

LUÍS EDUARDO DE JESUS PEREIRA

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE ALIMENTOS PARA SUÍNOS COM
DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA

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
2000

Para Mauro César de Jesus Pereira, que nos deixou
prematuramente.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, sem o apoio dos quais esta etapa de minha carreira não teria sido completada.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, por um período de vinte e quatro meses, permitindo parte do financiamento deste trabalho.

À Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, por seu Diretor-Presidente, Afonso Celso B. Junqueira de Mattos, pela liberação das atividades acadêmicas para a conclusão do Curso.

Ao Professor Aloízio Soares Ferreira, por ter sido, além de Orientador-Pedagógico, capaz de permitir-me desfrutar de seu convívio e amizade, dando-me oportunidade de crescimento pessoal, o que é de extrema importância numa relação Professor-aluno.

Aos Professores Conselheiros Luiz Fernando Teixeira Albino e Juarez Lopes Donzele, pela contribuição no decorrer das pesquisas e dos trabalhos finais.

Ao Professor Luiz Otávio Marteleto pelo auxílio no decorrer das análises estatísticas.

Aos Professores Horácio Santiago Rostagno e Fernando C. Baêta pela valiosa ajuda no decorrer do curso.

À empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG – pela cessão de animais e instalações no decorrer dos períodos experimentais.

Ao Pesquisador Francisco Carlos de Oliveira Silva e ao Zootecnista Guilherme de Oliveira Band, pela colaboração na condução e interpretação de resultados do trabalho.

Ao Professor Dalton de O. Fontes, pela valiosa colaboração.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura pela indispensável contribuição na condução dos trabalhos de campo e, especialmente, no que diz respeito à amizade desenvolvida entre nós.

Ao acadêmico Gustavo Gattas e ao colega Nominando Andrade de Oliveira, pela ajuda no campo e no laboratório.

Ao Rogério Pinto, pela presteza a toda prova e pelo auxílio nas análises estatísticas do trabalho.

Ao Edson Agostinho dos Santos pela inestimável ajuda com os inseparáveis disquetes.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, especialmente ao Monteiro, ao Fernando e à Vera Lúcia, pelo auxílio nas análises químicas.

Aos amigos Jorge Edgard "Despachante" Pereira da Costa, Sebastião Cláudio "Preparado" Moura, Nei Caetano "Bahia" de Almeida, Alexandre Costa Ferreira, Aloízio Costa Ferreira, Branco, Juninho, Mingote e D. Marieta, especialmente, e a todos os outros amigos pelo alegre convívio nas manhãs de sábado na "Pelada da Violeira".

À minha família, Gracinha, Aldo Luís e Bruno César pelo apoio.

A todos aqueles que contribuíram de todas as formas para que este trabalho chegasse a bom termo.

BIOGRAFIA

LUÍS EDUARDO DE JESUS PEREIRA, filho de Aldo Lourenço Pereira e Terezinha de Jesus Pereira, nasceu em Viçosa-MG, onde fez seus estudos.

Zootecnista formado pela Universidade Federal de Viçosa em 1978 e Mestre em Zootecnia pela mesma instituição, em 1993, atualmente é Professor na Escola Superior de Ciências Agrárias de Rio Verde (FESURV-ESUCARV), em Rio Verde-GO.

Em março de 1995, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia, com estudos realizados na área de Monogástricos (Produção de Suínos).

Em Setembro de 2000 defendeu o presente trabalho.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Composição química de alimentos	3
2.2. Digestibilidade de alimentos usados por suínos	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE ALIMENTOS PROTÉICOS PARA SUINOS UTILIZANDO DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA ...	20
RESUMO	20
DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS OF PROTEIC FEEDSTUFFS FOR PIGS USING DIFFERENT DIET-REFERENCE	21
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

	Página
DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE ALIMENTOS ENERGÉTICOS E FIBROSOS PARA SUINOS UTILIZANDO DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA	34
RESUMO	34
DETERMINATION OF DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS OF ENERGETICS FEEDSTUFFS FOR PIGS USING DIFFERENT DIET-REFERENCE	35
ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DE DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS DETERMINADA COM DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA	52
RESUMO	52
VALIDATION OF THE RESULTS OF DIGESTIBILITY IN FEEDS WITH DIFFERENT REFERENCE DIETS	53
ABSTRACT	53
INTRODUÇÃO	54
MATERIAL E MÉTODOS	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
3. RESUMO E CONCLUSÕES	62
4. ABSTRACT AND CONCLUSIONS	64
APÊNDICE	65

RESUMO

PEREIRA, Luís Eduardo de Jesus, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2000. **Digestibilidade de nutrientes de alimentos para suínos com diferentes dietas-referência.** Orientador: Aloízio Soares Ferreira, Conselheiros: Juarez Lopes Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Foram realizados sete ensaios de digestibilidade com suínos utilizando-se dietas-referência, chamadas de dieta-referência alternativa ou dieta-referência convencional, contendo teores de proteína bruta e energia digestível, que quando acrescidas de alimentos teste, estavam acima ou abaixo das exigências dos animais objetivando-se verificar se os valores obtidos para proteína digestível, matéria seca digestível e energia digestível dos alimentos estão sendo sub ou superestimados e conseqüentemente verificar se os valores de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos para suínos obtidos desta forma apresentam variações entre si. Foi realizada a análise estatística de experimento inteiramente casualizado com treze tratamentos e quatro ou três repetições por tratamento e análise de contrastes não ortogonais de acordo com os procedimentos de BONFERRONI, a 10% de probabilidade para se compararem os contrastes das médias. Com relação aos resultados dos alimentos protéicos não foram encontradas diferenças significativas para os dados obtidos entre as duas dietas-referência. Foram verificadas diferenças

percentuais consideráveis nos valores de digestibilidade de alguns alimentos entre as duas dietas-referência, que permitiram deduzir que a dieta-referência alternativa, no caso de alimentos com altos conteúdos de proteína bruta, mesmo contendo também teores variáveis de fibra bruta, é mais acurada para se determinar os valores de energia digestível dos alimentos, porém é menos acurada para se determinar os valores de proteína digestível e ainda que na dieta-referência alternativa ocorre superestimação da proteína digestível e na dieta-referência convencional ocorre superestimação da energia digestível. Verificaram-se diferenças significativas no coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), na energia digestível (ED) e na energia metabolizável (EM) entre as dietas-referências alternativa e convencional quando se compararam os resultados de alimentos altamente energéticos, tendo sido os valores obtidos com a dieta-referência alternativa superiores aos valores obtidos com a dieta-referência convencional. Não se verificaram diferenças significativas para coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), CDEB, coeficiente de metabolizabilidade da energia digestível (CMED), proteína digestível (PD), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e matéria seca digestível (MSD) entre as dietas-referência para milho e farelo de trigo. Entretanto verificou-se uma diferença de 26,2% no teor de ED e de 22,0% no teor de EM entre as duas técnicas para o farelo de trigo, tendo sido os valores obtidos com a técnica alternativa superiores aos obtidos com a técnica convencional. Não se verificaram diferenças significativas para CDPB, CDEB, CMED, PD, ED, EM e MSD entre as técnicas para farelo de algodão e para o farelo de trigo, porém verificou-se uma diferença de 20,0% no teor de ED e de 19,0% no teor de EM, em favor da técnica convencional para o farelo de algodão e de 26,2% no teor de ED e de 22,0% no teor de EM, em favor da técnica alternativa para o farelo de trigo. Foram verificadas diferenças significativas para ED quando se compararam todos os alimentos energéticos testados. Assim pode-se inferir que com a técnica alternativa se obtêm resultados de digestibilidade da ED dos alimentos energéticos e ou fibrosos mais confiáveis. Também conduziu-se um ensaio de digestibilidade fazendo-se uso dos valores obtidos por alimento com as dietas-referência alternativa e convencional visando-se validar estes valores. Os resultados obtidos confirmaram a acurácia da determinação de valores de digestibilidade de

nutrientes de alimentos através de uma dieta-referência alternativa, de onde se pode concluir que a dieta-referência alternativa é mais acurada para a determinação da ED de alimentos utilizados para suínos.

ABSTRACT

PEREIRA, Luís Eduardo of Jesus Pereira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, September of 2000. **Digestibility of nutrients of feedstuffs for pigs with different diet-reference.** Adviser: Aloízio Soares Ferreira. Committee Members: Juarez Lopes Donzele and Luiz Fernando Albino Teixeira.

Seven digestibility assays were accomplished with pigs being used diet-reference, calls of alternative diet-reference or conventional diet-reference, contends texts of gross protein and digestible energy, that when are included feedstuffs test, was above or below the demands of the animals being objectified to verify the values obtained for digestible protein (DP), digestible dry matter (DDM) and digestible energy (DE) of the feedstuffs is being sub or overestimated and consequently to verify the values of digestibility of the nutrients of the feeds obtained for pigs for this way presents variations to each other. The statistical analysis of experiment was accomplished casualizado entirely with thirteen treatments and four or three repetitions for treatment and analysis of non orthogonal contrasts in agreement with the procedures of BONFERRONI, at 10% of probability for if they compare the contrasts of the averages. With relationship to the results of the proteic feedstuffs were not found significant differences for the data obtained among the two diet-reference. Considerable percentile differences were verified in the digestibility values of some feeds among the two diet-reference, that allowed to deduce that the

alternative diet-reference, in the case of feeds with gross, same high protein contents also contends variable texts of gross fiber, it is more adequate to determine the values of digestible energy of the feeds, even so it is less adequate to determine the values of digestible protein and although in the alternative diet-reference it happens overestimative of the digestible protein and in the conventional diet-reference it happens overestimative of the digestible energy. Significant differences were verified in gross energy digestible coefficient (GEDC), in digestible energy (DE) and in the metabolizable energy (ME) among the diet-references alternative and conventional when the results of feedstuffs were compared highly energy, having been the values obtained with the superior alternative diet-reference to the values obtained with the conventional diet-reference. Significant differences were not verified for gross protein digestible coefficient (GPDC) , gross energy digestible coefficient (GEDC), metabolizability of digestible energy coefficient (MDEC), DP, DE, ME and DDM among the diet-reference for corn and wheat meal. However a difference of 26,2% was verified in the text of DE and of 22,0% in the text of ME among the two techniques for the wheat meal, having been the values obtained with the superior technique alternative to the obtained with the conventional technique. Significant differences were not verified for GPDC, GEDC, MDEC, DP, DE, ME and DDM among the techniques for cotton farelo and for the wheat farelo, even so a difference of 20,0% was verified in the text of DE and of 19,0% in the text of IN, in favor of the conventional technique for the cotton meal and of 26,2% in the text of DE and of 22,0% in the text of ME, in favor of the alternative technique for the wheat meal. Significant differences were verified for DE when all the tested energy feedstuffs were compared. It can be inferred like this that with the alternative technique are obtained results of digestibilidade of DE of the energy victuals and or fibrous more reliable. This also behaved a digestibility assay being made use of the values obtained by food with them alternative and conventional diet-reference being sought to validate these values. The obtained results confirmed the quality of the determination of values of digestibility of nutrients of feeds through an alternative diet-reference, from where can conclude that the alternative diet-reference is more adequate for the determination of DE of feedstuffs used for pigs.

1. INTRODUÇÃO

A determinação dos valores de digestibilidade dos alimentos para suínos tem sido importante para o auxílio à formulação de dietas para esta espécie. Os ensaios de metabolismo têm sido conduzido com suínos de diversas idades e pesos corporais, na tentativa de se chegar a valores que melhor expressem o valor biológico dos alimentos.

Em função de pesquisas estarem sendo conduzidas, sob as mais diversas condições, entre elas os diferentes ambientes, os resultados tem sido variáveis e provavelmente seja esta a razão da continuação destas pesquisas (FERREIRA et al., 1997). As diferenças de resultados no metabolismo podem ser influenciadas também pelas condições intrínsecas ao alimento, tais como o processamento, o armazenamento e a variedade da planta (LODHI et al., 1976). É possível ainda, que, a própria técnica que tem sido usada seja, também, uma das causas de variação nos resultados dos ensaios de digestibilidade com alimentos para suínos.

As técnicas conhecidas para se determinar os coeficientes de digestibilidade da Matéria Seca (MS), da Proteína Bruta (PB) e da Energia Bruta (EB) dos alimentos com suínos, e suas conseqüentes partições, tem sido aquelas nas quais são utilizados animais sem operação e dietas com ou sem marcadores ou indicadores fecais (coleta total).

Nessas técnicas tem sido utilizadas dietas de composição conhecida, denominadas Dietas-referência (DR), nas quais tem-se incluído o alimento, que

se quer determinar os valores de digestibilidade dos nutrientes, em diversas proporções. Porém, essas DRs tem sido formuladas para atender as exigências nutricionais dos suínos para a fase usada, que no entanto, ao serem diluídas com o ingrediente teste, tem produzido uma dieta final desbalanceada, ou seja, não tem atendido as exigências nutricionais dos animais. Apesar do período experimental durar entre dez e 15 dias, é provável que a digestibilidade de alguns nutrientes seja afetada por esse desequilíbrio nutricional.

Além disso, de acordo com o nível de fibra presente na composição da DR, a digestibilidade dos nutrientes pode ser afetada, e pode ocorrer superestimativa ou subestimativa desses valores em função da composição da dieta utilizada para a sua determinação. Dietas contendo alto teor de fibra tem apresentado coeficientes de digestibilidade maior à medida em que se aumenta a idade do animal no ensaio de metabolismo, e isso, pode estar diretamente relacionado ao maior aproveitamento da fração fibrosa no intestino grosso (BERTOL e LUDKE 1999).

Os alimentos utilizados para suínos podem ser agrupados de acordo com sua função nutricional, ou seja, podem ser classificados em alimentos protéicos, energéticos, fibrosos, minerais e vitamínicos.

Então, é possível que uma única dieta para se determinar a digestibilidade de nutrientes para os suínos não seja adequada para ser utilizada para alimentos protéicos, energéticos e aqueles que contenham níveis maiores de fibras.

Assim, conduziu-se vários ensaios de digestibilidade com suínos, objetivando-se verificar se apenas a dieta-referência convencional é apropriada para se determinar a digestibilidade de alimentos protéicos, energéticos e fibrosos.

Este trabalho foi escrito de acordo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composição química de alimentos

O custo com a alimentação representa uma grande parte dos custos totais da produção de suínos, portanto, ao se formular rações balanceadas, busca-se atender todas as exigências nutricionais do animal dentro de cada fase de seu desenvolvimento, para que esses possam expressar todo seu potencial genético de desempenho. Para que essas rações sejam formuladas de maneira precisa e também econômica, é preciso que se conheça a composição nutricional e os respectivos valores energéticos dos alimentos, assim como se existe alguma limitação quanto à sua utilização.

A composição química e os valores de digestibilidade dos alimentos podem ser influenciados por diferentes fatores como a origem, condições de armazenamento, tipo de processamento, variedade, peso ou idade do animal, nível de inclusão, quantidade e qualidade da proteína, teor de fibra, consumo e a presença de fatores antinutricionais.

A análise química é o ponto de partida para se determinar o valor nutritivo de um alimento, mas ela descreve apenas o valor potencial desses alimentos; sendo que a utilização dos nutrientes ingeridos pelo animal depende do uso que o organismo esteja capacitado a fazer deles.

Os nutrientes presentes em diferentes alimentos, não são utilizados pelos animais de maneira igual. Daí a importância em se determinar os valores

de energia digestível, energia metabolizável, digestibilidade da proteína e dos aminoácidos, para que se obtenham dados mais consistentes, possibilitando atender de maneira adequada as exigências dos suínos.

Resumidamente, a digestibilidade é definida como a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes. Quando essa fração é expressa como porcentagem da ingesta, recebe o nome de coeficiente de digestibilidade.

A energia não é um nutriente, mas uma propriedade dos nutrientes se transformam em energia, quando oxidados durante o metabolismo (ALBINO e SILVA, 1996). O valor de energia de um alimento pode ser expresso em termos de energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL).

Autores citados pelo NRC (1988) sugerem a utilização dos valores de ED para definir as necessidades de energia dos suínos e a quantidade de energia dos alimentos, uma vez que ela é mais fácil de ser determinada do que a EM, e ainda os valores de ED são disponíveis para a maioria dos alimentos usados.

