

## UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO (30-50 KG) CONTENDO TORTA DE ALGODÃO

### *UTILIZATION OF AN ENZYME COMPLEX IN DIETS CONTAINING COTTONSEED CAKE FOR GROWING PIGS*

Liliane Olímpio Palhares<sup>1\*</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0282-9616>

Wilson Moreira Dutra Júnior<sup>1</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5624-5942>

Débora Nathália Moura Ferreira<sup>1</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0002-2441-2718>

Marconi Italo Lourenço-Silva<sup>2</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0002-3636-4805>

Andrew Henrique Silva Cavalcanti Coelho<sup>1</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0001-9139-3249>

Izaura Maria Barros de Lorena-Rezende<sup>1</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6233-6018>

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke<sup>1</sup> ORCID <http://orcid.org/0000-0003-4895-2599>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, PE, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – Botucatu, SP, Brasil.

\*Autora para correspondência – [lilianepalhares@zootecnista.com.br](mailto:lilianepalhares@zootecnista.com.br)

#### Resumo

Foram conduzidos dois experimentos com suínos na fase de crescimento (30-50 kg), o experimento I consistiu de um ensaio de digestibilidade, com objetivo de determinar o valor nutricional da torta de algodão com e sem adição de complexo enzimático através do método de coleta total de excretas. Foram utilizados 20 suínos, machos castrados, alojados em gaiolas metabólicas para realização da coleta das fezes e da urina. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo quatro tratamentos e cinco repetições. As dietas experimentais foram: ração referência e ração teste (70% de ração referência e 30% de torta de algodão), com e sem adição do complexo enzimático. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, da energia bruta, e do fósforo, como também os valores de matéria seca digestível, proteína digestível, fósforo digestível, energia digestível e energia metabolizável da torta de algodão com e sem enzima. A adição das enzimas aumentou os teores de proteína digestível de 30,28 para 31,36% e energia digestível de 2.538 para 2.894 kcal/kg. No experimento II foi avaliado o desempenho de 20 suínos machos castrados alimentados com níveis crescentes de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão (0, 20, 40 e 60%) com complexo enzimático. O delineamento foi realizado em blocos casualizados constituído de quatro tratamentos e cinco repetições. Foi avaliado o desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos. Os resultados indicam que a proteína do farelo de soja pode ser substituída até 60% pela proteína da torta de algodão com o complexo enzimático em rações de suínos na fase de crescimento, sem prejudicar o desempenho e características de carcaça.

**Palavras-chave:** aditivos, alimento proteico, desempenho, digestibilidade, leitões.

#### Abstract

Two experiments were conducted with pigs in the growth phase (30–50 kg). Experiment I consisted of a digestibility trial to determine the nutritional value of cottonseed cake with and without addition of an enzyme complex through the method of total collection of excreta. Twenty barrows were used and housed in metabolic cages to collect the total collection of feces and urine. Four treatments and

five replications randomized the experimental design completely. Two reference diets and two test diets were experimental (70% reference diet and 30% cottonseed cake), with and without the addition of an enzyme complex. The evaluated variables were: apparent digestibility coefficient of dry matter, of crude protein, of Gross energy, of phosphorus and the values of digestible dry matter, digestible protein, digestible phosphorus, digestible energy and metabolizable energy of cottonseed cake with and without enzymes. The addition of enzymes increased the levels of digestible protein to 0.302–0.313 kg/kg and digestible energy to 2,538–2,894 kcal/kg. Experiment II was conducted to assess barrow performance when they were fed diets containing increasing levels of cottonseed cake protein (0, 20, 40 and 60%), which replaced protein from soybean meal, with the enzyme complex. The design was a randomized block design consisting of four treatments and five replications. The performance, carcass characteristics and biochemical parameters of the blood were evaluated. These results indicate that the protein from soybean meal can be replaced up to 60% by the cottonseed cake protein with enzyme complex in diets for pigs in the growth phase, without sacrificing performance or carcass characteristics

**Keywords:** additives, digestibility, food protein, performance, swine

Recebido em: 11 de dezembro de 2018.

Aceito em: 5 de agosto de 2018.

