



## Processamento da soja integral e uso em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo

Amanda d'Ávila Carvalho<sup>1</sup>, Paulo Alberto Lovatto<sup>2</sup>, Luciano Hauschild<sup>1</sup>, Ines Andretta<sup>3</sup>,  
Cheila Roberta Lehnen<sup>4</sup>, Irineo Zanella<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Doutorando do Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPGZ), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Zootecnia (DZ), Cep: 97105-900, Campus Camobi, Santa Maria - RS, Brasil.*

<sup>2</sup> *DZ - UFSM.*

<sup>3</sup> *Graduando em Zootecnia - UFSM.*

<sup>4</sup> *Mestrando do PPGZ - UFSM.*

**RESUMO** - Um experimento foi realizado para avaliar a soja integral (SI) processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ) por meio da digestibilidade e do metabolismo em suínos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle; dieta com  $SI_{vac}$ ; dieta com  $SI_{vap}$ ; 40%  $SI_{vac}$  + 60% dieta controle; 40%  $SI_{vap}$  + 60% dieta controle) e quatro repetições cada um, considerando o animal a unidade experimental. Os coeficientes de digestibilidade da energia bruta foram 4 e 3% inferiores para as dietas com substituição do farelo de soja por  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ , respectivamente. A substituição do farelo de soja por  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$  não alterou a digestão e o metabolismo do nitrogênio em suínos. Para a SI, os teores digestíveis de proteína e energia foram 10,4 e 4,0% superiores com o processamento a vácuo. A digestibilidade das dietas e o metabolismo da energia são similares em suínos alimentados com dietas contendo  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ . Em suínos alimentados com dietas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ , a digestibilidade das dietas e o metabolismo do nitrogênio não são diferentes. O processamento a vácuo melhora os teores digestíveis de proteína e energia da soja integral.

Palavras-chave: digestibilidade, energia, nitrogênio, soja, processamento

## Processing of full-fat soybean and the use in diets for pigs: digestibility and metabolism

**ABSTRACT** - An experiment was carried out to evaluate the full-fat soybean (FFS) processed by vacuum ( $FFS_{vac}$ ) or by steam ( $FFS_{stm}$ ), by means of digestibility and metabolism of pigs. A completely randomized experimental design was used, with five treatments (control diet, diet with  $FFS_{vac}$ , diet with  $FFS_{stm}$ , 40%  $FFS_{vac}$  + 60% control diet, 40%  $FFS_{stm}$  + 60% control diet) and four replications each, being the animal the experimental unit. The digestibility coefficients of gross energy were 4% and 3% lower for the diets with replacement of soybean meal by  $FFS_{vac}$  or  $FFS_{stm}$ , respectively. The replacement of soybean meal by  $FFS_{vac}$  or  $FFS_{stm}$  did not influence the digestion and the metabolism of nitrogen of the pigs. For FFS, the content of digestible protein and energy were 10.4 and 4.0% higher with vacuum processing. The diet digestibility and energy metabolism are similar in pigs fed with diets containing  $FFS_{vac}$  or  $FFS_{stm}$ . For pigs fed with diets containing  $FFS_{vac}$  or  $FFS_{stm}$ , the diet digestibility and nitrogen metabolism are not different. The vacuum processing improves the digestible contents of protein and energy of full-fat soybean.

Key Words: digestibility, energy, nitrogen, soybean, processing

### Introdução

A suinocultura absorve cerca de 29,0% da produção brasileira de milho e 23,0% da produção de farelo de soja (SINDIRAÇÕES, 2006). Esses ingredientes respondem por 94% do volume das rações para suínos. O óleo vegetal tem sido incluído nas rações para ajustes energéticos e participa em média com 2,5% do volume. A inclusão de óleos nas rações, contudo, dificulta a fabricação e eleva o custo das mesmas.