A energia bruta (EB), também chamada de calor de combustão de uma substância, é representada pelo calor proveniente de sua queima total até CO_2 e H_2O , é obtida por meio de uma bomba calorimétrica e representa a quantidade total de energia presente em um alimento. Mas, mesmo sendo o ponto de partida para a avaliação energética dos alimentos, a EB não tem tanto valor na prática, uma vez que o animal não consegue utilizar toda essa energia, devido às perdas de energia ocorridas durante o metabolismo dos alimentos.

Parte da energia que o animal ingere no alimento é perdida nas fezes, na urina e como gases da digestão. A determinação da ED e EM de uma dieta é feita através de ensaios de metabolismo, utilizando o método da coleta total de fezes e urina. O conteúdo de energia da dieta, das fezes e da urina é determinado e a ED é obtida pela diferença dos teores de energia bruta da dieta consumida e da energia das fezes. A EM é a ED menos as perdas de energia na urina e por gases da digestão. A EL é a EM menos o incremento calórico.

O incremento calórico (IC) dos alimentos representa toda perda de energia (calor) durante os processos de digestão, absorção, metabolismo dos nutrientes e fermentação no trato intestinal. Essa energia não pode ser usada

para processos produtivos mas pode ser usada para manter a temperatura do animal em um meio ambiente frio (NRC, 1998a) funcionando como economizador de energia para manutenção da homeostasia calórica, mas em climas quentes induz a uma perda extra de energia em face da mesma necessidade.

No caso dos suínos, as perdas de energia provenientes da produção de gases no trato digestivo são geralmente ignoradas, já que são de difícil determinação e representam uma fração muito pequena da ED, e geralmente menores que 1% da EB consumida (EWAN, 1991). Essas perdas podem ser desprezíveis, segundo MORGAN e WHITTEMORE (1982), podem ser expressivas quando se estuda alimentos não convencionais que sofrem grande fermentação no intestino grosso.

O teor de ED de uma ração pode ser obtido somando-se a ED dos ingredientes, assumindo-se que não há nenhuma interação. Se a digestibilidade da dieta total não é a soma da digestibilidade de vários ingredientes individuais, existe a possibilidade de ter ocorrido um efeito associativo dos alimentos (YOUNG et al., 1991).

A energia perdida na urina representa uma porcentagem variável de ED, dependendo do teor de nitrogênio (N) na urina. Em um determinado estágio fisiológico, em que o teor de nitrogênio retido no organismo é estável, o nitrogênio eliminado pela urina irá depender do teor de proteína digestível, e, portanto, do teor de proteína bruta da dieta. Assim, a proporção de EM:ED está relacionada com o teor de proteína da dieta. A retenção de proteína como porcentagem da proteína digestível, ou da dieta, pode variar bastante entre os estágios fisiológicos (NOBLET e HENRY, 1993).

A relação EM:ED é mais ou menos constante, e geralmente equivale a 0,96. Esta relação, entretanto, não é aceitável quando o teor de PB da dieta ou a retenção de proteína são altos ou baixos. A quantidade e qualidade da proteína de um alimento tem um efeito direto sobre os valores de EM como porcentagem da absorvida (NOBLET e HENRY, 1993).

Quando uma proteína é fornecida em excesso, ou se ela é de baixa qualidade, os aminoácidos que não são usados para síntese protéica, serão catabolizados. No processo de catabolismo, o excesso de proteína é desaminado e a cadeia carbonada é usada uma fonte de energia, mas esta

energia é menor que a fornecida pelos glicídios e lipídeos, em função de serem aproveitadas apenas 60% da mesma, considerando que os animais não podem queimar uréia (perda de 20%) e perda de mais 20% em razão da digestão incompleta.

O aumento no teor de proteína da dieta ocasiona aumento da excreção de N na forma de uréia em relação ao N total excretado, diminuindo então, o valor calórico da dieta. A grande perda de N urinário, associado a desaminação de aminoácidos, leva a redução da EM.

HOLMES (1973) concluiu que a avaliação de alimentos ricos em proteína acarretou redução nos valores de EM, desde que um alto nível de inclusão do alimento protéico a uma dieta basal foi usado.

Então, se com o aumento dos teores de proteína do alimento pode ocorrer uma diminuição nos valores de EM, comparar alimentos com base na sua ED pode levar a uma superestimação dos valores energéticos nos alimentos protéicos.

Quando ocorre um excesso de proteína na dieta ou um desequilíbrio na relação energia/proteína a parte da proteína que teve sua utilização bloqueada por um dos fatores citados, sofrerá desaminação. Nesse processo será aumentada a perda energética não só pela desaminação como também pelo gasto energético envolvido e com o IC que poderá exigir maior gasto de energia para manter a homeostasia térmica do animal (se não for no frio).

As relações EL:EM são calculadas em diferentes situações. Se o consumo de EM está abaixo do nível de manutenção, a EM adicional é usada para evitar perdas de energia corporal. A relação $EL_m:EM_m$ corresponde a eficiência de utilização da EM para manutenção. Mas se o consumo de EM é superior às exigências de manutenção do animal, o adicional (EM_p) é retido no corpo (EL_p) como proteína ou gordura ou exportado para o leite. A relação $EL_p:EM_p$ corresponde a eficiência de utilização da EM para produção-crescimento ou leite (NOBLET e HENRY, 1993).

A EM se origina de diferentes nutrientes (açúcares, aminoácidos, ácidos graxos de cadeia longa e AGV). Por isso o principal objetivo da avaliação da EL dos alimentos é quantificar as eficiências de utilização desses nutrientes para EL (manutenção, armazenamento corporal ou leite).

Na teoria a eficiência de utilização da EM da glicose, gordura, proteína e mistura de aminoácidos está em torno de 102,100, 82 e 87% respectivamente. Nas dietas práticas, os valores da eficiência são normalmente menores que na teoria, isso devido aos custos adicionais de energia na ingestão, digestão e atividade.

Utilizando suínos em crescimento, JUST (1982) observou que a eficiência de utilização da EM aumentou quando o nível de gordura na dieta foi elevado e diminuiu quando mais proteína ou fibra bruta foram adicionadas.

Muitos autores citam a idade e o peso dos suínos como fatores que podem influenciar a digestibilidade de um alimento, mas esses resultados tem se mostrado algumas vezes contraditórios. TRINDADE NETO (1992) e FERREIRA et al. (1997), não observaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos alimentos testados entre os animais nas fases de crescimento e terminação. Já FIALHO et al. (1982) observaram que os animais mais pesados proporcionaram maiores valores de digestibilidade dos alimentos.

A digestibilidade pode ser diferente para os animais mais jovens, que não têm o sistema enzimático completamente desenvolvido em relação aos animais adultos.

Segundo NOBLET e HENRY (1993), as diferenças nos coeficientes de digestibilidade da energia, em diferentes idades, estágios fisiológicos e nível de alimentação são explicados, em grande parte, por mudanças na utilização digestiva da fibra, gordura e proteína bruta, que são dependentes do tempo de trânsito e da capacidade digestiva do suíno.

Para se determinar os valores nutricionais de um alimento, assume-se que o conteúdo de energia dos ingredientes individuais na ração não são aditivos e, assim, independente da combinação na qual os vários ingredientes ocorrem, o seu valor de ED é sempre o mesmo.

Quando alimentos são usados em baixos níveis de inclusão, nos estudos de digestibilidade, pequenas diferenças na determinação dos valores de energia da dieta teste podem ter considerável influência sobre o cálculo da ED e EM dos alimentos. NEVES (1993), utilizando uma ração balanceada para determinar digestibilidade de alimentos observou que esse método não foi eficiente para determinação dos valores no farelo de soja e na farinha de

vísceras de aves, devido às baixas quantidades com que esses alimentos entraram nas rações, fazendo com que o erro ficasse multiplicativo. Já para o milho, devido à elevada quantidade de inclusão nas rações, o erro foi minimizado, com resultados mais confiáveis e menores coeficientes de variação.

Os monogástricos se caracterizam pela pequena capacidade de digerir alimentos fibrosos. O conteúdo de fibra dos alimentos indica a sua maior ou menor disponibilidade para suínos, pois, embora possam ter uma flora bacteriana ativa no intestino grosso, não possuem as enzimas necessárias para a digestão de celulose.

A inclusão de ingredientes fibrosos nas rações para suínos, pode afetar a digestibilidade da MS, EE, PB, além de diminuir a densidade energética da dieta e, assim, a ingestão de energia, levando a um menor desempenho dos animais.

Na tentativa de manter um constante consumo de ED, os animais aumentam o consumo da dieta. O trato gastrointestinal aumenta para acomodar o maior volume de alimento e a taxa de passagem da ingesta é aumentada, resultando em uma diminuição na digestibilidade dos nutrientes (EWAN, 1991).

A digestão de fibras pelos suínos depende de vários fatores como fonte e composição da fibra, nível de inclusão na dieta, processamento da fibra, idade e peso vivo dos animais.

Os polissacarídeos não amídicos não podem ser hidrolizados pelas enzimas dos suínos. Essas enzimas são específicas para carboidratos de ligação α , como o amido, não sendo ativas para carboidratos com ligações β e oligossacarídeos contendo galactose, encontrado em vários cereais. Os polissacarídeos não amídicos podem ser utilizados após fermentação pelas bactérias do intestino. Esse tipo de comportamento leva a uma perda de energia. Além disso, a suplementação com polissacarídeos não amídicos aumenta a viscosidade da digesta. Esse aumento tende a reduzir a intensidade de contato entre os nutrientes da dieta e as secreções digestivas e prejudicar o transporte para a superfície epitelial, afetando a digestão e absorção de nutrientes.

O aumento no conteúdo de fibra bruta na dieta leva a diminuição da digestibilidade da energia, MORGAN e WHITTEMORE (1982), da proteína bruta e da gordura (NOBLET e HENRY, 1993).

A natureza e quantidade de fibra na dieta afetam o volume de suco pancreático e a proliferação celular (descamação) no intestino (LAPLACE, 1986). A descamação da mucosa intestinal e a produção de muco (causando impedimento físico de acesso das enzimas) aumentam, levando a maior perda de proteína endógena (SAUER e OZIMEK, 1986).

A fibra é capaz de adsorver aminoácidos e peptídeos impedindo estes de absorção e a extensão na qual isso ocorre depende do grau de lignificação (NYACHOTI et al., 1997).

Em vista do que foi relatado, a fibra na dieta de suínos pode reduzir a digestibilidade devido a uma redução na absorção de nutrientes e/ou aumento na excreção endógena (LENIS et al., 1996), estando o pior aproveitamento dos nutrientes de alimentos fibrosos em função do aumento da taxa de passagem e do maior gasto de energia para metabolizar os nutrientes nesses alimentos.

Segundo YOUNG et al. (1991), a atividade microbiana no intestino grosso pode resultar em superestimação do valor de energia de dietas com alto teor de fibra devido à produção de ácidos graxos voláteis.

Os alimentos com elevado teor de fibra possuem um alto IC, portanto não se recomenda o seu uso nas dietas fornecidas em períodos de calor, uma vez que quanto maior o IC, maior a energia gasta para manter a homeotermia e menor a energia disponível para produção. Mas podem ser usados como vantagem para monogástricos em estresse de frio, pois como já mencionado anteriormente, o calor liberado ajuda a manter a homeotermia do animal.

A adição de gorduras na dieta aumenta a densidade de energia e resulta na redução de consumo para manter um constante consumo de ED (EWAN, 1991).

As gorduras liberam menos calor durante a digestão e metabolismo, impondo assim menos estresse de calor quando o animal estiver em altas temperaturas ambiente. Portanto, adicionar óleos e gorduras nas dietas de suínos pode ser vantajoso durante períodos de calor, já que têm um menor IC que carboidratos e proteínas. E a sua maior densidade energética ajuda a compensar a diminuição no consumo durante exposição ao calor.

Segundo PETTIGREW e MOSER (1991), animais em crescimento armazenam consideráveis quantidades de gordura, a qual é mais eficientemente produzida a partir da gordura da dieta do que de carboidratos ou proteínas. Os ácidos graxos são liberados durante a digestão e são absorvidos. Geralmente, são depositados como gorduras e aumentam a eficiência de utilização da gordura. Essa maior eficiência de deposição gera uma menor quantidade de calor (menor IC).

Além da vantagem do menor IC, segundo PETTIGREW e MOSER (1991), a digesta contendo alta concentração de gordura move-se através do trato gastrointestinal mais lentamente que a com menor concentração de gordura, permitindo um maior tempo para a digestão e absorção de outros nutrientes.

O processamento a que os alimentos são submetidos pode afetar a sua digestibilidade. Por exemplo, diferentes tipos de processamento dos grãos de oleaginosas, podem resultar em farelos com diferentes teores de gordura.

O farelo de soja destaca-se pelo seu valor protéico e também energético, mas sabe-se que após o tratamento térmico, os valores de inibidores de tripsina e lectinas são muito variáveis, diminuindo a digestibilidade da proteína.

Os fatores antinutricionais do alimento podem levar a diferenças na digestibilidade da proteína. Os inibidores de tripsina, taninos e lectinas podem mediar seus efeitos via mudanças nos processos digestivos, afetando tanto as perdas de aminoácidos endógenos como dos exógenos (SAUER e OZIMEK, 1986). Eles aumentam as perdas de N endógeno por aumentar a secreção e/ou por diminuir a degradação e reabsorção de N endógeno (NYACHOTI et al., 1997).

Sabe-se que os suínos consomem certas quantidades de ração para satisfazerem primariamente suas necessidades de energia. A medida que se aumenta o conteúdo energético da ração, ocorre uma redução no seu consumo para manter um relativo consumo de energia diária. Isso sugere que todos os nutrientes da dieta sejam relacionados ao seu conteúdo de energia. A relação nutriente/caloria deve ser considerada nas rações de suínos, garantindo com isto o consumo necessário dos diversos nutrientes presentes na dieta.

O ponto chave na formulação prática de rações está, portanto, em se determinar a relação nutriente:energia, pois assim pode-se regular o consumo de nutrientes. Só que a efetividade desse método de formulação depende da precisão, obtida nas determinações dos valores de EM dos alimentos, que representa a energia disponível nos alimentos para os suínos.

2.2. Digestibilidade de alimentos usados por suínos

A escassez de informações sobre os valores de digestibilidade e composição química dos alimentos nacionais possíveis de serem utilizados na alimentação de suínos e aves podem inviabilizar a sua utilização em dietas destes animais e a atualização de tabelas nacionais.

Um dos primeiros trabalhos no Brasil, foi conduzido por ALVARENGA et al. (1977) que estudando o balanço de energia e da proteína do milho e de algumas variedades de sorgos com suínos, obteve melhores valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) e proteína digestível (PD) para suínos com maior peso.

Posteriormente, FIALHO et al. (1979) avaliando o efeito do peso sobre o balanço energético e protéico de rações à base de milho e de sorgos com diferentes conteúdos de tanino para suínos, constataram que os valores de digestibilidade da matéria seca (DMS), ED e coeficiente de digestibilidade da proteína (CDP) foram melhores ($P < 0,05$) que os obtidos para rações à base de sorgo baixo e alto tanino; sendo os valores de DMS e ED melhores para rações com sorgo baixo tanino em relação àquelas com sorgo de alto tanino.

LANNA et al. (1979) determinaram valores de composição química, de digestibilidade e de energia de vários alimentos com suínos, e obtiveram resultados semelhante, em sete, e diferentes, em oito, alimentos em relação àqueles descritos pelo NAS (1971). Dentre os alimentos estudados, a farinha de glúten de milho 60% destacou-se como um ingrediente com alto valor energético e de proteína digestível.

Entretanto, FIALHO et al. (1982) estudando a composição química e valores de digestibilidade de doze alimentos para suínos, constataram que a composição química dos ingredientes analisados, mostraram-se similares às descritas na tabelas consultadas.

Posteriormente, FIALHO et al. (1984) estudando a avaliação química e digestibilidade dos nutrientes de alimentos, para suínos de diferentes pesos, observaram que, com exceção da cama de aviário que apresentou grande variação na composição química, os demais alimentos apresentaram-se dentro de uma faixa de variação similar àquelas citadas em tabelas estrangeiras e, ou, trabalhos realizados no Brasil. Com relação à digestibilidade, constatou-se que ingredientes com teores mais elevados em fibra bruta foram os que apresentaram os valores mais baixos de MSD, CDP, ED e EM.