## Introdução

Os coprodutos resultantes da semente do algodoeiro (*Gossypiumhirsutum L.*), após a extração do óleo, representam mundialmente a terceira maior fonte proteica disponível para a alimentação animal segundo Ash e Dohlman<sup>(1)</sup>, sendo considerados uma excelente alternativa no preparo de rações para suínos. Entretanto, seu emprego na alimentação de não ruminantes como único suplemento proteico das dietas é limitado (PAIANO et al., 2006), devido ao alto teor de fibra bruta. Uma dieta com elevada quantidade de fibra aumenta a peristalse e, conseqüentemente, acelera o trânsito intestinal, diminuindo o tempo de contato com as enzimas responsáveis pela digestão, e o tempo disponível para absorção de nutrientes<sup>(2)</sup>.

Uma alternativa para a degradação de fibra da torta de algodão é a adição de complexo de enzimas digestivas nas rações. As enzimas exógenas irão promover a ruptura da parede celular, reduzir a viscosidade intestinal provocada pelos polissacarídeos não amiláceos, além de suprimir os efeitos de propriedades antinutricionais presentes nos alimentos<sup>(3)</sup>. A suplementação enzimática pode atuar como uma ferramenta importante favorecendo a digestão de forma eficiente, facilitando a digestão e aumentando a disponibilidade de nutrientes. Assim, objetivou-se avaliar o valor nutricional da torta de algodão com e sem adição de complexo enzimático e os níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão com suplementação de complexo enzimático em dietas para suínos na fase de crescimento.

## Material e métodos

Todos os procedimentos experimentais utilizados nos experimentos foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animal da UFRPE (CEUA-UFRPE) sendo aprovado por meio da licença nº 069/2013. Os experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A torta de algodão (TA) utilizada foi obtida por meio de prensagem mecânica, após aquecimento a vapor. A TA foi tratada com sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) na proporção 1:1 (ferro: gossipol livre) antes de ser incorporada às rações experimentais, visando a evitar os efeitos do gossipol.

As amostras de TA utilizadas neste experimento foram analisadas para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca) e fósforo (P) (Silva e Queiroz, 2005). Energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA 200<sup>®</sup>), fibra bruta (FB) foi realizada pelo método de Weende<sup>(7)</sup>, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizado segundo metodologia de VAN SOEST et al.<sup>(8)</sup>.

A determinação da composição de aminoácidos totais da torta de algodão foi realizada pela Empresa Evonik Industries AG Feed Additives/Animal Nutrition Services, através de espectroscopia por infravermelho próximo (NIR). A quantidade de gossipol livre (GL) da torta de algodão foi determinada no laboratório Labtron<sup>®</sup>, utilizando a metodologia descrita por Pons and Guthrie<sup>(9)</sup>.

A composição química da torta de algodão é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição analisada da torta de algodão (matéria natural)

<b>Itens</b>	<b>Torta de Algodão</b>
<b>Composição Química/Energética</b>	
Matéria seca ( $\text{g kg}^{-1}$ )	903.6
Proteína bruta ( $\text{g kg}^{-1}$ )	222.5
Extrato etéreo ( $\text{g kg}^{-1}$ )	90.4
Fibra bruta ( $\text{g kg}^{-1}$ )	223.0
Fibra em detergente neutro ( $\text{g kg}^{-1}$ )	437.7
Fibra em detergente ácido ( $\text{g kg}^{-1}$ )	319.5
Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2.7
Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ )	10.2
Energia bruta (kcal/kg)	4,396
Gossipol livre (mg/kg)	977
<b>Composição Aminoacídica (<math>\text{g kg}^{-1}</math>)</b>	
Arginina	32.5
Cistina	4.6
Fenilalanina	15.3
Histidina	7.7
Isoleucina	8.8
Leucina	16.2
Lisina	11.7
Metionina	3.9
Metionina+Cistina	8.5
Treonina	8.7
Triptofano	3.6
Valina	12.2

O complexo enzimático utilizado foi fornecido pela empresa Bioenzima<sup>®</sup> e era constituído por celulase ( $15,53 \text{ U g}^{-1}$ ), endoglucanase ( $27,35 \text{ U g}^{-1}$ ), xilanase ( $77,47 \text{ U g}^{-1}$ ), pectinase ( $1,26 \times 10^3 \text{ U g}^{-1}$ ),  $\beta$ -glucanase ( $5,17 \times 10^2 \text{ U g}^{-1}$ ), protease ( $2,95 \times 10^2 \text{ U g}^{-1}$ ) e fitase ( $2,06 \text{ U g}^{-1}$ ), onde uma unidade de atividade enzimática libera um  $\mu\text{mol}$  de nutriente por grama por minuto ( $\text{U} = \mu\text{mol g}^{-1}$ ), sendo adicionado 300 mg para cada quilo de ração.

