., Inc., Cary, NC, 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos(métodos químicos e biológicos).**3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 165p.

SILVA, E. A.; ALBINO,L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Composição química e valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida de alguns alimentos para frangos de corte. In: **Conferência FACTA de Ciência e Tecnologia Avícolas**, 2010 Santos, SP, **Anais ...Santos**, 2010.(CD-ROM).

SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. T. 2004.**Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish.**Wageningen Academic Publishers, Wageningen and INRA Editions, Versailles.

SCOTTÁ, B. A. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para frangos de corte.** Viçosa, UFV, 2011.57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SHON, K. S.; MAXWELL, C. V.; SOUTHERN, L.L.; et al. 1994. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs:II. Effects on ileal amino acid digestibility. **Journal Animal Science**, v.72, p. 631-637.

THOMAZ, M. C.; SILVEIRA, A. C.; KRONKA, R. N.; et al. 2010. Soja semi-integral extrusada sobre o desempenho de leitões na fase inicial e efeitos residuais nas fases de crescimento e terminação. **ARS VETERINARIA**, v.26, n.2, 104-112.

THOMAZ, M. C.; SILVEIRA, A. C.; KRONKA, R. N.; et al. 2012. Digestibilidade da soja semi-integral extrusada para leitões na fase inicial. **Ciência Anim. Bras.**, v.13, n.3, p. 290-297.

URBAITYTE, R.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R. **Standardized ileal crude protein and amino acid digestibilities in protein supplements for piglets.** 2009. Disponível em: <<http://www.kgzs-ms.si/slike/ZED05/16Urbaityte.pdf>>, Acessado em 25/01/2013.

VAN DJIK, A. J. **Spray-dried animal plasma in the diet of weanling piglets: influence on growth performance and underlying mechanisms.** Universiteit te Utrecht, 2001a. 161p. Tese (Doutorado), 2001a.

VAN DJIK, A. J.; EVERTS, H.; NABUURS, M.J.A., et al. 2001b. Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review. **Livestock Production Science** v. 68, p. 263–274.

VOGTMANN H., PFIRTER H.P., PRABUCKI A.L. 1975. A new method of determining metabolizability of energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. **Br Poult Sciv.** 16, p. 531-534.

YIN, Y.-L.; GURUNG, N. K.; JEAUROND, E. A. et al. 2002. Digestible energy and amino acid contents in canadian varieties of sorghum, pearl millet, high-oil corn, high-oil-high-protein corn and regular corn samples for growing pigs. **Can. J. Anim. Sci.** v.82: p. 385–391.

ZANOTTO, D.L., BELLAYER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, p.1-5. (Comunicado Técnico, 215), 1996.

CAPÍTULO II

Digestibilidade ileal aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos de alimentos utilizados na dieta de suínos.

Resumo - Foi realizado um experimento de digestibilidade ileal com os objetivos de determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) da proteína bruta e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos de seis alimentos energéticos: milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão e quirera de arroz e seis alimentos protéicos: caseína, concentrado protéico de soja - A, concentrado protéico de soja - B, farinha mista suína, leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno utilizando-se da técnica da cânula T simples com suínos e estimativa da perda endógena basal utilizando-se de dieta isenta de proteína (DIP). Os CDapPB e CDvPB médios determinados para o milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão e quirera de arroz foram respectivamente de 69,05 e 89,10; 74,98 e 86,01; 69,77 e 88,17; 83,60 e 94,90; 77,87 e 89,93; 72,05 e 92,43%. Os CDapPB e CDvPB médios determinados para a caseína, concentrado protéico de soja - A; concentrado protéico de soja - B; farinha mista suína; leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno foram respectivamente de 86,29 e 96,12; 82,29 e 92,43; 78,68 e 88,85; 62,04 e 70,64; 80,01 e 95,10; 82,51 e 92,71%. Os valores médios de perdas endógenas basais de PB, aminoácidos essenciais (AAE) e aminoácidos não essenciais (AANE) foram respectivamente de 11,11, 0,32 e 0,52g/Kg de matéria seca de DIP ingerida. Os CDapAAE e CDapAANE médios determinados para o milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão e quirera de arroz foram respectivamente de 74,88 e 71,44; 69,29 e 73,49; 75,99 e 73,35; 85,20 e 83,35; 79,89 e 77,63; 76,83 e 72,92%. Os CDapAAE e CDapAANE determinados para a caseína, concentrado protéico de soja - A; concentrado protéico de soja - B; farinha mista suína; leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno foram respectivamente de 92,03 e 80,43; 87,85 e 82,61; 85,23 e 79,70; 73,27 e 65,13; 84,91 e 73,87; 89,63 e 83,33%. Os CDvAAE e CDvAANE médios determinados para o milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão e quirera de arroz foram de 88,35 e 87,49; 80,96 e 85,15; 90,02 e 89,74; 94,21 e 94,06; 89,57 e 89,26; 89,48 e 90,36%. Os CDvAAE e CDvAANE determinados para a caseína, concentrado protéico de soja - A; concentrado protéico de soja - B; farinha mista suína; leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno foram

respectivamente de 96,85 e 93,69; 93,41 e 91,12; 90,87 e 88,31; 78,94 e 71,83; 93,33 e 91,14; 94,93 e 91,31%. Os conteúdos de proteína bruta e aminoácidos digestíveis do milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão, quirera de arroz, caseína, concentrado protéico de soja; farinha mista suína; leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno encontrados podem ser utilizados como referência para formulação de dietas para suínos com base em aminoácidos digestíveis.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, digestibilidade ileal, dieta isenta de proteína.

CHAPTER II

True and apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs used in swine diets.

Abstract –Was carried one ileal digestibility experiment to determine the coefficients of apparent (CDapCP) and true ileal protein digestibility (CDvCP) and the coefficients of apparent (CDapAA) and true ileal amino acids digestibility (CDvAA) of six feedstuffs with high energy content: corn, bakery meal; cracker meal, wheat floor, pasta residue and broken rice and six feedstuffs with high protein content: milk casein, soy protein concentrate - A, soy protein concentrate - B, swine by-product meal, milk, powder partially skimmed and porcine blood plasma, using the simple T-canula with pigs and estimate the basal endogenous losses using N-free diet method. The means of CDapCP and CDvCP determined for corn, bakery meal; cracker meal, wheat floor, pasta residue and broken rice were, respectively, 69,05 and 89,10, 74,98 and 86,01, 69,77 and 88,17, 83,60 and 94,90, 77,87 and 89,93, 72,05 and 92,43%. The means of CDapCP and CDvCP determined for milk casein, soy protein concentrate - A, soy protein concentrate - B, swine by-product meal, milk, powder partially skimmed and porcine blood plasma were, respectively, 86,29 and 96,12, 82,29 and 92,43, 78,68 and 88,85, 62,04 and 70,64, 80,01 and 95,10, 82,51 and 92,71%. The mean values for the flow of basal endogenous CP, essential amino acid (AAE) and nonessential amino acid (AANE) were 11,11; 0,32 and 0,52 g/Kg dry matter intake of N-free diet. The means of CDapAAE e CDapAANE determined for corn, bakery meal; cracker meal, wheat floor, pasta residue and broken rice were, respectively, 74,88 e 71,44; 69,29 e 73,49; 75,99 e 73,35; 85,20 e 83,35; 79,89 e 77,63; 76,83 e 72,92%. The means of CDapAAE e CDapAANE determined for milk casein, soy protein concentrate - A, soy protein concentrate - B, swine by-product meal, milk, powder partially skimmed and porcine blood plasma were, respectively, 92,03 e 80,43; 87,85 e 82,61; 85,23 e 79,70; 73,27 e 65,13; 84,91 e 73,87; 89,63 e 83,33%. The means of CDvAAE e CDvAANE determined for corn, bakery meal; cracker meal, wheat floor, pasta residue and broken rice were, respectively, 88,35 e 87,49; 80,96 e 85,15; 90,02 e 89,74; 94,21 e 94,06; 89,57 e 89,26; 89,48 e 90,36%. The means of CDvAAE e CDvAANE determined for milk casein, soy protein concentrate - A, soy protein concentrate - B, swine by-product meal, milk, powder partially skimmed

and porcine blood plasma were, respectively 96,85 e 93,69; 93,41 e 91,12; 90,87 e 88,31; 78,94 e 71,83; 93,33 e 91,14; 94,93 e 91,31%. The contents of CP and digestible AA of corn, bakery meal; cracker meal, wheat floor, pasta residue, broken rice, milk casein, soy protein concentrate, swine by-product meal, milk, powder partially skimmed and porcine blood plasma determined can be used like reference for the formulation of pig diets based on digestible amino acids.

Keywords: digestible amino acids, ileal digestibility, N-free diet.

1 INTRODUÇÃO

A determinação da composição química e da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos são imprescindíveis para a formulação de dietas que proporcionem maior eficiência produtiva. Somente parte dos nutrientes contidos nos alimentos é aproveitada pelos animais, sendo a parcela restante, eliminada pelas fezes ou urina.

Os aminoácidos (AA) contidos nos ingredientes que compõem as rações, não são totalmente disponíveis. A otimização do fornecimento desses AA proporciona melhoria do desempenho e redução na excreção de compostos nitrogenados. Sendo assim, a formulação de dietas de acordo com o nível de aminoácidos digestíveis é mais eficiente (AMIPIG, 2000).

Stein et al. (2007) relataram que a digestibilidade ileal é mais acurada para a estimativa da biodisponibilidade de aminoácidos, uma vez que a absorção total desses componentes ocorre no intestino delgado, e que o processo fermentativo de ocorrência natural no intestino grosso, influencia o conteúdo fecal desses.

O método recomendado para a obtenção de digesta ileal, consiste da inserção de cânula T no íleo terminal, através de procedimento cirúrgico. Entretanto, esse método não permite a coleta quantitativa do conteúdo, dessa maneira, é necessária a utilização de indicadores para obtenção dos valores de digestibilidade (STEIN et al., 2007).

A determinação da digestibilidade aparente dos aminoácidos ignora a perda endógena desses. Stein et al. (2007a) relataram que a palavra aparente é utilizada para enfatizar o conteúdo de AA não digestível e a não correção para as contribuições de origem endógena nesse valor de digestibilidade.

As perdas endógenas representam os aminoácidos que são perdidos no lúmen intestinal através de proteínas/peptídeos secretados, que não são absorvidos e/ou reabsorvidas antes do íleo terminal, proporcional ao consumo de matéria seca de alimento (AMIPIG, 2000).

A mensuração da perda endógena basal é rotineiramente calculada, pelo produto da concentração do AA na digesta pelo fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína, quando esse método de avaliação da perda endógena basal é utilizado.

No sentido de determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeiro (CDvPB) da proteína bruta e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeiro (CDvAA) de aminoácidos de alimentos utilizados na dieta de suínos, executou-se esse estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade ileal foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, entre os meses de abril e maio de 2010.

Foram utilizados 13 suínos, machos castrados, com peso médio inicial de $60,41 \pm 1,16$ Kg, para avaliação da digestibilidade de treze diferentes dietas, sendo uma dieta isenta de proteína (DIP) e doze dietas teste compostas pela inclusão de diferentes alimentos que podem ser utilizados na alimentação de suínos (Tabelas 16 e 17).

Os alimentos avaliados foram: milho, pão, biscoito, farinha de trigo, macarrão, quirera de arroz, concentrado protéico de soja -A, concentrado protéico de soja- B, plasma sanguíneo suíno spray dried, leite em pó padronizado, farinha mista suína e caseína.

Os animais foram canulados no Centro Cirúrgico de Grandes Animais do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa utilizando-se de cânula T simples, seguindo a técnica de Donkoh et al. (1994). Todos os procedimentos cirúrgicos e de pós-operatório, foram similares aos empregados por Nogueira (2001) e descritos por Mayer et al. (2010). Durante o pós-operatório os animais receberam dieta de recuperação similar à descrita por Nogueira (2001) fracionada, em pequenas quantidades, aumentando-as gradativamente, até o restabelecimento do consumo *ad libitum*.

Após a cirurgia os animais foram alojados individualmente em galpão de alvenaria com baias individuais de dimensão de 1,60 x 1,00m, com divisórias sólidas, comedouro semiautomático, bebedouros tipo nipple, com telhado de telha do tipo francesa e janelas do tipo basculante, as quais foram também utilizadas durante o período experimental.

Os suínos canulados foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições no tempo para cada alimento. Não foi utilizado o mesmo animal por mais de um período para avaliação da digestibilidade de um mesmo alimento.

Os alimentos contendo teor protéico superior a 25,00% foram incluídos até o ajuste de 12,00% de proteína bruta (PB) na dieta, de acordo com Rostagno et al. (2005), exceto para o leite em pó padronizado que foi incluso na proporção de 30,00.

Os alimentos energéticos substituíram 75,00% do amido da DIP, exceto para o milho que foi incluso na proporção de 70,00%.

Foi adicionado 1,00% de Celite® às dietas teste, como fonte de cinza insolúvel em ácido (CIA).

