

## Balanços metabólicos de suínos alimentados com rações referências e inclusões de farelo de soja

*Substitution of reference rations by soybean meal over metabolic balances in swines*

LAZZERI, Douglas Batista<sup>1\*</sup>; POZZA, Paulo Cesar<sup>2</sup>; POZZA, Magali Soares dos Santos<sup>2</sup>; BRUNO, Luís Daniel Giusti<sup>2</sup>; PASQUETTI, Tiago Júnior<sup>3</sup>; CASTILHA, Leandro Dalcin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá; Programa de Pós-Graduação em Zootecnia; Mestrado de Zootecnia; Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

\*Endereço para correspondência: [douglaslazeri@hotmail.com](mailto:douglaslazeri@hotmail.com)

### RESUMO

Objetivou-se avaliar dietas referências e inclusões de farelo de soja como ingrediente teste sobre o balanço metabólico de suínos. Foram utilizados 24 suínos mestiços, machos castrados, peso médio inicial de  $29,01 \pm 3,64$ kg, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 2 + 2$  (duas rações referência e dois níveis de substituição do alimento teste), mais dois tratamentos adicionais. A metodologia utilizada foi a coleta total de fezes, e a urina filtrada e coletada diariamente. Para avaliar o teor de nitrogênio da ureia plasmática, amostras de sangue foram obtidas mediante punção na veia jugular. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade da energia bruta, os valores de energia digestível e metabolizável e o balanço de nitrogênio. As variações das médias dos coeficientes de digestibilidade da energia bruta estão associadas às diferenças na digestibilidade dos nutrientes que constituem a matéria orgânica. Os valores médios de energia digestível também foram significativos para os dois níveis de substituição. Em relação à eficiência de utilização de nitrogênio, melhor resultado foi obtido para a ração que continha o menor nível de proteína bruta, uma vez que houve interação significativa ( $P=0,01$ ) entre os fatores estudados, sendo que a substituição de 15% do alimento teste apresentou o melhor resultado. Concluiu-se que os níveis de substituição do farelo

de soja, nas rações referências, influenciaram os valores de energia digestível para suínos, e a ração teste, contendo um nível de proteína bruta próximo da recomendação, proporcionou otimização na eficiência de utilização do nitrogênio.

**Palavras-chave:** balanço de nitrogênio, proteína bruta, valores energético

### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the reference diets and inputs of soybean meal as test ingredient on the metabolic balance in swines. Twenty four crossbred barrows with initial weight of  $29.01 \pm 3.64$ kg were used, allotted in a randomized blocks design in a  $2 \times 2 + 2$  factorial scheme (two reference rations and two levels of substitution for the test food), plus two extra treatments. The methodology used was the total collection of feces, and the urine was daily filtered and collected. Blood samples were obtained from puncture in the jugular vein to evaluate the levels of plasma urea nitrogen. The digestibility and metabolizability coefficients of gross energy were determined, as the digestible and metabolizable energy values and the nitrogen balance. Variations of DCGE mean are associated with differences in the digestibility of the nutrients that make up the organic matter. The average DE values were

also significant for both levels of substitution. The best result for nitrogen utilization efficiency (NUE) was obtained for the diet containing the lowest level of CP, since there was a significant interaction ( $P=0.01$ ) among the factors evaluated, and the replacement with 15% of the test food had the best result. It was concluded that the substitution levels of soybean meal in references diets influenced the digestible energy for swines and test diet containing a crude protein level close to the recommendation provided an optimization in the efficiency of nitrogen utilization.

**Keywords:** crude protein, energy values, nitrogen balance

## INTRODUÇÃO

O valor nutritivo dos alimentos é importante para se explorar de modo eficaz o potencial produtivo dos animais. A partir da composição química dos alimentos podem-se obter informações quantitativas e qualitativas, porém esta não fornece dados claros sobre os possíveis antagonismos entre seus nutrientes nem sobre a sua real utilização pelos animais (PEREIRA et al., 2004).