## Experimento I - Digestibilidade

Foram utilizados 20 suínos, machos castrados, treecross (Large White x Duroc x Landrace), com peso médio inicial de  $29,3 \pm 2,81$  kg. Os animais foram alojados em gaiolas, descrito por Pekas<sup>(4)</sup>, a uma temperatura ambiente registrada de  $26.5 \pm 2.27$  °C (mín.) e  $33.51 \pm 1.07$  °C (máx.), e umidades relativas do ar registrada em  $33.21 \pm 2.20\%$  (mín.) e  $68.0 \pm 19.55\%$  (máx.). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo um animal por parcela.

As dietas experimentais consistiram de uma ração referência (à base de milho e farelo de soja); uma ração referência (à base de milho e farelo de soja) com o complexo enzimático; uma ração teste (70% de ração referencial + 30% de torta de algodão); e uma ração teste (70% de ração referencial + 30% de torta de algodão) com o complexo enzimático. A ração referência foi formulada para atender às exigências nutricionais descritas pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos<sup>(5)</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição centesimal e calculada da ração referência expressa na matéria natural

<b>Ingredientes</b>	<b>Composição (g kg<sup>-1</sup>)</b>
Milho grão	716.3
Farelo de soja	248.6
Fosfato bicálcico	11.5
Calcário calcítico	7.1
Óleo de soja	4.8
Sal comum	4.0
Suplemento vitamínico e mineral <sup>(1)</sup>	4.0
L-lisina HCl	2.5
DL-metionina	0.6
L-treonina	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>
<b>Nutrientes</b>	<b>Composição Calculada (g kg<sup>-1</sup>)</b>
Proteína bruta	172.0
Lisina dig.	9.52
Metionina dig.	2.95
Treonina dig.	6.22
Triptofano DIG	0.17
Cálcio	6.31
Fósforo disponível	3.11
Energia metabolizável (kcal/kg)	3,230

(1) Quantidade por kg/ração: Ácido fólico: 250 mg; Biotina: 7,5 mg; Cloreto de Colina: 40 g/kg; Vit. A: 1.000 UI; Vit.B12: 4.500 mg; Vit. D3: 150.000 UI; Vit. E: 3.000 UI; Vit.K: 750 mg; Vit. B1: 150 mg; Vit B2: 875 mg; Vit. B6: 250 mg; Cobre: 3.750 mg; Ferro: 8.750 mg; Iodo: 250 mg; Manganês: 88.250 mg; Niacina: 5.000 mg; Pantotenato de Cálcio: 2.500 mg; Selênio: 75 mg; Zinco: 18,75 g.

Para a avaliação da digestibilidade foi utilizado o método de coleta total de fezes, com um período experimental de dez dias, sendo os cinco primeiros dias de adaptação às gaiolas e às dietas e cinco dias para coletas. O fornecimento de ração foi definido tendo como base o peso metabólico (PV<sup>0,75</sup>)

de cada suíno. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h e às 16h, o fornecimento de água foi à vontade, através de bebedouro tipo chupeta. A coleta e preparação das fezes e urina foram conduzidas de acordo com a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno<sup>(6)</sup>. As amostras foram descongeladas, homogeneizadas para cada animal e retiradas uma amostra representativa de peso conhecido. Em seguida, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por um período de 72 horas, foram pesadas, moídas através de um crivo de 1 mm e retirada uma amostra para análise química.

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca) e fósforo (P) foram realizadas segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz<sup>(7)</sup>, energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA 200<sup>®</sup>), fibra bruta (FB) foi realizada pelo método de Weende<sup>(7)</sup>, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizado segundo metodologia de VAN SOEST et al.<sup>(8)</sup>.