A composição química dos alimentos pode ser influenciada por vários fatores. Segundo LODHI et al. (1976) grandes variações na composição química dos alimentos ocorre devido às condições adversas relativas ao clima, processamento, armazenamento como também alimentos oriundos de diferentes regiões.

A composição química e valores energéticos de alguns alimentos, para suínos com diferentes idades, foram estudadas por BATTISTI et al. (1985) que constataram diferenças na composição química dos alimentos avaliados, quando comparados com os relatados na literatura. Os teores de PB dos alimentos, exceto sorgo sacarino e farinha de sangue, foram inferiores, enquanto os teores de matéria mineral dos produtos de origem animal tenderam a ser superiores aos encontrados na literatura. Os autores associaram a maior variação na composição química dos alimentos de origem vegetal aos diferentes tipos de processamento, à matéria prima utilizada e à falta de controle de qualidade desses ingredientes.

O processamento dos ingredientes utilizados na ração de aves e suínos visa a melhoria da digestibilidade e, ou, da disponibilidade dos nutrientes. MOREIRA et al. (1994) avaliaram os coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor e observaram que o valor de ED determinado para o milho foi inferior aos encontrados nas tabelas mais utilizadas para formular rações (ROSTAGNO et al., 1983; NRC, 1988; EMBRAPA, 1991) enquanto os milhos que foram submetidos ao processamento apresentaram níveis energéticos mais elevados que os do milho comum dessas mesmas tabelas.

Recentemente, FIALHO et al. (1997) enfatizaram que as possíveis variações observadas nos alimentos analisados podem estar associados ao

processamento, tendo ainda constatados algumas variações nos valores de ED e EM em relação aos referenciados nas literaturas nacional (EMBRAPA, 1991; ROSTAGNO et al., 1992; FIALHO, 1995) e estrangeira (NRC, 1988 e NOBLET e HENRY, 1993).

O nível de melhoria na digestibilidade dos nutrientes de alimentos processados depende do próprio alimento, do tipo de processamento, do tempo e temperatura de aquecimento, da umidade do alimento, do tamanho da partícula e do nível de inclusão do alimento na ração, entre outros (MOREIRA et al., 1994).

Segundo MOREIRA et al. (1994) é importante considerar que o tipo e parâmetros do processamento influenciam o valor nutricional dos alimentos, e que a idade do suíno também influencia o valor energético.

FIALHO et al. (1994) determinaram a composição química e valores de MSD, CDP, PD, ED e EM de dez alimentos para suínos nas fases de crescimento e terminação. Foi constatado que apenas os alimentos com altos teores de fibra apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as fases estudadas.

LIMA et al. (1994) determinaram os valores de energia de subprodutos da extração do óleo de soja obtidos com suínos e concluíram que todos os alimentos (ácido graxo acidulado, ácido graxo destilado, ácido graxo refino físico, lecitina de soja e óleo degomado de soja) têm alto valor energético.

Utilizando oito leitões, machos castrados, com peso médios de 32,3 kg, para determinar a digestibilidade do milho com alto teor de óleo, SILVA et al. (1997) determinaram que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta e de metabolizabilidade foram de 82,35; 59,47; 42,40; 90,86 e 99,87, respectivamente.

BERTOL e ZANOTTO (1997) avaliando o balanço de energia e nitrogênio de alguns alimentos para suínos concluíram que é importante a disponibilização dos valores de composição química e de energia dos alimentos, cujo volume de informações na literatura é limitado; sendo necessário estudar, de maneira mais intensa, o valor nutricional do farelo de soja e milho, principais alimentos utilizados nas dietas dos suínos, de forma a obter dados de composição química e valores de energia mais representativos da média nacional.

Dentre vários fatores que podem influenciar os valores de digestibilidade dos alimentos protéicos, a quantidade e a qualidade de proteína de uma ração ou alimento tem efeito direto sobre os valores da energia metabolizável como percentagem da absorvida (EMA).

De acordo com MAY e BELL (1971) e NRC (1988), quando a proteína é fornecida em excesso, ou quando é de baixa qualidade, os aminoácidos não usados para a síntese protéica são catabolizados e usados como fonte de energia; e o nitrogênio é excretado como uréia. Assim, a grande perda de nitrogênio urinário, associado com a deaminação de proteína digestível absorvida em excesso, acarreta redução da EM.

Considerando que ocorre diminuição dos valores de EM com o aumento do teor de proteína do alimento, HOLMES et al. (1986), observaram que em comparações dos alimentos, na base de suas ED, podem levar a uma superestimação dos valores energéticos dos alimentos protéicos.

DIGGS et al. (1965) encontraram valores de EMA de 81,5% para alimentos protéicos e de 94,81% para alimentos energéticos. Valores semelhantes foram determinados por FIALHO et al. (1982), que encontraram valores de 93,92% e 86,52% para a EMA dos alimentos energéticos e protéicos, respectivamente.

MAY e BELL (1971) concluíram que a avaliação de alimentos ricos em proteína resultou na redução nos valores de EM, desde que um alto nível de inclusão do alimento protéico a uma dieta basal foi usado. Os autores citam que métodos tradicionais para determinação do valores de EM e EMc, podem subestimar os valores energéticos dos alimentos protéicos.

Para a determinação do valor de digestibilidade de um alimento, assume-se que o conteúdo de energia de ingredientes individuais em uma ração não são aditivos, e deste modo, independente da combinação na qual vários ingredientes ocorrem, o seu valor de ED é sempre o mesmo (FRAPE et al., 1976).

Estudando os valores de digestibilidade da cevada, MORGAN e WHITEMORE (1982) por meio de método direto e de substituição, utilizando dois níveis de inclusão, não encontraram diferenças para os valores de ED, em ambos os níveis. Entretanto, os valores em EM variaram entre os níveis de inclusão. Concluiu-se que os valores de ED e EM, calculados por ambos os

métodos, diferiram no máximo 3% mostrando que o método de substituição fornece resultados satisfatório.

Entretanto, PESTI e WARE (1986) compararam os valores energéticos de alimentos obtidos pela substituição da dieta-referência (MATTERSON, 1965) ou técnica do uso da glicose (HILL e ANDERSON, 1958), e encontraram valores menores para a substituição da dieta-referência. Este resultado foi atribuído à interação entre os ingredientes da dieta-teste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. **Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 1996, p.303-318.
- ALVARENGA, J.C., COSTA, P.M.A., ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., SILVA, M.A. Balanço de energia e da proteína de diferentes sorgos com suínos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.** v. 8, n.1, p.152-170.1979.
- BATTISTI, J.A., PEREIRA, A.A., COSTA, P.M.A., ROSTAGNO, H.S., SILVA, M.A., MELLO, H.V. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos para suínos com diferentes idade. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.14, n.2, p.141-150, 1985.
- BERTOL, T. M., LUDKE, J.V. Determinação dos valores de digestibilidade e do balanço de nitrogênio de alguns alimentos para leitões na fase inicial. **Rev. Bras. Zootec.** v.28, n.6, p.1279-1287, 1999.
- BERTOL, T. M., ZANOTO, D. L. Determinação do balanço de energia e nitrogênio de alguns alimentos para suínos. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 1997, **Anais...** Foz do Iguaçu, 1997. p.345-346.
- DIGGS, B.G.; BECKER, D.E.; JENSEN, A.H., NORTON, H.W. Energy value of various feeds of young pig. **J. Anim. Sci.** v. 24, n.2, p. 555-558,1965.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves.** 3 ed. Concórdia: 1991, 97 p. (EMBRAPA-CNPSA, Documentos, 19).

- EWAN, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. Swine nutrition. London: Butterworth-Heinemann, 1991. p.121-132.
- FERREIRA, E.R.A., FIALHO, E.T., TEIXEIRA, A.S., LIMA, J.A.F., GONÇALVES, T.M. Avaliação da composição química e determinação dos valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suínos. **R. Soc. Bras. Zootec.** v.26, n.3, p. 514-523, 1997.
- FIALHO, E. T., ROSTAGNO, H.S., FONSECA, J.B., SILVA, M.A. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e protéico de rações à base de milho e de sorgo com diferentes conteúdo de tanino para suínos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.8, n.3, p.386-397, 1979.
- FIALHO, E. T., BELLAVER, C., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. Composição química e valores de digestibilidade de alimentos, para suínos de pesos diferentes. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.11, n.2, p.262-280, 1982.
- FIALHO, E.T., ALBINO, L.F.T., THIRÉ, M.C. Avaliação química e digestibilidade de alimentos, para suínos de diferentes pesos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.13, n.3, p.360-374, 1984.
- FIALHO, E. T., LIMA, J.A.F., FERREIRA, E.R.A., FERREIRA, R.A. Determinação química e valores energéticos de alguns alimentos para suínos. In: XXXI Reunião Anual da SBZ, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá:1994. p.15.
- FIALHO, E.T., BARBOSA, H.P., ALBINO, L.F.T. Chemical composition, digestible protein and Energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. **Anim. F. Sci. Technol.** v 55, p. 239-245. 1995.
- FIALHO, E. T., LIMA, J.A.F., SILVEIRA, P.R., SILVA, M.A.S. Determinação dos valores energéticos de alguns alimentos através de ensaios metabólicos com suínos. In: XXXIV Reunião Anual da SBZ, 1997, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora, 1997. p. 84-86.
- FRAPE, D. L.; TUCK, M. G., BOXALL, R.C. A proposed experimental method for the determination of digestible energy of ingredients in pig feeds. **J. Agric. Sci.**, v. 86, p. 325-328, 1976.
- HILL, F.W. e ANDERSON, D.L. Comparison of metabolizable energy and productive energy productions with growing chicks. **J. Nutr.** n.64, p.587-603, 1958.
- HOLMES, C. W. The energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature. **Anim. Prod.** n.16, v.2, p.117-133, 1973.
- JUST, A. The net energy value of crude fat for growth in pigs. **Liv. Production Science**, v.9, p.591-509, 1982

- LANNA, P.A.S., ROSTAGNO, H.S., COSTA, P.M.A., QUEIROZ, A.C. Tabela de composição de alimentos concentrados. II valores de composição química, de digestibilidade e de energia determinados com suínos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.8, n.3, p.524-531, 1979.
- LAPLACE, J.P. **Amino acid availability in pig feeding**. In: 4th World Congress of animal deeding, Madrid, 1986. V. IX, p.109-129. Madrid-Spain, 1986.
- LENIS, N.P., BIKKER, P., MEULEN, J. et al. Effect of dietary neutral detergent fiber on ileal digestibility and portal flux of nitrogen and amino acids and on nitrogen utilization in growing pigs. **J. Anim. Sci.** v.74, n.11, p.2687-2695, 1996.
- LIMA, G.J.M.M., ALBINO, L.F.T., BRUM, P.A.R., ZANOTTO, D.L., BARBIERI, D. Valores de energia de subprodutos da extração do óleo de soja obtidos com suínos. In: XXXI Reunião Anual da SBZ, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá:1994. p. 16.
- LODHI, G.H. Variation in nutrient content of feedingstuffs rich in protein and reassessment of the chemical method for metabolizable energy estimation for poultry. **J. Anim. Sci.** v.86, n.2, p.29-303, 1976.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTUZ, N.W., SINGSEN, J.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Res. Reports**, Univ. Conn., v.7, p.3-11, 1965.
- MAY, R.W., BELL, J.M. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for growing pig. **Can. J. Anim. Sci.** v.51, n.2, p.271-278, 1971.
- MOREIRA, I., ROSTAGNO, H.S., COELHO, D.T., COSTA, P.M.A., TAFURI, M.L. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.23, n.6, p.917-929, 1994.
- 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.
- NAS – National Academy of Science – National Research Council – Nutrient Requirements of Poultry. Washington, 28p. 1977
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 9th ed. Washington, D.C., NAS, 1988. 91p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10th ed. Washington, D.C., NAS, 1998. 189p.
- NEVES, A.C.E. **Estudo da composição química, da digestibilidade e dos valores energéticos de alguns alimentos para suínos em duas fases**. Viçosa:UFV, 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – 1993. 63p.

- NOBLET, J., HENRY, Y. Energy evaluation systems for pig diets: a review. **Lives. Prod. Sci.** v.36, n.2, p.121-141, 1993.
- NYACHOTI, C.M., LANGE, C.M., McBRIDE, B.W. et al. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. **Canadian Journal of Animal Science.** v.7, p. 149-163, 1997.
- PESTI, G.M., WARE, G.O. Expressing the variability in results of metabolizable energy assays. **J. Nutr.** v.116, p.1385-1389, 1986.
- PETTIGREW, J.E. e MOSER, R.L. Fat in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991.p.133-145.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras).** Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1992. 59p.
- SAUER, W.C. e OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. **Lives Prod. Sci.** v.15, p.367-388, 1986.
- SILVA, L.P.G., KRONKA, R.N., THOMAZ, M.C., BANZATTO, D.A., SOTO, W.L.C., RIBEIRO, P.R., CARVALHO, L.E. Digestibilidade do milho com alto teor de óleo e sua utilização no desempenho dos suínos nas fases inicial, crescimento e terminação. In: XXXIV Reunião Anual da SBZ, 1997, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora, 1997. p. 84-86.
- TRINDADE NETO, M.A. Farelo de glúten de milho (FGM) para suínos em crescimento e terminação (digestibilidade e desempenho). Lavras:ESAL, 56p. Tese – Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, 1992.
- YOUNG, L.G., LOW, A.G., CLOSE, W.H. Digestion and metabolism techniques in pigs. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine Nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991.p.631-648.

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE ALIMENTOS PROTÉICOS PARA SUINOS UTILIZANDO DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA

RESUMO – Com o objetivo de se comparar a determinação da digestibilidade de alimentos protéicos, fazendo-se uso de dietas referências contendo teores de proteína acima ou abaixo das exigências dos animais, foram realizados dois ensaios de metabolismo com suínos em crescimento. Foram usadas duas dietas-referência para a determinação da digestibilidade de farelo de soja e farelo de algodão. A primeira, denominada de alternativa, foi aquela em que se usou uma dieta-referência formulada de maneira que ao se ter parte substituída pelo ingrediente teste, compôs uma dieta balanceada e outra, denominada de convencional, onde se usou uma dieta-referência padrão, que ao se ter parte substituída pelo ingrediente teste produziu uma dieta desbalanceada. Não foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,10$) entre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, da energia bruta, da matéria seca e nem entre os valores de proteína digestível, energia digestível e metabolizável dos ingredientes entre as dietas-referência usadas. Porém detectou-se diferenças percentuais e numéricas nos resultados que permitiram inferir que, com a dieta alternativa ocorre superestimação da proteína digestível e com a dieta convencional ocorre superestimação da energia digestível. Assim, conclui-se que a dieta alternativa é mais adequada para determinação da digestibilidade dos nutrientes de alimentos para suínos.

Palavras-chave: Energia digestível, energia metabolizável, coeficiente de digestibilidade, proteína digestível.

DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS OF PROTEIC FEEDSTUFFS FOR PIGS USING DIFFERENT DIET-REFERENCE

ABSTRACT – With the objective of comparing the determination of the digestibility of proteic feedstuffs, being made use of diets references contends protein texts above or below the demands of the animals, two metabolism assays were accomplished with growth pigs. They were used two diet-reference for the determination of the digestibility of soybean meal and cottonseed meal. The first, denominated of alternative, it went to that used a formulated diet-reference so that when having part substituted by the ingredient it tests, it composed a balanced diet and other, denominated of conventional, where a diet-reference pattern was used, that when having part substituted by the ingredient test produced a imbalanced diet. They were not found significant differences ($P < 0,10$) among the coefficients of digestibility of the gross protein, of the gross energy, of the dry matter it evaporates and nor enters the values of digestible protein, digestible energy and metabolizable energy of the ingredients among the reference diet used. Even so it was detected percentile and numeric differences in the results that allowed to infer that, with the alternative diet it happens overestimative of the digestible protein and with the conventional diet it happens overestimative of the digestible energy. Thus, it is ended that the alternative diet is more adapted for determination of the digestibility of the nutrients of feedstuffs for growth pigs.

Keywords: Energy digestível, energy metabolizável, digestibilidade coefficient, protein digestível.