A determinação dos valores energéticos dos alimentos para suínos, em sua maioria, é determinada mediante utilização do método indireto, no qual se procede com a substituição de uma ração referência pelo alimento a ser avaliado. Diferenças entre os valores energéticos de um mesmo alimento podem, em partes, ocorrer devido ao efeito aditivo da substituição da ração referência pelo alimento avaliado. No entanto, observa-se que este nível de substituição é variável, assim como o nível de proteína da ração referência também apresenta variações, sendo que excessos de aminoácidos na ração aumentam a excreção de nitrogênio na urina e, por conseguinte, podem alterar

os valores de energia metabolizável do alimento.

Nesse sentido, ao se determinar os valores de energia metabolizável dos alimentos, pode haver uma influência da quantidade de proteína bruta existente na ração teste, e assim, os alimentos com alto conteúdo proteico podem apresentar maiores variações nos valores de energia metabolizável, em função da proteína bruta da dieta teste utilizada nos ensaios de metabolismo. Dentre os alimentos proteicos, o farelo de soja tem significativa importância na nutrição de suínos devido ao conteúdo e qualidade de sua proteína.

Além disso, outro fator de elevada importância para o farelo de soja é a sua quantidade de amido, que pode apresentar cerca de 13% do seu peso de matéria seca (ROSTAGNO et al., 2005), além de boa fonte de aminoácidos, minerais, e demais nutrientes.

Dessa forma, objetivou-se com este experimento avaliar diferentes substituições de rações referências, com diferentes conteúdos proteicos, pelo farelo de soja, sobre os balanços metabólicos em suínos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Sala de Metabolismo de Suínos, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon. Foram utilizados 24 suínos, machos castrados, com peso médio inicial de  $29,01 \pm 3,64$ kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um esquema fatorial  $2 \times 2 + 2$  (duas rações referência e dois níveis de substituição do alimento teste), mais dois tratamentos adicionais

perfazendo seis tratamentos e quatro repetições, sendo que os tratamentos adicionais usados para determinação dos valores energéticos das duas rações referência.

Na formação dos blocos foi considerado como critério o efeito temporal, uma vez que a Sala de Metabolismo de Suínos possuía capacidade limitada em 12 gaiolas metabólicas.

As rações referência foram formuladas para conter 18,03 (RR1) e 15,43% (RR2) de proteína bruta, que foram substituídas em 15 e 25% pelo farelo de soja (FS). Os níveis de proteína bruta dos tratamentos foram de 24,83% (75% RR1 + 25% FS), 22,88% (75% RR2 + 25% FS), 22,12% (85% RR1 e 15% FS) e 19,91% (85% RR2 e 15% FS).

As rações referência foram compostas principalmente por milho e farelo de soja. Fontes de minerais, vitaminas e aminoácidos sintéticos foram formuladas para atender as exigências nutricionais de suínos machos castrados, de alto potencial genético com desempenho superior, propostas por Rostagno et al. (2005), com exceção para teor de proteína bruta (Tabela 1).

O período experimental teve a duração de 12 dias, dos quais, os sete primeiros para adaptação às gaiolas, à ração e para regularização do fluxo da dieta no trato digestório, quando foi encontrado o consumo individual das rações experimentais com base no peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ), e os cinco dias finais para coleta de fezes e urina. Cada animal recebeu ração umedecida (3mL de água/g de ração), em quantidade pré-estabelecida individualmente no período de adaptação, em duas porções, às 7h30min e 15h30min. A água foi fornecida à vontade, após a ingestão das rações.

A metodologia utilizada foi a de coleta total de fezes, mediante o uso do óxido

de ferro como marcador fecal ( $2\% \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a fim de se determinar o início e o final do período de coleta. Durante a fase de coleta de fezes todas as quantidades coletadas foram pesadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ). Após o período de coleta, as fezes de cada animal foram descongeladas e homogeneizadas. Em seguida, uma amostra de aproximadamente 200 gramas de cada tratamento foi então colocada em estufa de ventilação forçada a  $55^\circ\text{C}$ , durante 72h.