A soja integral (SI) possui em torno de 18,0% de EE e 36,0% de PB (NRC, 1998), o que pode torná-la alternativa ao óleo e ao farelo de soja em rações para suínos. Têm-se constatado como vantagens do uso da SI a melhora da palatabilidade e do consumo, a redução do incremento calórico, sobretudo em regiões de clima quente, a melhor qualidade nutricional, a melhor digestibilidade, decorrente do processamento, a facilidade de manejo na fabricação da ração e a maior relação custo-benefício no sistema produtivo (Nitsan et al., 1997; NRC, 1998; Mateos et al., 2002).

As substâncias anti-nutritivas presentes na SI, como inibidores de proteases e lectinas, entretanto, têm impedido sua utilização *in natura* (Liener, 2000). Em animais alimentados com soja crua na dieta, têm-se observado inibição do crescimento, diminuição na eficiência alimentar, hipertrofia pancreática, hipoglicemia e danos ao fígado (Palacios et al., 2004). As substâncias anti-nutritivas, no entanto, são inativadas em altas temperaturas, permitindo o uso da soja na forma integral (Mateos et al., 2002).

A tostagem, a micronização e a extrusão têm sido os processos utilizados para viabilizar o uso da soja integral em dietas para suínos, entretanto, são constatadas variações na digestibilidade decorrentes do tipo de processamento (Marty & Chavez, 1995; Mendes et al., 2004; Palacios et al., 2004). Diferenças entre a digestibilidade da soja processada por calor úmido em relação à tostagem e à micronização têm sido relacionadas à eliminação mais eficiente dos fatores antinutricionais da soja no cozimento (Van Soest, 1987).

Assim, verifica-se a necessidade de avaliar os tipos de processamento da soja integral por calor úmido, a vácuo ou vapor, a partir da digestibilidade de dietas e do metabolismo em suínos.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em outubro de 2005. Foram utilizados 20 suínos machos castrados, meios-irmãos paternos e geneticamente homogêneos, resultantes de cruzamentos industriais, com peso médio inicial de 51,0 kg em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle; dieta com  $SI_{vac}$ ; dieta com  $SI_{vap}$ ; 40%  $SI_{vac}$  + 60% dieta controle; 40%  $SI_{vap}$  + 60% dieta controle). Nos tratamentos com 40%  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ , avaliou-se a digestibilidade das sojas processadas. Cada tratamento teve quatro repetições e o animal constituiu a unidade experimental.

Os animais foram alojados em gaiolas para estudo de metabolismo, em ambiente semi-controlado com temperatura média de 22°C.

O processamento a vácuo utilizado para a soja integral foi realizado em unidade industrial de desativação de soja. Os grãos, após pré-limpeza, foram transferidos ao silo de medição para controle do volume processado. Em seguida, foram aquecidos em reatores herméticos a 109°C, por meio de vapor combinado com vácuo a pressão de 0,35 atm durante 18 minutos. Posteriormente, foram resfriados a 35°C e transportados ao descasque e à secagem até que atingissem 12% de umidade.

Tabela 1 - Composição analisada dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (%MN)

Table 1 - Composition analyzed of the used ingredients in the experimental diets (%as-fed)

Item	Ingrediente			
	Milho <i>Corn</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	$SI_{vac}$ <i>FFS<sub>vac</sub></i>	$SI_{vap}$ <i>FFS<sub>stm</sub></i>
MS, % (DM)	86,20	85,50	89,50	88,90
PB, % (CP)	7,18	45,23	40,68	36,59
EB (kcal/kg)	3.926	4.268	5.456	5.178
<i>GE</i>				
EE, %	3,36	2,80	21,41	21,24
FB, % (CF)	1,92	3,61	3,29	3,98
Cinzas, % (Ash)	1,13	5,81	4,58	4,87
Ca, %	0,02	0,25	0,18	0,21
P total, % (Total P)	0,20	0,57	0,32	0,44
Aminoácidos totais, %				
<i>Total amino acids</i>				
Arg	0,33	3,14	3,45	3,10
Phe	0,32	2,31	2,03	1,84
His	0,19	1,16	1,06	0,93
Ile	0,25	2,17	1,73	1,54
Leu	0,92	3,37	3,21	2,67
Lys	0,22	2,64	2,35	2,06
Met	0,16	0,57	0,47	0,37
Met + Cys	0,29	1,24	1,12	0,94
Thr	0,25	1,83	1,51	1,32
Trp	0,06	0,66	0,51	0,44
Val	0,33	2,33	1,83	1,69

Soja integral (SI) processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ).  
Full-fat soybean (FFS) processed by vacuum ( $FFS_{vac}$ ) or by steam ( $FFS_{stm}$ ).