INTRODUÇÃO

O custo com a alimentação tem representado a maior parte dos custos totais da produção de suínos e, por isso, para se formular rações balanceadas tem-se buscado atender todas as exigências nutricionais do animal dentro de cada fase de seu desenvolvimento, para que esses possam expressar todo seu potencial genético de desempenho. Para que as rações para suínos sejam formuladas de maneira precisa e também econômica, torna-se, então, necessário conhecer a composição nutricional e os valores energéticos dos alimentos, assim como se existe alguma limitação quanto à utilização do alimento.

A análise química tem sido o ponto de partida para se determinar o valor nutritivo de um alimento, mas ela descreve apenas o valor potencial do alimento; sendo que a utilização dos nutrientes ingeridos pelo animal depende da capacidade do organismo animal em fazer uso deles.

Os nutrientes presentes em diferentes alimentos, não tem sido utilizados pelos animais da mesma maneira. Daí a importância em se determinar os valores de energia digestível, energia metabolizável, digestibilidade da proteína, e disponibilidade dos aminoácidos dos alimentos para suínos.

Pode-se exemplificar isso, a partir da proteína, que quando fornecida em excesso na dieta, ou quando de baixa qualidade, seus aminoácidos que não forem usados para síntese protéica, são catabolizados. No processo de catabolismo, o excesso de proteína é desaminado e a cadeia carbonada é usada como fonte de energia, porém essa energia tem sido menor que a fornecida pelos glicídios e lipídeos, visto que somente 60% dela tem sido aproveitada pelo organismo, porque os suínos não tem capacidade para queimar a uréia (perda de 20%) e ainda, porque tem ocorrido a perda de mais 20% em razão da digestão incompleta. Desse modo, alimentos com elevados teores de proteína bruta podem ter diminuição nos seus valores de Energia Metabolizável (EM), devido ao maior catabolismo da proteína que conduz a maior excreção de nitrogênio (N) na urina, na forma de uréia.

Tem-se verificado que a avaliação de alimentos ricos em proteína tem acarretado em redução nos valores de EM, quando se elabora dietas-referências com maiores teores protéicos, por conseguinte com maiores

quantidades de alimentos protéicos (NEVES, 1993). Então, se com o alimentos contendo altos teores de proteína pode ocorrer uma diminuição nos valores de EM, comparar alimentos com base na sua ED pode levar a uma superestimação dos valores energéticos nos alimentos protéicos.

Pelo exposto as dietas-referência comumente utilizadas podem não ser adequados para determinar a digestibilidade de diferentes alimentos utilizados na alimentação de suínos, principalmente quando são testados alimentos com altos teores de proteína bruta.

Assim, conduziram-se dois ensaios de digestibilidade com suínos em crescimento com o objetivo de se verificar se nos experimentos de digestibilidade, nos quais tem sido usadas dietas com teores de proteína acima ou abaixo das exigências dos animais, os valores de digestibilidade dos alimentos testados não estão sendo sub ou superestimados e a acurácia do uso de diferentes dietas-referência para determinação da digestibilidade de nutrientes em alimentos utilizados para suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios de metabolismo com suínos foram conduzidos nas instalações do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizados 28 suínos mestiços, machos castrados alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por PEKAS (1968), tendo sido 16 animais com peso médio de 30 kg para o ensaio de digestibilidade com o farelo de algodão e 12 animais com peso médio de 44 kg para o ensaio de digestibilidade com o farelo de soja.

Os tratamentos constaram de duas rações basais, denominadas dieta-referência alternativa e convencional (DR1 e DR2), formuladas de maneira a atender (aqui denominada de técnica alternativa) ou não (aqui denominada de técnica convencional) as exigências protéicas e energéticas quando tivessem incluídos os alimentos que foram testados. Os alimentos testes – farelo de soja, farelo de algodão – substituíram 25,0 e 30,0%, respectivamente, peso por peso

das dietas referência, constituindo-se quatro tratamentos para o farelo de soja e quatro para o farelo de algodão.

Na Tabela 1 encontram-se apresentados os valores da composição dos ingredientes utilizados para a formulação das dietas tendo sido alguns valores determinados no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com técnicas descritas em SILVA (1990) e outros buscados na literatura.

TABELA 1 – Composição bromatológica dos ingredientes

Alimento	Componente				
	MS (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	ED (kcal/kg)	FB (%)
Milho	87,5	8,30	4055	3493**	1,78
F. Soja	88,6	45,0	4211	3378**	6,46
F. Algodão	88,9	34,5	4103	1970**	25,16
Gord. Coco	-----	-----	8794	8724**	-----

** ROSTAGNO et al. (1992).

As composições das dietas usadas nos ensaios encontram-se apresentadas na Tabela 2.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias – às 08:00 h e às 16:00 h, e a quantidade fornecida a cada animal foi baseada no tamanho metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), de modo que todos receberam a mesma quantidade diária de ração por unidade de tamanho metabólico.

O período de adaptação e coleta foi de 13 dias, sendo oito dias para adaptação dos animais às gaiolas (cinco para adaptarem-se às dietas e determinação de consumo e três para regularização do fluxo da dieta no trato digestivo) e cinco dias de coleta de fezes e urina.

As fezes foram pesadas diariamente e em seguida foi retirada uma alíquota de 20%, que foi acondicionada em sacos plásticos e armazenadas em freezer, para conservação. Após o período de coleta, as fezes de cada animal

TABELA 2 – Composição Centesimal das Rações Experimentais

Rações Experimentais								
Ingrediente	Farelo de Soja				Farelo de Algodão			
	T1 (DR1)	T2	T3 (DR2)	T4	T1 (DR1)	T2	T3 (DR2)	T4
Milho	96,0	--	69,0		76,8	--	69,0	--
Farelo de Soja	--	25,0	27,0	25,0	10,2	--	27,0	--
F. de Algodão	--	--	--	--	--	30,0	--	30,0
Gord. Coco	--	--	--	--	9,0	--	--	--
Núcleo ¹	4,0	--	4,0	--	4,0	--	4,0	--
DR1	--	75,0	--	--	--	70,0	--	--
DR2	--	--	--	75,0	--	--	--	70,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição Calculada								
Proteína Bruta %	8,17	17,53	17,99	24,99	10,96	18,00	17,87	22,80
E. Digestível Kcal/kg	3353	3360	3323	3337	3801	3320	3319	2982

1 – Núcleo mineralíco e vitamínico contendo: Vit. A, 250.000Ui; Vit. D3, 42.000 UI; Vit. E, 500 mg; Vit. K3, 67 mg, Vit. B1, 50 mg; Vit. B2, 100 mg; Vit. B6, 67 mg; Vit. B 12, 400 mcg; Niacina, 667 mg; Pantotenato de Cálcio, 417 mg.; Colina, 10.000 mg; Promotor de Crescimento, 1000 mg; antioxidante, 2.500 mg; Cálcio, 245 g; Fósforo, 75 g; ferro, 2.333 mg; Cobre, 333 mg; Manganês, 1.333 mg; Iodo, 20 mg; Selênio, 5 mg; zinco, 2.667 mg; Flúor (máx.), 1 g; Cobalto, 15,33mg; Sol. Fósforo em Ácido Cítrico (min.), 90%, por kg de produto.

foram deixadas por 12 h à temperatura ambiente e homogeneizadas. Uma amostra foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72 h. Em seguida a amostra foi exposta ao ar para o equilíbrio à temperatura e umidade ambiente, pesada, moída e homogeneizada e colocada em frascos para análises posteriores.

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes plásticos contendo 20 ml de HCl 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação bacteriana. Após nova filtragem, a urina foi completada com água destilada a um volume constante, de onde foi retirada uma amostra de 5% e colocada em recipientes de vidro, um para cada animal e armazenadas em geladeira, para as análises de nitrogênio e energia.

As análises de matéria seca, proteína bruta e energia das fezes e urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com SILVA (1990).

A digestibilidade do ingrediente teste foi determinada com o emprego da fórmula de MATTERSON et al. (1965).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ANOVAG, contido no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1995) para se determinar o quadrado médio do resíduo (QMR).

Foi realizada a análise estatística de experimento inteiramente casualizado com oito tratamentos e quatro ou três repetições por tratamento, pelo teste de SNK, a 10% de probabilidade. Para se compararem as médias obtidas na digestibilidade dos ingredientes testes com as duas dietas-referência, foi usado análise de contrastes não ortogonais de acordo com procedimentos de Bonferroni a 10% de probabilidade.

Foi também realizada análise estatística de experimento inteiramente casualizado com dois tratamentos e três repetições por tratamento, pelo teste de t, a 10% de probabilidade, para se comparar as dietas-referência usadas para farelo de soja e farelo de algodão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), relação energia metabolizável por energia bruta (EMEB), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), dos alimentos com altos teores de proteína e em função das dietas utilizadas, encontram-se apresentados na Tabela 3.

Não foram encontradas diferenças significativas para dados obtidos entre as duas técnicas pelo teste de Bonferroni a um nível de significância de 10%, e também, não foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,10$) pelo teste SNK quando se comparou as médias obtidas para o farelo de soja e o farelo de algodão.

TABELA 3 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca e Metabolizante, Valores de ED, de EM e de PD do Ingrediente em Função da Dieta-Referência Usada

Parâmetros	Dieta Alternativa			Dieta Convencional			NS	CV
	Farelo Algodão	Farelo Soja	Média	Farelo Algodão	Farelo Soja	Média		
CDPB	83,0	107,2	95,1	76,5	96,4	86,5	NS	6,7
CDEB	57,3	84,3	70,8	68,8	95,4	82,1	NS	10,4
EM/EB	98,4	104,0	100,9	97,9	102,0	99,7	NS	0,8
PD	28,6	48,1	38,3	26,4	43,3	34,8	NS	6,8
ED	2351	3549	2950	2824	3953	3389	NS	9,8
EM	2326	3674	3000	2766	4017	3391	NS	8,7
MSD	84,0	93,6	88,8	80,7	94,1	87,4	NS	1,1

NS – Não Significativo.

Vale considerar aqui uma análise lógica e biológica mais acurada, com relação aos contrastes de alimentos com altos teores protéicos, como se segue.

Com relação à MSD não se verificaram diferenças a serem consideradas na análise, entretanto, ao se compararem as médias isoladamente, observam-se algumas diferenças de valores obtidos em função da técnica, que devem ser considerados.

No caso de CDPB, EM/EB e PD, na dieta alternativa, para alimentos semelhantes verificou-se valores percentualmente superiores àqueles obtidos com a dieta convencional. Os valores obtidos para CDPB, EM/EB e PD com esta dieta foram respectivamente de 8,5; 0,5 e 8,3% para farelo de algodão e de 11,0; 2,0 e 11,1% para farelo de soja superiores aos obtidos com a dieta-referência convencional. Por outro lado, os valores percentuais obtidos para CDEB e conseqüentemente os valores de ED e EM foram maiores, quando se utilizou a dieta convencional, e as variações percentuais para estes parâmetros foram respectivamente de 20,1; 20,1 e 18,9 para o farelo de algodão e 13,2; 11,4 e 9,3 para o farelo de soja.

Vale ressaltar ainda, como elemento para análise, que com a técnica alternativa foram obtidos valores de PD superiores aos de PB para o farelo de soja, o que acarretou em valores de coeficientes de digestibilidade da PB maiores que 100% e que tanto para o farelo de soja quanto para o farelo de algodão os valores de ED obtidos com a técnica convencional foram superiores aos valores encontrados nas tabelas de composição de alimentos.

Pode-se inferir que quando foi fornecida proteína de boa qualidade, mas em quantidades tais que permitiram que os animais recebessem níveis próximos às suas exigências nutricionais, após a inclusão do alimento na dieta referência alternativa, houve um consumo maior desta proteína. É possível que, por essa razão tenha havido um efeito associativo da digestibilidade da PB do alimento, aumentando-se os valores de digestibilidade da própria dieta referência, que em essência continha valores de PB inferiores à exigência do animal, o que pode explicar os valores de coeficiente de digestibilidade maiores que 100%. Daí, talvez, se possa deduzir que com a técnica alternativa tenha havido superestimativa da PD devido ao CDPB subestimado. É possível, também, que o valor EM do milho tenha sido subestimado devido à qualidade de sua proteína, quando este foi fornecido como único alimento.

Para a determinação do valor de digestibilidade de um alimento, assume-se que o conteúdo de energia de ingredientes individuais em uma ração não sejam aditivos, e deste modo, independente da combinação na qual vários ingredientes ocorrem, o seu valor de ED tem sido o mesmo (FRAPE et al., 1976).

Na tabela 4 estão apresentados os resultados da digestibilidade das dietas-referência usadas, onde se pode constatar que não houve diferença no CDEB entre estas dietas, por isso pode-se inferir que as diferenças constatadas na digestibilidade dos ingredientes provavelmente se devam às diferenças nas técnicas.

Considerando-se os valores de 39% de PD, 1,5% EED e 31,6% ENND para o farelo de soja, de 26,0% PD, 1,5% EED e 31,1% ENND para o farelo de algodão e considerando-se ainda, que nenhuma interferência ocorre no processo digestivo, pode-se estimar o potencial máximo de energia digestível desses alimentos de acordo com ANDRIGUETTO et al. (1984) como sendo 3.656 Kcal/Kg para o farelo de soja e 2.901 Kcal/Kg para o farelo de algodão.

TABELA 4 – Valores de Coeficiente de Digestibilidade de Energia Bruta (CDEB) das dietas-referência usadas

Alimento	CDEB	CDEB		CV
	DR1	DR2		
F. de Soja	92,3	92,7	NS	0,62
F. Algodão	88,9	88,3	NS	5,28

* NS – Não significativo a 10% de probabilidade pelo teste de t.

Dessa forma pode-se constatar que os valores potencialmente relativos desses alimentos obtidos com a dieta-referência alternativa, foram de 83% para o farelo de algodão, de 97% para o farelo de soja; enquanto, que, os obtidos com a dieta-referência convencional foram de 97% para o farelo de algodão, de 108% para o farelo de soja. Assim pode-se inferir que os valores de energia digestível do farelo de soja obtidos com a dieta-referência convencional foram superestimados.

Assim pode-se verificar que com a dieta-referência convencional houve, se não para o farelo de algodão, mas para o farelo de soja, uma superestimativa dos valores de energia digestível.

Para a relação EM/EB, uma explicação possível, talvez seja, a de que, por ter havido o fornecimento de proteína de melhor qualidade e em níveis satisfatórios, ocorreu redução na perda de nitrogênio urinário e isso também talvez tenha feito com que a energia metabolizável se aproximasse do real.

HOLMES (1973) concluiu que a avaliação de alimentos ricos em proteínas acarreta redução nos valores de EM, desde que um alto nível de inclusão do alimento protéico a uma dieta basal seja usado.

De acordo com MAY e BELL (1971) e NRC (1988), quando a proteína é fornecida em excesso, ou quando é de baixa qualidade, os aminoácidos não usados para a síntese protéica são catabolizados e usados como fonte de energia; e o nitrogênio é excretado como uréia. Assim, a grande perda de nitrogênio urinário, associado com a deaminação de aminoácidos absorvidos em excesso, acarreta redução da EM.

Então, se com o aumento dos teores de proteína do alimento pode ocorrer uma diminuição nos valores de EM, comparar alimentos com base na sua ED pode levar a uma superestimação dos valores energéticos dos alimentos protéicos (HOLMES et al., 1986).

MAY e BELL (1971) concluíram que a avaliação de alimentos ricos em proteína resultou na redução nos valores de EM, desde que alto nível de inclusão do alimento protéico a uma dieta basal seja usado. Os autores citaram que métodos tradicionais para determinação do valores de EM e EMc, podem subestimar os valores energéticos dos alimentos protéicos. Citaram, também, que quando ocorre excesso de proteína na dieta ou desequilíbrio na relação energia:proteína, os aminoácidos da proteína que tem sua utilização bloqueada por um dos fatores citados sofrerá desaminação. Os mesmos autores buscaram explicar o processo da seguinte maneira: aumenta-se a perda energética não só pela desaminação como também pelo gasto energético envolvido e com o incremento calórico que poderá exigir maior gasto de energia para manter a homeostasia térmica do animal, desde que não no frio.

Também é preciso considerar que na formulação das dietas-referência utilizadas nos ensaios foram usados valores de composição química obtidos com a metodologia convencional de determinação de digestibilidade de alimentos e por isso, talvez, os valores de ED destas dietas tenham sido maiores que os determinados, e quem sabe possa ser esta a explicação da ED superestimada com a dieta-referência convencional.