Seguindo as premissas de Leterme et al. (1992), cada período de ensaio teve duração de cinco dias, sendo quatro dias de adaptação às dietas e vinte e quatro horas de coleta de digesta ileal. Adotou-se descanso de dois dias para os animais entre os ensaios, nos quais foi fornecida dieta balanceada, a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências contidas em Rostagno et al. (2005), para suínos na fase de crescimento.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 7:00 e 19:00h sendo a quantidade diária dividida quantitativamente entre os arraçoamentos. Os animais receberam a mesma quantidade de ração por unidade de peso metabólico ($\text{Kg}^{0,75}$) baseada no menor consumo obtido durante a fase de adaptação às dietas. Para se evitar perdas e facilitar a ingestão, as dietas foram umedecidas na proporção 1:2 (peso:volume) para facilitar a ingestão e evitar o desperdício. A água foi fornecida à vontade durante todo o período experimental.

As coletas de digesta foram iniciadas logo após o fornecimento das dietas pela manhã. As amostras foram coletadas em sacos de polietileno (5 x 20 cm), presos à cânula, e foram trocados com frequência de duas horas ou quando esses se encontravam repletos. Imediatamente após a coleta, as amostras de um mesmo animal, foram acondicionadas em saco plástico maior e armazenadas em freezer à -20 °C. Posteriormente as amostras foram descongeladas à 5 °C, pesadas, homogeneizadas e uma alíquota em torno de 400 mL foi destinada à liofilização.

Após a liofilização, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente por 1h para equilíbrio com a umidade do ar, em seguida foram pesadas, moídas em moinho tipo bola e acondicionadas em recipientes com tampa para análises posteriores.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO) dos alimentos e os teores de MS, PB, MM e MO e CIA nas dietas e amostras de digesta ileal seguindo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Joselyn (1970).

Tabela 16 - Composição centesimal da dieta isenta de proteína (DIP) e das dietas teste contendo os alimentos energéticos.

Ingredientes	DIP*	Milho	Pão	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Quirera de Arroz
Milho	0,00	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pão	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biscoito	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00	0,00
Farinha de Trigo	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00
Macarrão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00
Quirera de Arroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00
Amido de milho	77,36	7,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
Açúcar	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Sabugo de milho	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de Soja	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato Bicálcico	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Celite ®	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carbonato de Potássio	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Calcário	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Sulfato de Magnésio	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sal comum	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Px. Vitamínico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Px. Mineral ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Composição Nutricional Determinada³							
PB (%)	0,00	6,18	11,23	6,73	10,96	10,26	6,07

*DIP – Dieta isenta de proteína.

¹Níveis de garantia por Kg do produto: Vit.A - 6000000 UI; vit. D3 - 1800 UI; vit. E - 30000UI; vit. B1 - 1000 mg ; vit. B2 5100 mg; vit. B6 - 1500 mg; Pantotenato de cálcio – 18 g; Biotina – 100 mg; Vit. K3 – 6000 mg; Ácido fólico - 600 mg ; ácido nicotínico- 30 g ; Vit. B12 - 20000 mcg.

²Níveis de garantia por Kg do produto - Manganês 40g; Ferro – 80g; Zinco – 150g; Cobre – 30 g; Iodo – 2 g, Selênio 500 mg.

³Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFV.

Tabela 17 - Composição centesimal das dietas teste contendo os alimentos protéicos.

Ingredientes	Caseína	CPS¹- A	CPS- B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
Caseína	13,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPS - A	0,00	17,48	0,00	0,00	0,00	0,00
CPS - B	0,00	0,00	17,48	0,00	0,00	0,00
Farinha Mista Suína	0,00	0,00	0,00	24,72	0,00	0,00
Leite em pó Padronizado	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
Plasma Sanguíneo Suíno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,24
Amido de Milho	64,29	59,88	59,88	54,92	47,36	62,12
Açúcar	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Sabugo de Milho	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de Soja	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato Bicálcico	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Celite ®	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carbonato de Potássio	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Calcário	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Sulfato de Magnésio	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Cloreto de Sódio	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Px. Vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Px. Mineral ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Composição Nutricional Determinada⁴						
PB (%)	12,60	12,21	12,17	14,39	8,20	12,14

¹CPS - Concentrado protéico de soja.^{2,3}Vide Tabela 14.⁴Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFV.

A cinza insolúvel em ácido (CIA), das dietas experimentais e das fezes, foi determinada seguindo os procedimentos laboratoriais detalhados no anexo A. Essas análises foram executadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa.

A composição aminoacídica dos alimentos e das digestas foram gentilmente realizadas pela empresa EVONIK. As análises de aminoácidos (AA) foram realizadas em compostas da digesta de dois animais de um mesmo tratamento. Não foram realizadas análises dos AA triptofano e tirosina.

Os coeficientes de digestibilidade ileal da MS, MO, PB e dos aminoácidos dos alimentos foram determinados por meio do cálculo do fator de indigestibilidade e a utilização das fórmulas descritas por Rostagno e Featherston (1977) e são apresentados como valores médios $\pm$ erro-padrão da média. As equações utilizadas para os cálculos são descritas a seguir:

Fator de indigestibilidade (FI)

$$\text{FI} = \frac{\text{CIA}_{\text{ração}}}{\text{CIA}_{\text{Digesta}}} \quad (21)$$

Coeficiente de digestibilidade da matéria seca da dieta teste (CDMS)

$$\text{CDMS (\%)} = 100 - (\text{FI}_1 \times 100); \quad (22)$$

Coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica da dieta teste (CDMO)

$$\text{CDMO (\%)} = \frac{\text{MO}_{\text{dieta}} - (\text{MO}_{D_1} \times \text{FI}_1)}{\text{MO}_{\text{ração teste}}} \quad (23)$$

Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB)

$$\text{CDapPB (\%)} = \frac{\text{PB}_{\text{dieta}} - (\text{PB}_{D_1} \times \text{FI}_1)}{\text{PB}_{\text{dieta}}} \times 100 \quad (24)$$

Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB)

$$\text{CDvPB (\%)}: \frac{\text{PB dieta} - (\text{PB D}_1 \times \text{FI}_1 - \text{PB D}_2 \times \text{FI}_2)}{\text{PB dieta}} \times 100 \quad (25)$$

Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA)

$$\text{CDapAA (\%)}: \frac{\text{mgAA/g dieta} - (\text{mgAA/g D}_1 \times \text{FI}_1)}{\text{mgAA/g dieta}} \times 100 \quad (26)$$

Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDvAA)

$$\text{CDvAA (\%)}: \frac{\text{mgAA/g dieta} - (\text{mgAA/g D}_1 \times \text{FI}_1 - \text{mgAA/g D}_2 \times \text{FI}_2)}{\text{mgAA/g dieta}} \times 100 \quad (27)$$

Em que: MS: Matéria seca;

FI₁: Fator de indigestibilidade da dieta teste;

MO: Matéria orgânica;

D₁: Digesta da dieta teste;

PB: Proteína bruta;

D₂: Digesta da dieta isenta de proteína (DIP);

FI₂: Fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP);

AA: Aminoácido.

Apesar de terem sido considerados para os cálculos dos valores médios de aminoácidos totais (AAt), aminoácidos digestíveis (AAd), CDapAA e CDvAA dos aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE) apresentados nas tabelas de resultados, os valores das somas de metionina+cistina e de glicina+serina, não foram considerados para o cálculo dos valores médios de AAt, AAd, CDapAA e CDvAA entre os AAE e AANE durante a discussão dos dados.

Como historicamente, no Brasil, o termo digestibilidade verdadeira é utilizado como sinônimo de digestibilidade padronizada, a digestibilidade da proteína e dos AA apresentados serão denominados como digestibilidade verdadeira, mesmo tendo sido aplicada apenas a correção das perdas endógenas basais (inespecíficas).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso corporal médio $\pm$ erro-padrão dos suínos ao início do primeiro e último períodos experimentais foram de 60,41 $\pm$ 1,16 e de 79,80 $\pm$ 1,90 Kg. Os consumos de matéria seca das dietas teste contendo biscoito, farinha de trigo, macarrão, milho, pão e quirera de arroz representaram 2,75; 2,56; 2,51; 2,96; 2,42 e 2,93% respectivamente, do peso corporal médio dos suínos ao início dos períodos de coleta.

Os consumos e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo alimentos energéticos são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo os alimentos energéticos.

Consumo	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Milho	Pão	Quirera de Arroz
g MN*	2232,4	2083,4	2178,9	2418,5	1982,9	2493,7
g MS*	2052,5	1832,7	1909,0	2131,7	1729,5	2192,0
g MN/Kg PV ^{0,75} *	86,4	86,8	84,5	97,6	80,6	97,7
CDMS (%)	83,2 $\pm$ 0,46	86,0 $\pm$ 0,11	82,8 $\pm$ 0,22	79,6 $\pm$ 0,72	79,7 $\pm$ 0,23	86,5 $\pm$ 0,55
CDMO (%)	93,8 $\pm$ 0,01	92,9 $\pm$ 0,01	93,8 $\pm$ 0,01	93,5 $\pm$ 0,01	92,4 $\pm$ 0,01	94,4 $\pm$ 0,01

MN = Matéria natural; MS=Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PV^{0,75}= Peso metabólico.

*(P>0,05).

Entre os alimentos energéticos, o maior CDMS encontrado foi o da quirera de arroz, seguida pela farinha de trigo. Sauer et al. (1977) obtiveram CDMS ileal para a farinha de trigo 5,00% superior ao determinado nesse estudo. Os demais alimentos energéticos apresentaram CDMS entre 79,60 e 83,20%.

Os consumos de matéria seca dos tratamentos contendo caseína, concentrado protéico de soja - A; concentrado protéico de soja - B; farinha mista suína; leite em pó padronizado e plasma sanguíneo suíno foram respectivamente de 2,94; 2,84; 2,86; 2,98; 2,99 e 2,99% do peso corporal dos suínos, ao início dos períodos de coleta. Os consumos e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo os alimentos protéicos são apresentados na tabela 19.

O maior CDMS entre os alimentos protéicos foi observado para a dieta contendo caseína, seguida pela dieta contendo plasma sanguíneo suíno e leite em pó padronizado. Walker et al. (1986) observaram CDMS de 85,60 e 80,70%, respectivamente para o caseinato de cálcio e a caseína hidrolisada em ácido, utilizando-se de animais com 27 dias de vida. Considerando as diferenças entre os estudos, esses resultados se assemelham ao CDMS encontrado para a caseína (Tabela 19).

Tabela 19 - Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) das dietas experimentais contendo os alimentos protéicos.

Consumo	Caseína	CPS ¹ - A	CPS- B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
g MN [*]	2208	2223	2176	2253	2152	2266
g MS [*]	1968	1981	1939	2010	1948	2031
g MN/Kg PV ^{0,75*}	91,04	91,90	91,94	95,63	91,97	95,97
CDMS (%)	88,02±0,43	85,36±0,31	84,63±0,25	73,84±0,79	86,57±0,10	87,56±0,21
CDMO (%)	94,59±0,01	93,71±0,01	93,82±0,01	91,72±0,01	93,03±0,01	93,48±0,01

¹CPS – Concentrado protéico de soja.

MN = Matéria natural; MS=Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PV^{0,75}= Peso metabólico.

*(P>0,05).

Apolônio et al. (2002) verificaram CDMS 3,21% superior ao encontrado nesse estudo para o plasma sanguíneo suíno. Contudo, há que se considerar as diferenças entre os animais e a composição do plasma sanguíneo suíno utilizado nas avaliações. Esses autores utilizaram suínos com 40 dias de vida, e amostra de plasma sanguíneo suíno contendo 78,31% de PB em seus estudos.

Como esperado, o consumo de ração não diferiu entre os tratamentos (P>0,05). O consumo de MN/KgPV^{0,75} garantiu consumo superior ao recomendado por AMIPIG (2000) de 70g de MS/KgPV^{0,75} para que a proporcionalidade das perdas endógenas basais e o consumo de matéria seca das dietas se tornassem aproximadas. De acordo com essa referência, valores de consumo inferiores a esse, seriam ineficazes em relacionar as perdas endógenas basais com o consumo de MS, em virtude da significância do intercepto da relação linear entre essas variáveis.

Nesse sentido, Nyachoti et al. (1997) relataram que quando baixo consumo de ração é praticado em ensaios de determinação da digestibilidade ileal, a perda de nitrogênio na digesta está mais relacionada com o tamanho do animal do que com o consumo de matéria seca “*per si*”, o que não ocorre quando maiores quantidades de ração são fornecidas.

Observou-se semelhança no consumo de ração ($P > 0,20$) entre os períodos de avaliação, sendo os valores médios $\pm$ erros-padrão obtidos de: $2,12 \pm 0,10$; $2,17 \pm 0,12$; $2,34 \pm 0,14$; $2,31 \pm 0,13$ Kg de MN e $1,88 \pm 0,09$; $1,94 \pm 0,11$; $2,08 \pm 0,12$; $2,06 \pm 0,12$ Kg de MS, respectivamente, para os períodos I, II, III e IV. Também o consumo de ração em Kg de MN/Kg de $PV^{0,75}$, entre os períodos foram similares, sendo os valores médios $\pm$ erros-padrão obtidos de: $90,30 \pm 2,20$; $91,60 \pm 3,61$; $91,59 \pm 4,50$ e $90,46 \pm 3,62$ g de MN/Kg de $PV^{0,75}$.