O processamento a vapor da soja integral foi realizado em desativadora modular. Por meio do dosador, o equipamento foi abastecido com a quantidade de soja a ser processada. Posteriormente, os grãos seguiram para o aquecedor, onde se aplicou vapor à massa de grãos durante 8 minutos, a 106°C e pressão de 2 atm. Na etapa de secagem, os grãos permaneceram por 30 minutos para que o teor de umidade fosse de 12%.

As análises químicas dos ingredientes (Tabela 1) foram realizadas conforme AOAC (1990) e a determinação de aminoácidos totais foi feita por meio do NIRS (Near Infrared Reflectance Spectrometry).

As dietas experimentais (Tabela 2) foram formuladas utilizando-se os valores de exigências nutricionais do NRC (1998).

O experimento teve duração de 13 dias (sete de adaptação dos animais às gaiolas e ao alimento e seis de coleta). As rações foram fornecidas conforme o peso metabólico ( $PV^{0,6}$ ). A quantidade diária foi ajustada à estimativa do ganho médio diário, considerando um consumo de 2,6 vezes a manutenção, estimada em 250 kcal EM/kg  $PV^{0,6}$  (Noblet et al., 1993). O alimento foi distribuído em três refeições diárias, às 8, 13 e 18 h, e o acesso à água foi livre.

Tabela 2 - Composição percentual de ingredientes e composição nutricional calculada e analisada das dietas experimentais

Table 2 - Percentage composition of ingredients and nutritional calculated and analyzed of the experimental diets

Ingrediente (%) Ingredient	Dieta Diet		
	Controle Control	SI <sub>vac</sub> FFS <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub> FFS <sub>stm</sub>
Milho (Corn)	70,77	61,30	54,45
Farelo de soja (Soybean meal)	23,36	0,00	0,00
Soja vácuo (Vacuum full-fat soybean)	0,00	32,85	0,00
Soja vapor (Steam full-fat soybean)	0,00	0,00	39,03
Óleo vegetal (Vegetal oil)	1,87	0,00	0,00
Fosfato bicálcico (Dicalcium phosphate)	0,00	1,85	2,52
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> Vitamin and mineral supplement	4,00	4,00	4,00
Composição calculada Calculated composition			
EM, kcal/kg (ME)	3.265	3.265	3.265
CP, %	15,70	15,70	15,70
Ca %	0,88	1,26	1,63
P disponível, % (Available P)	0,26	0,45	0,51
Lys, %	0,69	0,77	0,75
Met, %	0,21	0,24	0,22
Thr, %	0,43	0,46	0,50
Trp, %	0,15	0,17	0,17
Composição analisada <sup>2</sup> Analyzed composition			
MS, % (DM)	87,83	88,72	88,47
PB, % (CP)	17,00	16,90	16,81
EE, %	2,45	8,60	7,30
P total, % (Total P)	0,51	0,71	0,81
EB, kcal/kg (GE)	4.035	4.262	4.181

Dieta = farelo de soja - controle, soja integral (SI) processada a vácuo (SI<sub>vac</sub>) ou a vapor (SI<sub>vap</sub>).Dieta = soybean meal - control, full-fat soybean (FFS) processed by vacuum (FFS<sub>vac</sub>) or by steam (FFS<sub>stm</sub>).