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados para matéria seca (CDAMS), fibra bruta (CDAFB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fósforo (CDAP), e os valores de matéria seca digestível (MSD), fibra bruta digestível (FBd), fibra em detergente neutro digestível (FDNd), proteína digestível (PD), fósforo digestível (Pd), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) da torta de algodão, através das fórmulas descrita por Matterson et al.<sup>(10)</sup>. Sendo a ração referência com complexo enzimático utilizada para o cálculo de nutrientes digestíveis e energia metabolizável da ração teste com complexo enzimático.

Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à de variância e comparação de médias pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Statistic Analysis System versão 9.0<sup>(11)</sup>, de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ji} = \mu + t_i + e_{ji},$$

em que  $Y_{ij}$  = variáveis dependentes relacionadas aos coeficientes de digestibilidade aparente de animais recebendo tratamento  $i$  (torta de algodão sem enzima e torta de algodão com enzima) no replicado  $j$  (1, 2, 3 ou 4);  $\mu$  = média geral da variável;  $t_i$  = efeito do tratamento  $I$  (torta de algodão sem enzima e torta de algodão com enzima); e  $e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

## Experimento II – Ensaio de desempenho

Foram utilizados 20 suínos machos castrados, treecross (Large White x Duroc x Landrace), com peso médio inicial de  $27,84 \pm 2,96$  kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria de  $1,20 \times 3,10$  m<sup>2</sup> com piso de concreto. Cada baia era equipada com bebedouros tipo chupeta e comedouro de alumínio circular. A temperatura ambiente registrada durante o experimento foi de  $25,04 \pm 2,09$  °C (mín.) e  $30,19 \pm 1,21$  °C, e umidade relativa do ar registrada em  $36,05 \pm 4,09\%$  (mín.) e  $69,94 \pm 14,23\%$  (máx.). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. O efeito de blocagem foi o peso corporal.

Os tratamentos consistiram das seguintes dietas experimentais: **DCE** – Dieta controle, à base de milho e farelo de soja; **D20TAE** – DCE com substituição da proteína do farelo de soja em 20% pela proteína da TA; **D40TAE** – DCE com substituição da proteína do farelo de soja em 40% pela proteína da TA; **D60TAE** – DCE com substituição da proteína do farelo de soja em 60% pela proteína da TA, todas as dietas continham complexo enzimático.

Todas as dietas foram formuladas seguindo as Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos<sup>(5)</sup> (Tabela 3), exceto para energia metabolizável, proteína bruta e fósforo disponível que foram reduzidos 1,5% para a adição do complexo enzimático, objetivando que as enzimas liberem os nutrientes retidos pelos polissacarídeos não amiláceos.

**Tabela 3.** Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural

Ingredientes (g kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos			
	DCE	TA20E	TA40E	TA60E
Milho grão	733.9	659.4	584.0	508.5
Farelo de soja	230.6	197.2	163.0	128.8
Torta de algodão	-	93.3	186.6	279.9
Inerte / Celite®	5.00	5.00	5.00	5.00
Óleo de soja	-	14.95	30.59	46.23
Fosfato bicálcico	11.00	11.68	12.36	13.03
Calcário	6.80	6.03	5.26	4.50
Sal comum	4.10	3.70	3.82	3.93
<b>Suplemento vitamínico<sup>(1)</sup></b>	4.00	4.00	4.00	4.00
L-lisina	2.77	3.18	3.63	4.08
DL-metionina	0.25	0.32	0.39	0.46
L-treonina	1.21	0.84	1.00	1.16
L-triptofano	-	0.02	0.06	0.10
Enzimas	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Valores Analisados</b>				
<b>Proteína bruta (%<sup>1</sup>)</b>	16.21	16.24	16.23	16.28
<b>Fósforo total (%)</b>	0.56	0.78	0.78	0.71
<b>Fibra em detergente neutro (%)</b>	12.01	17.68	18.24	19.47
<b>Fibra bruta (%)</b>	2.37	4.01	5.89	6.87
<b>Energia bruta (kcal/kg)</b>	4,003	4,072	4,116	4,322
<b>Gossipol livre (mg/kg)<sup>(2)</sup></b>	-	91.15	182.31	273.46
<b>Valores Calculados</b>				
<b>Proteína bruta (%)</b>	16.57	16.57	16.57	16.57
<b>Lisina dig. (%)</b>	0.927	0.927	0.927	0.927
<b>Metionina dig. (%)</b>	0.278	0.278	0.278	0.278
<b>Treonina dig. (%)</b>	0.603	0.603	0.603	0.603
<b>Triptofano dig. (%)</b>	0.167	0,167	0.167	0.167
<b>Cálcio (%)</b>	0.63	0.63	0.63	0.63
<b>Fósforo disponível (%)</b>	0.306	0.306	0.306	0.306
<b>Energia Metabolizável (kcal/kg)</b>	3,181	3,181	3,181	3,181