Na tabela 5 são apresentados os valores encontrados para ED e PD dos farelos de algodão e de soja e alguns buscados na literatura.

Por meio da comparação entre os dados pode-se constatar que os valores de energia digestível encontrados na pesquisa em apreço para o farelo de soja e para o farelo de algodão com a DR2 foram bem superiores aos verificados por FIALHO et al. (1982) e FERREIRA et al. (1997), bem como aos citados nas tabelas ROSTAGNO et al. (2000) e EMBRAPA (1991), e, também que, o valores de proteína digestível para os ingredientes testados na pesquisa em apreço com a DR1 foram maiores que os citados na literatura.

TABELA 5 – Valores de ED e PD de Alimentos Testados

Origem	Farelo de Soja		Farelo de Algodão	
	ED	PD	ED	PD
DR2	3952	43,3	2824	26,4
DR1	3549	48,1	2351	28,6
ROSTAGNO et al. (2000)	3421	40,9	1970	17,80
FIALHO et al. (1982)	3644	40,3	-----	-----
EMBRAPA (1991)	3448	38,9	2151	21,6
FERREIRA et al. (1997)	3397	39,6	2507	23,0

O teor de ED de uma ração pode ser obtido somando-se a ED dos ingredientes, assumindo-se que não ocorre nenhuma interação. Se a digestibilidade da dieta total não é a soma da digestibilidade de vários ingredientes individuais, existe a possibilidade de ter ocorrido um efeito associativo dos alimentos (YOUNG et al., 1991).

A relação EM:ED é mais ou menos constante, e geralmente equivale a 0,96. Esta relação, entretanto, não tem sido aceitável quando o teor de PB da dieta ou a retenção de proteína forem considerados altas ou baixas. A quantidade e a qualidade da proteína de um alimento tem efeito direto sobre os valores de EM como porcentagem da proteína absorvida (NOBLET e HENRY, 1993).

Quando se forneceram dietas que conjugavam níveis de PB próximos às exigências dos animais e teores de ED elevados – técnica alternativa – comparados com níveis de PB e de ED elevados – técnica tradicional – observou-se que a digestibilidade e a metabolizabilidade da EB foram maiores para animais submetidos ao método convencional indicando que uma parte da PB, que estava em excesso, pode ter sido usada como fonte de energia.

Assim, pode-se deduzir que, com a dieta-referência alternativa, no caso de alimentos com altos conteúdos de PB, mesmo contendo, também, teores elevados de fibra, foi mais acurada para se determinar os valores de ED dos alimentos, porém foi menos acurada para se determinar os valores de PD, e

ainda que com dieta-referência alternativa ocorreu uma superestimação da PD, enquanto que com a dieta-referência convencional ocorreu uma superestimação da ED.

CONCLUSÃO

- 1 – A dieta-referência alternativa avaliada como ferramenta para a determinação da digestibilidade de alimentos para suínos é mais acurada.
- 2 – Utilizando-se a dieta-referência convencional há superestimativa dos valores de energia digestível e ao utilizar-se a dieta-referência alternativa há uma superestimativa da proteína digestível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. **Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 1996, p.303-318.
- FERREIRA, E.R.A., FIALHO, E.T., TEIXEIRA, A.S., LIMA, J.A.F., GONÇALVES, T.M. Avaliação da composição química e determinação dos valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suínos. **R. Soc. Bras. Zootec.** v.26, n.3, p. 514-523, 1997.
- FRAPE, D. L.; TUCK, M. G., BOXALL, R.C. A proposed experimental method for the determination of digestible energy of ingredients in pig feeds. **J. Agric. Sci.** v. 86, p. 325-328, 1976.
- HOLMES, C. W. The energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature. **Anim. Prod.** n. 16, v.2, p. 117-133, 1973.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTUZ. N.W., SINGSEN, J.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Res. Reports, Univ. Conn.**, v. 7, p.3-11, 1965.
- MAY, R.W., BELL, J.M. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for growing pig. **Canadian Journal of Animal Science.** v.51, n.2, p.271-278, 1971.

- NEVES, A.C.E. **Estudo da composição química, da digestibilidade e dos valores energéticos de alguns alimentos para suínos em duas fases.** Viçosa:UFV, 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – 1993. 63p.
- NOBLET, J., HENRY, Y. Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Lives. Prod. Sci.* v.36, n.2, p.121-141, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC.. **Nutrient Requirements of Swine.** 9th ed. Washington, D.C., NAS, 1988. 91p.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiology and metabolic studies. *J. Anim. Sci.* Champaign, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas brasileiras).** Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1992. 59p.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T, DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F.M.,e LOPES, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos;** composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2000. 141p.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). S.A.E.G. (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, MG, 1995 (Versão 7.0)
- YOUNG, L.G., LOW, A.G., CLOSE, W.H. Digestion and metabolism techniques in pigs. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine Nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991.p.631-648.

DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE ALIMENTOS ENERGÉTICOS E FIBROSOS PARA SUINOS UTILIZANDO DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA

RESUMO – Foram conduzidos cinco ensaios de metabolismo, para se verificar se dietas-referência diferentes para a obtenção de valores de digestibilidade de alimentos com alto conteúdo energético – óleo de soja e gordura de coco – e de alimentos com médio conteúdo energético e com teores variáveis de fibra – milho, farelo de trigo e farelo de algodão – utilizados para suínos, apresentam variações entre si. Os tratamentos constaram de duas rações basais, denominadas dieta-referência alternativa(DR1) e convencional (DR2), formuladas de maneira a atender (alternativa) ou não (convencional) as exigências protéicas e energéticas dos animais, quando foram incluídos os alimentos teste, conforme o caso. Os alimentos testes – milho, farelo de trigo, farelo de algodão, óleo de soja e gordura de coco – substituíram 35,0; 30,0; 30,0; 9,0 e 9,0%, respectivamente, em peso por peso as DRs. Foi realizada a análise estatística de experimento inteiramente casualizado com treze tratamentos e quatro ou três repetições por tratamento e análise de contrastes não ortogonais de acordo com os procedimentos de Bonferroni, a 10% de probabilidade, para se compararem os contrastes de médias. Foram verificadas diferenças significativas nos valores de CDEB, ED e na relação EM/ED entre as técnicas, quando se comparou os contrastes com alimentos contendo altos valores energéticos e nos valores de ED, entre técnicas, em outro contraste em que todos os alimentos – com altos ou médios teores energéticos – fizeram parte. Houve diferenças percentuais consideráveis nos valores de ED, entre técnicas, quando se consideraram os contrastes contendo de alimentos contendo fibra, embora não tenham sido detectadas diferenças significativas. Concluiu-se que a técnica alternativa é mais acurada para determinação da ED de alimentos energéticos e fibrosos utilizados na alimentação de suínos.

Palavras-chave: Fibra Bruta, Coeficiente de Digestibilidade, Energia Digestível, Energia Metabolizável.

DETERMINATION OF DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS OF ENERGETICS FEEDSTUFFS FOR PIGS USING DIFFERENT DIET-REFERENCE

ABSTRACT – Five metabolism assays were driven, to be verified if different diet-reference for the obtaining of values of digestibility of feedstuffs with high energy content – soy oil and coconut fat – and of feedstuffs with medium energy content and with variable texts of fiber – corn, wheat meal and cottonseed meal – used for pigs, they present variations to each other. The treatments consisted of two rations basal, denominated alternative and conventional diet-reference (RD1 and RD2), formulated in way to assist (alternative) or not (conventional) the proteic demands and energetics demands of the animals, when they were included the feeds test, according to the case. The feeds tests – corn, wheat meal, cottonseed meal, soy oil and coconut fat – they substituted 35,0; 30,0; 30,0; 9,0 and 9,0%, respectively, of the weight of the RD. The statistical analysis of experiment was accomplished casualized entirely with thirteen treatments and four or three repetitions for treatment and analysis of non orthogonal contrasts in agreement with the procedures of BONFERRONI, at 10% of probability, for if they compare the contrasts of averages. Significant differences were verified in the values of GEDC, DE and ME/DE among the techniques, when it was compared the contrasts with victuals contends high energy values and in the values of DE, among techniques, in another contrast in that all the victuals – with high or medium energy texts – they were part. There were considerable percentile differences in the values of DE, among techniques, when they were considered the contrasts contends of victuals contends fiber, although significant differences have not been detected. It was ended that the alternative technique is more acurated for determination of DE of energy and fibrous feedstuffs used in the pigs feeding.

Keywords: Gross fiber, Digestibility Coefficient, Digestible Energy, Metabilizable Energy

INTRODUÇÃO

A energia não é um nutriente, mas uma propriedade dos nutrientes se transformarem em energia, quando oxidados durante o metabolismo (ALBINO e SILVA, 1996). O valor de energia de um alimento pode ser expresso em termos de energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL).

Autores citados em NRC (1988) sugeriram a utilização dos valores de ED para definir as necessidades de energia dos suínos e a quantidade de energia dos alimentos, uma vez que ela pode ser mais facilmente determinada do que a EM, e ainda que os valores de ED estão disponíveis para a maioria dos alimentos usados na alimentação dos suínos.

Parte da energia que o animal ingere no alimento é perdida nas fezes, na urina e como gases da digestão. A determinação da ED e EM de uma dieta tem sido feita através de ensaios de metabolismo, utilizando-se técnicas de coleta total de fezes e urina. Nessas técnicas os conteúdos de energia da dieta, das fezes e da urina são determinados e a ED obtida, pela diferença dos teores de energia bruta da dieta consumida e da energia das fezes, enquanto que EM é obtida pela diferença entre a ED menos as perdas de energia na urina e por gases da digestão. A EL é a EM menos o incremento calórico.

O teor de ED de uma ração pode ser obtido somando-se a ED dos ingredientes, assumindo-se que não ocorre nenhuma interação. Se a digestibilidade da dieta total não for a soma da digestibilidade de vários ingredientes individuais, existe a possibilidade de ter ocorrido um efeito associativo dos alimentos (YOUNG et al., 1991).

Para determinar os valores de energia de um alimento, assume-se que o conteúdo de energia dos ingredientes individuais na ração não sejam aditivos e, assim, independente da combinação na qual os vários ingredientes ocorrem, o seu valor de ED é sempre o mesmo.

Quando alimentos são usados em baixos níveis de inclusão, nos estudos de digestibilidade, pequenas diferenças na determinação dos valores de energia da dieta teste podem ter considerável influência sobre o cálculo da ED e EM dos alimentos. NEVES (1993), utilizando uma ração balanceada para determinar digestibilidade de alimentos observou que essa técnica não foi eficiente para determinação dos valores no farelo de soja e na farinha de

vísceras de aves, devido às baixas quantidades em que esses alimentos entraram nas rações, fazendo com que o erro ficasse multiplicativo. Já para o milho, devido à elevada quantidade de inclusão nas rações, o erro foi minimizado, com resultados mais confiáveis e menores coeficientes de variação.

Os monogástricos se caracterizam pela pequena capacidade de digerir alimentos fibrosos. O conteúdo de fibra dos alimentos indica a sua maior ou menor disponibilidade para suínos, pois, embora possam ter uma flora bacteriana ativa no intestino grosso, não possuem as enzimas necessárias para a digestão de celulose.

A inclusão de ingredientes fibrosos nas rações para suínos, pode afetar a digestibilidade da MS, EE, PB, além de diminuir a densidade energética da dieta e, assim, a ingestão de energia, levando a um menor desempenho dos animais. Na tentativa de manter um constante consumo de ED, os animais aumentam o consumo da dieta. O trato gastrointestinal aumenta para acomodar o maior volume de alimento e a taxa de passagem da ingesta é aumentada, resultando em uma diminuição na digestibilidade dos nutrientes (EWAN, 1991).

O valor de energia de alimentos fibrosos e protéicos podem ser superestimados e o de gorduras podem ser subestimados quando expressos em ED. Entretanto, a presença de lipídeos nas dietas favorece o aumento da sua densidade energética, favorecendo-as, uma vez que melhoram a palatabilidade e diminuem a sua pulverulência, facilitando a ingestão.

A adição de gorduras na dieta pode aumentar a densidade de energia e resultar na redução de consumo para manter um constante consumo de ED (EWAN, 1991).

Pelo exposto, os níveis elevados de proteína bruta e valores de energia digestível diferentes das exigências dos animais, na ração referência, podem não ser adequados para determinar a digestibilidade de alguns alimentos. Principalmente quando são testados alimentos com altos teores de fibra bruta e de proteína bruta.

Assim pensando, conduziu-se uma série de ensaios de metabolismo, para se verificar se o uso de dietas-referência diferentes para a obtenção de valores de digestibilidade de alimentos energéticos e fibrosos, utilizados pelos suínos, apresentam variações entre si.

MATERIAL E MÉTODOS

Cinco ensaios com suínos em crescimento foram conduzidos nas instalações do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, para se determinar a digestibilidade da proteína bruta, da energia bruta e da matéria seca de alimentos energéticos e fibrosos, utilizados na alimentação de suínos.

Foram utilizados 72 suínos mestiços, machos castrados, com peso médio de 30 kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por PEKAS (1968).

Os tratamentos constaram de duas rações basais, denominadas dieta-referência alternativa (DR1) e convencional (DR2), formuladas de maneira a atender (alternativa) ou não (convencional) as exigências protéicas e energéticas dos animais. Nessas dietas foram incluídos os alimentos testes, conforme o caso. Os alimentos testes – milho, farelo de trigo, farelo de algodão, óleo de soja e gordura de coco – substituíram 35,0; 30,0; 30,0 e 9,0 e 9,0%, respectivamente, em peso por peso das dietas referência.

Na Tabela 1 encontram-se apresentados os valores da composição dos ingredientes utilizados para a formulação das dietas tendo sido alguns valores determinados no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com técnicas descritas em SILVA (1990) e outros buscados na literatura.

As composições das dietas usadas nos ensaios encontram-se apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

No caso específico das dietas que contiveram milho, um primeiro ensaio foi conduzido contendo quatro tratamentos, onde este alimento foi chamado de milho um. Os resultados obtidos para este alimento, pela dieta-referência convencional, serviram para um outro ensaio com o mesmo milho, onde na formulação da dieta-referência alternativa foi incluído material inerte para sua diluição energética. Para este ensaio denominou-se o alimento de milho 2, sendo que em ambos utilizou-se o mesmo milho. Este alimento deu origem aos tratamentos um, dois, três, quatro, cinco e seis (Tabela 2).

TABELA 1 – Composição bromatológica dos ingredientes

Componente					
Alimento	MS (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	ED (kcal/kg)	FB (%)
Milho	87,5	8,30	4055	3493**	1,78
F. Trigo	88,7	15,3	3914	2103**	9,55
F. Algodão	88,9	34,5	4103	1970**	25,16
Gord. Coco	-----	-----	8794	8724**	-----
Ó. Soja	-----	-----	9430	7956**	-----

** ROSTAGNO et al. (1992).

TABELA 2 – Composição Centesimal das Rações Experimentais

Ingrediente	Rações Experimentais													
	Milho						Farelo de Trigo				Farelo de Algodão			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	DR1		DR2		DR1		DR1		DR2		DR1		DR2	
Milho	--	35,0	69,0	35,0	--	35,0	58,1	--	69,0	--	76,8	--	69,0	--
Far. de Soja	51,6	--	27,0	--	51,6	--	31,9	--	27,0	--	10,2	--	27,0	--
Far. de Trigo	--	--	--	--	--	--	--	30,0	--	30,0	--	--	--	--
F. de Algodão	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	30,0	--	30,0
Amido	44,4	--	--	--	36,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Óleo de Soja	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gord. de Coco	--	--	--	--	--	--	6,0	--	--	--	9,0	--	--	--
Núcleo ¹	4,0	--	4,0	--	4,0	--	4,0	--	4,0	--	4,0	--	4,0	--
Inerte	--	--	--	--	8,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DR1	--	65,0	--	--	--	65,0	--	70,0	--	--	--	70,0	--	--
DR2	--	--	--	65,0	--	--	--	--	--	70,0	--	--	--	70,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Composição Calculada

Proteína Bruta %	23,22	18,00	17,87	14,50	23,22	18,00	19,17	18,00	17,87	17,10	10,96	18,00	17,87	22,80
E. Digestível (kcal/kg)	3596	3548	3319	3368	3252	3324	3638	3335	3319	3112	3801	3320	3319	2982

1 – Núcleo mineralico e vitamínico contendo: Vit. A, 250.000 Ui; Vit. D3, 42.000 UI; Vit. E, 500 mg; Vit. K3, 67 mg; Vit. B1, 50 mg; Vit. B2, 100 mg; Vit. B6, 67 mg; Vit. B 12, 400 mcg; Niacina, 667 mg; Pantotenato de Cálcio, 417 mg.; Colina, 10.000 mg; Promotor de Crescimento, 1000 mg; antioxidante, 2.500 mg; Cálcio, 245 g; Fósforo, 75 g; ferro, 2.333 mg; Cobre, 333 mg; Manganês, 1.333 mg; Iodo, 20 mg; Selênio, 5 mg; zinco, 2.667 mg; Flúor (máx.), 1 g; Cobalto, 15,33mg; Sol. Fósforo em Ácido Cítrico (min.), 90%, por kg de produto.