A urina dos suínos foi filtrada, medida e coletada diariamente em baldes de plástico contendo 20ml de HCl 1:1 para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização. Após este procedimento, uma alíquota de apenas 20% do volume medido foi guardada em recipiente de vidro e armazenada em refrigerador.

Para a dosagem de ureia plasmática, as amostras de sangue foram obtidas ao final do período de coleta de fezes e urina por meio de punção na veia jugular segundo as indicações de Oliveira et al. (2004), com auxílio de agulhas de 100mm de comprimento. Foi coletado aproximadamente 10mL de sangue, destinado à obtenção do plasma, colhido em tubos do tipo Vacutainer contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) como anticoagulante. Após a coleta, o sangue foi encaminhado ao Laboratório de Parâmetros Sangüíneos da UNIOESTE, onde as amostras foram centrifugadas a 3000rpm, por um período de 10 minutos, para obtenção do plasma, que foi retirado com auxílio de pipeta automática, acondicionado em tubos do tipo ependorf e armazenados em refrigerador para análises posteriores de ureia.

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das rações referência

Ingredientes	Quantidade (kg)	
	Ração	Ração referência
Milho	70,10	80,57
Farelo de soja	25,57	14,88
Fosfato Bicálcico	1,61	1,67
Calcário	0,63	0,66
Sal	0,45	0,45
Óleo vegetal	0,58	0,11
L – Lisina HCL (78,4%)	0,47	0,80
L – Treonina (98,0%)	0,19	0,37
DL – Metionina (99,0%)	0,12	0,21
Mistura Vitamínica <sup>1</sup>	0,11	0,11
Mistura Mineral <sup>2</sup>	0,06	0,06
Promotor de Crescimento <sup>3</sup>	0,10	0,10
Antioxidante <sup>4</sup>	0,01	0,01
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Calculada</b>		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3230	3230
Proteína Bruta (%) <sup>5</sup>	18,03	15,43
Cálcio (%)	0,720	0,720
Fósforo Disponível (%)	0,400	0,400
Lisina Digestível (%)	1,145	1,145
Met+Cis Digestível (%)	0,641	0,641
Treonina Digestível (%)	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200

<sup>1</sup>Conteúdo/kg (Content/kg): ferro(iron), 100g; cobre(copper), 10g; cobalto(cobalt), 1g; manganês(manganese), 40g; zinco(zinc), 100g; iodo(iodine), 1,5g; e veículo q.s.p. (q.s.p. vehicle) p/ 1000g; <sup>2</sup>Conteúdo/kg (Content/kg): vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub> – 2,0g; vit B<sub>2</sub> – 5,0g; vit. B<sub>6</sub> – 3,0g; vit B<sub>12</sub> – 30.000 mcg; ácido nicotínico(nicotinic acid) 30.000 mcg; ácido pantotênico(pantotenic acid), 12.000mcg; Vit. K<sub>3</sub>, 2.000mg; ácido fólico(folic acid), 800mg; biotina(biotin), 100mg; selênio(selenium) 300 mg; e veículo q.s.p. (q.s.p. vehicle) – 1.000 g; <sup>3</sup>Tylan 40; <sup>4</sup>Butil hidróxi tolueno; <sup>5</sup>Valores analisados.

A dosagem da ureia plasmática foi realizada pelo método enzimático, com utilização do Kit específico KATAL<sup>®</sup>, e o valor obtido (teor de ureia) multiplicado pelo fator 0,467 que representa a fração de nitrogênio na molécula de ureia (NEWMAN & PRICE, 1999), para obtenção do nitrogênio na ureia plasmática (NUP).

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste. Foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e matéria

mineral (MM) do farelo de soja de acordo com as técnicas descritas por (SILVA & QUEIROZ, 2002). As fezes foram submetidas às análises de matéria seca, energia bruta e nitrogênio e a urina foi submetida às análises de energia bruta e nitrogênio.