(1) Quantidade por kg/ ração: Colina: 37,5 g; Vit. A: 1.625.000 UI; Vit. D3: 400.000UI; Vit. E: 7.500UI; Vit. K3: 750 mg; Vit. B1: 550 mg; Vit. B2: 1.375mg; Vit. B6: 500 mg; Vit. B12: 5.000 mg; Niacina: 5.000 mg; Ácido Pantotênico: 2.300 mg; Ácido Fólico: 125 mg; Biotina: 7,5 mg; Ferro: 25 g; Cobre:3.750mg; Manganês: 12,5 g; Zinco: 31,25 g; Iodo: 250 mg; Selênio: 75 mg. (2) Valor estimado a partir do obtido para a TA.

O experimento teve um período total de 35 dias, sendo sete dias de adaptação às dietas e 28 dias de avaliação de desempenho dos animais. Durante o período experimental, as dietas e a água foram fornecidas à vontade, sendo as sobras das rações pesadas diariamente para avaliação do consumo diário. Os animais foram pesados ao início e ao final do experimento, para obtenção do ganho de peso e para o cálculo da conversão alimentar.

A avaliação das características de carcaça foi realizada através de medidas ultrassônicas *in vivo* ao início e fim do experimento, utilizando o aparelho de ultrassonografia Pie Medical modelo Aquila®, a mensuração da área de olho de lombo (AOL), espessura de toucinho (ET) e profundidade do

músculo (PM) *Longissimus dorsi* foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Dutra Jr. et al.<sup>(12)</sup>.

As amostras de sangue foram coletadas ao final do período experimental em todos os animais, por meio de punção do *sinus* orbital dos animais, utilizando agulhas hipodérmicas (40 x 1,6 mm), em seguida, acondicionadas em tubos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção do soro e tubos de 5 mL contendo fluoreto de sódio com o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para obtenção do plasma.

Os tubos, com amostras do sangue coletado, foram submetidos à centrifugação a 3.000 rpm, por 10 minutos, para obtenção do plasma e do soro sanguíneo, o sobrenadante foi transferidos para *eppendorfs* identificados. As amostras foram submetidas a análises de glicose, proteínas totais, ureia, creatinina, ácido úrico e fósforo em analisador bioquímico semiautomático (Doles D250<sup>®</sup>), utilizando os seguintes kits comerciais DOLES<sup>®</sup>.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o procedimento PROC GLM do Statistic Analysis System versão 9.0<sup>(11)</sup>, de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij},$$

em que  $Y_{ij}$  = variáveis dependentes relacionadas ao desempenho, digestibilidade e parâmetros sanguíneos de animais recebendo tratamento  $i$  (nível de torta de algodão: DCE, TA20E, TA40E ou TA60E) no replicado  $j$  (1, 2, 3, 4 ou 5);  $\mu$  = média geral da variável;  $t_i$  = efeito do nível da torta de algodão  $i$ ; e  $e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Análises de regressão submeteram variáveis para as quais efeitos significativos foram detectados em função da torta de algodão, adotando um nível de probabilidade de 5%. O pacote estatístico PROC REG do Sistema de Análise Estatística, versão 9.0<sup>(11)</sup>, foi aplicado para obter as equações de regressão e, assim, estimar o nível de torta de algodão. As variáveis referentes às características de carcaça foram submetidas à análise de variância e medida repetida, utilizando os dados de 20 machos avaliados em dois momentos distintos (inicial e final).