TABELA 3 – Composição Centesimal das Rações Experimentais

Rações Experimentais								
Ingrediente	Óleo de soja				Gordura de Coco			
	T1 (DR1)	T2	T3 (DR2)	T4	T1 (DR1)	T2	T3 (DR2)	T4
Milho	49,10	--	69,00	--	47,90	--	69,00	--
Farelo de Soja	33,90	--	27,00	--	33,10	--	27,00	--
Óleo de Soja	--	9,00	--	9,00	--	--	--	--
Gord. de Coco	--	--	--	--	--	9,00	--	9,00
Núcleo ¹	4,00	--	4,00	--	4,00	--	4,00	--
Inerte	13,00	--	--	--	15,00	--	--	--
DR1	--	91,00	--	--	--	91,00	--	--
DR2	--	--	--	91,00	--	--	--	91,00
	--	--	--	--	--	--	--	--
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada								
Proteína Bruta %	19,32	17,56	17,87	16,26	18,70	17,01	17,87	16,26
E. Dig. (kcal/kg)	2868	3326	3319	3736	2799	3339	3319	3812

1 – Núcleo mineralico e vitamínico contendo: Vit. A, 250.000 Ui; Vit. D3, 42.000 UI; Vit. E, 500 mg; Vit. K3, 67 mg, Vit. B1, 50 mg; Vit. B2, 100 mg; Vit. B6, 67 mg; Vit. B 12, 400 mcg; Niacina, 667 mg; Pantotenato de Cálcio, 417 mg.; Colina, 10.000 mg; Promotor de Crescimento, 1000 mg; antioxidante, 2.500 mg; Cálcio, 245 g; Fósforo, 75 g; ferro, 2.333 mg; Cobre, 333 mg; Manganês, 1.333 mg; Iodo, 20 mg; Selênio, 5 mg; zinco, 2.667 mg; Flúor (máx.), 1 g; Cobalto, 15,33mg; Sol. Fósforo em Ácido Cítrico (min.), 90%, por kg de produto.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias – às 08:00 h e às 16:00 h, e a quantidade fornecida a cada animal foi baseada no tamanho metabólico deste animal ($\text{kg}^{0,75}$), de modo que todos recebessem a mesma quantidade diária de ração por unidade de tamanho metabólico.

O período de adaptação e coleta foi de 13 dias, sendo oito dias para adaptação dos animais às gaiolas (cinco para adaptarem-se às dietas e determinação de consumo e três para regularização do fluxo da dieta no trato digestivo) e cinco dias de coleta de fezes e urina.

As fezes foram pesadas diariamente e em seguida foi retirada uma alíquota de 20%, que foi acondicionada em sacos plásticos e armazenadas em

freezer, para conservação. Após o período de coleta, as fezes de cada animal foram deixadas por 12 h à temperatura ambiente para em seguida serem homogeneizadas. Uma amostra foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72 h. Em seguida a amostra foi exposta ao ar para o equilíbrio à temperatura e umidade ambiente, pesada, moída e homogeneizada e colocada em frascos para análises posteriores.

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes plásticos contendo 20 ml de HCl 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação bacteriana. Após nova filtragem, a urina foi completada com água destilada a um volume constante, de onde foi retirada uma amostra de 5% e colocada em recipientes de vidro, um para cada animal e armazenadas em geladeira, para as análises de nitrogênio e energia.

As análises de matéria seca, proteína bruta, fezes e urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com SILVA (1990).

A digestibilidade do ingrediente teste foi determinada com o emprego da fórmula de MATTERSON et al. (1965).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ANOVAG, contido no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1995), para se determinar o quadrado médio do resíduo (QMR).

Foi realizada a análise estatística de experimento inteiramente casualizado com treze tratamentos e quatro ou três repetições por tratamento e análise de contrastes não ortogonais de acordo com os procedimentos de Bonferroni, a 10% de probabilidade, para se compararem os contrastes das médias. E nesta pesquisa estão retratados os resultados dos contrastes de todos os alimentos energéticos, alimentos energéticos com pequenas quantidades de proteína ou sem este nutriente e alimentos com teores elevados teores de fibra.

Foi também realizada análise estatística de experimento inteiramente casualizado com dois tratamentos e três repetições por tratamento, pelo teste de t, a 10% de probabilidade, para se comparar as dietas-referência usadas para milho um, milho dois, farelo de trigo, óleo de soja, gordura de coco e farelo de algodão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), relação energia metabolizável versus energia bruta (EM/EB), proteína digestível (PD), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e matéria seca digestível (MSD), obtidos com a utilização de duas dietas-referência encontram-se apresentados na Tabela 4, onde se compararam os alimentos que contém altos teores de energia – óleo de soja e gordura de coco; na Tabela 5 para aqueles alimentos que contém níveis médios ou baixos de energia – milho, farelo de trigo e farelo de algodão; na Tabela 6 para alimentos que contém teores variáveis de fibra – farelo de trigo e farelo de algodão e na Tabela 7 onde contém os alimentos energéticos e fibrosos.

Verificou-se diferenças significativas no CDEB, na ED e na EM entre as técnicas alternativa e convencional quando se compararam os resultados de alimentos altamente energéticos (óleo de soja e gordura de coco), tendo sido os valores obtidos com a técnica alternativa superiores aos valores obtidos com a técnica convencional.

TABELA 4 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca e Metabolizabilidade e Valores de ED e EM e Valores de PD em função do ingrediente e da dieta usada

Parâmetros	Dieta Alternativa			Dieta Convencional			S	CV
	Óleo Soja	Gord. Coco	Média	Óleo Soja	Gord. Coco	Média		
CDEB	96,0	97,3	96,6	76,4	62,4	69,4	S	23,1
EM/EB	97,7	97,5	97,6	99,4	111,0	105,2	NS	5,3
ED	9051	8558	8804	7204	5490	6347	S	22,9
EM	8849	8343	8596	7108	6117	66120	S	18,44

S – significativo a 10%.

NS – Não significativo.

TABELA 5 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca (MSD), da Proteína Bruta (CDPB) e da Energia Bruta (CDEB), relação da Energia Metabolizável por Energia Digestível (EM/ED) e Valores de PD, Energia Digestível (ED) e Energia Metabolizável (EM) em função do ingrediente e da dieta usada

Parâmetros	Dieta Alternativa				Dieta Convencional				CV	
	Milho 1	Milho 2	Far. Trigo	Média	Milho 1	Milho 2	Far. Trigo	Média		
CDPB	85,8	98,2	80,9	88,3	87,0	87,0	83,8	89,0	NS	0,6
CDEB	92,0	82,7	71,0	81,9	87,1	87,1	56,3	76,8	NS	4,5
EM/EB	98,2	96,2	96,2	96,9	97,8	97,8	99,8	98,5	NS	1,1
PD	7,1	8,2	12,4	9,2	7,2	7,2	12,8	9,1	NS	0,8
ED	3380	3352	2780	3171	3532	3532	2202	3089	NS	1,8
EM	3317	3222	2678	3042	3455	3455	2195	3035	NS	0,2
MSD	91,0	92,0	80,0	87,7	88,0	88,0	82,0	86,0	NS	1,4

NS – Não significativo.

TABELA 6 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca (MSD), da Proteína Bruta (CDPB) e da Energia Bruta (CDEB), relação da Energia Metabolizável por Energia Digestível (EM/ED) e Valores de PD, Energia Digestível (ED) e Energia Metabolizável (EM) em função do ingrediente e da dieta usada

Parâmetros	Dieta Alternativa			Dieta Convencional			CV	
	Far. Algodão	Far. Trigo	Média	Far. Algodão	Far. Trigo	Média		
CDPB	83,0	80,9	81,9	76,5	83,8	80,1	NS	1,6
CDEB	57,3	71,0	64,1	68,8	56,3	62,5	NS	1,8
EM/EB	98,4	96,2	92,3	97,9	99,8	98,8	NS	4,8
PD	28,6	12,4	20,5	26,4	12,8	19,6	NS	3,2
ED	2351	2780	2565	2824	2202	2513	NS	1,4
EM	2326	2678	2502	2766	2195	2480	NS	0,6
MSD	84,0	80,0	82,0	80,7	82,0	83,0	NS	0,8

NS – Não significativo.

TABELA 7 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca (MSD), da Proteína Bruta (CDPB) e da Energia Bruta (CDEB), relação da Energia Metabolizável por Energia Digestível (EM/ED) e Valores de PD, Energia Digestível (ED) e Energia Metabolizável (EM) em função do ingrediente e da dieta usada

Parâmetros	Dieta Alternativa							Dieta Convencional							CV	
			Far.	Far.	Óleo	Gord.	Média			Far.	Far.	Óleo	Gord.	Média		
	Milho 1	Milho 2	Trigo	algodão	Soja	Coco		Milho 1	Milho 2	Trigo	algodão	Soja	Coco			
CDPB	85,8	96,2	80,9	83,0			86,5	87,0	87,0	83,8	76,5			83,7	NS	2,3
CDEB	92,0	82,7	71,0	57,3	84,3	96,0	80,5	87,1	87,1	56,3	68,8	76,4	62,4	73,0	NS	6,9
EM/EB	98,2	96,2	96,2	98,4	97,7	97,5	97,4	97,8	97,8	99,8	97,9	99,4	111,0	100,6	NS	2,3
PD	7,1	8,2	12,4	28,6			14,1	7,2	7,2	12,8	26,4			13,4	NS	3,6
ED	3380	3352	2780	2351	9051	8558	4912	3532	3532	2202	2824	7204	5490	4131	S	12,2
EM	3317	3222	2678	2326	8849	8343	4789	3455	3455	2195	2766	7108	6117	4183	NS	9,5
MSD	93,6	91,0	92,0	80,0			89,1	88,0	88,0	82,0	80,7			84,7	NS	3,6

S – Significativo a 10%.

NS – Não significativo.

Os valores observados para ED e EM bem como os de CDEB na técnica alternativa parecem estar mais próximos do real, pois óleos, principalmente purificados, devem ter valores de digestibilidade de energia próximos de 100% (LIMA et al., 1994; DIGGS et al., 1965; FIALHO et al., 1982).

Segundo PETTIGREW e MOSER (1991), animais em crescimento armazenam consideráveis quantidades de gordura, a qual é mais eficientemente produzida a partir da gordura da dieta do que de carboidratos ou proteínas. Os ácidos graxos são liberados durante a digestão e são absorvidos. Geralmente, são depositados como gorduras e aumentam a eficiência de utilização da gordura. Essa maior eficiência de deposição gera uma menor quantidade de calor (menor IC).

Não se verificaram diferenças significativas para CDPB, CDEB, EM/EB, PD, ED, EM e MSD entre as dietas-referência para milho um e milho dois e farelo de trigo, mas verificou-se uma diferença de 26,2% no teor de ED e de 22,0% no teor de EM entre as duas dietas-referência para o farelo de trigo, tendo sido os valores obtidos com a dieta-referência alternativa superiores aos valores obtidos com a dieta-referência convencional.

Por outro lado diferenças percentuais da ordem de 14,5 e 15,5% para CDPB e PD e da ordem de 11,3% para CDEB foram observadas para o milho e isso pode ser uma evidência de que houve uma superestimativa dos valores de CDPB e PD, e uma subestimativa do valor de CDEB. Provavelmente, essas variações ocorreram em função da inclusão de inerte na dieta, o que pode ter prejudicado a utilização da energia e concomitantemente da proteína.

Não se verificaram diferenças significativas para CDPB, CDEB, CMED, PD, ED, EM e MSD entre as dietas-referência para farelo de algodão e farelo de trigo, mas verificou-se uma diferença de 20,0% no teor de ED e de 19,0% no teor de EM, em favor da dieta-referência convencional para o farelo de algodão e de 26,2% no teor de ED e de 22,0% no teor de EM, em favor da dieta-referência alternativa para o farelo de trigo.

Considerando-se os valores de 12,5% PD, 3,1% EED e 55,0% ENND para o farelo de trigo, e considerando-se ainda, que nenhuma interferência ocorre no processo digestivo, pode-se estimar o potencial máximo de energia digestível desses alimentos como sendo 3.281 Kcal/Kg para o farelo de trigo. Dessa forma pode-se constatar que os valores potencialmente relativos desses

alimentos obtidos com a dieta-referência alternativa foram de 85% para o farelo de trigo; enquanto que o obtido com a dieta-referência convencional para o mesmo alimento foi de 67%.

Considerando-se, também, os valores de 26,0% PD, 1,5% EED e 31,1% ENND para o farelo de algodão e de 12,5% PD, 3,1% EED e 55,0% ENND para o farelo de trigo, e considerando-se ainda, que nenhuma interferência ocorre no processo digestivo, pode-se estimar o potencial máximo de energia digestível desses alimentos como sendo 2.901 Kcal/Kg para o farelo de algodão e 3.281 Kcal/Kg para o farelo de trigo. Dessa forma pode-se constatar que os valores potencialmente relativos desses alimentos obtidos com a dieta-referência alternativa foram de 83% para o farelo de algodão e de 85% para o farelo de trigo; enquanto, que, os obtidos com a dieta-referência convencional foram de 97% para o farelo de algodão e de 67% para o farelo de trigo.

Assim pode-se inferir que os valores obtidos de ED obtidos com a dieta-referência alternativa foram mais próximos do real.

Entretanto, comparando-se os valores obtidos para os parâmetros avaliados para o farelo de trigo e o farelo de algodão, enquanto alimentos fibrosos, observou-se que para o farelo de trigo com a dieta convencional os valores de CDPB, EM/EB, PD e MSD foram, respectivamente, 3,6; 3,7; 3,2 e 2,5% maiores que com a dieta alternativa, enquanto que para o farelo de algodão os valores de CDEB, ED e EM obtidos com a dieta alternativa foram, respectivamente, 20,0; 20,1 e 18,9% maiores que os obtidos com a dieta convencional.

As diferenças encontradas entre os parâmetros avaliados nestes dois alimentos, quando se utilizou dietas-referência diferentes podem estar relacionadas às diferenças na composição da fibra presente em sua composição.

Na tabela 8 estão apresentados os resultados da digestibilidade das dietas-referência usadas, onde se pode constatar que não houve diferença no CDEB entre estas dietas, por isso pode-se inferir que as diferenças constatadas na digestibilidade dos ingredientes provavelmente se devam às diferenças nas técnicas.

TABELA 8 – Valores de Coeficiente de Digestibilidade de Energia Bruta (CDEB) das dietas-referência usadas

Alimento	CDEB			CV
	DR1	DR2		
Milho 1	93,0	88,3	NS	1,95
Milho 2	90,3	88,3	NS	3,04
F. Algodão	88,9	88,3	NS	5,28
F. Trigo	86,9	88,3	NS	2,38
Ó. Soja	75,5	88,3	NS	4,52
G. Coco	90,3	88,3	NS	0,27

* NS – Não significativo a 10% de probabilidade pelo teste de t.

Na composição das DR1, para farelo de trigo e farelo de algodão, houve a inclusão de 6,0 e 9,0% de gordura de coco para a adequação energética das dietas em se encontravam os alimentos teste. Possivelmente por esta presença, aliada ao fato de se testarem alimentos fibrosos, os valores tenham se apresentado inconsistentes com dados de literatura, pois a presença de gorduras na dieta pode promover uma redução no esvaziamento gástrico e uma redução na taxa de passagem da digesta, e isso resultar em maiores valores de digestibilidade de nutrientes (THOMSON et al., 1986).