As análises de energia bruta das fezes, urina, rações e do farelo de soja foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, enquanto a análise de aminoácidos do farelo de soja foi realizada na Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda., por meio de cromatografia líquida de alta eficiência.

Foram determinados os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM), os coeficientes de digestibilidade da energia bruta (CDEB) e de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), assim como a relação entre energia metabolizável e energia digestível (EM:ED).

Em relação ao balanço de nitrogênio foi determinado o nitrogênio ingerido (N ingerido), nitrogênio excretado nas fezes (N fezes), nitrogênio excretado na urina (N urina), excreção total de N, N retido, eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) e digestibilidade do N. Os valores de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NF) e excretado na urina (NU) foram obtidos pela multiplicação dos teores de nitrogênio pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir desses valores, foram calculados o N retido ( $NR = NI - NF - NU$ ), a utilização líquida de proteína ( $ULP = NR/NI$ ) e o valor biológico da proteína dietética ( $VBPD = NR/(NI - NF)$ ), conforme indicado por Adeola (2001).

Os dados foram analisados mediante utilização dos procedimentos para análise de variância contida no Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 2000). Como procedimento estatístico foi utilizado o teste de F, assim como a correlação de Pearson entre a PB, EM:ED, N ingerido, N nas fezes, N na urina, excreção total de N, N retido e NUP, ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O farelo de soja apresentou 90,62% de MS (Tabela 2), enquanto o valor obtido por Pereira et al. (2004) foi de 88,60%. O farelo de soja avaliado apresentou um teor de PB próximo ao descrito por

Rostagno et al. (2005), bem como o proposto por Santos et al. (2005), que correspondem a 45,32 e 46,03%.

A composição aminoacídica (Tabela 2) apresentou valores para treonina e metionina inferiores aos propostos por Rostagno et al. (2005) para o farelo de soja com 45% de PB. Além disso, o teor de lisina proposto pelo autor supracitado é 4,42% inferior ao observado na (Tabela 2) para o aminoácido em questão.

Não foram observadas interações significativas entre os níveis de substituição do farelo de soja nas rações referências sobre as variáveis de digestibilidade e metabolizabilidade da energia bruta (Tabela 3).

Os coeficientes de digestibilidade da EB obtidos variaram de 80,89 a 86,93%, sendo que estas variações estão associadas às diferenças na digestibilidade dos nutrientes que constituem a matéria orgânica. Os níveis de substituição (15 e 25%) do farelo de soja proporcionaram diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os valores médios dos coeficientes de digestibilidade da EB (Tabela 3), maior para a substituição de 25% (86,25%) em relação à substituição de 15% (81,01%), o que influenciou os valores médios de ED, que também apresentaram diferenças ( $P < 0,05$ ) para as substituições de 25% (3462 kcal/kg) e 15% (3252 kcal/kg). No entanto, os tratamentos proporcionaram resultados semelhantes ( $P > 0,05$ ) para os CMEB e os valores de EM. Esses resultados podem estar relacionados, em partes, ao efeito aditivo da substituição da ração referência pelo alimento avaliado. Neves (1993) observou que o método direto proporcionou maiores valores energéticos de digestibilidade e metabolizabilidade em relação ao método indireto.

Tabela 2. Composição química e valores de aminoácidos totais do farelo de soja, na matéria natural

Composição química	(%)	Aminoácidos totais	(%)
MS	90,62	Lisina	2,898
PB	45,24	Treonina	1,755
EB	4014	Metionina	0,621
EE	1,92	Arginina	3,375
FDN	16,57	Histidina	1,186
FDA	8,57	Isoleucina	2,046
FB	4,48	Leucina	3,549
Cinzas	5,86	Fenilalanina	2,305
Cálcio	0,28	Valina	2,140
Fósforo	0,58	---	---

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EB = energia bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; FB = fibra bruta.