Entre os ingredientes avaliados, os CDMO variaram de 91,71 a 94,53%, observados respectivamente, para os tratamentos contendo farinha mista suína e caseína.

Yin et al. (1993) observaram CDMS e CDMO ileal do grão de arroz de 92,00 e 95,00%, respectivamente. Entretanto, além de terem fornecido o alimento puro, a digestibilidade ileal foi avaliada utilizando-se de técnicas diferentes da implantação de cânula em forma de T no íleo terminal. Apesar das diferenças metodológicas, esses valores se aproximaram dos obtidos para a quinoa de arroz (Tabela 18).

Os valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), e de aminoácidos totais (AAt) dos alimentos energéticos são apresentados na Tabela 20. O conteúdo de AAt do biscoito e do macarrão são escassos na literatura. Entretanto, Rostagno et al. (2011) referenciaram conteúdo de AAt para o macarrão, similares aos obtidos, com maior discrepância entre aminoácidos de cadeia ramificada (valina, isoleucina e leucina). De maneira geral, os conteúdos de AAt do biscoito foram próximos aos apresentados por Rostagno et al. (2011). Os conteúdos de AAt da farinha de trigo foram inferiores aos citados por AMIPIG (2000), e se aproximaram aos citados por Sauvante et al. (2004) e Sauer et al. (1977).

Os conteúdos de AAt do milho disponíveis na literatura são bastante variáveis. Os conteúdos de AAt obtidos foram próximos aos citados por Rostagno et al. (2011) para amostras contendo PB de 7,29% e aos citados por AMIPIG (2000) e Sauvante et al.

(2004), enquanto Yin et al. (1993), Paraksa (2002) e Stein (2011) citaram conteúdos de AAt superiores aos determinados, em decorrência da PB contida nas amostras avaliadas.

Os conteúdos de AAt do pão foram similares aos citados por Stein (2011), entretanto especificamente os conteúdos de lisina e leucina determinados por esse autor foram superiores aos observados, enquanto o de isoleucina foi inferior ao obtido.

Tabela 20 - Composição dos alimentos energéticos, em porcentagem, com base na matéria natural.

	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Milho	Pão	Quirera de Arroz
Matéria Seca	92,90	87,60	87,13	87,74	86,60	87,52
Proteína Bruta	8,45	12,85	12,08	7,78	13,28	7,42
Aminoácidos essenciais						
Lisina	0,21	0,27	0,25	0,23	0,22	0,29
Metionina	0,12	0,20	0,19	0,14	0,18	0,21
Met.+Cis.	0,30	0,50	0,44	0,32	0,47	0,39
Treonina	0,23	0,33	0,31	0,25	0,37	0,26
Arginina	0,33	0,49	0,44	0,30	0,50	0,58
Valina	0,35	0,52	0,47	0,33	0,54	0,42
Isoleucina	0,29	0,43	0,40	0,24	0,47	0,29
Leucina	0,57	0,85	0,79	0,85	0,89	0,58
Histidina	0,18	0,28	0,25	0,24	0,26	0,18
Fenilalanina	0,39	0,60	0,57	0,35	0,63	0,38
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	0,30	0,38	0,35	0,52	0,44	0,42
Aspartico	0,39	0,52	0,49	0,44	0,59	0,65
Glutâmico	2,42	4,08	3,75	1,26	4,04	1,24
Cistina	0,18	0,30	0,26	0,18	0,29	0,18
Prolina	0,90	1,48	1,34	0,69	1,49	0,36
Serina	0,37	0,57	0,54	0,33	0,60	0,35

Glicina	0,32	0,46	0,43	0,28	0,51	0,35
Glicina+Serina	0,69	1,03	0,97	0,60	1,11	0,70

Almeida et al. (2011) também citaram conteúdos superiores de lisina e isoleucina e inferiores de leucina para opão, em relação aos encontrados nesse estudo.

Yin et al. (1993) citaram conteúdos inferiores de AAt presentes no grão de arroz em relação aos obtidos nesse estudo para a quirera de arroz, exceto para metionina, isoleucina e leucina, que foram semelhantes. Paraksa (2002) observaram conteúdos de AAt da quirera de arroz próximos aos obtidos, entretanto os conteúdos de aminoácidos ramificados citados por esses pesquisadores, foram inferiores aos encontrados nesse estudo.

Os conteúdos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), e de aminoácidos totais (AAt) dos alimentos protéicos são apresentados na tabela 21.

Entre os alimentos protéicos, a caseína apresentou o maior PB e conseqüentemente de AAt. O conteúdo protéico encontrado para esse alimento foi semelhante ao citado por Rostagno et al. (2011) e 3,42% inferior ao citado pelo NRC (2012). Owsley et al. (1981) obtiveram conteúdo de PB 7,34% superior ao observado para a caseína, enquanto Opapeju et al. (2006), citaram conteúdo protéico da caseína 11,85% inferior ao obtido nesse estudo.

Os conteúdos de AAt da caseína aproximaram-se dos citados pelo NRC (2012), Rostagno et al. (2011) e Opapeju et al. (2006). Todavia, Owsley et al. (1981) citaram conteúdo de valina para a caseína, 68,00% superior ao encontrado nesse estudo.

Os conteúdos de PB e de AAt determinados para as duas amostras de concentrado protéico de soja avaliados foram inferiores aos valores citados por AMPIG (2000). Rostagno et al. (2011) e o NRC (2012) também relataram conteúdo de PB superiores para o concentrado protéico de soja. Rostagno et al. (2011) citaram conteúdos de AAt para o concentrado protéico de soja superiores aos encontrados nesse estudo.

Níveis consideráveis de glicina+serina e arginina foram identificados na farinha mista suína. Essa composição é decorrente da participação desses aminoácidos na composição das proteínas constituintes desse coproduto, como o colágeno.

Sauvant et al. (2004) relataram, para o leite em pó integral, conteúdos de valina, isoleucina e leucina totais inferiores aos obtidos nesse estudo para o leite em pó padronizado. Situação contrária foi observada quando o conteúdo de AAt da amostra de leite em pó avaliada foi contrastada com a apresentada por Rostagno et al. (2011). Esses

autores citaram conteúdos similares para os AAt de cadeia ramificada e superiores para os demais AA. AMIPIG (2000) relataram conteúdo protéico e de AAt para o leite em pó integral superiores ao observado nesse estudo para o leite em pó padronizado.

Tabela 21 - Composição dos alimentos protéicos, em porcentagem, com base na matéria natural.

	Caseína	CPS ¹ - A	CPS- B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
Matéria Seca	89,70	88,21	91,70	91,49	95,33	92,66
Proteína Bruta	86,01	62,24	62,06	51,67	24,86	72,73
Aminoácidos essenciais						
Lisina	6,91	3,92	3,81	2,78	1,14	6,39
Metionina	2,53	0,89	0,81	0,84	0,51	0,65
Met.+Cis.	2,90	1,82	1,66	1,31	0,72	3,14
Treonina	3,55	2,46	2,42	1,74	1,07	4,38
Arginina	3,13	4,58	4,52	3,43	0,79	4,16
Valina	5,76	3,02	2,96	2,27	1,56	4,83
Isoleucina	4,47	2,88	2,89	1,61	1,30	2,45
Leucina	8,10	4,80	4,82	3,28	2,40	6,94
Histidina	2,65	1,67	1,66	1,11	0,62	2,36
Fenilalanina	4,52	3,15	3,23	1,88	1,22	4,09
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	2,59	2,70	2,69	3,54	0,83	3,84
Aspartico	6,10	7,13	7,11	3,99	1,96	7,24
Glutâmico	19,05	11,23	11,15	6,13	5,07	9,96
Cistina	0,36	0,93	0,85	0,47	0,22	2,49
Prolina	9,82	3,26	3,30	4,02	2,48	4,13
Serina	4,72	3,14	3,15	1,96	1,32	4,30
Glicina	1,60	2,62	2,61	5,98	0,49	2,63

Glicina+Serina	6,33	5,76	5,76	7,94	1,81	6,93
----------------	------	------	------	------	------	------

¹CPS – Concentrado protéico de soja.

O conteúdo protéico encontrado para o plasma sanguíneo suíno foi próximo ao valor citado por Rostagno et al. (2011), enquanto o NRC (2012) referenciou PB7,02% superior para o plasma sanguíneo. Jamroz et al. (2011) relataram variação do conteúdo protéico do plasma sanguíneo entre 67,00 e 78,00% de PB na MN. Apesar dessas considerações, esses autores não relataram a origem do plasma sanguíneo avaliado (bovino ou suíno). Apolônio et al. (2002) relataram conteúdo de PB 7,67% superior para o plasma sanguíneo suíno em relação ao avaliado nesse estudo. Provavelmente em função da diferença no conteúdo protéico, os conteúdos de AA encontrados diferiram substancialmente dos AA referidos por Apolônio et al. (2002), especialmente lisina, metionina, valina, isoleucina, alanina e histidina.

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos (CDapAA) dos alimentos energéticos são apresentadas na tabela 22.

Assim como referido por AMIPIG (2000), de maneira geral os CDapPB dos alimentos energéticos foram inferiores aos obtidos com alimentos protéicos. Essa condição estaria associada à diluição da proteína desses alimentos, pelos demais constituintes do próprio alimento ou pela DIP, ou ainda pelo maior conteúdo de PB (peptídeos) contidos em alimentos protéicos, sendo, portanto justificada a correção para perdas endógenas basais ileais. A importância relativa da perda endógena basal sobre a perda ileal total de peptídeos aumenta à medida que o conteúdo protéico da dieta teste diminui (AMIPIG, 2000). Esse fato pôde ser evidenciado pela maior proximidade do CDapPB da farinha de trigo, pão e macarrão com o CDapPB dos alimentos protéicos, em relação aos CDapPB do milho e quirera de arroz (Tabela 22).

Sauer et al. (1977) observaram para a farinha de trigo, valores de CDapPB de 90,50% e CDapAA da lisina de 84,20% os quais superam os determinados nesse estudo. O CDapPB do milho encontrado nesse estudo foi, respectivamente, 13,56 e 17,03% superior aos citados por Li et al. (2006) e Almeida et al. (2011).

O CDapPB do pão encontrado nesse estudo foi 38,59% superior ao citado por Almeida et al. (2011). Essa diferença pode estar relacionada à composição das amostras avaliadas, às diferenças metodológicas empregadas, especialmente ao nível de inclusão do alimento na DIP.

Paraksa (2002) relataram CDapPB para a quirera de arroz, 22,83% superior ao encontrado nesse estudo. Todavia, Han et al. (2006) observaram para duas diferentes amostras de grãos de arroz, CDapPB de 69,05 e 70,10%, os quais foram semelhantes ao encontrado para a quirera de arroz nesse estudo.

Tabela 22 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos dos alimentos energéticos.

	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Milho	Pão	Quirera de Arroz
CDapPB	69,77±0,81	83,60±0,25	77,87±0,38	69,05±0,58	74,98±0,97	72,05±0,16
Aminoácidos essenciais						
Lisina	58,99±0,86	78,78±0,61	65,51±0,59	62,83±1,25	44,27±1,53	65,93±0,83
Metionina	82,44±0,51	90,45±0,10	86,99±0,84	81,16±0,58	80,86±0,15	84,34±0,36
Met.+Cis.	80,00±0,67	88,76±0,12	84,23±0,40	79,77±0,62	81,47±0,49	82,67±0,40
Treonina	62,35±0,84	73,57±1,28	69,23±0,21	62,59±1,15	63,83±0,55	64,26±2,00
Arginina	82,65±1,04	89,49±0,16	85,15±0,39	82,84±0,34	78,64±1,07	88,98±0,26
Valina	74,47±0,50	83,69±0,15	77,07±0,76	72,39±0,85	65,04±0,92	75,65±0,57
Isoleucina	78,99±0,56	86,00±0,13	81,18±0,75	73,02±0,83	65,99±1,04	74,65±0,97
Leucina	82,80±0,32	88,39±0,11	84,31±0,56	81,32±0,58	78,41±0,41	78,74±0,49
Histidina	81,42±0,76	89,76±0,11	86,02±0,25	83,36±0,54	70,09±1,04	81,74±0,66
Fenilalanina	79,80±0,61	86,68±0,55	83,51±0,59	74,41±0,36	76,45±0,88	77,20±0,96
Média	76,44	85,56	80,32	75,37	70,50	77,42
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	61,97±0,81	71,58±0,30	60,65±0,67	74,18±0,80	65,63±0,54	66,74±0,79
Aspartico	63,48±2,11	72,69±0,35	63,82±0,64	67,85±0,99	55,84±0,95	71,35±0,95
Glutâmico	92,30±0,25	95,79±0,04	93,94±0,24	80,36±0,61	82,35±0,40	80,41±0,52
Cistina	78,37±0,78	87,82±0,25	82,86±0,51	78,69±0,66	83,94±0,81	80,21±0,59
Prolina	75,58±1,41	92,60±1,00	89,14±0,14	71,22±0,89	88,18±0,84	67,00±2,04
Serina	79,69±0,44	86,74±0,34	83,19±0,13	73,84±0,81	75,33±0,86	76,53±0,97
Glicina	62,07±1,47	76,22±0,23	69,84±1,19	53,97±1,29	63,17±1,85	68,18±1,06

Glic.+Ser.	71,52±0,90	82,03±0,22	77,26±0,08	64,72±0,49	69,92±0,96	72,35±1,00
Média	73,12	83,18	77,59	70,60	73,05	72,85

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e dos aminoácidos (CDapAA) dos alimentos protéicos são apresentados na tabela 23.