## Resultados

### Experimento I

A adição de enzimas exógenas afetou ( $P < 0,05$ ) o coeficiente de digestibilidade da PB e valores de proteína digestível da torta de algodão (Tabela 4), sendo os maiores coeficientes com a adição do complexo enzimático, o mesmo ocorreu com os valores de fibra em detergente neutro digestível (FDND) e de energia digestível ( $P < 0,03$ ). Os resultados obtidos para EM não diferiram estatisticamente, mas apresentaram um aumento de aproximadamente 250 kcal EM/kg com a inclusão do complexo enzimático.

**Tabela 4.** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), de metabolização e valores digestíveis (D) dos nutrientes e de energia da torta de algodão com ou sem adição de enzimas

Coeficientes	Torta de Algodão (TA)				CV (%)
	Sem enzima	Com enzima	Média	P	
CDAMS (kg kg <sup>-1</sup> )	0.429	0.475	0.452	0.14	8.18
CDAPB (kg kg <sup>-1</sup> )	0.763b	0.806a	0.784	0.04	3.53
CDFB (kg kg <sup>-1</sup> )	0.238	0.236	0.237	0.13	5.54
CDFDN (kg kg <sup>-1</sup> )	0.274	0.284	0.279	0.11	19.1
CDAEB (kg kg <sup>-1</sup> )	0.484	0.539	0.512	0.12	9.56
CDAP (kg kg <sup>-1</sup> )	0.330	0.355	0.370	0.31	39.21
<b>Valores de nutrientes digestíveis e metabolizáveis</b>					
MSD (kg kg <sup>-1</sup> )	0.429	0.478	0.453	0.13	8.30
PD (kg kg <sup>-1</sup> )	0.302b	0.313a	0.308	0.03	2.19
FBD (kg kg <sup>-1</sup> )	0.011	0.010	0.010	0.12	12.5
FDND (kg kg <sup>-1</sup> )	0.137b	0.170a	0.153	0.02	8.10
Pd (kg kg <sup>-1</sup> )	0.0030	0.0036	0.0033	0.91	48.0
ED (Kcal/kg)	2,538.41b	2,894.27a	2,716.34	0.02	7.48
EM (Kcal/kg)	2,443.17	2,690.26	2,566.72	0.16	10.5

P = probabilidade. CV= coeficiente de variação.

MS matéria seca, FB fibra bruta, FDN fibra em detergente neutro, PB proteína bruta, P fósforo, EB energia bruta, Pd fósforo digestível (Pd), ED energia digestível e EM energia metabolizável

## Experimento II

Os níveis crescentes de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão não alteraram ( $P > 0,05$ ) as características de desempenho e de carcaça dos animais (Tabela 5).

**Tabela 5.** Desempenho de suínos na fase de crescimento alimentados com dietas com níveis crescentes de torta de algodão com adição de complexo enzimático

Parâmetros de Desempenho	Tratamentos Experimentais				Média	CV%	P
	DCE	20TAE	40TAE	60TAE			
Peso inicial (kg)	28.08	27.82	27.68	27.50	27.77	11.68	0.77
Peso final (kg)	56.82	57.30	57.74	53.60	56.36	11.75	0.49
CDR (kg)	2,28	2,22	2,32	2,03	2,21	10.28	0.27
GPD (kg)	1.02	1.05	1.07	0.93	1.02	13.06	0.39
CA	2.23	2.12	2.13	2.16	2.16	6.99	0.64
<b>Características de Carcaça</b>							
AOL inicial (cm <sup>2</sup> )	13.94	13.74	13.29	12.72	13.42	13.73	0.28
AOL final (cm <sup>2</sup> )	25.07	23.66	24.21	21.90	23.71	15.01	0.22
Ganho AOL (cm <sup>2</sup> )	11.13	9.92	10.92	9.18	10.29	27.0	0.35
ET inicial (cm)	0.39	0.36	0.35	0.33	0.36	18.29	0.17
ET final (cm)	0.58	0.60	0.65	0.57	0.60	16.73	0.95
Ganho ET (cm)	0.19	0.24	0.30	0.24	0.24	35.8	0.29
PM inicial (cm)	2.16	2.16	2.31	2.20	2.21	9.71	0.55
PM final (cm)	3.24	3.23	3.34	3.10	3.23	12.94	0.72
Ganho PM (cm)	1.08	1.07	1.03	0.90	1.02	40.3	0.45

P = probabilidade. CV= coeficiente de variação.