Tabela 3. Digestibilidade e metabolizabilidade da energia bruta do farelo de soja para suínos em função das rações referências e níveis de substituição do farelo de soja

Variáveis	Ração referência	Substituição (%)		Médias	CV %
		15	25		
PB da Ração Teste (%)	1	22,12	24,83	23,48	-
	2	19,91	22,88	21,40	
Médias		21,02	23,86		
CDEB (%)	1	80,89	85,56	83,21	5,45
	2	81,12	86,93	84,03	
Médias*		81,01 <sup>b</sup>	86,25 <sup>a</sup>		
ED (kcal/kg)	1	3247	3434	3340	5,45
	2	3256	3489	3372	
Médias*		3252 <sup>b</sup>	3462 <sup>a</sup>		
CMEB (%)	1	73,98	76,86	75,42	4,59
	2	75,80	80,04	77,92	
Médias		74,89	78,45		
EM (kcal/kg)	1	2969	3085	3027	4,58
	2	3042	3213	3127	
Médias		3005	3149		
EM:ED	1	0,92	0,90	0,91	3,69
	2	0,94	0,92	0,93	
Médias		0,93	0,91		

\*Médias seguidas por letras minúsculas, diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

PB = proteína bruta; CDEB = coeficiente de digestibilidade da energia bruta; ED = energia digestível; CMEB = coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta; EM = energia metabolizável; EM:ED = energia metabolizável: Energia Digestível.

Por outro lado, Morgan et al. (1975) ao avaliarem a digestibilidade da energia bruta da cevada por meio dos métodos direto e de substituição com utilização de dois níveis de inclusão, não encontraram diferenças para os valores de ED, em ambos os níveis de inclusão. A relação EM:ED, segundo Noblet & Peres (1993), pode estar relacionada ao conteúdo de proteína da dieta. No entanto, os valores apresentados na (Tabela 3) para a variável em questão não apresentaram diferença, mesmo que o menor valor observado tenha sido para o tratamento que continha o maior nível de proteína bruta (24,83%). Segundo Pereira et al. (2004), a relação EM:ED das rações tem sido mais ou menos constante e geralmente com valor de 0,96, este próximo aos apresentados na Tabela 3. Entretanto, esse valor pode ser menor ou maior, conforme o teor de PB da dieta ou a retenção de proteína.

Em relação ao balanço de nitrogênio (Tabela 4) observou-se que o N ingerido não apresentou interação ( $P>0,05$ ) entre as rações referências e os níveis de substituição pelo farelo de soja. No entanto, houve influência ( $P<0,01$ ) para os níveis de substituição e para as rações referências utilizadas, proporcionando um maior N ingerido/dia para os tratamentos com maiores níveis de proteína bruta (Tabela 3), uma vez que o consumo diário de ração dos animais foi estabelecido com base no peso metabólico ( $Kg^{0,75}$ ), associado à diferença do nível de proteína bruta dos tratamentos.

Os resultados da excreção de N nas fezes apresentaram a mesma resposta em relação ao N ingerido, uma vez que não se observou uma interação significativa. Entretanto, houve diferença tanto para a ração referência utilizada ( $P<0,01$ ) quanto para o nível de substituição pelo farelo de soja ( $P<0,05$ ), uma vez que os maiores valores foram observados para os

tratamentos que tiveram os níveis mais elevados de proteína bruta nas rações (Tabela 3).

Quanto ao nitrogênio excretado na urina verificou-se interação significativa ( $P<0,01$ ), entre as rações referência e o nível de substituição do alimento teste, e sendo que o nível de 25% de substituição proporcionou as maiores excreções de N na urina. Da mesma forma, entre os níveis de substituição observou-se uma maior excreção de N na urina para os suínos que consumiram o tratamento com maior aporte proteico.

De maneira geral, os maiores valores de N excretado na urina foram observados para aqueles suínos que consumiram os tratamentos com maior aporte proteico e maior nível de substituição do alimento teste, conforme pode ser observado na (Tabela 4). De acordo com Rostagno et al. (2011), a exigência proteica para suínos machos castrados de alto potencial genético, com desempenho superior na fase inicial, utilizados no presente estudo é de 19,24%. Dessa forma, a proteína bruta de todas as rações consumidas foi superior à exigência acima recomendada e, a urina, a principal via de eliminação do nitrogênio em excesso no organismo dos suínos.