A adição de gorduras, tanto de origem animal quanto vegetal às rações para suínos leva a uma melhoria na digestibilidade de nutrientes (IMBEAH e SAUER, 1991; LI e SAUER, 1994), além de levar a uma melhora de desempenho dos animais (FRALEY et al., 1988). SILVA et al. (1997) concluem que a adição de óleo de soja às dietas para suínos em terminação aumentam os valores de digestibilidade de dietas para suínos.

Os monogástricos se caracterizam pela pequena capacidade de digerir alimentos fibrosos. O conteúdo de fibra dos alimentos pode indicar a maior ou menor disponibilidade para suínos, pois, embora possam ter uma flora bacteriana ativa no intestino grosso, eles não possuem as enzimas necessárias para a digestão de celulose.

O farelo de trigo e o farelo de algodão têm apresentado, segundo informações contidas em ROSTAGNO et al. (1992) e EMBRAPA (1991) respectivamente, os seguintes valores em sua composição bromatológica: de 16,54 e 16,76 para PB; de 2367 e 2623 para ED; de 8,97 e 8,12 para FB, para o farelo de trigo e de 31,70 e 38,74 para PB; 1970 e 2151 para ED e de 25,16 e 11,98 para FB, para o farelo de algodão. Assim constatou-se que os valores de ED obtidos para farelo de trigo com a DR1 foram similares aos citados na tabela da EMBRAPA (1991), enquanto que os valores de ED obtidos com o mesmo alimento com a DR2 foram similares aos citados em ROSTAGNO et al. (1992), por outro lado os valores de ED obtidos com o farelo de algodão com a DR1 e a DR2 foram maiores que os citados na literatura, porém os valores obtidos com a DR1 foram mais próximos aos citados na literatura.

Na tentativa de manter um constante consumo de ED, os animais tendem a aumentar o consumo de dieta. Segundo EWAN (1991), o trato gastrointestinal aumenta para acomodar o maior volume de alimento e a taxa de passagem da ingesta é aumentada, resultando em uma diminuição na digestibilidade dos nutrientes.

A digestão de fibras pelos suínos depende de vários fatores como fonte e composição da fibra, nível de inclusão na dieta, processamento da fibra, idade e peso dos animais.

No estudo em apreço, para a formulação da DR1, para o farelo de trigo, foi utilizado 6% de gordura de coco, enquanto que para o farelo de algodão foi utilizado 9% de gordura de coco. Talvez os efeitos benéficos de aumento da digestibilidade de alimentos fibrosos em função da adição de óleo estejam limitados ao nível de inclusão superior a 6% e provavelmente tenha sido a inclusão de 9% de gordura de coco, na DR1, para farelo de algodão a responsável pelos maiores valores de ED obtidos para este alimento.

O aumento no conteúdo de fibra bruta na dieta pode levar à diminuição da digestibilidade da energia (MORGAN e WHITTEMORE, 1982), da proteína bruta e da gordura (NOBLET e HENRY, 1992).

A natureza e quantidade de fibra na dieta podem afetar o volume de suco pancreático e a proliferação celular (descamação) no intestino (LAPLACE, 1986). A descamação da mucosa intestinal e a produção de muco (causando

impedimento físico de acesso das enzimas) podem aumentar, levando a maior perda de proteína endógena (SAUER e OZIMEK, 1986).

A fibra tem sido capaz de adsorver aminoácidos e peptídeos impedindo estes de absorção e a extensão na qual tem sido dependente do grau de lignificação (NYACHOTI et al., 1997).

Em vista do que foi relatado, a fibra na dieta de suínos pode reduzir a digestibilidade devido a uma redução na absorção de nutrientes e/ou aumento na excreção endógena (LENIS et al., 1996). E, em consequência disso, o aproveitamento dos nutrientes de alimentos fibrosos pode ser comprometido em função do aumento da taxa de passagem e do maior gasto de energia para metabolizar os nutrientes nesses alimentos.

Segundo YOUNG et al. (1991), a atividade microbiana no intestino grosso pode resultar em superestimação do valor de energia de dietas com alto teor de fibra devido à produção de ácidos graxos voláteis.

Assim pode-se inferir que os valores de ED obtidos para o farelo de algodão e o farelo de trigo foram mais próximos do real quando se utilizou a técnica alternativa comparada com a técnica convencional.

Foram verificadas diferenças significativas para ED quando se comparou todos os alimentos energéticos testados. Esta diferença é explicada em função das diferenças obtidas com óleos e gorduras.

Desta maneira pode-se inferir que com a técnica alternativa se obtêm resultados de digestibilidade de ED dos alimentos energéticos e ou fibrosos confiáveis.

CONCLUSÃO

A técnica alternativa é mais acurada para determinação da ED de alimentos energéticos e fibrosos utilizados na alimentação de suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. **Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 1996, p.303-318.
- DIGGS, B.G.; BECKER, D.E.; JENSEN, A.H., NORTON, H.W. Energy value of various feeds of young pig. **J. Anim. Sci.** v. 24, n.2, p. 555-558,1965.
- EWAN, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine Nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991. p.121-132.
- FIALHO, E. T., BELLAVER, C., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. Composição química e valores de digestibilidade de alimentos, para suínos de pesos diferentes. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.11, n.2, p.262-280, 1982.
- FRALEY, J.R., COOK, D.A., JOHNSAN, C.L. et al. Na evaluation of dry-fat production as a source of supplemental energy in pigs diets. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n.7, p.1697-1702, 1988.
- IMBEAH, M. e SAUER, W.C. The effect of dietary level of fat on amino acid digestibilities in soybean meal and canola meal and on rate of passage in growing pigs. **Livest. Prod. Sci.**, v.29, p.227, 1991
- LENIS, N.P., BIKKER, P., MEULEN, J. et al. Effect of dietary neutral detergent fiber on ileal digestibility and portal flux of nitrogen and amino acids and on nitrogen utilization in growing pigs. **J. Anim. Sci.** v. 74, n.11, p.2687-2695, 1996.
- LIMA, G.J.M.M., ALBINO, L.F.T., BRUM, P.A.R., ZANOTTO, D.L., BARBIERI, D. Valores de energia de subprodutos da extração do óleo de soja obtidos com suínos. In: XXXI Reunião Anual da SBZ, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá:1994. p. 16.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTUZ. N.W., SINGSEN, J.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Res. Reports**, Univ. Conn., v. 7, p.3-11, 1965.
- MORGAN, C.A., WHITEMORE, C.T. Energy evaluation of feeds and compounded for pigs – A review. **Anim. Feed Sci. Tec.** v.7, n.4, p.387-400, 1982.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirements of Swine.** 9th ed. Washington, D.C., NAS, 1988. 91p.

- NEVES, A.C.E. **Estudo da composição química, da digestibilidade e dos valores energéticos de alguns alimentos para suínos em duas fases.** Viçosa:UFV, 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – 1993. 63p.
- NYACHOTI, C.M., LANGE, C.M., McBRIDE, B.W. et al. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. **Canadian Journal of Animal Science.**v.7, p. 149-163, 1997.
- NOBLET, J., HENRY, Y. Energy evaluation systems for pig diets: a review. **Lives. Prod. Sci.** v.36, n.2, p.121-141, 1993.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiology and metabolic studies. **J. Anim. Sci.** Champaign, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- PETTIGREW, J.E., MOSER, R.L. Fat in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine Nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991.p.133-145.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas brasileiras).** Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1994. 59p.
- SAUER, W.C., OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. **Lives Prod. Sci.** v.15, p.367-388, 1986.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- SILVA, F.C.O. **Níveis de energia digestível para suínos machos inteiros e fêmeas dos 60 aos 100 kg.** Viçosa:UFV, 1997. 102p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- THOMSON, A.B.R., KEELAN, M., CLANDININ, M.T. et al. Dietary fat selectively alters transport properties of rat jejunum. **The American Society for Clinical Investigation.** v. 77, p.279-288, 1986.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). S.A.E.G. (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, MG, 1995 (Versão 7.0)
- YOUNG, L.G., LOW, A.G., CLOSE, W.H. Digestion and metabolism techniques in pigs. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine Nutrition.** London: Butterworth-Heinemann, 1991.p.631-648.

VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DE DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS DETERMINADA COM DIFERENTES DIETAS-REFERÊNCIA

RESUMO – Foi conduzido um ensaio de metabolismo com a finalidade de se confirmar e validar valores de digestibilidade da proteína bruta, da energia bruta e da matéria seca de dietas utilizadas para suínos através da técnica convencional ou através de uma técnica alternativa em ensaios de metabolismo. Foram utilizados 12 suínos em crescimento, machos castrados, com peso inicial médio de 40 kg de peso corporal, distribuídos em quatro tratamento e três repetições por tratamento, em um delineamento inteiramente casualizado, cujos resultados foram analisados pelo teste de SNK a 10%. Houve diferenças significativas nos valores de CDPB e CMED entre as dietas testadas, tendo sido os valores de CDPB menores para as dietas formuladas com valores determinados com dieta-referência convencional e o valor de CMED menor para a dieta-referência alternativa. Pelos valores obtidos pode-se confirmar que a técnica usada para determinação de digestibilidade valendo-se de dieta-referência alternativa é mais acurada que a técnica com dieta convencional.

Palavras-chave: suínos, crescimento, energia digestível, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta

VALIDATION OF THE RESULTS OF DIGESTIBILITY IN FEEDS WITH DIFFERENT REFERENCE DIETS

ABSTRACT – A metabolism assay was driven with the purpose of to confirm and to validate values of digestibility of the gross protein, of the gross energy and of the dry matter of diets used for pigs through the conventional technique or through an alternative technique in rehearsals previously driven in the Department of Animal Science, of the Federal University of Viçosa. Twelve pigs was used in growth, castrated males, with medium initial weight of 40 kg of corporal weight, distributed in four treatment and three repetitions by treatment, in a design entirely casualized, whose results were analyzed by the test of SNK at 10%. there were significant differences in the values of GPDC and MEDC among the tested diets, having been the values of smaller GPDC for the diets formulated with values determined by the conventional technique and the value of smaller MEDC for the diet 1, formulated with base in values determined by the alternative technique. For the obtained values it can be confirmed that the technique alternative of determination of digestibility of feedstuffs used by the pigs is more acurated than the conventional technique.

Keywords: pigs, growth, digestible energy, crude protein digestibility coefficient.

INTRODUÇÃO

A determinação das frações digestível e metabolizável da proteína bruta, energia bruta e matéria seca contidas nos alimentos tem trazido considerável melhoria na formulação de dietas para monogástricos, notadamente suínos e aves.

As técnicas conhecidas para se determinar os coeficientes de digestibilidade da Matéria Seca (MS), da Proteína Bruta (PB) e da Energia Bruta (EB) dos alimentos com suínos, e suas conseqüentes partições, tem sido aquelas nas quais são utilizados animais sem operação e dietas com ou sem marcadores ou indicadores fecais (coleta total).

Nessas técnicas tem sido utilizadas dietas de composição conhecida, denominadas Dietas-Referência (DR), nas quais tem-se incluído o alimento que se quer determinar os valores de digestibilidade dos nutrientes, em diversas proporções. Porém, essas DRs têm sido formuladas para atender as exigências nutricionais dos suínos para a fase usada, que no entanto, ao serem diluídas com o ingrediente teste, têm produzido uma dieta final desbalanceada, ou seja, não atendem as exigências nutricionais dos animais. Apesar do período experimental durar entre dez e 15 dias, é provável que a digestibilidade de alguns nutrientes seja afetada por esse desequilíbrio nutricional.

Foram conduzidos previamente sete ensaios de digestibilidade visando-se estudar diferentes dietas-referência na determinação dos coeficientes de digestibilidade da PB, EB e da MS de alimentos protéicos, energéticos, com altos e baixos conteúdos destes nutrientes, contendo altos e baixos teores de fibra em sua constituição. Os resultados obtidos através desses ensaios apontaram no sentido de ter havido, em alguns casos, superestimativas e em outros subestimativas dos valores de digestibilidade dos nutrientes.

Assim torna-se necessário a realização de outros ensaios para validar ou não os resultados obtidos por meio das duas dietas referência.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade com suínos em crescimento foi conduzido nas instalações do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.

Foram utilizados 12 suínos mestiços, machos, castrados e com peso médio de 40 kg de peso corporal, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por PEKAS (1968).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições, para as análises estatísticas, sendo que cada gaiola de metabolismo foi considerada uma unidade experimental.

Os tratamentos constaram de quatro rações formuladas de maneira a atender às exigências nutricionais dos animais, contendo alimentos avaliados nos ensaios anteriores e cujos valores encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 – Composição bromatológica dos alimentos utilizados

Parâmetro	Milho		F. Soja		F. Trigo		Ó. soja		G. Coco	
	DR1	DR2	DR1	DR2	DR1	DR2	DR1	DR2	DR1	DR2
PB	8,3	8,3	45,0	45,0	15,3	15,3	----	----	----	----
PD	7,7	7,2	48,1	43,3	12,4	12,8	----	----	----	----
ED	3365	3532	3549	3953	2780	2202	9051	7204	8558	5490
EM	3270	3455	3674	4017	2326	2195	8849	7108	8343	6117

As dietas se encontram apresentadas na Tabela 2.

As rações foram fornecidas em duas refeições diárias – às 08:00 h e às 16:00 h, e a quantidade fornecida a cada animal foi baseada no tamanho metabólico deste animal ($\text{kg}^{0,75}$), fazendo com que todos recebessem a mesma quantidade diária de ração por unidade de tamanho metabólico.

TABELA 2 – Composição Centesimal das Rações

Rações Experimentais				
Ingredientes	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Milho	54,30	52,90	54,30	52,90
Farelo de Soja	26,70	25,10	26,70	25,10
Farelo de Trigo	10,00	15,00	10,00	15,00
Óleo de soja	3,00	1,85	---	---
Gordura de Coco	---	---	3,20	2,45
Núcleo ¹	4,00	4,00	4,00	4,00
Inerte	2,00	1,15	1,80	0,55
Total	100,00	100,00	100,00	100,0
Composição Calculada				
Proteína Bruta	18,05	18,05	17,99	17,99
Proteína Digestível	18,20	16,60	18,20	16,20
Energia Digestível	3324	3324	3326	3326
Energia Digestível ²	3307	3246	3340	3306
Energia Metabolizável	3316	3278	3318	3275

1 – Núcleo mineralico e vitamínico contendo: Vit. A, 250.000Ui; Vit. D3, 42.000 UI; Vit. E, 500 mg; Vit. K3, 67 mg, Vit. B1, 50 mg; Vit. B2, 100 mg; Vit. B6, 67 mg; Vit. B 12, 400 mcg; Niacina, 667 mg; Pantotenato de Cálcio, 417 mg.; Colina, 10.000 mg; Promotor de Crescimento, 1000 mg; antioxidante, 2.500 mg; Cálcio, 245 g; Fósforo, 75 g; ferro, 2.333 mg; Cobre, 333 mg; Manganês, 1.333 mg; Iodo, 20 mg; Selênio, 5 mg; zinco, 2.667 mg; Flúor (máx.), 1 g; Cobalto, 15,33mg; Sol. Fósforo em Ácido Cítrico (min.), 90%, por kg de produto.

2 – De acordo com dados obtidos em NRC (1988).

O período de adaptação e coleta foi de 13 dias, sendo oito dias para adaptação dos animais às gaiolas – cinco para adaptarem-se às dietas, à determinação de consumo e três para regularização do fluxo da dieta no trato digestivo – e cinco dias de coleta de fezes e urina.

Para a determinação da digestibilidade da proteína e da energia empregou-se, na retirada de amostras, o método de coleta total de fezes por animal, que foram pesadas diariamente e de onde se retirou uma alíquota de

20% e que foi acondicionada em sacos plásticos e armazenadas em freezer, para conservação. Após este período de coleta, as fezes de cada animal foram deixadas por doze horas à temperatura ambiente e homogeneizadas. Uma amostra foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72 h. Em seguida a amostra foi exposta ao ar para o equilíbrio à temperatura e umidade ambiente, pesada, moída e homogeneizada e colocada em frascos para análises posteriores.

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes plásticos contendo 20 ml de HCl 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação bacteriana. Após nova filtragem, a urina foi completada com água destilada a um volume constante, de onde foi retirada uma amostra de 5% e colocada em recipientes de vidro, um para cada animal e armazenadas em geladeira, para as análises de nitrogênio e energia.