Tabela 23 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos dos alimentos protéicos.

	Caseína	CPS ¹ - A	CPS - B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
CDapPB	86,29±1,54	82,29±0,81	78,68±0,58	62,04±0,44	80,01±0,17	82,51±0,38
Aminoácidos essenciais						
Lisina	93,60±0,46	88,80±0,83	86,70±0,89	70,47±0,72	86,35±0,11	91,57±0,20
Metionina	95,69±0,42	88,11±0,55	85,57±0,67	76,99±0,27	89,62±1,36	85,13±0,42
Met.+Cis.	90,28±0,84	85,25±0,72	82,06±0,37	69,03±0,43	80,87±1,95	91,17±0,27
Treonina	88,08±0,84	81,68±1,15	77,90±0,77	69,47±1,18	79,56±0,76	86,66±0,44
Arginina	91,59±0,59	95,45±0,28	93,62±0,17	86,32±0,35	84,54±1,61	92,29±0,16
Valina	91,05±0,43	83,46±0,81	80,07±0,42	68,51±1,08	81,39±2,49	90,44±0,37
Isoleucina	88,52±1,21	87,15±0,65	84,24±0,42	68,63±0,90	80,51±2,57	85,64±0,47
Leucina	92,68±0,76	87,07±0,66	84,44±0,39	72,86±0,71	88,08±1,73	91,73±0,23
Histidina	94,63±0,40	91,87±0,42	90,15±0,21	76,52±0,48	89,16±1,14	92,60±0,21
Fenilalanina	92,46±0,37	87,05±0,64	84,41±0,33	69,70±1,06	84,94±1,39	90,58±0,79
Média	91,86	87,59	84,92	72,85	84,50	89,78
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	76,93±1,72	77,17±1,08	72,39±0,67	69,91±0,69	71,91±0,23	83,11±0,63
Aspartico	86,56±1,28	83,02±1,27	82,79±0,39	58,30±1,21	80,06±2,69	86,37±0,63
Glutâmico	93,09±0,36	89,13±0,50	87,93±0,38	70,41±0,53	84,92±2,39	88,68±0,37
Cistina	59,11±2,49	82,11±1,14	78,71±0,74	53,87±0,71	65,71±2,04	92,69±0,21
Prolina	88,88±0,40	83,30±0,77	78,58±1,53	60,13±1,91	84,03±3,30	68,13±1,19
Serina	86,68±0,65	87,74±0,59	86,54±0,28	71,20±0,43	72,25±2,89	89,85±0,93
Glicina	71,78±1,02	75,79±1,20	70,94±1,35	72,10±0,48	58,21±0,34	74,49±0,55

Glic.+Ser.	82,91±0,73	82,31±0,73	79,47±0,70	71,87±0,36	68,44±2,12	84,02±0,55
Média	80,74	82,57	79,67	65,97	73,19	83,42

¹CPS – Concentrado protéico de soja.

O CDapPB da caseína foi 6,14; 17,40 e 30,94% superior aos citados por Cervantes-Pahm e Stein (2010), Giesting e Easter (1991) e Opapeju et al. (2006), respectivamente.

Sohn et al. (1994) citaram CDapPB ileal 8,90% superior ao valor médio de CDapPB encontrado para as amostras de concentrado protéico de soja avaliadas nesse estudo.

Bosi et al. (2001) avaliaram o CDapPB de três diferentes amostras de plasmas, uma de origem exclusivamente suína, outra de origem mista e uma terceira com níveis de imunoglobulinas padronizado utilizando-se de leitões com idade aproximada de trinta dias de vida. Esses autores verificaram CDapPB, respectivamente de 72,10; 70,60 e 72,40% para as três amostras. Apesar das diferenças metodológicas, esses valores são inferiores ao verificado nesse estudo, de 82,51%.

O menor CDapPB foi observado para a farinha mista suína (Tabela 23). Nyachoty et al. (1997) relataram que há variação da perda endógena de nitrogênio e de aminoácidos em função da qualidade da proteína ingerida. Esses autores sugeriram ainda que a presença de proteína exógena no lúmen intestinal estimula a secreção protéica endógena o que em associação com a reduzida digestão e absorção dessas (em virtude da baixa qualidade), resultaria na maior perda endógena. A perda aumentada ocorreria, portanto pelo acúmulo de enzimas digestivas em função da reduzida taxa de quebra das proteínas exógenas de baixa qualidade (reduzida digestibilidade ileal verdadeira).

Para obtenção dos valores de proteína bruta digestível verdadeira (PBd), aminoácidos digestíveis verdadeiros (AAd) e os coeficientes de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos (CDvAA), foram determinadas as perdas endógenas basais ileais utilizando-se de dieta isenta de proteína (DIP).

Os consumos médios da DIP com base na MN, MS e de Kg de MN da DIP/Kg de $PV^{0,75}$ foram respectivamente de 2164, 1928g e 90,82g/Kg, os quais foram similares ($P>0,05$) aos consumos observados para as dietas teste, nas quais os alimentos foram incluídos. Adicionalmente, o consumo de MN da DIP/Kg de $PV^{0,75}$ proporcionou consumo de MS da DIP/Kg de $PV^{0,75}$ superior a 70g de MS da DIP/Kg de $PV^{0,75}$ como sugerido por AMPIG (2000).

Os valores médios de proteína bruta e aminoácidos endógenos ileais são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Valores médios de proteína bruta e de aminoácidos endógenos ileais determinados utilizando dieta isenta de proteína (DIP)¹.

Nutriente	g/Kg de MS de DIP ingerida
Proteína bruta (Nx6,25)	11,11
Lisina	0,38
Metionina	0,09
Metionina+Cistina	0,24
Treonina	0,39
Arginina	0,28
Valina	0,44
Isoleucina	0,31
Leucina	0,51
Histidina	0,14
Fenilalanina	0,38
Alanina	0,62
Ácido Aspartico	0,77
Ácido Glutâmico	0,90
Cistina	0,15
Prolina	0,67
Serina	0,35
Glicina	0,71
Glicina + Serina	1,06

Os valores de PB e de AA na digesta ileal diferiram substancialmente dos obtidos por Nogueira (2001), o qual citou excreção protéica de 23,32 g de PB/Kg de MS de DIP ingerida. Os níveis de AA excretados na digesta ileal por Kg de MS consumida foram também inferiores ao observado por esse autor. Essa condição sinaliza, como sugerida

por AMIPIG (2000), para a necessidade de determinação das perdas basais endógenas em cada estudo de avaliação de digestibilidade verdadeira da fração protéica dos alimentos, não sendo recomendada, portanto, a correção de valores de digestibilidade aparente determinados em ensaios, com valores tabelados de excreção ileal endógena.

Costa et al. (2008) avaliaram as perdas endógenas basais utilizando-se de suínos implantados com cânula em forma de T no íleo terminal utilizando a metodologia da DIP e verificaram excreção de 10,66g de PB/Kg de MS de DIP ingerida, próxima a verificada nesse estudo. Também Mousenthin et al. (2000) citaram, após revisão de cinquenta e três diferentes pesquisas, valores médios de excreção endógena basal de PB e de alguns aminoácidos, similares aos que foram obtidos nesse trabalho.

Jasman et al. (2002), relataram, ao compilar os resultados obtidos por 16 diferentes estudos, conteúdo de 10,53g de PB/Kg de MS de DIP consumida, que se aproxima da excreção encontrada nesse estudo. AMIPIG (2000) citaram valores inferiores aos encontrados, de PB excretada/Kg de MS de DIP ingerida na digesta ileal de suínos, determinados em três diferentes laboratórios, de 7,22; 8,66 e 9,67g.

Os conteúdos de aminoácidos essenciais (AAE) endógenos ileais excretados pelos animais que receberam a dieta isenta de proteína nessa avaliação, se aproximaram das citações de AMIPIG (2000), Sauvant et al. (2004) e Costa et al. (2008). Contudo, a excreção endógena de aminoácidos não essenciais (AANE) foi ligeiramente superior às relatadas por essas referências, especialmente para: ácido aspártico, ácido glutâmico, prolina e glicina. Todavia, Nogueira (2001) e Lan et al. (2007) referenciaram perdas endógenas para esses aminoácidos ainda superiores às obtidas.

Similar às observações de Opapeju et al. (2006) os aminoácidos prolina e glicina estiveram entre os que mais contribuíram para as perdas endógenas basais de aminoácidos, enquanto a metionina foi o aminoácido em menor proporção na digesta ileal de suínos alimentados com a DIP. Esses autores justificaram as perdas de ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, serina, treonina e prolina por serem importantes constituintes da mucina intestinal. Observaram ainda importante variação na excreção endógena de prolina, de 2,14 a 10,24gde prolina/Kg de MS de DIP ingerida, sendo essa excreção, de três a quinze vezes superiores à verificada nesse estudo.

Seguindo as premissas de Jasman et al. (2002), quando níveis acima de 250g de prolina/Kg de PB são obtidos na digesta ileal, há indícios de que o animal não esteja sob condições fisiológicas normais. Ainda de acordo com esses autores, quanto maior o

período pré-teste de fornecimento da DIP aos animais, maiores são as chances de se obter altos conteúdos de prolina e de PB na digesta ileal. Nesse sentido, Leterme et al. (1992) não verificaram efeito na excreção ileal endógena entre dois e cinco dias de fornecimento de DIP, e recomendaram portanto, melhor período para o início de coleta de digesta ileal entre 3 e 5 dias após o início do fornecimento dessa dieta aos animais.

Na Tabela 25 são apresentados os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos (CDvAA) dos alimentos energéticos.

Maiores diferenças entre o CDapPB e CDvPB foram observadas, respectivamente para os alimentos milho, quirera de arroz e biscoito. Esse comportamento é decorrente do conteúdo protéico desses alimentos e especialmente para o milho, ao menor nível de inclusão desse alimento na DIP.

O CDvPB do biscoito, farinha de trigo e macarrão foram superiores as apresentadas por Rostagno et al. (2011). AMIPIG (2000) e Sauvant et al. (2004) citaram CDvPB 14,34% inferior ao encontrado para a farinha de trigo. O CDvAA médio entre os AAE do biscoito foi de 90,02%, variando de 81,46% (lisina) a 94,00% (leucina), sendo esses superiores aos relatados por Rostagno et al. (2011). Os maiores CDvAA entre os AAE, para esse alimento, foram observados para a leucina e arginina, enquanto entre os AANE, para o ácido glutâmico e serina (Tabela 25). Essas observações divergem em relação aos valores de CDvAA dos AAE do biscoito citados por Rostagno et al. (2011) que relataram, maior CDvAA para a isoleucina. Os menores CDvAA do biscoito foram obtidos para a lisina e treonina. Essa observação provavelmente tenha ocorrido em virtude da submissão desse ingrediente durante o preparo, a altas temperaturas, o que predispõe a ocorrência de reações entre o grupamento amino dos aminoácidos e os carboidratos, nas quais especialmente esses dois aminoácidos estão envolvidos.

O CDvAA da farinha de trigo variaram de 87,29% (treonina) a 98,38% (ácido glutâmico). Rostagno et al. (2011) também relataram para a farinha de trigo menor CDvAA, para a treonina, de 90,00%. Sauvant et al. (2004) referenciaram como sendo o aminoácido com menor CDvAA contido na farinha de trigo, a alanina, de 88,00%.

Os CDvAA médios entre os AEE e AANE do macarrão foram respectivamente de 89,57 e 89,26%. Sendo a treonina e a alanina, entre os AEE e AANE, os que apresentaram os menores CDvAA (Tabela 25).

O maior CDvAA dentre os AAE do macarrão, foi observado para a metionina (92,65%), enquanto entre os AANE, para o ácido glutâmico (96,77%). Não foram

encontrados na literatura, dados referentes ao CDvAA do macarrão determinados com suínos para comparações.

Tabela 25 - Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos dos alimentos energéticos.