<sup>1</sup> Conteúdo por kg de produto (Content per kg of product): Ca - 200 g; P - 50 g; Na - 45 g; Met - 1 g; Lis - 2 g; vit. A - 60.000 UI; vit. D3 - 12.000 UI; vit. E - 800 mg; vit. K3 - 20 mg; vit. B1 - 20 mg; vit. B2 - 40 mg; vit. B6 - 20 mg; vit. B12 - 200 mcg; ác. fólico (folic acid) - 10 mg; ác. pantotênico (pantothenic acid) - 200 mg; biotina (biotin), 2 mg; colina (choline), 1.200 mg; niacina (niacine), 300 mg; Cu - 160 mg; Fe - 1.100 mg; I - 6 mg; Mn - 200 mg; Se - 5 mg; Zn - 1.400 mg; promotor de crescimento (growth promoter) - 1,25 g; antioxidante (antioxidant) - 0,3 g; F máx - 499 mg, solubil. de P em ác. cítrico a 2%, mín (P solub. in 2% citric acid, minimum) - 90%.

<sup>2</sup> Matéria natural (as-fed).

Foi utilizada a técnica de coleta total de fezes, sendo o início e final da coleta determinados pelo aparecimento de fezes marcadas (foi adicionado 1,0% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> às dietas). As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10°C. Ao final do experimento, foram homogeneizadas e amostradas (0,5 kg), secas em estufa de ventilação forçada (60°C por 72 horas) e moídas para análises posteriores. A urina excretada foi drenada para baldes plásticos contendo 25 mL de HCl 6N. A cada 12 horas o volume foi medido e uma amostra de 5% foi retirada e conservada sob refrigeração (4°C). As análises químicas de fezes e urina foram realizadas

segundo a AOAC (1990). De acordo com equações propostas por Matterson et al. (1965), foram estimados os coeficientes de digestibilidade aparentes da MS (CD<sub>a</sub>MS), da PB (CD<sub>a</sub>PB), do EE (CD<sub>a</sub>EE) e da energia bruta (CD<sub>a</sub>EB) e o balanço de N, energia digestível e energia metabolizável. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o PROC GLM do Statistical Analysis System (SAS, 2000). As comparações de médias por contrastes não ortogonais foram: Controle x SI<sub>vac</sub>, para avaliar o efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vac</sub>; Controle x SI<sub>vap</sub>, para avaliar o efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vap</sub>; SI<sub>vac</sub> x SI<sub>vap</sub>, para avaliar o efeito do tipo de processamento da soja nas dietas. As análises de digestibilidade das sojas processadas foram realizadas pelo PROC GLM (SAS, 2000) e as diferenças entre as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Na análise de contrastes, a substituição do farelo de soja por SI<sub>vac</sub> (C<sub>1</sub>) ou SI<sub>vap</sub> (C<sub>2</sub>) não causou efeito significativo (P>0,05) na ingestão, na excreção urinária de energia nem nas energias digestível e metabolizável das dietas (Tabela 3). Em relação ao tipo de processamento (C<sub>3</sub>), os resultados foram similares (P>0,05). Embora não-significativo, o consumo de energia (P>0,05) dos animais alimentados com soja integral na dieta pode ter influenciado a excreção fecal e a digestibilidade da energia. A excreção fecal de energia foi 56% (P<0,01) e 40% (P<0,05) superior para os suínos alimentados com SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub> em relação ao grupo controle. Os coeficientes de digestibilidade foram, respectivamente, 4% (P<0,01) e 3% inferiores (P<0,05) para as dietas com SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub> em relação à dieta controle.

A digestão da gordura em suínos depende do processamento, uma vez que nos grãos, danos mecânicos alteram a estrutura dos vacúolos lipídicos, o que apresenta correlação positiva com a digestibilidade (Kaankuka et al., 1996). Nesse experimento os grãos foram processados inteiros, tanto no processo a vácuo quanto no a vapor e não houve ruptura das células de gordura. Dessa forma, o óleo vegetal adicionado à dieta controle possivelmente teve a digestão facilitada por estar na forma livre (Café et al., 2000). O menor coeficiente de digestibilidade da energia bruta das dietas com SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub>, no entanto, não interferiu nas energias digestível e metabolizável das dietas.