As análises de matéria seca, proteína bruta e energia das fezes e da urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com SILVA (1990).

A digestibilidade da proteína bruta e da energia bruta constantes nas rações teste foi determinada com o emprego da fórmula de MATTERSON et al. (1965).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ANOVAG, contido no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1982) e às médias aplicou-se o teste de SNK ao nível de 10%.

Os resultados foram ainda comparados através das diferenças percentuais entre os valores calculados e os obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB), coeficiente de metabolizabilidade da energia digestível (CMED), proteína digestível (PD), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e matéria seca digestível

(MSD), por dieta obtidos no ensaio de digestibilidade encontram-se apresentados na tabela 3.

TABELA 3 – Coeficientes de Digestibilidade da Matéria Seca (MSD), da Proteína Bruta (CDPB) e da Energia Bruta (CDEB), relação Energia Metabolizável por Energia Digestível (EM/ED) e valores de proteína digestível (PD), Energia Digestível (ED) e Energia Metabolizável (EM) em função do ingrediente e da dieta usada

Parâmetros	Dietas				CV	
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4		
CDPB	89,2 ^a	85,8 ^b	86,4 ^b	85,8 ^b	S	1,7
CDEB	89,0	87,5	87,6	89,0	NS	2,3
CMEB	97,3 ^a	98,6 ^b	98,9 ^b	98,6 ^b	S	0,5
PD	16,1	15,5	15,8	15,5	NS	1,7
ED	3409	3378	3433	3438	NS	2,4
EM	3316	3332	3397	3390	NS	2,4
MSD	84,5	81,6	80,6	82,1	NS	2,1
ED/EM	0,97	0,99	0,99	0,99		

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK a 10%.

Houve diferenças significativas nos valores de CDPB e CMED entre as dietas testadas, tendo sido os valores de CDPB menores para as dietas formuladas com valores determinados pela dieta-referência convencional e o valor de CMED menor para a dieta 1, formulada com base em valores determinados pela técnica alternativa.

Ao se compararem os valores de ED obtidos neste ensaio com os observados nas dietas calculadas, observar-se-á que houve diferenças, em termos percentuais dos valores obtidos de 2,56; 1,61; 3,22 e 3,37%, respectivamente para as dietas 1, 2, 3 e 4, em relação aos valores calculados.

A dieta-referência convencional talvez seja mais acurada para a determinação da PD. É possível que tenha havido, também, um efeito da

aditividade dos alimentos, e isso talvez possa explicar que os valores de ED e de EM determinados por meio da dieta-referência alternativa estejam mais próximo do real.

A relação EM/ED encontrada foi superior a 0,96. A relação EM:ED é mais ou menos constante, e geralmente equivale a 0,96. Esta relação, entretanto, não é aceitável quando o teor de PB da dieta ou a retenção de proteína são altos ou baixos. A quantidade e qualidade da proteína de um alimento tem um efeito direto sobre os valores de EM como porcentagem da absorvida. Provavelmente a inclusão de percentagens superiores a 25% de farelo de soja em todas as dietas experimentais, possa explicar a relação EM/ED superior a 0,96.

Holmes et al. (1973) concluíram que a avaliação de alimentos ricos em proteína acarretou redução nos valores de EM, desde que um alto nível de inclusão do alimento protéico a uma dieta basal foi usado.

A energia perdida na urina representa uma porcentagem variável de ED, dependendo bastante do teor de nitrogênio (N) na urina. Em um determinado estágio fisiológico, em que o teor de nitrogênio retido no organismo é estável, o nitrogênio eliminado pela urina irá depender do teor de proteína digestível, e, portanto, do teor de proteína bruta da dieta. Assim, a proporção de EM:ED está relacionada com o teor de proteína da dieta. A retenção de proteína como porcentagem da proteína digestível, ou da dieta, pode variar bastante entre os estágios fisiológicos (NOBLET e HENRY, 1993).

Utilizando suínos em crescimento, JUST (1982) observou que a eficiência de utilização da EM aumentou quando o nível de gordura na dieta foi elevado e diminuiu quando mais proteína ou fibra bruta foram adicionadas.

Segundo NOBLET e HENRY (1993), as diferenças nos coeficientes de digestibilidade da energia, em diferentes idades, estágios fisiológicos e nível de alimentação são explicados, em grande parte, por mudanças na utilização digestiva da fibra, gordura e proteína bruta, que são dependentes do tempo de trânsito e da capacidade digestiva do suíno.

Para se determinar os valores de um alimento, assume-se que o conteúdo de energia dos ingredientes individuais na ração não são aditivos e, assim, independente da combinação na qual os vários ingredientes ocorrem, o seu valor de ED é sempre o mesmo.

Quando alimentos são usados em baixos níveis de inclusão, nos estudos de digestibilidade, pequenas diferenças na determinação dos valores de energia da dieta teste podem ter considerável influência sobre o cálculo da ED e EM dos alimentos. NEVES (1993), utilizando uma ração balanceada para determinar digestibilidade de alimentos observou que esse método não foi eficiente para determinação dos valores no farelo de soja e na farinha de vísceras de aves, devido às baixas quantidades com que esses alimentos entraram nas rações, fazendo com que o erro ficasse multiplicativo. Já para o milho, devido à elevada quantidade de inclusão nas rações, o erro foi minimizado, com resultados mais confiáveis e menores coeficientes de variação.

Para os demais parâmetros, ED, EM e MSD não foram encontradas diferenças significativas, confirmando a tendência mostrada pelos valores de CDEB.

Devido ao fato de os resultados terem sido semelhantes com relação à ED e terem sido diferentes em relação à EM é que se pode inferir que a técnica alternativa pode ser mais acurada do que a convencional para se determinar a energia dos alimentos, tanto a digestível quanto a metabolizável.

Como as dietas para suínos normalmente têm sido formuladas com base em valores de ED e que elas também podem ser formuladas com base nos valores de EM e ainda, como os valores de PD não têm sido usados como parâmetros para formulação de dietas para suínos, é que se pode inferir que a técnica alternativa é melhor do que a técnica convencional para a determinação da digestibilidade dos nutrientes de alimentos para suínos.

A proximidade dos resultados comprovou, também, que os resultados obtidos nos ensaios previamente realizados, foram determinados de forma correta e, portanto, foram confiáveis.

CONCLUSÃO

Os resultados de digestibilidade obtidos com a dieta-referência alternativa são válidos comprovando a acurácia da técnica de determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para suínos através desta metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTUZ, N.W., SINGSEN, J.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Res. Reports**, Univ. Conn., v. 7, p.3-11, 1965.
- NEVES, A.C.E. **Estudo da composição química, da digestibilidade e dos valores energéticos de alguns alimentos para suínos em duas fases**. Viçosa:UFV, 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – 1993. 63p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 9th ed. Washington, D.C., NAS, 1988. 91p.
- NOBLET, J., HENRY, Y. Energy evaluation systems for pig diets: a review. **Lives. Prod. Sci.** v.36, n., p.121-141, 1993.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiology and metabolic studies. **J. Anim. Sci.** Champaign, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas Brasileiras)**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1992. 59p.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T, DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F.M., LOPES, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Editora UFV, Viçosa, 2000. 141p.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). S.A.E.G. (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, MG, 1995 (Versão 7.0)

3. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos treze ensaios de digestibilidade com suínos em crescimento com o objetivo de se determinar a viabilidade da utilização de dietas-referência diferentes para alimentos diferentes, considerando-se os alimentos como fontes de proteína bruta, de energia bruta e que contenham fibra em sua composição. Estes ensaios foram conduzidos no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa. Os tratamentos dietéticos fornecidos aos animais durante os ensaios constaram de duas dietas-referência, chamadas DR1 ou DR2, que foram formuladas de forma tal que quando lhes foi incluído um determinado alimento teste houve o atendimento das exigências nutricionais dos animais, denominada dieta alternativa, ou não, denominada dieta convencional. Os dados obtidos nas análises laboratoriais para proteína bruta e energia bruta das dietas, das fezes e da urina permitiram comparar valores de coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, de coeficiente de digestibilidade de energia bruta, de proteína digestível, da energia digestível, da metabolizabilidade da energia bruta e da relação da energia metabolizável versus energia digestível. Pelas análises estatísticas realizadas pode-se concluir que a dieta-referência alternativa foi mais acurada para determinar valores metabólicos da energia para alimentos protéicos e energéticos. De posse destes valores calcularam-se quatro novas dietas que foram oferecidas a suínos em crescimento com o objetivo de se validar os resultados obtidos nos experimentos anteriores. Os

resultados das análises permitem concluir que os valores encontrados neste ensaio de digestibilidade confirmam aqueles obtidos anteriormente e estão consistentes com dados de literatura.

4. ABSTRACT AND CONCLUSIONS

Thirteen digestibility assays were driven with growth pigs with the objective of determining the viability of the use of different diet-reference for different victuals, being considered the victuals as sources of gross protein, of gross energy and that contain fiber in its composition. These assays were driven in the Pig Section , of the Animal Science Department, of the Federal University of Viçosa. The dietary treatments supplied the animals during the rehearsals consisted of two diet-reference, calls RD1 or RD2, that were formulated in a such way that when it was they included a certain food test there was the attendance of the nutritional demands of the animals, denominated alternative diet, or not, denominated conventional diet. The data obtained in the analyses for gross protein and gross energy of the diets, of the feces and of the urine they allowed to compare values of coefficient of digestibility of the gross protein, of digestible coefficient of gross energy, of digestible protein, of the digestible energy , of the metabolizability of the gross energy and of the relationship of the metabolizable energy versus digestible energy. For the accomplished statistical analyses it can be concluded that the alternative diet-reference went more accurate to determine metabolic values of the energy for victuals protéicos and energy. Of ownership of these values four new diets were calculated that the pigs was offered in growth with the objective of validating the results obtained in the previous experiments. The results of the analyses allow to conclude that the values found in this digestibility assays confirm those obtained previously and they are consistent with literature data.

APÉNDICE

APÊNDICE

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÕES NOS EXPERIMENTOS

PROTEÍNA BRUTA (PB)

Coeficiente de digestibilidade da dieta:

$$\text{CDPB} = \frac{\text{Consumo de PB} - \text{PB das fezes}}{\text{Consumo de PB}} \times 100$$

$$\text{CDPB}_{\text{alimento}} = \frac{\text{CDPB}_{\text{dieta teste}} - (\text{CDPB}_{\text{DR}} \times \% \text{ inclusão DR})}{\% \text{ substituição alimento teste}}$$

$$\text{PD}_{\text{alimento}} = \text{CDPB}_{\text{alimento}} \times \text{PB}_{\text{alimento}}$$

ENERGIA BRUTA (EB)

ENERGIA DIGESTÍVEL DA DIETA (ED_{dieta})

$$\text{ED}_{\text{dieta}} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{Consumo Alimento}}$$

$$\text{CDEB}_{\text{dieta}} = \frac{\text{ED}_{\text{dieta}} \times 100}{\text{EB}_{\text{dieta}}}$$

$$\text{ED}_{\text{alimento}} = \frac{\text{ED}_{\text{dieta teste}} - (\text{ED}_{\text{DR}} \times \% \text{ inclusão DR})}{\% \text{ substituição alimento teste}}$$

$$\text{EM}_{\text{dieta}} = \frac{[(\text{ED}_{\text{dieta}} \times \text{Consumo}) - \text{Energia da Urina}]}{\text{Consumo}}$$

$$\text{CMED}_{\text{alimento}} = \frac{\text{EM}_{\text{alimento}}}{\text{ED}_{\text{alimento}}} \times 100$$

$$\text{EM}_{\text{alimento}} = \frac{\text{EM}_{\text{dieta teste}} - (\text{EM}_{\text{DR}} \times \% \text{ inclusão DR})}{\% \text{ substituição alimento teste}}$$

MATÉRIA SECA (MS)

$$\text{MS}_{\text{indigestível}} = \frac{\text{Fezes MS} \times 100}{\text{MS consumida}}$$

$$\text{MS}_{\text{Digestível}} = 100 - \text{MS}_{\text{indigestível}}$$

$$\text{CDMS}_{\text{alimento}} = \frac{\text{MSD}_{\text{alimento}} - (\text{MSD}_{\text{DR}} \times \% \text{ inclusão DR})}{\% \text{ substituição alimento teste}}$$

QUADRO 1A – Análise de contrastes de alimentos ricos em energia

Parâmetro	D. Alternativa		D. Convencional		Médias		q	QMR	SE q	t calc	t tab	sig
	Óleo Soja	Gord. Coco	Óleo Soja	Gord. Coco	Altern	Conv						
CDEB	96,0	97,3	76,4	62,4	96,7	69,4	54,5	48,369	10,996	4,956	1,743	S
CMEB	97,7	97,5	99,4	111,0	97,6	105,2	1,7	96,437	15,527	0,109	1,743	NS
ED	9051	8558	7204	5490	8804,5	6347,0	4915	129409,7	568,79	8,641	1,743	S
EM	8849	8343	7108	6117	8596,0	6612,5	3967,0	501866,4	1120,1	3,541	1,743	S

QUADRO 2A – Análise de contrastes de alimentos protéicos

Parâmetro	D. Alternativa		D. Convencional		Médias		q	QMR	SE q	t calc	t tab	sig
	Far. Algodão	Farelo Soja	Far. Algodão	Farelo Soja	Altern	Conv						
CDPB	83,0	107,2	76,5	96,4	95,1	86,4	17,3	85,413	14,612	1,183	1,761	NS
CDEB	57,3	84,3	68,8	95,4	70,8	82,1	22,6	48,369	10,996	2,055	1,743	S
CMEB	98,4	103,5	97,9	102,0	100,9	99,7	2,5	96,437	15,527	0,161	1,743	NS
PD	28,6	48,1	26,4	43,3	38,3	34,8	7,0	6,924	4,160	1,682	1,761	NS
ED	2351	3549	2824	3953	2950	3388,5	877,0	129409,7	568,79	1,541	1,743	NS
EM	2326	3674	2766	4017	3450	3391,5	783,0	501866,4	1120,1	0,699	1,743	NS
MSD	84,0	93,6	80,7	94,1	88,8	87,1	3,3	4,088	3,196	1,032	1,761	NS

QUADRO 3A – Análise de contrastes de alimentos fibrosos

Parâmetro	D. Alternativa		D. Convencional		Médias		q	QMR	SE q	t calc	t tab	sig
	Far. Algodão	Far. Trigo	Far. Algodão	Far. Trigo	Altern.	Conv.						
CDPB	83,0	80,9	76,5	83,8	81,9	80,1	3,6	85,413	14,612	0,246	1,761	NS
CDEB	57,3	71,0	68,8	56,3	64,1	62,5	3,2	48,369	10,996	0,291	1,743	NS
CMEB	98,4	96,2	97,9	99,8	97,3	98,8	3,1	96,437	15,527	0,199	1,743	NS
PD	28,6	12,4	26,4	12,8	20,5	19,6	1,8	6,924	4,160	0,432	1,761	NS
ED	2351	2780	2824	2202	2565,5	2513	105,0	129409,7	568,79	0,184	1,743	NS
EM	2326	2678	2766	2195	2522	2480,5	43,0	501866,4	1120,1	0,038	1,743	NS
MSD	84,0	80,0	80,7	82,0	82,0	81,3	2,0	4,088	3,196	0,625	1,761	NS

QUADRO 4A – Naálise de contrastes de alimentos medianamente energéticos

Parâm.	D. Alternativa			D. Convencional			Médias		q	QMR	SE q	t calc.	t tab.	sig
	Milho 1	Milho 2	Far. Trigo	Milho 1	Milho 2	Far. Trigo	Altern.	Conv.						
CDEB	92,0	82,7	71	87,1	87,1	56,3	245,7	230,5	15,2	48,369	16,310	0,9319	1,7431	NS
CMED	98,2	96,2	96,2	97,8	97,8	99,8	290,6	295,4	20,0	96,437	23,030	0,8684	1,7431	NS
ED	3380	3352	2780	3532	3532	2202	9512,0	9266,0	246,0	129409,7	843,654	0,2916	1,7431	NS
EM	3317	3222	2678	3455	3455	2195	9217,0	9105,0	112,0	501866,4	1661,40	0,0674	1,7431	NS
MSD	91	92	80	88	88	82	263,0	260,0	3,0	4,088	4,741	0,6327	1,7619	NS