CDR consumo diário de ração, GPD ganho de peso diário, CA conversão alimentar, AOL área de olho de lombo, ET espessura de toucinho e PM profundidade do músculo



A proteína total sérica dos animais apresentou uma redução linear ( $P < 0,001$ ), em aproximadamente 10% em função aos níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão. Enquanto os níveis de glicose, fósforo, ureia, ácido úrico e creatinina não foram influenciados.

**Tabela 6.** Valores médios de parâmetros bioquímicos séricos de suínos em crescimento alimentados com dietas com crescentes níveis de substituição da torta de algodão com adição de complexo enzimático

Parâmetros	Tratamentos				Média	CV%	P
	DCE	TA20E	TA40E	TA60E			
Glicose	91,86	108,16	98,81	91,78	96,85	17,23	0,78
Protein total <sup>(1)</sup>	6,15	5,83	5,83	5,55	5,81	5,84	0,01
Fósforo	5,93	7,01	5,28	4,81	5,55	32,56	0,19
Ureia	14,98	13,29	16,63	13,63	14,67	28,18	0,13
Creatinina	0,67	0,75	0,70	0,69	0,70	15,62	0,97
Ácido úrico	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31	6,35	0,46

(1)  $Y = 6,08 - 0,009X$ ,  $R^2 = 0,89$

P probabilidade e CV coeficiente de variação.

## Discussão

### Experimento I

A avaliação dos resultados do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e o valor de proteína digestível sugerem que a presença do complexo enzimático possivelmente auxiliou na disponibilização de nitrogênio da torta de algodão, potencializando o uso de proteínas pouco disponíveis ou conjugadas a fatores antinutricionais. O aumento na liberação de nitrogênio pode ter ocorrido através da hidrólise dos PNA, que atuam como barreira física sobre a digestão e absorção de nutrientes, devido ao aumento da viscosidade intestinal<sup>(13)</sup>.

O resultado da fibra em detergente neutro digestível (FDND) também enfatiza a atuação do complexo enzimático sobre a hidrólise de alguns componentes fibrosos (celulose, hemicelulose), ampliando a atuação das enzimas digestivas às frações menos disponíveis do alimento, aumentando sua digestibilidade, ocasionando a liberação de monossacarídeos, explicando o aumento da energia digestível com adição do complexo enzimático, demonstrando que o complexo enzimático pode auxiliar na disponibilização de energia digestível, através do aproveitamento da fibra contida no alimento.

### Experimento II

De acordo com os resultados encontrados para variáveis de desempenho e características de carcaça *in vivo* para suínos em crescimento, a substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da TA pode ser feita em até 60%, com a utilização do complexo enzimático, correspondendo a uma inclusão de 279.9 g kg<sup>-1</sup>. Este resultado difere do encontrado por Fombad e Bryant<sup>(14)</sup> que encontraram o melhor nível de inclusão de 150 g kg<sup>-1</sup> de TA na fase de crescimento e terminação, sem a utilização de complexo enzimático.

O decréscimo linear ( $P < 0,05$ ) na proteína sérica total de acordo com os níveis de torta de algodão adicionado às dietas pode estar associado à presença de gossipol e à baixa composição de lisina e

triptofano em torta de algodão.

A torta de algodão é uma excelente fonte proteica para suínos, embora exista um fator antinutricional, o gossipol (C<sub>30</sub>H<sub>30</sub>O<sub>8</sub>), um composto tóxico polifenólico, que atua como inibidor da atividade enzimática causando a redução nutricional da torta de algodão <sup>(15)</sup>.

Durante a extração do óleo de semente de algodão, o gossipol se liga prontamente aos constituintes de aminoácidos da proteína do algodão, especialmente ao grupo amino da lisina, reduzindo assim a ação proteolítica<sup>(16)</sup>.

O gossipol se liga à lisina, resultando em uma forma complexa que não é tóxica para os animais, o trato gastrointestinal não absorve esse complexo, mas isso diminui a disponibilidade de lisina e a digestibilidade proteica<sup>(17)</sup>.

A redução de 1,5% da proteína bruta nas dietas também deve ter intensificado esse resultado, objetivando substituir o valor nutricional da dieta padrão através da adição do complexo enzimático foi realizada a redução de nutrientes enquanto que na dieta balanceada as enzimas não conseguem demonstrar sua eficácia.