	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Milho	Pão	Quirera de Arroz
CDvPB	88,17±0,81	94,90±0,25	89,93±0,38	89,10±0,58	86,01±0,97	92,43±0,16
Aminoácidos essenciais						
Lisina	81,46±0,86	95,39±0,61	83,57±0,59	83,16±1,25	65,28±1,53	83,33±0,83
Metionina	91,82±0,51	95,79±0,11	92,65±0,84	89,13±0,58	87,00±0,15	90,08±0,36
Met.+Cis.	90,17±0,67	94,44±0,12	90,72±0,40	89,22±0,62	87,82±0,49	91,04±0,40
Treonina	83,70±0,84	87,29±1,28	82,91±0,21	82,06±1,15	82,24±0,55	84,46±2,00
Arginina	93,34±1,04	96,19±0,16	92,64±0,39	94,49±0,49	87,44±1,07	95,48±0,26
Valina	90,44±0,50	93,70±0,15	88,20±0,76	89,16±0,85	77,39±0,92	89,87±0,57
Isoleucina	92,51±0,56	94,46±0,13	90,33±0,75	89,22±0,83	76,60±1,04	89,11±0,97
Leucina	94,00±0,32	95,44±0,11	91,95±0,56	88,67±0,58	86,26±0,41	90,51±0,49
Histidina	91,01±0,76	95,62±0,11	92,63±0,25	90,48±0,54	81,35±1,04	91,99±0,66
Fenilalanina	91,90±0,61	94,03±0,55	91,29±0,59	88,77±0,36	85,11±0,88	90,48±0,96
Média	90,04	94,24	89,69	88,44	81,65	89,64
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	87,63±0,81	90,33±0,31	81,10±0,67	88,84±0,80	82,22±0,54	86,33±0,79
Aspartico	88,16±2,11	89,94±0,35	82,24±0,64	89,52±0,99	74,94±0,95	87,18±0,95
Glutâmico	96,99±0,25	98,38±0,04	96,77±0,24	89,18±0,61	86,09±0,40	90,16±0,52
Cistina	89,07±0,78	93,73±0,25	89,69±0,51	89,29±0,66	90,17±0,81	91,66±0,59
Prolina	84,89±1,41	97,90±1,00	94,99±0,14	83,09±0,89	93,94±0,84	91,89±2,04
Serina	91,54±0,44	93,91±0,34	90,82±0,13	87,00±0,81	83,85±0,86	89,92±0,97
Glicina	89,92±1,47	94,23±0,23	89,21±1,19	85,50±1,29	84,85±1,85	95,40±1,06
Glic.+Ser.	90,77±0,91	94,05±0,22	90,10±0,57	86,31±0,49	84,29±0,96	91,54±1,01
Média	89,87	94,06	89,37	87,34	85,04	90,51

O valor médio do CDvPB do milho encontrado foi, em média, 3,60% superior aos citados por AMIPIG (2000) e Sauvant et al. (2004). Rostagno et al. (2011) e NRC (2012) relataram, respectivamente, valores de CDvPB 4,82 e 11,37% inferiores para o milho. Todavia, Almeida et al. (2011) obtiveram CDvPB do milho semelhante ao encontrado nesse estudo.

Os CDvAA médios entre os AAEE e AANE para o milho foram de 88,35 e 87,49%. Os CDvAA entre os AAEE do milho variaram de 82,06% (treonina) a 94,49% (arginina) e entre os AANE de 83,09% (prolina) a 89,52% (ácido aspártico). O CDvAA encontrado para a treonina, foi semelhante aos citados por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004) e ainda, 6,57% superior ao citado pelo NRC (2012).

Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004) citaram para o milho, menor CDvAA para a lisina, que corresponderam, respectivamente, a 95,96 e 96,20% do valor encontrado nesse estudo. Também, o NRC (2012) referenciou CDvAA lisina 12,38% inferior ao encontrado nesse estudo.

Almeida et al. (2011) citaram CDvAA lisina e treonina do milho que corresponderam, respectivamente, a 83,21 e 91,27% dos valores encontrados nesse estudo.

O CDvPB do pão encontrado nesse estudo foi 18,63% superior ao citado por Almeida et al. (2011). Por outro lado, Rostagno et al. (2011) relataram CDvPB 4,64% superior ao verificado nesse trabalho. De acordo com Braun e Lange (2004), o resíduo de pão pode ser composto por diversos produtos como: pão com prazo de validade excedido, pães ou massas reprovadas pelo controle de qualidade, biscoitos, bolachas, e outros produtos de confeitaria. Normalmente esse produto fresco apresenta conteúdo de matéria seca ao redor de 60% e é então seco, até valores próximos a 90% de MS serem alcançados. Ainda de acordo com esses autores, o conteúdo nutricional, especialmente o de PB é variável em função do tipo de farinha de trigo utilizada no preparo da massa, podendo ainda o fermento contribuir com alguma proteína. O conteúdo de MS observado para a amostra de pão nesse trabalho de 86,06% foi próxima a verificada por Almeida et al. (2011) de 86,76%, entretanto, o conteúdo de PB encontrado foi superior ao citado por esses autores (11,03 vs. 13,28%).

O CDvAA médio entre os AAEE determinados para o pão, foi de 80,96% o qual representou 112,50% do valor médio verificado por Almeida et al. (2011). Essa diferença ocorreu em função dos CDvAA lisina e treonina para os quais as maiores

diferenças foram observadas entre os estudos (65,28vs. 48,40% e 82,24vs. 62,10%, respectivamente). Nesse estudo, apenas para o pão, o CDvAA médio entre os AAE foi inferior ao encontrado para os AANE, em decorrência do CDvAA lisina e treonina.

Em virtude do tratamento térmico para redução do conteúdo de umidade do produto fresco podem ser observadas perdas, especialmente no conteúdo de lisina, pela sua participação na ocorrência da reação de Maillard (VAN BARNEVELT e BATTERHAM, 1994). Essa condição sinaliza para diferenças no processo de secagem entre as amostras de pão avaliadas por Almeida et al. (2011) e a utilizada nesse estudo.

Os CDvAA da isoleucina do pão, foram os que mais se aproximaram entre os determinados nesse estudo e os citados por Almeida et al. (2011)(71,00vs. 76,60%). Por outro lado, o NRC (2012) e Rostagno et al. (2011) referenciaram, respectivamente, para isoleucina do pão, valores de CDvAA 22,71 e 17,49% superiores ao encontrado nesse estudo. Para a lisina do pão, o NRC (2012) e Rostagno et al. (2011) citaram CDvAA 17,95 e 22,55% superiores ao encontrado.

Dentre os AANE do pão, o maior valor de CDvAA foi observado para a prolina, sendo esse inferior ao citado por Almeida et al. (2011), que ultrapassou 100%. O ácido aspártico do pão, foi o AANE que apresentou o menor CDvAA, ainda assim, 20,48% superior ao encontrado por Almeida et al. (2011).

O CDvPB observado para a quirera de arroz foi 5,03% superior ao valor citado por Rostagno et al. (2011). Esse resultado pode ser decorrente da diferença do conteúdo de PB da amostra avaliada nesse estudo, 14,55% inferior à referenciada por esses autores. Todavia Li et al. (2006) obtiveram CDvPB semelhantes ao obtido nesse estudo para a quirera de arroz, quando avaliaram duas amostras de arroz, uma convencional e outra geneticamente modificada. Também Apolônio et al. (2003) citaram valor de CDvPB para a quireara de arroz semelhante ao encontrado nesse estudo.

Os maiores CDvAA entre os AAE, para aquirera de arroz, foram observados para a arginina (95,48%) e histidina (91,99%), enquanto entre os AANE, para glicina (95,40%) e prolina (91,89%). O NRC (2012) e Apolônio et al. (2003) também citaram maior CDvAA, entre os AAE da quirera de arroz, para a arginina, entretanto os valores citados por esses autores foram, respectivamente 7,28 e 7,64% inferiores aos encontrados nesse estudo.

O CDvAA da lisina da quirera de arroz foi 3,82% inferior ao valor citado por Apolônio et al. (2003), entretanto, Rostagno et al. (2011) citaram CDvAA da lisina da quirera de arroz 5,84% superior ao encontrado nesse estudo.

Nos estudos de Han et al. (2006), em que avaliaram duas amostras de arroz, foram observados CDvAA superiores aos encontrados nesse estudo para a quirera de arroz. Esses autores verificaram CDvAA histidina e prolina que ultrapassaram 100. O CDvAA lisina obtido por esses autores foi 10,82% superior ao observado nesse estudo.

Natabela 26 são apresentados os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos (CDvAA) dos alimentos protéicos.

Maiores diferenças entre o CDapPB e CDvPB foram observadas, entre os alimentos protéicos, para o leite em pó padronizado. Esse comportamento pode ser decorrente do conteúdo protéico e da inclusão desse alimento na DIP (Tabela 15).

Entre os alimentos protéicos, a caseína apresentou o maior CDvPB, seguida pelo leite em pó padronizado (Tabela 26). Walker et al. (1986) observaram CDvPB da caseína hidrolisada em ácido e do caseinato de cálcio de 94,8 e 93,6% respectivamente, semelhantes aos encontrados para a caseína nesse estudo. Também Cervantes-Pahm e Stein (2010) citaram CDvPB similar ao encontrado para a caseína nesse estudo.

O CDvAA médio obtido para a caseína foi de 95,47%, variando de 87,86% (cistina) a 98,18% (histidina). Cervantes-Pahm e Stein (2010) observaram entre os AAEda caseína, CDvAA para a metionina de 98,40%, semelhante ao obtido nesse estudo.

Os valores de CDvPB encontrados para as amostras de concentrados protéicos de soja avaliadas foram superiores aos citados por Urbaityte et al. (2009), que encontraram valores de CDvPB entre 85,00 e 86,00%. Os valores de CDvPB citados pelo NRC (2012) foi semelhante ao CDvPB encontrado para o concentrado protéico de soja – B. Todavia, Rostagno et al. (2011) citaram CDvPB do concentrado protéico de soja que se aproximou do valor de CDvPB determinado para o concentrado protéico de soja – A.

A diferença entre os CDvPB dos concentrados protéicos de soja avaliados em favor da amostra A refletiram nos CDvAA, que foi, em média, 2,97% superior para essa amostra. Essa diferença ocorreu principalmente pela maior diferença entre os CDvAA dos AANE, especialmente: prolina, glicina e alanina. Entre os AAE, as maiores discrepâncias de CDvAA entre as amostras de concentrados protéicos de soja avaliados

ocorreram para treonina, e para os AA de cadeia ramificada, especialmente valina (Tabela 26).

Tabela 26 - Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (CDvPB) e de aminoácidos dos alimentos protéicos.

	Caseína	CPS ¹ - A	CPS - B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
CDvPB	96,12±1,54	92,43±0,81	88,85±0,58	70,64±0,44	95,10±0,17	92,71±0,38
Aminoácidos essenciais						
Lisina	97,31±0,46	93,70±0,83	91,72±0,89	75,33±0,72	96,40±0,11	95,10±0,20
Metionina	98,11±0,42	93,25±0,55	91,22±0,67	80,82±0,27	94,95±1,36	93,35±0,42
Met.+Cis.	96,01±0,84	92,08±0,72	89,53±0,37	75,71±0,43	91,10±1,95	95,81±0,27
Treonina	95,61±0,84	89,81±1,15	86,15±0,77	77,57±1,18	90,67±0,76	92,02±0,42
Arginina	97,73±0,59	98,59±0,28	96,78±0,17	89,26±0,35	95,35±1,61	96,34±0,16
Valina	96,33±0,43	90,99±0,81	87,72±0,42	75,54±1,08	90,05±2,49	95,97±0,37
Isoleucina	93,29±1,21	92,68±0,65	89,74±0,42	75,63±0,90	87,80±2,57	93,29±0,47
Leucina	96,97±0,76	92,49±0,66	89,83±0,39	78,43±0,71	94,52±1,73	96,12±0,23
Histidina	98,18±0,40	96,07±0,42	94,37±0,21	80,98±0,48	95,94±1,14	96,09±0,25
Fenilalanina	98,15±0,37	93,14±0,64	90,34±0,33	76,88±1,06	94,28±1,39	96,09±0,79
Média	96,77	93,28	90,74	78,62	93,11	95,02
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	93,10±1,72	88,77±1,08	84,00±0,67	76,15±0,69	94,40±0,23	92,70±0,63
Aspartico	95,16±1,28	88,51±1,27	88,28±0,39	65,21±1,21	91,91±2,69	92,73±0,63
Glutâmico	96,32±0,36	93,22±0,50	92,05±0,38	75,70±0,53	90,31±2,39	94,11±0,37
Cistina	87,86±2,49	90,55±1,14	87,92±0,74	65,66±0,71	86,76±2,04	96,39±0,21
Prolina	93,53±0,40	93,76±0,77	88,89±1,53	66,10±1,91	92,19±3,30	77,82±1,19
Serina	91,73±0,65	93,41±0,59	92,20±0,28	77,61±0,43	80,28±2,89	94,72±0,93
Glicina	98,11±1,02	89,62±1,20	84,80±1,35	76,37±0,48	102,11±0,34	90,68±0,55
Glic.+Ser.	94,35±0,73	91,69±0,22	88,84±0,70	76,67±0,36	86,20±2,12	93,19±0,55

Média	93,77	91,19	88,37	72,43	90,52	91,54
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

¹CPS – Concentrado protéico de soja.