No controle de qualidade (Tabela 4), a atividade ureática da SI<sub>vap</sub> foi inferior ao limite mínimo recomendado, indicando superaquecimento dos grãos (<0,05 ΔpH). Para a SI<sub>vac</sub>, a solubilidade protéica apresentou-se além do padrão estabelecido (>85%), sugerindo aquecimento ineficiente.

Tabela 3 - Consumo, digestibilidade e metabolização da energia de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para suínos  
 Table 3 - Intake, digestibility and metabolization of energy of diets containing full-fat soybean processed by vacuum or by steam for pigs

Item <sup>1</sup>	Dieta <sup>2</sup> Diet					Epr <sup>3</sup> SE <sup>3</sup>	Contrastes (P<) <sup>4</sup> Contrasts (P<) <sup>4</sup>		
	Controle Control	SI <sub>vac</sub> FFS <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub> FFS <sub>stm</sub>	40% SI <sub>vac</sub> 40% FFS <sub>vac</sub>	40% SI <sub>vap</sub> 40% FFS <sub>stm</sub>		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Energia, kcal/dia Energy, kcal/day									
Ingerida (Consumed)	8.784	9.232	9.165	9.856	9.681	315	0,331	0,406	0,882
Fecal	686	1.070**	951*	794	947	71	0,002	0,020	0,255
CD, % (DC)	92,2	88,3**	89,6*	92,0	90,2	0,81	0,004	0,039	0,279
Urinária (Urinary)	94	90	107	205	176	28	0,924	0,757	0,687
Dig.	4.236	4.242	4.234	4.736	4.538	39	0,916	0,965	0,882
Met.	3.925	3.946	3.888	4.070	3.960	95	0,880	0,789	0,677

<sup>1</sup> CD - coeficiente de digestibilidade, % (DC - digestibility coefficient, %); Dig. - ED, kcal kg/MS (DE, kcal kg/DM); Met. - EM, kcal kg/MS (ME, kcal kg/DM).

<sup>2</sup> Dieta (Diet) = controle (farelo de soja) (Control - soybean meal); SI<sub>vac</sub> - soja integral (SI) processada a vácuo (FFS<sub>vac</sub> - full-fat soybean (FFS) processed by vacuum); SI<sub>vap</sub> - SI processada a vapor (FFS<sub>stm</sub> - FFS processed by steam); 40% SI<sub>vac</sub> - 40% SI<sub>vac</sub> + 60% dieta controle (40% FFS<sub>vac</sub> - 40% FFS<sub>vac</sub> + 60% control diet); 40% SI<sub>vap</sub> - 40% SI<sub>vap</sub> + 60% dieta controle (40% FFS<sub>stm</sub> - 40% FFS<sub>stm</sub> + 60% control diet).

<sup>3</sup> Erro-padrão residual (standard error).

<sup>4</sup> C<sub>1</sub> - controle × SI<sub>vac</sub> (efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vac</sub>) (C<sub>1</sub> - Control × FFS<sub>vac</sub> (effect of replacement of soybean meal by FFS<sub>vac</sub>); C<sub>2</sub> - controle × SI<sub>vap</sub> (efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vap</sub>) (C<sub>2</sub> - control × FFS<sub>stm</sub> (effect of replacement of soybean meal by FFS<sub>stm</sub>); C<sub>3</sub> - SI<sub>vac</sub> × SI<sub>vap</sub> (efeito do tipo de processamento da soja) C<sub>3</sub> - FFS<sub>vac</sub> × FFS<sub>stm</sub> (effect of the type soybean processing).

<sup>4</sup> \*significativo, P<0,01 (significant, P<0.01), \*\*significativo, P<0,05 (significant, P<0.05).