No caso da excreção total de N foi observada uma interação significativa ( $P<0,01$ ) entre as rações referência e os níveis de substituição de farelo de soja. A substituição de 25% proporcionou para as rações referência maiores excreções de N total (20,07 e 17,21 g/dia). Entre os níveis de substituição, verificou-se maior excreção de N total para a ração com 18,03% PB, para os dois níveis de substituição do farelo de soja. Esse N nos dejetos de suínos é resultado da desaminação dos aminoácidos não utilizados para a síntese proteica quando há excesso ou desbalanço de aminoácidos nas rações (MOREIRA et al., 2004).

Tabela 4. Balanço de nitrogênio (N) e N na ureia plasmática de suínos em função das rações referência e níveis de substituição do farelo de soja

Variáveis	Ração Referência	Substituição (%)		Médias	CV %
		15	25		
N Ingerido (g/dia)	1	36,68	41,73	39,21 <sup>A</sup>	3,83
	2	34,10	38,60	36,35 <sup>B</sup>	
Médias		35,39 <sup>b</sup>	40,16 <sup>a</sup>		
N Fezes (g/dia)	1	4,99	5,85	5,42 <sup>A</sup>	10,74
	2	4,27	4,78	4,53 <sup>B</sup>	
Médias*		4,63 <sup>b</sup>	5,32 <sup>a</sup>		
N Urina (g/dia)	1	13,11 <sup>bA</sup>	14,22 <sup>aA</sup>	13,67	2,81
	2	8,25 <sup>bB</sup>	12,43 <sup>aB</sup>	10,4	
Médias		10,68	13,33		
Excreção total N (g/dia)	1	18,10 <sup>bA</sup>	20,07 <sup>aA</sup>	19,09	3,09
	2	12,53 <sup>bB</sup>	17,21 <sup>aB</sup>	14,87	
Médias		15,32	18,64		
N Retido (g/dia)	1	18,59	21,66	20,13	7,51
	2	21,57	21,39	21,48	
Médias		20,08	21,53		
E.U.N (g/dia)*	1	50,59 <sup>aB</sup>	51,89 <sup>aA</sup>	51,24	4,17
	2	63,10 <sup>aA</sup>	55,40 <sup>bA</sup>	59,25	
Médias		56,85	53,65		
Digestibilidade N (%)	1	86,40	85,96	86,18	1,69
	2	87,43	87,62	87,53	
Médias		86,92	86,79		
NUP (mg/dL)	1	12,59	18,65	15,62	26,29
	2	12,74	13,83	13,29	
Médias		12,67	16,24		

Médias seguidas por letras minúsculas, diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste de F (P<0,01).

Médias seguidas por letras maiúsculas, diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de F (P<0,01).

\*Médias seguidas por letras minúsculas, diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

N Ingerido (Nitrogênio ingerido); N Fezes (Nitrogênio nas fezes); N Urina (Nitrogênio na urina); Excreção total de N (Excreção total de nitrogênio); N Retido (Nitrogênio retido); EUN (Eficiência de utilização de nitrogênio); Digestibilidade N (Digestibilidade do nitrogênio); NUP (Nitrogênio na ureia plasmática).

Os valores de N retido não foram influenciados pelas diferentes rações referências e nem tampouco pelos níveis de substituição do farelo de soja, por outro lado, Shriver et al. (2003), verificaram que ao reduzir o teor de proteína bruta na dieta de suínos em

crescimento em quatro unidades percentuais, apesar de não ter ocorrido alteração no percentual de nitrogênio absorvido, houve maior retenção desse nutriente pelos animais que receberam rações que continham menores teores de proteína bruta.