Os CDvAA observados para o concentrado protéico de soja - B foram similares aos obtidos por Urbaityte et al. (2009) e NRC (2012), entretanto, os CDvAA treonina, arginina e histidina encontrados nesse estudo foram superiores aos citados por esses autores. Os CDvAA obtidos para o concentrado protéico de soja - A foram próximos aos referenciados por Rostagno et al. (2011).

O menor CDvPB foi encontrado para a farinha mista suína, de 70,64%. Esse valor foi 10,42% inferior ao citado por Rostagno et al. (2011) para a farinha de vísceras suínas. Essa disparidade pode ser decorrente da composição desses alimentos e do DGM±DPG da amostra avaliada, de 799±2,4 µm, sendo possível a identificação visual de esquirolas ósseas no produto.

Entre os alimentos estudados, os CDvAA médios para os AAEE e AANE da farinha mista suína foram os menores observados. Os CDvAA entre os AAEE da farinha mista suína variaram de 75,33% (lisina) a 89,26% (arginina) e de 65,21% (ácido aspártico) a 77,61% (serina) entre os AANE. Rostagno et al. (2011) relataram valores similares de CDvAA para a farinha de vísceras suína, exceto para a treonina e histidina, que foram, respectivamente, 6,23% superior e 55,13% inferior aos encontrados.

O CDvPB do leite em pó padronizado foi 3,37 e 5,67% superior aos relatados por Rostagno et al. (2011) e Sauvante et al. (2004) para o leite em pó integral. Apesar dessa diferença, entre os AAEE, somente os CDvAA lisina e arginina superaram os citados por Sauvante et al. (2004) em 8,31 e 8,35% e por Rostagno et al. (2011) em 4,44 e 4,66%.

Os menores CDvAA observados para o leite em pó padronizado entre os AAEE e AANE foram de 87,80% (isoleucina) e 80,28% (serina). Rostagno et al. (2011) e Sauvante et al. (2004) observaram entre os AA de cadeia ramificada do leite em pó integral, menor CDvAA isoleucina, que se assemelharam ao encontrado nesse estudo.

O único valor de CDvAA que excedeu 100% foi observado para a glicina do leite em pó padronizado (Tabela 24).

A maior parte dos estudos de digestibilidade ileal do plasma sanguíneo encontrados na literatura foram realizados com amostras contendo PB próxima a 78,00%. Apolônio et al. (2002), trabalharam com amostra de plasma sanguíneo suíno contendo 78,31% de PB e obtiveram CDvPB 5,77% inferior ao verificado nesse estudo. O

CDvAA médio entre os AAE obtido para o plasma sanguíneo suíno foi de 94,93%, enquanto entre os AANE foi de 91,31%.

Gottlob, et al. (2006) avaliaram amostra de plasma sanguíneo suíno contendo 77,95% de PB e citaram CDvAA similares aos obtidos, sendo o CDvAA médio, entre os AAE, de 93,80%. Assim como ocorrido nesse estudo, esses autores verificaram maior CDvAA entre os AAE do plasma sanguíneo suíno para a arginina, de 96,80%. Todavia, Apolônio et al. (2002) obtiveram CDvAA médio dentre os AAE de apenas 92,20%. Entre os AANE do plasma sanguíneo suíno nesse estudo, os maiores CDvAA foram encontrados para cistina e serina (Tabela 26).

Os valores de CDvAA obtidos para os AA de cadeia ramificada do plasma sanguíneo suíno foram superiores aos verificados por Apolônio et al. (2002) e semelhantes aos citados por Gottlob, et al. (2006). Ainda para o plasma sanguíneo suíno, Apolônio et al. (2002) e Gottlob, et al. (2006) citaram CDvAA metionina semelhantes ao verificado nesse estudo.

Entre os AANE do plasma sanguíneo suíno, os menores CDvAA foram obtidos para prolina e glicina (Tabela 26). Gottlob, et al. (2006) referenciaram para a prolina CDvAA 20,41% superior ao encontrado nesse estudo. A farinha mista suína e o plasma sanguíneo suíno foram os ingredientes que apresentaram os menores CDvAA prolina.

Na tabela 27 e tabela 28 são apresentados, respectivamente, os conteúdos de proteína bruta digestível verdadeira (PBd) e de AA digestíveis verdadeiros (AAd), dos alimentos energéticos e protéicos.

O conteúdo de PBd observado para o biscoito e farinha de trigo superaram os valores relatados por Rostagno et al. (2011), em função dos CDvPB observados para esses alimentos. Os valores de AAd observados para a farinha de trigo foram similares aos relatados por Rostagno et al. (2011) e inferiores aos referenciados por Sauvant et al. (2004), especialmente para o ácido glutâmico. Entretanto, os conteúdos de AA sulfurados digestíveis (metionina e cistina) encontrados para a farinha de trigo foram superiores aos citados por Sauvant et al. (2004).

Os valores de AAd do biscoito foram similares aos citados por Rostagno et al. (2011), única literatura que referenciou valores de AAd para esse ingrediente determinado com suínos.

O conteúdo de PBd encontrado para o macarrão foi similar ao citado por Rostagno et al. (2011). Referências de AAd para o macarrão determinados com suínos

não foram encontrados na literatura para comparações. Apesar dos CDvAA metionina e histidina do macarrão terem superado os CDvAA dos demais aminoácidos, o conteúdo digestível desses AA estiveram entre os mais baixos. Apesar disso, foram ainda superiores aos verificados para o milho, tido no Brasil, como alimento padrão para a utilização na formulação de dietas para suínos.

Tabela 27 - Proteína bruta digestível verdadeira (PBd) e conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos energéticos, em porcentagem, com base na matéria natural.

	Biscoito	Farinha de Trigo	Macarrão	Milho	Pão	Quirera de Arroz
PBd	7,45±0,07	12,20±0,03	10,86±0,05	6,70±0,04	11,42±0,13	6,94±0,01
Aminoácidos essenciais						
Lisina	0,17	0,25	0,21	0,19	0,15	0,24
Metionina	0,11	0,19	0,17	0,12	0,16	0,12
Met.+Cis.	0,27	0,47	0,40	0,28	0,41	0,35
Treonina	0,19	0,29	0,26	0,20	0,30	0,22
Arginina	0,31	0,47	0,41	0,28	0,43	0,55
Valina	0,32	0,49	0,41	0,29	0,42	0,38
Isoleucina	0,27	0,41	0,36	0,21	0,36	0,26
Leucina	0,54	0,81	0,72	0,76	0,76	0,52
Histidina	0,16	0,26	0,23	0,21	0,21	0,17
Fenilalanina	0,36	0,56	0,52	0,31	0,54	0,34
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	0,26	0,35	0,29	0,46	0,36	0,36
Aspartico	0,34	0,47	0,40	0,39	0,44	0,57
Glutâmico	2,34	4,01	3,63	1,12	3,48	1,12
Cistina	0,16	0,29	0,24	0,16	0,26	0,16
Prolina	0,77	1,45	1,28	0,58	1,40	0,33
Serina	0,34	0,54	0,49	0,28	0,51	0,31
Glicina	0,29	0,44	0,38	0,24	0,43	0,33

Glic.+Ser.	0,63	0,97	0,88	0,52	0,94	0,64
------------	------	------	------	------	------	------

Tabela 28 - Proteína bruta digestível verdadeira (PBd) e conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos protéicos, em porcentagem, com base na matéria natural.

	Caseína	CPS ¹ - A	CPS - B	Farinha Mista Suína	Leite em pó Padronizado	Plasma Sanguíneo Suíno
PBd	82,67±1,33	57,53±0,51	55,13±0,36	36,50±0,23	23,64±0,04	67,43±0,28
Aminoácidos essenciais						
Lisina	6,73	3,67	3,50	2,09	1,09	6,08
Metionina	2,49	0,83	0,74	0,68	0,48	0,61
Met.+Cis.	2,78	1,67	1,48	0,99	0,66	3,01
Treonina	3,40	2,21	2,08	1,35	0,97	4,03
Arginina	3,06	4,51	4,38	3,06	0,75	4,01
Valina	5,55	2,75	2,60	1,72	1,40	4,64
Isoleucina	4,17	2,67	2,60	1,21	1,14	2,29
Leucina	7,85	4,44	4,33	2,58	2,27	6,67
Histidina	2,60	1,61	1,57	0,90	0,59	2,27
Fenilalanina	4,44	2,94	2,91	1,45	1,15	3,93
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	2,41	2,40	2,26	2,69	0,78	3,56
Aspartico	5,80	6,31	6,28	2,60	1,80	6,71
Glutâmico	18,35	10,47	10,26	4,64	4,58	9,37
Cistina	0,32	0,84	0,75	0,31	0,19	2,40
Prolina	9,19	3,057	2,93	2,66	2,04	3,22
Serina	4,33	2,94	2,90	1,52	1,06	4,08
Glicina	1,57	2,35	2,21	4,57	0,50	2,39
Glic.+Ser.	5,97	5,29	5,11	6,09	1,56	6,46

¹CPS – Concentrado protéico de soja.

O conteúdo de PBd obtido para o milho foi similar ao referido por Rostagno et al. (2011), contudo, Sauvant et al. (2004) relataram PBd 4,03% superior para esse alimento. O valor de PBd calculado a partir dos valores de PB e CDvPB do milho citados pelo NRC (2012) proporcionou a obtenção de valor de PBd semelhante a encontrada nesse estudo.

O conteúdo digestível dos AAE metionina, treonina e leucina do milho foram inferiores aos citados por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004). Também os valores de AANE digestíveis do milho foram inferiores aos citados por Sauvant et al. (2004) e NRC (2012). Esses resultados podem ser decorrentes do $DGM \pm DPG$ da amostra de milho avaliada, de $1215 \pm 3,95 \mu m$. Além disso, Carvalho et al. (2009) relataram redução do coeficiente de digestibilidade verdadeira, determinadas com galos cecectomizados, da lisina, aminoácidos sulfurados e treonina de amostras de milho secas sob altas temperaturas e submetidas a períodos prolongados de armazenamento.

A PBd encontrada para o pão, foi semelhante ao conteúdo de PB citado por Almeida et al. (2011). Essa condição, naturalmente, conduziu a níveis de AAd superiores aos verificados por esses autores. Associado a esse fato, o CDvPB obtida para a mostra de pão avaliada nesse estudo foi 18,63% superiora verificada por esses autores. Contudo, Rostagno et al. (2011) citaram PBd do pão semelhante a determinada nesse estudo. Diante dessas variações, sugere-se que a inclusão do pão em dietas de suínos deve ser realizada de maneira cautelosa, sempre associada à análise das amostras, especialmente do EE e da PB.

O conteúdo de PBd encontrado para a quirera de arroz foi 4,47% inferior ao citado por Apôlonio et al. (2003). Rostagno et al. (2011) também relataram PBd 7,78% superior para aquirera de arroz. Nesse sentido, os conteúdos de AAd da quirera de arroz obtidos nesse estudo foram inferiores aos citados por Rostagno et al. (2011), com maior diferença observada para a metionina. A quirera de arroz demonstrou ser um interessante ingrediente a ser incluso em dietas de suínos. Contudo, fatores como disponibilidade e valor de mercado devem ser considerados.

Entre os alimentos protéicos, o NRC(2012) e Rostagno et al. (2011) citaram conteúdo de PBd da caseína semelhantes ao encontrado nesse estudo. Entretanto, os valores de AAd da caseína foram inferiores aos referenciados por Rostagno et al.

(2011). O NRC (2012), também citou para a caseína conteúdos digestíveis de lisina, treonina e de aminoácidos de cadeia ramificada superiores aos encontrados.

Os valores médios de PBd do concentrado protéico de soja citados pelo NRC (2012) e Rostagno et al. (2011) se aproximaram da encontrada para o concentrado protéico de soja – A e foram, respectivamente, 5,24 e 5,26% superiores à encontrada para o concentrado protéico de soja – B. A diferença de conteúdo de AAd entre as amostras de concentrado protéico de soja avaliados seguiu comportamento semelhante a diferença encontrada de PBd.

Os valores de PBd dos concentrados protéicos de soja avaliados foram 6,18 e 1,75% superiores ao valor mínimo de PBd desse ingrediente citado por Urbaityte et al. (2009). A diferença entre os CDvPB das amostras de concentrados protéicos de soja avaliados pode ser decorrente da granulometria. Os valores de $DGM \pm DPG$ encontrados para o concentrado protéico de soja -A e concentrado protéico de soja - B foram respectivamente de: $549 \pm 1,25$ e $1003 \pm 3,00 \mu m$.

Os níveis de AAd verificados para leite em pó padronizado foram semelhantes aos citados por Sauvante et al (2004) para o leite em pó integral, exceto para lisina e metionina. O conteúdo de lisina digestível encontrado representou, respectivamente, 68,12 e 60,55% dos valores de lisina digestível citados por Sauvante et al. (2004) e Rostagno et al. (2011) para o leite em pó integral. Entre os AAE do leite em pó padronizado, a metionina foi o AAE que apresentou menor conteúdo digestível, semelhante ao citado por Sauvante et al. (2004) e Rostagno et al. (2011) para o leite em pó integral, excetuando-se o triptofano, não avaliado nesse estudo.