Tabela 4 - Controle da qualidade da soja integral processada a vácuo ou a vapor

Table 4 - Quality control of fullfat soybean processed by vacuum or by steam

Qualidade Quality	Critério Criterion	
	Atividade ureática, ΔpH Ureatic activity	Solubilidade protéica, % Protein solubility
SI <sub>vac</sub> (FFS <sub>vac</sub> )	0,12	89,29
SI <sub>vap</sub> (FFS <sub>stm</sub> )	0,03	74,50

Soja integral (SI) processada a vácuo (SI<sub>vac</sub>) ou a vapor (SI<sub>vap</sub>).  
 Full-fat soybean (FFS) processed by vacuum (FFS<sub>vac</sub>) or by steam (FFS<sub>stm</sub>).

A substituição do farelo de soja por SI<sub>vac</sub> (C<sub>1</sub>) ou SI<sub>vap</sub> (C<sub>2</sub>) não alterou (P>0,05) a digestão e o metabolismo do nitrogênio dos suínos (Tabela 5). Para essas variáveis, a análise de contrastes entre as dietas (C<sub>3</sub>) não mostrou efeito significativo (P>0,05) do tipo de processamento da soja.

Um dos indicadores da efetividade do tratamento térmico da soja é a atividade ureática (AU). Na literatura, os valores aceitáveis situam-se entre 0,05 e 0,3 ΔpH (Friesen et al., 1993). A solubilidade protéica (SP) é um teste complementar que avalia o nível de desnaturação da proteína e, portanto, a biodisponibilidade de aminoácidos (Araba & Dale, 1990). Neste estudo, ainda que a SP da SI<sub>vac</sub> tenha apontado subaquecimento, o balanço do N não foi alterado, provavelmente em virtude do curto período experimental. Além disso, existe uma padronização da metodologia para o controle de qualidade de sojas processadas, de forma que os valores de AU e SP considerados adequados foram determinados para processos com uso de calor seco. É

provável que essas regulamentações não sejam aplicáveis para tecnologias com utilização de calor úmido, como o processamento a vácuo ou a vapor.

O tipo de processamento da soja não influenciou (P>0,05) a MS e o EE digestíveis nem a energia metabolizável das sojas integrais (Tabela 6). Os teores digestíveis de proteína e energia, no entanto, foram influenciados (P<0,05) pelo tipo de processamento. Para essas variáveis, o processamento a vácuo para a soja integral proporcionou melhores resultados.

O processamento de alimentos tem sido utilizado para a conservação ou melhora do valor nutritivo de carnes, grãos, frutas e vegetais (Drouzas & Schubert, 1996). Para isso, a maioria das tecnologias empregadas baseia-se no uso de calor seco (Kozanoglu et al., 2006). Nessa técnica, a distribuição do calor é irregular e causa sub e superaquecimento dos grãos de soja, comprometendo o valor nutritivo (Prachayawarakorn et al., 2006). O uso do vapor e sua combinação com vácuo tem mostrado melhora na qualidade nutricional e microbiológica, na cor e textura de carnes, frutas e vegetais (Majchrowicz, 1999; Böhm et al., 2006). Na fusão dos conceitos de vapor e vácuo, este remove o ar atmosférico expondo a superfície do produto ao aquecimento com vapor. A umidade agregada é re-evaporada a partir de outra aplicação de vácuo, rompendo as membranas celulares do produto (Majchrowicz, 1999). Isso contribui para a quebra de ligações químicas nos nutrientes (carboidrato e proteína) que dificultam a ação das enzimas digestivas no trato gastrointestinal do suíno. Esses fatores provavelmente favoreceram os melhores resultados de nutrientes digestíveis obtidos para a SI<sub>vac</sub> neste experimento.



Tabela 5 - Balanço de nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor  
 Table 5 - Nitrogen balance of pigs fed diets containing full-fat soybean processed by vacuum or by steam