Em relação à eficiência de utilização de N (Tabela 4) pode-se inferir que o melhor resultado foi obtido para a ração que continha o menor nível de PB (19,91%), uma vez que houve uma interação significativa ( $P=0,01$ ) entre os fatores estudados, sendo que a substituição da ração contendo 15,43% PB, por 15% de farelo de soja apresentou o melhor resultado. Esses resultados podem estar relacionados às exigências dos animais, uma vez que o menor nível de PB (ração referência 2 e 15% de substituição) é o que mais se aproxima das exigências propostas por Rostagno et al. (2005), conforme mencionado anteriormente. A eficiência de utilização do N foi influenciada pela relação entre o N ingerido e a excreção total de N, uma vez que a digestibilidade do N foi semelhante entre os tratamentos.

Embora o N excretado na urina apresentasse diferença, o N na ureia plasmática (NUP) não foi alterado pelos tratamentos, nem tampouco a correlação entre a PB e o N na ureia plasmática (Tabela 5). Figueroa et al. (2002), por sua vez, observaram redução linear do N na ureia plasmática à medida que o nível proteico da ração foi reduzido de 16% para 11%, sendo suplementadas com aminoácidos sintéticos. Segundo Fraga et al. (2008), o N na ureia plasmática é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelo suíno, bem como Wei & Zimmerman (2003) afirmam que a concentração de ureia no sangue pode ser utilizada para avaliar a qualidade da proteína consumida. Assim, o aumento do N na ureia plasmática pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

Tabela 5. Correlações de Pearson entre a proteína bruta (PB), relação energia metabolizável:energia digestível (EM:ED), nitrogênio (N) ingerido, N excretado nas fezes, N excretado na urina, excreção total de N, N retido e nitrogênio na ureia plasmática (NUP)

Item	PB	EM: ED	N Ingerido	N Fezes	N Urina	Excreção Total N	N Retido	NUP
PB	1,00	-0,99 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	0,94 <sup>b</sup>	0,92 <sup>b</sup>	0,94 <sup>b</sup>	0,12	0,84
EM: ED	-	1,00	-0,97 <sup>b</sup>	-0,98 <sup>b</sup>	-0,93 <sup>b</sup>	-0,96 <sup>b</sup>	-0,02	-0,85
N Ingerido	-	-	1,00	0,92 <sup>b</sup>	0,86	0,89	0,24	0,88
N Fezes	-	-	-	1,00	0,88	0,92 <sup>b</sup>	0,02	0,88
N Urina	-	-	-	-	1,00	0,10 <sup>a</sup>	-0,27	0,60
Excreção Total N	-	-	-	-	-	1,00	-0,22	0,67
N Retido	-	-	-	-	-	-	1,00	0,48
NUP	-	-	-	-	-	-	-	1,00

<sup>a</sup>Significativo pelo teste de T a 1%; <sup>b</sup>Significativo pelo teste de T a 5%.

A PB e relação EM:ED (Tabela 5) apresentaram uma correlação inversa ( $P<0,01$ ), ou seja, à medida que

aumentou a PB das rações houve um decréscimo na relação EM:ED.

A correlação inversa entre a PB da ração e a relação EM:ED pode ser

devido ao nitrogênio urinário, pois de acordo com Noblet & Shi (1993) a perda de energia na urina, de suínos em crescimento, pode ser descrita pela equação  $E. \text{urina} = -16 + 2,9 \times \text{PB digestível}$  (E.urina em kJ/kg MS consumida e PB digestível em g/kg MS consumida), o que significa que cada grama de PB digestível, consumida acima da exigência, é deaminada e induz a uma perda energética urinária equivalente a aproximadamente 3kJ. Esta perda de energia na urina representa uma percentagem variável da energia digestível, pois a energia urinária é altamente dependente da quantidade de nitrogênio na urina. Consequentemente, o nitrogênio urinário dependerá principalmente da quantidade de proteína digestível e, portanto, do conteúdo de proteína bruta da dieta.

O teor de PB das rações e o N ingerido/dia foram diretamente correlacionados (Tabela 5), fato este já esperado, uma vez que o consumo de ração com maior aporte proteico proporciona diretamente um maior consumo diário de N.