O plasma sanguíneo suíno demonstrou ser excelente fonte protéica, de alto valor biológico, que apresenta conteúdos de treonina, arginina, e “ácido glutâmico” (ácido glutâmico e glutamina) digestíveis altos, se comparado inclusive à caseína.

Entre os ingredientes protéicos não lácteos, a farinha mista suína foi o que apresentou menor conteúdo de AAd. Entretanto, há que considerar, que os demais alimentos além de apresentarem valor de mercado superior, a farinha mista suína, é resultante da transformação de coprodutos industriais que podem ser inclusos na dieta de animais monogástricos com interessante relação benefício-custo. Além de apresentar como interessante fonte de arginina, valina, leucina e isoleucina digestíveis. De acordo com os valores de AAd citados por Rostagno et al., (2011) para o farelo de soja (45,00%) e os obtidos nesse trabalho para a farinha mista suína, observou-se valor de

metionina digestível 21,43% superior em relação ao contido nessa fonte de proteína vegetal tradicionalmente incluída em dietas de suínos no Brasil.

4 CONCLUSÕES

Foram observadas variações nos coeficientes de digestibilidade verdadeira da proteína bruta e dos aminoácidos encontrados e os citados por literaturas nacionais e internacionais.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro médios dos aminoácidos, essenciais e não essenciais determinados para o milho, o pão, o biscoito, a farinha de trigo, o macarrão e a quirera de arroz foram de 88,35 e 87,49; 80,96 e 85,15; 90,02 e 89,74; 94,21 e 94,06; 89,57 e 89,26; 89,48 e 90,36%.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro médios dos aminoácidos essenciais e não essenciais foram de 96,85 e 93,69; 93,41 e 91,12; 90,87 e 88,31; 78,94 e 71,83; 93,33 e 91,14; 94,93 e 91,31% para a caseína, o concentrado protéico de soja - A; o concentrado protéico de soja - B; a farinha mista suína; o leite em pó padronizado e o plasma sanguíneo suíno, respectivamente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. N.; PETERSEN, G. I; STEIN, H. H. Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v.89, p. 4109-4115, 2011.

AMIPIG. **Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs**. AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF. 2000.

APOLÔNIO, L. R., DONZELE, J. L., OLIVEIRA, R. F. M. et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões, determinada pelo método do sacrifício. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.5, p.1983-1992, 2002.

APOLÔNIO, L. R., DONZELE, J. L., OLIVEIRA, R. F. M. et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alguns alimentos, determinada pela técnica da cânula t simples com suínos. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.3, p.605-614, 2003.

BOSI, P.; HAN, I.K.; JUNG, H.J. et al. Effect of different spray dried plasmas on growth, ileal digestibility, nutrient deposition, immunity and health of early-weaned pigs challenged E. coli K88. **Asian-Aust. Journal Animal Science**, v.14, n. 8, p. 1138-1143, 2001.

BRAUN, K; LANGE, K. Liquid swine feed ingredients: nutritional quality and contaminants. **ANAC Eastern Nutrition Conference**, May, 2004, Ottawa, Ontario

CERVANTES-PAHM, S. K.; STEIN, H. H. Ileal digestibility of amino acids in conventional, fermented, and enzyme-treated soybean meal and in soy protein isolate, fish meal, and casein fed to weanling pigs. **Journal Animal Science**, v.88, p. 2674-2683, 2010.

COSTA, L. F.; LOPES, D. C.; FREITAS, L. S. et al. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1243-1250, 2008.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; VARGAS JR., J.G.; et al. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.850-856, 2009

DONKOH, A.; MOUGHAN, P. J.; SMITH, W. C. Comparison of the slaughter method and simple T piece cannulation of the terminal ileum for determining ileal amino acid digestibility in meat and bone meal for the growing pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 49, p. 43-56, 1994.

FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; ZANGERONIMO, M. G.; et al. Alimentos alternativos para suínos. Lavras, 2009. 232 p.

GIESTING, D. W.; EASTER, R. A. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. **Journal Animal Science**, v. 69, p.2497-2503.

GOTTLOB, R. O.; DeROUCHEY, J. M.; TOKACH, M. D. et al. Amino acid and energy digestibility of protein sources for growing pigs. **Journal Animal Science**, v.84, p. 1396-1402, 2006.

HAN, J-H, YANG, Y-X; MEN, J-H. et al. Comparison of ileal digested production of parental rice and rice genetically modified with cowpeas trypsin inhibitor. **Biomedical and Environmental Sciences**, v.19, p. 42-46, 2006.

JOSLYN, M. A. Ash content and ashing procedures. In: Joslyn, M. A. (Ed.) **Methods in food analysis. Physical, chemical and instrumental methods of analysis**. 2nd ed. New York USA: Academic Press Inc, 1970, p. 109 – 140.

JASMAN, A. J. M.; SMINK, W.; Van LEEUWEN, P. et al. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.98, p.49-60, 2002.

LAN, Y.; OPAPEJU, F. O.; NYACHOTI, C.M. True ileal protein and amino acid digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.140, n. 1, p.155-163, 2008.

LI, X. L.; YUAN, S. L.; PIAO, X. S. et al. The nutritional value of brown rice and maize for growing pigs. **Asian-Aust. Journal Animal Science**. v.19, n. 6, p.892-897, 2006.

LETERME, P.; PIRARD, L.; THÉWIS, A. A note on the effect of wood cellulose level in proteinfree diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the ileum in pigs. **Animal Production**, v.54, p. 163-165, 1992.

MAYER, D.M.; FONSECA, B.P.A.; CARVALHO, T.A. et al. Técnica cirúrgica para implantação de cânula em forma de T, no íleo terminal de suínos. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIRURGIA E ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA, 2010. Búzios, RJ. **Anais...** Búzios, 2010.

NOGUEIRA, E. T. **Digestibilidade ileal de proteína e de aminoácidos de alimentos protéicos determinada pelas técnicas da cânula t simples e da anastomose íleo-retal com suínos**. Viçosa, UFV, 2001. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2001.

NRC -**Nutrients requirements of swine**. 11ed. National Academic Press, Washington, DC., 2012, 400p.

NYACHOTI, C. M.; DE LANGE, C. F. M.; McBRIDE, B. W.; et al. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. **Can. J. Anim. Sci.** v. 77, p.149–163, 1997.

OPAPEJU, F. O.; GOLIAN, A.; Nyachoti, C. M. et al. Amino acid digestibility in dry extruded-expelled soybean meal fed to pigs and poultry. **Journal Animal Science**, v.84, p. 1130-1137, 2006.

OWSLEY, W. F.; KNABE, D. A.; TANKSLAY JR., T. D. Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrientes at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finish pigs. **Journal Animal Science**, v.52, n.3, 557-566, 1981.

PARAKSA, N. Ileal and faecal amino acids digestibility of some tropical feedstuffs in growing pigs. **Journal Kasetsart (Nat. Sci.)**, v. 36, p.23 -29, 2002.

ROSTAGNO, H. S.; FEATHERSTON, W. R. Estudos de método para determinação da disponibilidade de aminoácidos em pintos. **R. Bras. Zootec**, v.6, p.64-75, 1977.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. 2005. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. – Viçosa, MG:UFV, 186p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. – Viçosa, MG:UFV, 252p. 2011.

SAUER, W. C.; STOTHERS, S. C.; PARKER, R. J. Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by-products for growing pigs. **Can. J. Anim. Sci.** v. 57: 775–784, 1977.

SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. T. 2004. **Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish**. Wageningen Academic Publishers, Wageningen and INRA Editions, Versailles.

SHON, K. S.; MAXWELL, C. V.; SOUTHERN, L.L.; et al. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs:II. Effects on ileal amino acid digestibility. **Journal Animal Science**, v.72, p. 631-637.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos(métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 165p.

STEIN, H. H.; SÈVE, B. FULLER, M.F.; et al. 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. **J. Anim. Sci.** v.85, p.172-180.

STEIN, H. H. **Energy and nutrient concentration and digestibility in alternative feed ingredients and recommended inclusion rates**. In: Proceedings of the American Association of Swine Veterinarians. 42nd Annual Meeting. Phoenix, AZ. 2011. Disponível em: <<http://nutrition.ansci.illinois.edu/keyword/energy-concentration>> Acesso em: 25/01/2013.

TORRALLARDONA, D. Spray dried animal plasma as an alternative to antibiotics in weanling pigs- a review. **Asian-Aust. Journal Animal Science**, v.23, n.1, p.131-148, 2010.

URBAITYTE, R.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R. **Standardized ileal crude protein and amino acid digestibilities in protein supplements for piglets**. 2009. Disponível em: <<http://www.kgzs-ms.si/slike/ZED05/16Urbaityte.pdf>>, Acessado em 25/01/2013.

VAN BARNEVELD, R. J.; BATTERHAM, E. S. The effect of heat on amino acids for growing pigs. 2. utilization of ileal-digestible lysine from heat-treated field peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). **British Journal of Nutrition**, v.72, p.243-256, 1994.

WALKER, W. R.; MAXWELL, C. V. Milk versus soybean protein sources for pigs: II. effects on amino acid availability. **Journal Animal Science**, v.63, p. 513-524, 1986.

YIN, Y.-L.; GURUNG, N. K.; JEAUROND, E. A. et al. Digestible energy and amino acid contents in canadian varieties of sorghum, pearl millet, high-oil corn, high-oil-high-protein corn and regular corn samples for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* v.82: p. 385-391, 2002.

APÊNDICES

1 CAPÍTULO I

1.1 ENSAIO I

Apêndice A - Análise de variância do peso médio inicial dos animais em Kg (PMI), da energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida para retenção de nitrogênio (EMn) dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Fontes de variação	GL	QM PMI	QM ED	QM EM	QM EMn
Tratamentos	7	5,115	559609,34	543008,57	603466,59
Metodologias	1	0,000	886,06	899,14	979,55
TratamentosxMetodologias	7	0,000	56,94	56,61	57,14
Períodos	1	1640,25	18568,46	1304,98	4,317
Resíduo	63	18,955	6868,33	8373,39	9358,44
CV (%)		10,21	2,34	2,66	2,87
Média Geral		42,63	3549	3438	3376

Apêndice B—Teste de SNK do peso médio inicial dos animais em Kg (PMI), da energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida para a retenção de nitrogênio (EMn), dos tratamentos avaliados no Ensaio I, dados na MN.

Tratamentos	Média PMI	$\alpha = 0,05$	Médias ED	$\alpha = 0,05$	Médias EM	$\alpha = 0,05$	Médias EMn	$\alpha = 0,05$
Biscoito	42,53	A	3858	A	3761	A	3707	A
Macarrão	41,90	A	3732	B	3645	B	3577	B
Pão	43,53	A	3769	B	3621	B	3595	B
Basal 18%	41,50	A	3598	C	3544	B	3473	C
Farinha de Trigo	41,83	A	3578	C	3370	C	3334	D
Milho	43,23	A	3492	D	3382	C	3329	D
Sorgo	43,38	A	3313	E	3217	D	3113	E
Milheto	43,18	A	3849	F	2962	E	2878	F

Apêndice C - Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade (CDE), coeficiente de metabolizabilidade (CME) e coeficientes de metabolizabilidade corrigido pela retenção de nitrogênio (CMnE) da energia dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Fontes de variação	GL	QMCDE	QM CME	QM CMnE
Tratamentos	7	287,27	247,12	275,39
Metodologias	1	0,52	0,53	0,52
TratamentosxMetodologias	7	0,03	0,03	0,03
Períodos	1	11,27	0,84	0,01
Resíduo	63	4,27	5,20	5,85
CV (%)		2,34	2,67	2,88
Média Geral		88,31	85,53	83,97

Apêndice D – Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade (CDE), coeficiente de metabolizabilidade (CME) e coeficientes de metabolizabilidade corrigido pela retenção de nitrogênio (CMnE) da energia dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Tratamentos	Médias CDE	$\alpha = 0,05$	Médias CME	$\alpha = 0,05$	Médias CMnE	$\alpha = 0,05$
Biscoito	86,69	C	84,50	C	83,28	C
Macarrão	94,51	A	92,31	A	90,58	A
Pão	93,51	A	89,86	B	89,19	AB
Basal 18%	90,28	B	88,91	B	87,12	B
Farinha de Trigo	94,45	A	88,95	B	88,01	AB
Milho	83,67	D	81,03	D	79,77	D
Sorgo	85,71	CD	83,22	CD	80,51	D
Milheto	77,66	E	75,44	E	73,30	E

Apêndice E - Análise de variância do consumo de ração total (CRT: Kg de MS/Kg PV^{0,75}), coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO) e da proteína bruta (CDPB) dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Fontes de variação	GL	QM CRT	QM CDMS	QM CDMO	QM CDPB
Tratamentos	7	0,003	221,20	281,23	160,51
Metodologias	1	0,000	0,45	0,59	1,04
TratamentosxMetodologias	7	0,000	0,03	0,05	0,13
Períodos	1	0,016	7,89	8,20	13,21
Resíduo	63	0,005	5,01	3,70	12,84
CV (%)		20,47	2,49	2,17	4,13
Média Geral		0,331	89,97	88,64	86,87

Apêndice F– Teste de SNK do consumo de ração total (CRT = Kg MS/Kg $PV^{0,75}$), coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e matéria orgânica (CDMO) e proteína bruta (CDPB) dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Tratamentos	Médias CRT	$\alpha = 0,05$	Médias CDMS	$\alpha = 0,05$	Médias CDMO	$\alpha = 0,05$	Médias CDPB	$\alpha = 0,05$
Biscoito	0,316	A	89,98	BC	88,05	C	83,90	C
Macarrão	0,339	A	96,76	A	96,51	A	93,86	A
Pão	0,321	A	94,99	A	94,18	B	90,86	AB
Basal 18%	0,332	A	87,36	B	83,45	D	86,92	BC
Farinha de Trigo	0,302	A	95,25	A	94,51	B	87,40	BC
Milho	0,359	A	85,73	C	85,82	C	84,74	C
Sorgo	0,348	A	87,79	BC	86,89	C	79,10	D
Milheto	0,332	A	81,92	D	79,66	E	88,16	BC

Apêndice G-Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), da fibra em detergente neutro (CDFDN) e da fibra em detergente ácido (CDFDA) dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Fontes de variação	GL	QM CDEE	QM CDFDN	QM CDFDA
Tratamentos	7	114,85	258,50	87,27
Metodologias	1	3,40	5,90	19,45
TratamentosxMetodologias	7	0,05	1,11	1,48
Períodos	1	17,07	34,78	121,94
Resíduo	63	12,97	13,65	82,11
CV (%)		4,40	5,62	21,04
Média Geral		81,92	65,81	43,07

Apêndice H – Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), da fibra em detergente neutro (CDFDN) e da fibra em detergente ácido (CDFDA) dos tratamentos avaliados no Ensaio I.