Item <sup>1</sup>	Dieta <sup>2</sup> Diet					Epr <sup>3</sup> SE <sup>3</sup>	Contrastes (P<) <sup>4</sup> Contrasts (P<) <sup>4</sup>		
	Controle Control	SI <sub>vac</sub> FFS <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub> FFS <sub>stm</sub>	40% SI <sub>vac</sub> 40% FFS <sub>vac</sub>	40% SI <sub>vap</sub> 40% FFS <sub>stm</sub>		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Nitrogênio, g/dia Nitrogen, g/day									
Ingerido (Consumed)	59,20	58,45	58,96	80,65	78,16	2,35	0,827	0,945	0,881
Fecal	5,08	5,51	4,55	5,40	6,77	0,70	0,670	0,603	0,350
CD, % (DC, %)	91,41	90,40	92,26	93,29	91,33	1,26	0,583	0,641	0,316
Urinário (Urinary)	10,27	9,85	11,63	22,34	19,20	3,06	0,924	0,758	0,687
Absorvido (Absorbed)	54,11	52,95	54,40	75,26	71,38	2,50	0,745	0,935	0,685
Retido (Retained)	43,84	43,09	42,77	52,92	52,18	3,92	0,894	0,849	0,954
Ret/abs, % (Ret/abs, %)	80,90	81,15	78,47	70,50	72,76	4,60	0,965	0,718	0,686

<sup>1</sup> CD - coeficiente de digestibilidade, % (DC - digestibility coefficient, %).

<sup>2</sup> Dieta (Diet) = controle (farelo de soja) (Control - soybean meal); SI<sub>vac</sub> - soja integral (SI) processada a vácuo (FFS<sub>vac</sub> - full-fat soybean (FFS) processed by vacuum); SI<sub>vap</sub> - SI processada a vapor (FFS<sub>stm</sub> - FFS processed by steam); 40% SI<sub>vac</sub> - 40% SI<sub>vac</sub> + 60% dieta controle (40% FFS<sub>vac</sub> - 40% FFS<sub>vac</sub> + 60% control diet); 40% SI<sub>vap</sub> - 40% SI<sub>vap</sub> + 60% dieta controle (40% FFS<sub>stm</sub> - 40% FFS<sub>stm</sub> + 60% control diet).

<sup>3</sup> Erro-padrão residual (standard error).

<sup>4</sup> C<sub>1</sub> - controle x SI<sub>vac</sub> (efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vac</sub>) (C<sub>1</sub> - Control x FFS<sub>vac</sub> (effect of replacement of soybean meal by FFS<sub>vac</sub>); C<sub>2</sub> - controle x SI<sub>vap</sub> (efeito da substituição do farelo de soja por SI<sub>vap</sub>) (C<sub>2</sub> - control x FFS<sub>stm</sub> (effect of replacement of soybean meal by FFS<sub>stm</sub>); C<sub>3</sub> - SI<sub>vac</sub> x SI<sub>vap</sub> (efeito do tipo de processamento da soja) C<sub>3</sub> - FFS<sub>vac</sub> x FFS<sub>stm</sub> (effect of the type soybean processing).

Tabela 6 - MS, proteína, EE e energia digestível e energia metabolizável da soja processada a vácuo ou a vapor

Table 6 - DM, protein, EE and digestible energy and metabolizable energy of full fat soybean processed by vacuum or by steam

Item	Soja integral processada Processed full-fat soybean		Epr <sup>1</sup> SE	P <sup>2</sup>
	Vácuo Vacuum	Vapor Steam		
Nutriente digestível, % (Digestible nutrient)				
MS digestível (Digestible DM)	81,50 (91,05) <sup>3</sup>	79,50 (89,37)	0,74	0,102
Proteína digestível (Digestible protein)	34,54 (76,00)	31,30 (76,02)	0,21	0,000
EE digestível (Digestible EE)	18,00 (75,24)	17,30 (72,36)	0,20	0,052
ED, kcal/kg de MS (DE, kcal/kg of DM)	5.458	4.983	54,3	0,001
EM, kcal/kg de MS (ME, kcal/kg of DM)	4.279	4.009	270,0	0,506

<sup>1</sup> Erro-padrão residual (standard error).

<sup>2</sup> Nível de 5% de probabilidade (level of 5% of probability).

<sup>3</sup> Valores entre parênteses correspondem aos coeficientes de digestibilidade (values between parentheses correspond to digestibility coefficients).