A excreção de N nas fezes foi maior para os tratamentos com níveis de proteína bruta mais elevada nas rações (Tabela 4), observada uma correlação positiva (Tabela 5) entre a PB das rações e o N excretado nas fezes. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Figueroa et al. (2002) e Le Bellego et al. (2001), que também verificaram aumento no nitrogênio fecal com o aumento de proteína na ração.

De maneira geral, os maiores valores de N excretado na urina foram obtidos para os tratamentos que continham maiores níveis de proteína bruta na ração, observada uma correlação positiva ( $P < 0,05$ ) entre a PB da ração e o N excretado na urina. Tais resultados estão em conformidade com os obtidos por Le

Bellego et al. (2001) e são devido ao fato de aos suínos terem uma capacidade limitada para armazenar aminoácidos, cujo excesso é deaminado e utilizado para síntese de uréia, que é eliminada na urina.

Concluiu-se que os níveis de substituição do farelo de soja influenciaram os valores de energia digestível para suínos e, a ração teste que continha um nível de proteína bruta próximo da recomendação proporcionou uma otimização na eficiência de utilização do nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.
- FAN, M.Z.; SAUER, W.C.; HARDIN, R.T.; LIEN, K.A. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2851-2859, 1994.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; FISCHER, R.I.; GÓMEZ, R.S.; DIEDRICHSEN, R.M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.80, n.11, p.2911-2919, 2002.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; OLIVEIRA, R.P.; MURAKAMI, A.E. Lysine requeriment of starting barrows from two genetic groups fe don low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.1, p.49-56, 2008.

GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; MARCOS JÚNIOR, M. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1742-1749, 2001.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, n.5, p.1259-1271, 2001.

MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N.; SCAPINELLO, C. Exigência de lisina para suínos em crescimento, alimentados com baixo teor de proteína, baseado no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.4, p.537-542, 2004.

MORGAN, D.J.; COLE, D.J.A.; LEWIS, D. The relationship between digestible energy, metabolizable energy and total digestible nutrient values of a range of feedstuffs. **Journal of Agricultural Science**, v.84, p.7-17, 1975.

NEVES, A.C.E. **Estudo da composição química, da digestibilidade, da atividade e dos valores energéticos de alguns alimentos para suínos em duas fases**. 1993. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NEWMAN, D.J.; PRICE, C.P. **Renal function and nitrogen metabolites**. In: BURTIS, C.A.; ASHWOOD, E.R. *Tietz textbook of clinical chemistry*. 3 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1999. p.1204-1270.

NOBLET, J.; PERES, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pigs diets from chemical analysis. **Journal Animal Science**, v.71, n.12, p.3389-3398, 1993.

OLIVEIRA, G.C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; FRAGA, A.L. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1747-1757, 2004.

PEREIRA, L.E.J.; FERREIRA, A.S.; SILVA, F.C.O.; DONZELE, J.L.; VIEIRA, M.L.; ALBINO, L.F.T. Digestibilidade de alimentos proteicos para suínos com diferentes dietas-referência. **Boletim da Indústria Animal**, v.61, n.1, p.75-81, 2004.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; BARRETO, S.L.T.; FERREIRA, A.S.; LOPES, D.C.; OLIVEIRA, R.F.; GOMES, P.C.; **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2005.186p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 3 ed., 2011. 252p.

SANTOS, Z.A.S.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, J.A.F.; CARELLOS, D.C.; BRANCO, P.A.C.; CANTARELLIS, V.S. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.232-237. 2005.

SHRIVER, J.A.; CARTER, S.D.; SUTTON, A.L.; RICHERT, B.T.; SENNE, B.W.; PETTY, L.A. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.492-502, 2003.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 142p.

WEI, R.; ZIMMERMAN, D.R. An evaluation of the NRC (1998) growth model in estimating lysine requirements of barrows with a lean growth rate of 348 g/d. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1772-1780, 2003.

Data de recebimento: 04/09/2010  
Data de Aprovação: 26/08/2011