Tratamentos	Médias CDEE	$\alpha = 0,05$	Médias CDFDN	$\alpha = 0,05$	Médias CDFDA	$\alpha = 0,05$
Biscoito	85,60	B	67,42	AB	37,83	A
Macarrão	77,36	D	67,65	AB	44,19	A
Pão	90,43	A	68,43	AB	43,06	A
Basal 18%	79,61	CD	69,57	A	40,98	A
Farinha de Trigo	80,56	CD	69,53	A	48,61	A
Milho	82,85	BC	67,97	AB	40,43	A
Sorgo	86,57	B	63,28	B	44,76	A
Milheto	72,40	E	52,61	C	44,70	A

1.2 ENSAIO II

Apêndice I -Análise de variância do peso médio inicial dos animais em Kg (PMI), da energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida para retenção de nitrogênio (EMn) dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM PMI	QM ED	QM EM	QM EMn
Tratamentos	5	13,191	26447805,35	5102777,88	5466677,20
Metodologias	1	0,000	1097,45	1097,45	1097,45
TratamentosxMetodologias	5	0,000	585,98	117,20	117,20
Períodos	1	1146,607	8603,60	13803,24	19825,87
Resíduo	47	30,071	10879,38	9665,65	15524,99
CV (%)		12,91	2,71	2,66	3,49
Média Geral		42,49	3844	3698	3571

Apêndice J – Teste de SNK do peso médio inicial dos animais em Kg (PMI), da energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida para a retenção de nitrogênio (EMn), dos tratamentos avaliados no Ensaio II, dados na MN.

Tratamentos	Média PMI	$\alpha = 0,05$	Médias ED	$\alpha = 0,05$	Médias EM	$\alpha = 0,05$	Médias EMn	$\alpha = 0,05$
Leite em pó Padronizado Plasma	43,93	A	4987	A	4946	A	4843	A
Sanguíneo Suíno	41,35	A	4113	B	3929	B	3778	B
Basal 14% Concentrado	43,10	A	3648	E	3557	D	3473	C
Protéico de Soja	40,80	A	3996	C	3680	C	3531	C
Soja Semi- Integral	42,05	A	3842	D	3628	CD	3550	C
Extrusada Farinha Mista Suína	43,70	A	2478	F	2452	E	2250	D

Apêndice K - Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade (CDE), coeficiente de metabolizabilidade (CME) e coeficientes de metabolizabilidade corrigido pela retenção de nitrogênio (CMnE) da energia dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM CDE	QM CME	QM CMnE
Tratamentos	5	1127,93	1027,95	1227,65
Metodologias	1	0,57	0,57	0,57
TratamentosxMetodologias	5	0,29	0,06	0,06
Períodos	1	6,58	8,32	12,34
Resíduo	47	6,28	4,89	7,78
CV (%)		2,90	2,66	3,48
Média Geral		86,36	83,07	80,12

Apêndice L – Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade (CDE), coeficiente de metabolizabilidade (CME) e coeficientes de metabolizabilidade corrigido pela retenção de nitrogênio (CMnE) da energia dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Tratamentos	Média CDE	$\alpha = 0,05$	Médias CME	$\alpha = 0,05$	Médias CMnE	$\alpha = 0,05$
Leite em pó Padronizado	97,12	A	96,33	A	94,32	A
Plasma Sanguíneo Suíno	90,25	B	86,19	C	82,88	C
Basal 14% Concentrado	91,17	B	88,91	B	86,81	B
Protéico de Soja	90,74	B	83,55	D	80,18	CD
Soja Semi- Integral	85,57	C	80,80	E	79,07	D
Extrusada Farinha Mista Suína	63,31	D	62,64	F	57,49	E

Apêndice M - Análise de variância do consumo de ração total (CRT: Kg de MS/Kg PV^{0,75}), coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da matéria orgânica (CDMO) dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM CRT	QM CDMS	QM CDMO
Tratamentos	5	0,009	546,48	297,81
Metodologias	1	0,000	0,28	0,04
TratamentosxMetodologias	5	0,000	0,05	0,03
Períodos	1	0,011	12,51	10,48
Resíduo	47	0,004	13,32	15,42
CV (%)		17,52	4,18	4,46
Média Geral		0,383	87,34	88,07

Apêndice N – Teste de SNK do consumo de ração total (CRT = Kg MS/Kg $PV^{0,75}$), coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e matéria orgânica (CDMO) dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Tratamentos	Média CRT	$\alpha = 0,05$	Médias CDMS	$\alpha = 0,05$	Médias CDMO	$\alpha = 0,05$
Leite em pó Padronizado	0,431	A	93,00	A	94,77	A
Plasma Sanguíneo Suíno	0,385	A	92,53	AB	90,63	B
Basal 14% Concentrado	0,387	A	88,77	AB	89,85	B
Protéico de Soja	0,355	A	91,05	AB	88,89	B
Soja Semi-Integral	0,338	A	87,67	B	87,66	B
Extrusada Farinha Mista Suína	0,400	A	71,01	C	76,64	C

Apêndice O - Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM CDPB	QM CDEE
Tratamentos	5	395,50	1072,17
Metodologias	1	0,25	0,30
TratamentosxMetodologias	5	0,01	0,62
Períodos	1	6,33	11,43
Resíduo	47	5,52	15,77
CV (%)		2,70	5,22
Média Geral		86,93	76,13

Apêndice P – Teste de SNK do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Tratamentos	Média CDPB	$\alpha = 0,05$	Médias CDEE	$\alpha = 0,05$
Leite em pó Padronizado	89,98	B	86,10	A
Plasma Sanguíneo Suíno	97,26	A	86,89	A
Basal 14% Concentrado	88,15	BC	80,64	B
Protéico de Soja	84,30	D	65,22	C
Soja Semi- Integral	86,00	CD	79,30	B
Extrusada Farinha Mista Suína	75,89	E	58,65	D

Apêndice Q - Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) e da fibra em detergente ácido (CDFDA) dos tratamentos contendo alimentos de origem vegetal avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM CDFDN	QM CDFDA
Tratamentos	2	38,59	325,95
Metodologias	1	3,77	10,39
TratamentosxMetodologias	2	0,21	0,57
Períodos	1	7,83	23,59
Resíduo	23	11,30	16,24
CV (%)		4,77	8,73
Média Geral		70,51	46,17

2 CAPÍTULO II

Apêndice R - Análise de variância do consumo de ração em g de MN, g de MS e g de MN/Kg PV^{0,75} dos tratamentos avaliados no Ensaio II.

Fontes de variação	GL	QM g MN	QM g MS	QM g de MN/Kg PV ^{0,75}
Tratamentos	12	63979,16	50668,65	109,32
Períodos	3	151652,59	118187,65	6,47
Resíduo	36	250222,86	197693,69	185,53
CV (%)		22,38	22,35	14,97
Média Geral		2236	1989	90,99

ANEXOS

Anexo A - Procedimentos para determinação da matéria mineral e da cinza insolúvel em ácido (CIA), utilizando a mufla.

Material e equipamentos necessários:

- Cadinho de porcelana;
- Balança analítica (0,1 mg);
- Dessecador;
- Mufla;
- Pinça.

Procedimento para determinação da matéria mineral:

Manipular o cadinho de porcelana utilizando a pinça, o que evita transferência de gordura e umidade pela manipulação manual.

Proceder com aquecimento do cadinho em mufla a 550°C, por meia hora. Esfriar em dessecador e pesar em balança analítica. Registrar o peso do cadinho vazio.

Pesar no cadinho 2g de amostra seca ao ar (ASA) utilizando balança analítica.

Colocar o cadinho contendo a amostra na mufla fria. Aquecer progressivamente até que seja atingida a temperatura de 550°C. Depois de atingida essa temperatura, manter o material em combustão por quatro horas, até que se torne branco ou cinza claro.

Desligar a mufla. Esfriar material em dessecador entre 30 e 40 minutos.

Pesar o material à temperatura ambiente utilizando balança analítica.

Trabalhar sempre em duplicata.

Procedimento para determinação da cinza insolúvel em ácido (CIA):

Adicionar ao cadinho contendo a matéria mineral 25 mL de HCL 10%;

Cobrir o cadinho e aquecer em banho de areia por 5 minutos a 200°C.

Filtrar em papel filtro quantitativo (*ash free*). Utilizar para auxílio na filtragem água destilada aquecida.

Incinerar o papel filtro contendo a cinza insolúvel em ácido em mufla, colocando o material na mufla fria. Aquecer progressivamente até que seja atingida a temperatura de 550°C. Depois de atingida essa temperatura, manter o material em combustão por quatro horas, até que se torne branco ou cinza claro.

Desligar a mufla. Esfriar material em dessecador entre 30 e 40 minutos.

Pesar o material à temperatura ambiente utilizando balança analítica.

Anexo B – Descrição dos alimentos avaliados.

Milho	Grão obtido pelo cultivo da planta da Família Poaceae, gênero <i>Zea</i> , espécie <i>Zea mays</i> .
Sorgo	Grão obtido pelo cultivo da planta da Família Poaceae, gênero <i>Sorghum</i> , espécie <i>Sorghum bicolor</i> .
Milheto	Grão obtido pelo cultivo da planta da Família Poaceae, gênero <i>Penisetum</i> , espécie <i>Penisetum glaucum</i> (L) R. Br.
Quirera de arroz	Coproduto do beneficiamento do arroz constituído por grãos defeituosos e quebrado após o polimento.
Farinha de trigo	Pó desidratado rico em amido proveniente da moagem dos grãos de trigo sem casca - Farinha comum.
Macarrão	Massa alimentícia produzida a partir de farinha de trigo, água e em alguns casos, de ovos.
Biscoito	Produto de panificação composto por farinha de trigo, açúcar, sal e emulsificante. Pode ser consumido de diversas formas: doce, salgado ou recheado. Utilizados na alimentação animal, principalmente, quando apresentam data de validade expirada.
Pão	Resíduo composto principalmente por pães podendo ser inclusos biscoitos, doces e salgados, e outros resíduos de confeitaria. Destinados à alimentação animal principalmente quando apresentam data de validade expirada.
Leite em pó padronizado	Produto da desidratação do leite de vaca após o processo de desnate parcial.
Plasma sanguíneo suíno	Ingrediente produzido após coleta, processamento e secagem do sangue de suínos. Normalmente adiciona-se anticoagulante ao sangue coletado permitindo a separação dos eritrócitos por centrifugação. Subsequentemente o plasma é submetido ao processo de Spray-dried.

Concentrado protéico de soja	Obtido mediante processos baseados em extração (62- 65% PB) ou fermentação (52-55% PB). No primeiro processo a proteína é extraída utilizando-se de água e etanol, reduzindo o conteúdo em oligossacarídeos e de fatores antinutricionais, aumentando o conteúdo e a digestibilidade da proteína. A fermentação normalmente ocorre com a adição de enzimas provenientes de fungos ou bactérias, desativando os fatores antinutricionais.
Soja semi-integral extrusada	Proveniente do processo de extrusão, no qual a temperatura e a pressão são responsáveis por desativar fatores antinutricionais contidos no grão sem que haja perda considerável do valor nutritivo. Após a extrusão a soja é prensada e o óleo é parcialmente extraído.
Farinha mista suína	Produto proveniente de recortes e aparas de carne e ligamentos, mucosas, ossos e vísceras, especialmente as não comestíveis, de suínos.