Quando os suínos em crescimento são bem alimentados, eles mostram uma concentração sérica total de proteína de 7,9 a 8,0 g / dL<sup>(18)</sup>. Pode-se observar que todos os animais estavam abaixo da concentração normal, e isso indica que a atividade de protease do complexo enzimático não foi eficiente para substituir a diminuição de 1,5% das dietas. No entanto, a diminuição total da proteína sérica não influenciou o desempenho dos animais. Diminuir proteína em dietas para suínos na fase de crescimento pode resultar em um atraso no desenvolvimento do corpo e baixa deposição muscular, no entanto, segundo os resultados encontrados, a AOL não foi reduzida. Os níveis de glicose não foram influenciados pelas dietas e estavam dentro das concentrações normais de 85 a 150 mg / dL para suínos<sup>(18)</sup>, demonstrando a eficiência do complexo enzimático na liberação de glicose, apesar da redução de 1,5% das dietas.

## Conclusões

Em geral, o complexo enzimático aumenta bastante a proteína digestível, a fibra em detergente neutro e a energia da torta de algodão na fase de crescimento dos suínos.

A dieta, contendo nível de substituição de proteína de farelo de soja por proteína de torta de algodão no nível de 60% com a suplementação do complexo enzimático, não afetou o desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de crescimento.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA), CNPq e Bioenzima pelos recursos financeiros.

## Referências

1. Ash M, Dohlman E. Oil crops situation and outlook yearbook. Electronic outlook report from the economic

- research service. U. S. Department of Agriculture, 2006.
2. Kerr BJ, Shurson .C. Strategies to improve fiber utilization in swine. *Journal Animal Science Biotechnology*, 2013; 4 (1), 11.
  3. Neill HVMO, Smith JA, Bedford MR. Multicarbohydrase enzymes for non-ruminants. *Asian-Australasian Journal Animal Science*. 2014; 27 (2), 290-301.
  4. Pekas JC. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *Journal of Animal Science*, Champaign, 1968; 27 (5), 1303-1306.
  5. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides RF. *Brazilian tables for poultry and swine*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, BR, 2011, 251p.
  6. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos para avaliação biológica dos alimentos e exigências nutricionais para animais monogástricos. Jaboticabal, SP, UNESP. 2007, 260p. Portuguese.
  7. Silva DJ, Queiroz AC. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa., 2005; 235p. Portuguese.
  8. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. Savoy, 1991; 74, 3583-3597.
  9. Pons WA, Thurber FH, Hoffpauir GL. Prepress-solvent extraction of cottonseed, processing conditions and characteristics of products. *Journal of the American Oil Chemistry Society*. 1955; 32, 98–103.
  10. Matterson LD, Potter LM, Stutz NW. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Agriculture Experiment Station Research Report*, 1965; 65 (7), 3-11.
  11. SAS INSTITUTE. System for windows, release 6.12. Cary: 2004. CD-ROM.
  12. Dutra JR WM, Ferreira AS, Tarouco JU, Donzele JL, Euclides RF, Albino LFT, Cardoso LL, Fernandes SP. Predição de características de carcaça de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001; 30 (4), 1251 – 1257. Portuguese.
  13. Zang L, Xu J, Lei L, Jiang Y, Gao F, Zhou GH. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-based diets. *Asian-Australasian Journal Animal Science*. 2014.; 27 (6), 855-861.
  14. Fombad RB, Bryant MJ. An evaluation of the use of cottonseed cake in the diet of growing pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 2004; 36, 295-305.
  15. Gadelha ICN, Rangel AHN, Silva AR, Soto-Blanco B. Efeito do gossipol na reprodução animal. *Acta Veterinária*, 2011; 5, 129-135.
  16. Thirumalaisamy G, Purushothaman MR, Kumar PV, Selvaraj P. Effect of feeding cottonseed meal on some hematological and serum biochemical parameters in broiler bird. *Veterinary World*, 2016; 9, 723-727.
  17. Gadelha IC, Fonseca NBS, Oloris SCS, Melo MM, Soto-Blanco B. Gossypol toxicity from cottonseed products. *The Scientific World Journal*, 2014, 1, 1-11.
  18. Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6. ed. New York, Academic Press, 2008; 932p.