## Conclusões

A substituição do farelo de soja por soja processada a vácuo ou a vapor reduz a digestibilidade da energia bruta das dietas em 4,0 e 3,0%, respectivamente. A digestibilidade das dietas e o metabolismo da energia são similares em suínos alimentados com dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor.

A substituição do farelo de soja por soja processada a vácuo ou a vapor não modifica a digestão nem o metabolismo de nitrogênio em suínos. A digestibilidade das dietas e o metabolismo do nitrogênio não diferem em suínos alimentados com dietas com soja processada a vácuo ou a vapor.

O processamento a vácuo melhora os teores digestíveis de proteína e energia da soja integral.

## Agradecimento

À Delta Indústria de Equipamentos Agroindustriais Ltda e à SanLac Panapharm pelo apoio na realização do experimento, à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa à doutoranda Amanda d'Ávila Carvalho e à mestranda Cheila Roberta Lehnen do PPGZ.

## Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: 1990. 1117p.
- ARABA, M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**, v.69, p.76-83, 1990.

- BÖHM, V.; KÜHNERT, S.; ROHM, H. et al. Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: A preliminary study. **Food Science Technology International**, v.12, p.67-75, 2006.
- CAFÉ, M.B.; SAKOMURA, N.K.; JUNQUEIRA, O.M. et al. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, p.67-74, 2000.
- DROUZAS, A.E.; SCHUBERT, H. Microwave application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, v.28, p.203-209, 1996.
- FRIESEN, K.G.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal Animal Science**, v.71, p.2099-2109, 1993.
- KAANKUKA, F.; BALOGUN, T.F.; TEGBE, T.S.B. Effects of duration of cooking of full-fat soya beans on proximate analysis, levels of antinutritional factors, and digestibility by weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.229-237, 1996.
- KOZANOGLU, B.; VASQUEZ, A.C.; CHANEZ, J.W. et al. Drying of seeds in a superheated steam vacuum fluidized bed. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.383-387, 2006.
- LIENER, I.E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: LIENER, I.E. (Ed.). **Soy in animal nutrition**. Savoy: F. A. S. Soc., 2000. p.13-45.
- MAJCHROWICZ, A. Innovative technologies could improve food safety. **Food Review**, v.22, p.16-20, 1999.
- MARTY, B.J.; CHAVEZ, E.R. Ileal digestibilities and urinary losses of amino acids in pigs fed heat processed soybean products. **Livestock Production Science**, v.43, p.37-48, 1995.
- MATEOS, G.G.; LATORRE, M.A.; LÁZARO, R. [2002]. Traitement de la graine de soja. Disponível em: <[http://www.asa-europe.org/pdf/processsb\\_f.pdf](http://www.asa-europe.org/pdf/processsb_f.pdf)> Acesso em: 20/2/2006.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: University of Connecticut Agricultural Experiment Station, 1965. v.7, p.11.
- MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213, 2004.
- NITSAN, Z.; DVORIN, A.; ZOREF, Z. et al. Effect of added soyabean oil and dietary energy on metabolisable and net energy of broiler diets. **British Poultry Science**, v.38, p.101-106, 1997.
- NOBLET, J.; SHI, X.S.; DUBOIS, S. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: basis for a net energy system. **British Journal Nutrition**, v.70, p.407-419, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.
- PALACIOS, M.F.; EASTER, R.A.; SOLTWEDEL, K.T. et al. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1108-1114, 2004.
- PRACHAYAWARAKORN, S.; PRACHAYAWASIN, P.; SOPONRONNARIT, S. Heating process of soybean using hot-air and superheated-steam fluidized-bed dryers. **LWT**, v.39, p.770-778, 2006.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS software: user's guide**. version 8.2. Cary: 2000. 291p.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA ALIMENTAÇÃO ANIMAL - SINDIRAÇÕES. [2006]. Disponível em: <http://www.sindiracoes.org.br>> Acesso em: 20/2/2006.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibres**. Ithaca: Cornell University, 1987. 373p.

Recebido: 18/9/2006  
Aprovado: 13/7/2007